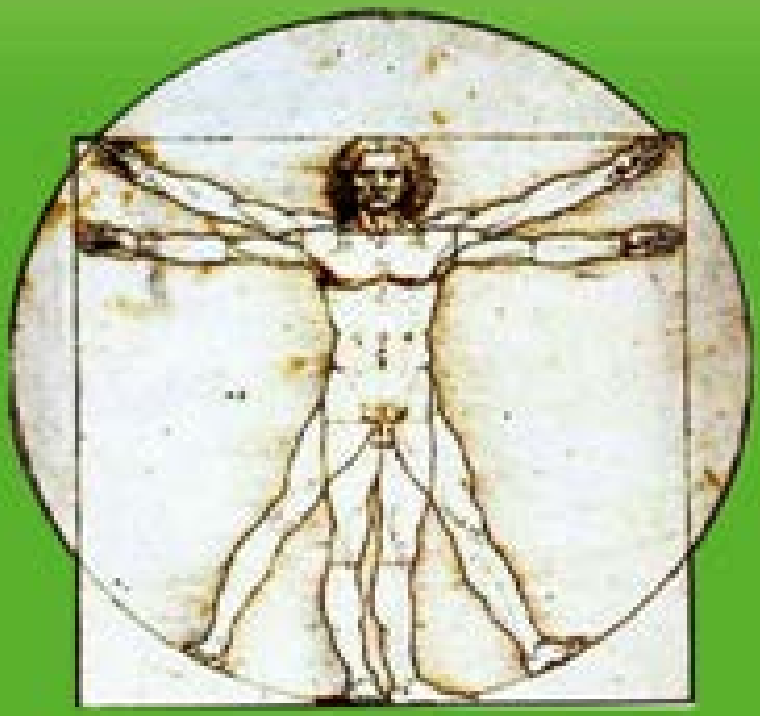
สิ่งแวดล้อมโลก และทรัพยากรมนุษย์

WORLD ENVIRONMENT AND HUMAN RESOURCES



ISBN 978-616-382-428-8

ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์

ประวัติการทำงาน/ รับราชการ

ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์

ตำแหน่ง	หน่วยงาน	ปี พ.ศ.
ช่วยราชการสำนักเลขานุการรัฐมนตรี	กระทรวงศึกษาธิการ	2533
ช่วยราชการสำนักนายกรัฐมนตรี	ทำเนียบรัฐบาล	2534
หัวหน้างานพัสดุ-จัดซื้อ	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ	2539
หัวหน้าแผนกพัฒนาวินัย ฝ่ายกิจการนักศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ	2539
คณะกรรมการสรรหาอธิการบดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2548
ประธานหลักสูตรวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2550
หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2551-2554
กรรมการสภาวิชาการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2552-2554
กรรมการสภามหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2554
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2554
ประธานผู้ตรวจประเมินมาตรฐานและคุณภาพการศึกษา ด้านการอาชีวศึกษา (สมศ.)	สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) : (สมศ.)	2554-2557
ประธานคณะกรรมการการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในสถานศึกษา (สกอ.)	สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)	2555-ปัจจุบัน
คณะอนุกรรมการการประกันคุณภาพ สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร	สภาสถาบันอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร	2557-ปัจจุบัน
ผู้เข้ารับการสรรหาผู้ดำรงตำแหน่งอธิการบดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2557
ผู้ทรงคุณวุฒิดีเด่นด้านการอาชีวศึกษา	โล่พระราชทาน สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	18 มีนาคม 2557

สิ่งแวดล้อมโลกและทรัพยากรมนุษย์

WORLD ENVIRONMENT

AND

HUMAN RESOURCES

ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์

ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทเวศร์
ใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมอุตสาหการ ภอ.7348

ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
มหาวิทยาลัยมหิดล

สพฺพทานํ ธมฺมทานํ ชินาติ
“การให้ธรรมะเป็นทานชนะการให้ทานทั้งปวง”

(วิทยาทาน ห้ามจำหน่าย)

ผู้แต่ง/ จัดทำโดย ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์
พิมพ์ครั้งที่ 1 : จำนวน 1,000 เล่ม : วันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2558
พิมพ์ที่ : ส.เสริมมิตรการพิมพ์
26/56 ถ.บางกรวย-ไทรน้อย ต.บางกรวย อ.บางกรวย 11130
Tel : Fax : 02-447-1692, 02-447-1693
E-mail : S.Sermmit@gmail.com
ราคา 250.- บาท
ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์
สิ่งแวดล้อมโลกและทรัพยากรมนุษย์—กรุงเทพฯ : ส.เสริมมิตรการพิมพ์ 2558
386 หน้า
ISBN 978-616-382-428-8
1. สิ่งแวดล้อมโลกและทรัพยากรมนุษย์ 2. ชื่อเรื่อง

คำนำ

ด้วยแรงบันดาลใจที่ลูกชายคลอดที่โรงพยาบาลศิริราช เมื่อปี พ.ศ. 2534 น้องพยาบาลที่ทำคลอดได้บอกว่า “ถ้าอยากให้ลูกเป็นหมอ ก็ให้ขอพรพระราชบิดา สมเด็จพระมหิตลาธิเบศร อดุลยเดชวิกรม พระบรมราชชนก” ดังนั้น ข้าพเจ้าจึงตั้งจิตอธิฐานขอพรพระราชบิดา ปรารถนาให้ลูกเป็นหมอ ทำงานรับใช้ประชาชน เพื่อประโยชน์ส่วนรวม จนลูกชายซึ่งขณะนั้นศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ข้าพเจ้าจึงได้รวบรวมหนังสือ ตำรา เอกสารต่าง ๆ มาศึกษาและเรียบเรียงความรู้เรื่อง สิ่งแวดล้อมโลกและทรัพยากรมนุษย์ ในช่วงระยะเวลานั้น มีการพูดคุยทางวิชาการกับลูก รวมทั้งให้ลูกออกแบบหน้าปกหนังสือ จนหนังสือได้เรียบเรียงเสร็จสมบูรณ์พร้อม ๆ กับลูกชาย นายธีรชัย โกศัลวัฒน์ ก็สามารถสอบเข้าเรียนต่อทันตแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดลในปี พ.ศ. 2553 แต่เนื่องจากข้าพเจ้าต้องการที่จะพิมพ์หนังสือเล่มนี้เป็นวิทยาทาน หรือการให้ความรู้แก่นักเรียนมัธยมศึกษา เตรียมตัวในการศึกษาขั้นสูงด้านการแพทย์ เทคนิคการแพทย์ สาธารณสุข พยาบาล และสิ่งแวดล้อมโลกและทรัพยากรมนุษย์ ทั้งนี้ โรงเรียนมัธยมศึกษาทั่วประเทศประมาณ 2,900 โรงเรียน ถ้ามอบให้ฟรีเป็นวิทยาทานโรงเรียนละ 20 เล่ม รวมหนังสือที่พิมพ์ทั้งหมด 58,000 เล่ม โดยข้าพเจ้าไม่มีทุนทรัพย์ในการจัดพิมพ์จำนวนมาก จึงเก็บต้นฉบับไว้จนปี พ.ศ. 2557 ข้าพเจ้าจึงคิดว่าจะพิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,000 เล่ม เพื่อแจกเป็นวิทยาทาน และหากมีผู้ใจบุญสนับสนุนจัดพิมพ์เพื่อเป็นวิทยาทานในครั้งต่อไป โปรดติดต่อที่โทรศัพท์ 0-851303633 หรือ E-mail : kosanwat_wp@hotmail.com

ข้าพเจ้าขอมอบความดีและบุญกุศลแก่ คุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ ผู้จัดทำหนังสือตำราในบรรณานุกรมทุกท่าน และพระอุปัชฌาย์

สพฺพทานำ ธมฺมทานำ ชินาติ (สัพพะทานัง ธรรมะทานัง ชินาติ)
“การให้ธรรมะเป็นทานชนะการให้ทานทั้งปวง”

ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	สิ่งแวดล้อมโลก (World Environment)	1
1.1	ทรัพยากร และ/หรือ สิ่งแวดล้อม (Resources and/or Environment)	1
1.2	นิยามของสิ่งแวดล้อม (Definition of the Environment)	1
1.2.1	สิ่งแวดล้อมในด้านรูปธรรม (Concrete Environment)	1
1	สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Environment)	1
2	สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ (Biological Environment)	1
1.2.2	สิ่งแวดล้อมในด้านนามธรรม (Abstract Environment)	1
1.3	โลกและชีวาลัย (World and Biosphere)	2-8
1.3.1	เปลือกโลก	9-10
1.3.2	แมนเทิล	11
1.3.3	แกนโลก	11
1.4	แม่เหล็กและแม่เหล็กโลก	11-12
1.5	การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก	12
1.5.1	เปลือกโลกเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ	12-14
1.5.2	เปลือกโลกเปลี่ยนแปลงจากการกระทำของมนุษย์	14
1.6	การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก	14-15
1.7	การเกิดแผ่นดินไหว	16
1.8	การเกิดภูเขาไฟ	17-18
1.9	การเกิดภูเขา	18
1.9.1	การเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นเปลือกโลก	18
1.9.2	การยกตัวขึ้นของพื้นทวีป	18
1.9.3	การดันของหินหนืดที่ใต้ผิวโลก	18
1.9.4	การที่เปลือกโลกถูกแรงบีบอัดจนโค้งงอ	18
1.9.5	การที่ผิวโลกมีความทนทานต่อการกร่อนไม่เท่ากัน	18
1.10	การกร่อน	19
1.10.1	การไหลของกระแสน้ำ	19-20
1.10.2	ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้หินผุพัง	20
1.10.3	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ	20

สารบัญ

หน้า

1.10.4 แรงโน้มถ่วงของโลก 20

1.10.5 กระแสลม 20

1.11 สิ่งมีชีวิต (Organism) 20

1.11.1 การจัดระบบโครงสร้างที่แน่นอน (Specific organization) 21-24

1.11.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในร่างกาย (Metabolism) 24

1 คาตาโบลิซึม (Catabolism) 24

2 อนาโบลิซึม (Anabolism) 25

2.1 การได้รับสารอาหาร (Nutrition) 25

2.2 การหายใจ (Respiration) 25

2.3 การขับถ่าย (Excretion) 26

2.4 การลำเลียงสาร (Transportation) 26

1.11.3 การสืบพันธุ์ (Reproduction) 26

1.11.4 การเจริญ (Development) 26

1.11.5 การรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Irritability and Responsibility) 26

1.11.6 การเคลื่อนไหว (Movement) 27

1.11.7 การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม (Adaptation) 27

1.12 การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต 27

- ประโยชน์ของการจัดสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่ 28
- ประวัติการจัดสิ่งมีชีวิต 28-30
- แนวทางการจัดจำพวกสิ่งมีชีวิต 30-32
- ลำดับในการจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต 32-36
- การตั้งชื่อของสิ่งมีชีวิต 36-38
- อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต 38-42
- ไวรัส (Virus) 42
- โครงสร้างไวรัส 42
- การจัดจำแนกไวรัส 43
- ความสำคัญของไวรัส 44

บรรณานุกรม 45

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 2 ทรัพยากรมนุษย์ (Human Resources)	46
2.1 วิวัฒนาการของมนุษย์ (Human Evolution)	46-62
2.2 วิวัฒนาการด้านวัฒนธรรม (Cultural Evolution)	62
2.2.1 ยุคหินเก่า	62
2.2.2 ยุคหินใหม่	62
2.2.3 ยุคหินกลาง	62
2.2.4 ยุคสำริด	62
2.2.5 ยุคเหล็ก	63
2.3 โครงสร้างของมนุษย์	63
2.3.1 ทางเดินอาหารของมนุษย์	63-64
1 ปาก (Mouth)	64
1.1 ริมฝีปาก (Lip)	64
1.2 ช่องแก้ม (Buccal Cavity)	64
1.3 ช่องปาก (Oral Cavity)	64
1.4 ต่อมน้ำลาย (Salivary Gland)	65
1.4.1 ต่อมน้ำลายใต้หู (Parotid Gland)	65
1.4.2 ต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกร (Submandibular Gland)	65
1.4.3 ต่อมน้ำลายใต้ลิ้น (Sublingual Gland)	65
- ส่วนประกอบของน้ำลาย	65
- หน้าที่ของน้ำลาย	65
1.5 ลิ้น (Tongue)	65
1.6 ฟัน (Tooth)	66
1.6.1 ตัวฟัน (Crown)	66
1.6.2 รากฟัน (Root)	66
- การผุกร่อนของฟัน	66
- ชนิดของฟัน	67-68

สารบัญ

หน้า

- รูปร่างและหน้าที่ของฟัน 68-70
- การป้องกันดูแลสุขภาพช่องปาก 70

2 คอหอย (Pharynx) 70

3 หลอดอาหาร (Oesophagus) 71

4 กระเพาะอาหาร (Stomach) 71

4.1 คาร์ดิแอก (Cardiac Stomach) 71

4.2 ฟันดัส (Fundus) 71

4.3 ไพโรลัส (Pylorus) 71

- หน้าที่ของกระเพาะอาหาร 71

5 ลำไส้เล็ก (Small Intestine) 72

5.1 ดูโอดินัม (Duodenum) 72

5.2 เจจูนัม (Jejunum) 72

5.3 อิเลียม (Ileum) 72

6 ลำไส้ใหญ่ (Large Intestine) 73

6.1 ซีคัม (Caecum) 73

6.2 โคลอน (Colon) 74

6.3 เรกตัม (Rectum) 74

6.4 ช่องทวารหนัก (Anal Canal) 74

- หน้าที่ของลำไส้ใหญ่ 75
- อวัยวะที่เกี่ยวกับการย่อยอาหารที่ลำไส้เล็ก 75

1 ตับ (Liver) 75

- หน้าที่ของตับ 75

2 ตับอ่อน (Pancreas) 76

- หน้าที่ของตับอ่อน 76

2.3.2 กระบวนการย่อยอาหารในปาก 76-79

2.3.3 กระบวนการย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร 79-81

2.3.4 กระบวนการย่อยอาหารในลำไส้เล็ก 81

สารบัญ

หน้า

- ตับอ่อน (Pancreas) 81-83
- ตับ (Liver) 83
- ต่อมของลำไส้เล็ก (Intestinal gland) 84-85

2.3.5 การดูดซึมอาหาร (Absorption) 86

2.3.6 ระบบหมุนเวียนเลือดในมนุษย์ 86

1 หัวใจ (Heart) 86

- ห้องหัวใจ 87
- ลิ้นหัวใจ (Valve) 87

1 ลิ้นไตรคัสพิด (Tricuspid valve) 87

2 ลิ้นไบคัสพิด (Bicuspid valve) 87

3 ลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ (Pulmonary semilunar valve) 87

4 ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ (Aortic semilunar valve) 87

- วงจรการไหลเวียนของเลือดในหัวใจ 87-90
- เส้นเลือด 90

1 ระบบเส้นเลือดแดง (Arterial system) 90

- ลักษณะของระบบเส้นเลือดแดง 90-91

2 ระบบเส้นเลือดดำ (Venous system) 91

2.1 เส้นเลือดเวน (Vein) 91

2.2 เส้นเลือดเวนูล (Veinule) 91

- ลักษณะของระบบเส้นเลือดดำ 92

3 ระบบเส้นเลือดฝอย (Capillary) 92-93

- เลือดที่มาเลี้ยงหัวใจ 93
- สรีรวิทยาของหัวใจ 94
- ชีพจร (Arterial pulse) หรืออัตราการเต้นของหัวใจ 94
- สิ่งที่ควรรู้จากการวัดชีพจร 95
- อัตราการเต้นของชีพจร 95
- ความดันเลือด (Blood pressure) 95
- เครื่องมือที่ใช้วัดความดันโลหิตหรือความดันเลือด 96-98

สารบัญ

หน้า

- โรคหัวใจ 99
  1 โรคหัวใจแต่กำเนิด 99
  2 โรคหัวใจที่มีสาเหตุมาจากเชื้อโรค 99
  3 โรคหัวใจที่เกิดจากเลือดมาเลี้ยงหัวใจ 100

2.3.7 ส่วนประกอบของเลือดมนุษย์ 101

1 ส่วนที่เป็นของเหลว (Liquid content) 101

1.1 น้ำ 101

1.2 แร่ธาตุ 101

1.3 โปรตีน 101

1.4 อื่น ๆ 101

2 ส่วนที่เป็นเซลล์ลอยอยู่ในน้ำเลือด 101
(Cellular content or Formed element)

2.1 เซลล์เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte or Red blood cell ย่อว่า RBC) 102

- ลักษณะรูปร่างของเม็ดเลือดแดง 102
- การสร้างและการทำลายเม็ดเลือดแดง 102-103

2.2 เซลล์เม็ดเลือดขาว (Leucocyte or White blood cell ย่อว่า WBC) 104

- ชนิดของเม็ดเลือดขาว 104
  1 ฟาโกไซต์ (Phagocyte) 104
  2 ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) 105
  3 โมโนไซต์ (Monocyte) 106

2.3 เพลตเลต (Platelet) 106

- กระบวนการแข็งตัวของเลือด 106-107
- สารที่ต่อต้านการแข็งตัวของเลือด 107
- ลักษณะทางกายภาพของเลือด 107
- หน้าที่ของเลือด 108

สารบัญ

		หน้า
2.3.8	หมู่เลือดและการให้เลือด (Blood group and Blood transfusion)	108
	- หมู่เลือด (Blood group)	109
	1 ระบบหมู่เลือด ABO	109
	- หลักในการให้เลือกและรับเลือดของคนที่มีหมู่เลือด ABO	109-110
	2 องค์ประกอบ Rh ในเลือด (Rh factor)	110-111
	- หลักในการให้เลือดและรับเลือดของคนที่มีหมู่เลือด Rh	111-112
2.3.9	ระบบน้ำเหลือง (Lymphatic system)	112
	1 น้ำเหลือง (Lymph)	112
	2 ท่อน้ำเหลือง (Lymph vessel)	113
	2.1 ท่อน้ำเหลืองทอราซิก (Thoracie duct)	113
	2.2 ท่อน้ำเหลืองทางด้านขวาของลำตัว (Right Lymphatic duct)	113-114
	3 อวัยวะน้ำเหลือง (Lymph organ)	114
	3.1 ต่อมน้ำเหลือง (Lymph node)	114
	3.2 ต่อมทอนซิล (Tonsil gland)	114
	3.3 ม้าม (Spleen)	114
	3.4 ต่อมไทมัส (Thymus gland)	115-116
2.3.10	ภูมิคุ้มกันโรคของร่างกาย	116-118
	- ระบบภูมิคุ้มกันโรคคนเราที่สร้างขึ้นมาเพื่อต่อต้านโรค	118
	1 ภูมิคุ้มกันก่อด้วยตัวเอง (Active immunity)	118
	1.1 Killed vaccine	119
	1.2 Live vaccine	119
	2 ภูมิคุ้มกันที่รับมา (Passive immunity)	120
	- ข้อเสียของภูมิคุ้มกันที่รับมา	120
	- ข้อดีของภูมิคุ้มกันที่รับมา	120-121

สารบัญ

		หน้า
-	แอนติเจนและแอนติบอดี (Antigen and Antibody)	121-122
-	ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันโรค	122
	1 โรคภูมิแพ้ (Allergy)	122
	2 โรคที่ร่างกายสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตัวเอง (Autoimmune diseases)	122
	3 ภูมิคุ้มกันต่อต้านการผ่าตัดเปลี่ยนอวัยวะหรือเนื้อเยื่อ	122-123
-	การปลูกถ่ายอวัยวะ	123
	1 ออโตกราฟท์ (Autograft)	123
	2 ไอโซกราฟท์ (Isograft)	123
	3 อัลโลกราฟท์ (Allorgraft)	123
	4 ซีโนกราฟท์ (Xenograft)	123
-	วิธีป้องกันไม่ให้มีปฏิกิริยาการต่อต้านอวัยวะที่นำมาปลูกถ่าย	123
-	ซีรัมแก้พิษงู (Antivenine serum)	123
	1 สร้างภูมิต้านทานสูงให้เกิดในร่างกายม้า	123
	2 การเจาะเก็บเลือดม้าที่แยกเอาซีรัม	124
	3 การทำซีรัมให้เป็นซีรัมแก้พิษงูชนิดบริสุทธิ์	124
	4 การบรรจุลงขวดแบบทำแห้งเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดและเบส	124
	5 การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย	124
-	เอดส์ (AIDS)	124-125
-	เชื้อไวรัสเอดส์ในคน	125-126
-	การตรวจเชื้อไวรัสเอดส์	126
-	อาการผู้ป่วยของโรคเอดส์	126-127
-	การป้องกันเอดส์	127
-	การรักษาโรคเอดส์	127-128

สารบัญ

		หน้า
2.3.11	การรักษาสมดุลของร่างกาย (Homeostasis)	128
	1 การรักษาสมดุลของน้ำในสิ่งมีชีวิต	128
	- ประโยชน์ของน้ำ	128-129
	- การรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายมนุษย์	129
	- การรับน้ำเข้าสู่ร่างกาย	129
	- การขับน้ำออกจากร่างกาย	129-131
	- ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในร่างกาย	131
	2 การรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย	131
	2.1 สัตว์เลือดอุ่น (Homeothermic animal)	131-132
	2.2 สัตว์เลือดเย็น (Poikilothermic animal)	132-133
	1 ปัจจัยและกลไกที่ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย	133
	- วิธีการทดลอง	133-136
	- ผลการทดลอง	136
	- โครงสร้างผิวหนังกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในร่างกายของสัตว์	137
	2 กลไกการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย	137
	2.1 การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายเมื่ออยู่ในสภาวะอากาศหนาว	137-139
	2.2 การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายเมื่ออยู่ในสภาวะอากาศร้อน	140-141
	2.3 สัตว์ที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนมีการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย	141
	3 การหลบหลีกอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจากสิ่งแวดล้อม	141
	3.1 การเปลี่ยนแปลงสถานที่เพื่อที่จะอาศัยอยู่ได้อย่างเหมาะสม	141
	3.2 การเลือกเวลาออกหากิน	142
	3.3 การจัดหาที่อยู่อาศัยและเครื่องป้องกันความหนาวเย็นของอากาศ	142-143

สารบัญ

		หน้า
	3.4 การจำศีล	143
3	การรักษาสมดุลของกรด – เบส ในร่างกาย	143
	3.1 การรักษาสมดุลของกรด – เบส โดยการหายใจ	143-144
	3.2 การรักษาสมดุลของกรด – เบส โดยทางไต	144
	3.3 การรักษาสมดุลของกรด – เบส โดยใช้ระบบบัฟเฟอร์ (Buffer System)	145
2.3.12	การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต	145
-	ประเภทของเสียในร่างกาย	146
-	ประโยชน์ของการขับถ่าย (Excretion)	146-147
-	การขับถ่ายของมนุษย์	147
-	โครงสร้างของไต (Kidney)	147-149
-	หน่วยไต (Nephron)	149-150
-	การสร้างน้ำปัสสาวะของไต	151
	1 การกรองที่โกลเมอรูลัส (Glomerulus)	151
	2 กระบวนการดูดกลับที่หน่วยไต (Tubular reabsorption)	151-152
	3 การหลั่งสารโดยท่อของหน่วยไต (Tubular secretion)	152-154
-	ท่อไต (Ureter)	154
-	กระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder)	154
-	ท่อปัสสาวะ (Urethra)	155
-	ความผิดปกติที่เกี่ยวกับการขับถ่ายของไต	156
	1 โรคเบาหวาน (Diabetes mellitus)	156
	2 โรคนิ่ว	156
	3 โรคไตวาย	156-157
-	ไตเทียม (Hemodialyzer)	157
-	หลักการทำงานของไตเทียม	157-158
-	การผ่าตัดเปลี่ยนไตหรือการปลูกถ่ายไต	159
-	คุณสมบัติของผู้ให้ไต	159
-	ข้อปฏิบัติในการรักษาหลังการผ่าตัดเปลี่ยนไต	159-160

สารบัญ

หน้า

- ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นหลังการผ่าตัดเปลี่ยนไต 160

2.3.13 การหายใจ (Respiration) 160-161

- ความสำคัญของกระบวนการหายใจ 161
- ประเภทของการสลายสารอาหาร 161
  - 1 การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน 161
  - 2 การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน 162-163
- การวัดอัตราการหายใจ 163
  - 1 การหายใจ (Respiration) 163
  - 2 ความสัมพันธ์ของการหายใจกับเมตาโบลิซึม 163-164
  - 3 อัตราการหายใจและการวัดอัตราการหายใจ 164-167
- โครงสร้างและกลไกการหายใจของมนุษย์ 167
  - 1 โครงสร้างของปอด (Lungs) 167-168
  - 2 ทิศทางการลำเลียงก๊าซ 169-170
  - 3 อากาศเข้าและออกจากขั้วปอด 170-173
  - 4 ความจุของปอด 173-174
    - 4.1 Tidal volumn (TV) ปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้าและออกตามปกติ 174
    - 4.2 Inspiratory reserve volumn (IRV) ปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้าเต็มที่ 174
    - 4.3 Exspiratory reserve volumn (ERV) ปริมาตรของอากาศในการหายใจออกเต็มที่ 175
    - 4.4 Residual volumn (RV) ปริมาตรของอากาศที่เหลือหรือที่ค้างอยู่ในปอด 175
    - 4.5 Vital capacity ปริมาตรของอากาศทั้งหมดที่หายใจตามปกติ 175
    - 4.6 Total lung capacity ความจุทั้งหมดของปอด 175

สารบัญ

หน้า

5 การแลกเปลี่ยนก๊าซในร่างกาย 175

5.1 การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างปอดกับเส้นเลือด 176

5.2 การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างเส้นเลือดกับเนื้อเยื่อ 176-178

6 ศูนย์ควบคุมการสูดลมหายใจ 179

7 สิ่งที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและการแลกเปลี่ยนก๊าซ 180

7.1 สภาพมลภาวะของอากาศ 180-181

7.2 โรคที่เกี่ยวกับปอดและทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซเป็นไปได้ไม่ดี 181-182

7.3 สภาพความกดดันของอากาศ 182

- รงควัตถุที่สำคัญในการกระบวนการหายใจ 183

1 ฮีโมโกลบินหรือเฮโมโกลบิน (Hemoglobin or Haemoglobin) 183

2 ฮีโมไซยานินหรือเฮโมไซยานิน (Hemocyanin or Haemocyanin) 184

3 ฮีโมอีริทริน หรือ เฮโมอีริทริน (Hemoerythrin or Haemoerythrin 184

4 คลอโรครูโอนิน (Chlorocruonin) 184

2.3.14 การสืบพันธุ์ของมนุษย์ 184

1 ระบบสืบพันธุ์เพศชาย 185

1.1 อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชาย 185-189

1.2 น้ำอสุจิ (Semen) 190

1.3 ตัวอสุจิ (Sperm) 190-191

2 ระบบสืบพันธุ์เพศหญิง 191

2.1 อวัยวะสืบพันธุ์เพศหญิง 191

2.1.1 อวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก (External genital gland) 191

1 แคมนอก (Labia majora) 191

2 แคมใน (Labia minora) 191

3 คลีทอริส (Clitoris) 191

สารบัญ

		หน้า
	4 เยื่อพรหมจารี (Hymen)	192
2.1.2	อวัยวะสืบพันธุ์ภายใน (Internal genital gland)	192
	1 ช่องคลอด (Vagina)	192-193
	2 มดลูก (Uterus)	193
	3 ท่อนำไข่หรือปีกมดลูก (Follopian tube or Oviduct)	194
	4 รังไข่ (Ovary)	194
2.2	การเปลี่ยนแปลงวัยของเพศหญิง	195
2.2.1	หญิงที่เข้าสู่วัยสาว (Puberly)	195
	1 เมื่อย่างเข้าสู่วัยสาวหรือวัยเจริญพันธุ์	195-197
	2 เมื่อฮอร์โมน LH มีปริมาณสูงขึ้น	197
	3 หลังจากเกิดกระบวนการตกไข่	197-198
	4 การมีประจำเดือน (Menstruation)	199-200
	5 ถ้าไข่ที่ตกจากรังไข่ได้รับการผสมหรือได้รับการปฏิสนธิ	200
	6 การปฏิสนธิ (Fertilization)	200-201
	7 การตั้งครรภ์ (Pregnancy)	202-205
	8 การแท้ง (Abortion)	205
	9 การเกิดฝาแฝด (Twins)	205-206
2.2.2	หญิงวัยหมดประจำเดือน (Menopause period)	207
2.2.3	ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์	207
	1 ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า	207-208
	2 ฮอร์โมนจากรังไข่	208
	3 ฮอร์โมนจากอัณฑะ	209
	4 ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง	209
	5 การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนในช่วงต่าง ๆ	209

สารบัญ

หน้า

2.2.4 ภาวะการมีบุตรยากหรือการเป็นหมัน 209

1 ปัญหาการมีบุตรยาก 209

2 สาเหตุของภาวะการมีบุตรยาก 209-210

2.2.5 ทารกในหลอดแก้ว 211-212

2.3.15 การเจริญเติบโตของมนุษย์ 212

1 การเจริญเติบโตของมนุษย์ในระยะตัวอ่อนหรือเอ็มบริโอ (Embryo) 212

1.1 สัปดาห์แรกของการเจริญเติบโต 212

1.2 การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 2 212-213

1.3 การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 3 214

1.4 การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 4 214

1.5 การเจริญเติบโตในระหว่างสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 8 215

2 การเจริญเติบโตของมนุษย์ระยะฟีตัส 216-218

3 การเจริญเติบโตของมนุษย์ระยะหลังคลอด 219-220

4 โครงสร้างของเอ็มบริโอของมนุษย์ 220

4.1 ถุงไข่แดง (Yolk sac) 220

4.2 ถุงน้ำคร่ำ (Amnion) 220

4.3 รก (Placenta) 220

4.4 สายสะดือ (Umbilical cord) 220

4.5 แอลแลนทอยส์ (Allantois) 221

4.6 คอเรียน (Chorion) 221-222

5 สภาวะบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ 222

5.1 สภาวะโภชนาการของหญิงมีครรภ์ 222

5.2 พลังงานที่ได้รับจากอาหารมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักของหญิงมีครรภ์ 223

5.3 สภาวะที่หญิงมีครรภ์ได้รับสารเคมีต่าง ๆ 223

สารบัญ

		หน้า
2.3.16	ระบบประสาทของมนุษย์	223-224
	1 เซลล์ประสาท (Neuron or Nerve cell)	224
	1.1 โครงสร้างของเซลล์ประสาท	224-226
	1.2 การเกิดเยื่อไมอีลินหุ้มแอกซอน	227
	1.3 ชนิดของเซลล์ประสาท	228-230
	2 การทำงานของเซลล์ประสาท	230-231
	2.1 การเกิดกระแสประสาท (Nerve impulse)	231-232
	2.2 การศึกษาที่ช่วยให้เข้าใจเรื่องนี้ได้ดียิ่งขึ้น	232-234
	2.3 การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในเซลล์ประสาท	234
	2.3.1 ภาวะปกติขณะเซลล์ประสาทยังไม่ถูกกระตุ้น	234-236
	2.3.2 ภาวะมีสิ่งเร้ามากระตุ้นเซลล์ประสาท	236-237
	2.3.3 ภาวะที่กลับเข้าสู่สภาพปกติ	237-238
	2.4 การถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง	239-242
	2.5 สารที่มีผลต่อการถ่ายทอดกระแสประสาทที่ไซแนปส์	243
	3 ศูนย์ควบคุมของระบบประสาท	243-245
	3.1 สมอง (Brain)	246-254
	3.2 เส้นประสาทสมอง (Cranial nerves)	255-259
	3.3 ไขสันหลัง (Spinal cord)	259-262
	3.4 เส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal nerve)	262-265
	4 การทำงานของระบบประสาท	266
	4.1 ระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง	266-267
	4.2 การทำงานของระบบประสาทโซมาติก	268-271
	4.3 การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ	272-276
	5 โครงสร้างและกลไกการทำงานของอวัยวะรับสัมผัส	276
	5.1 นัยน์ตาและการมองเห็นภาพ (Eye)	276-287
	5.2 หูและการรับเสียง (Ear)	287-294
	5.3 จมูกและการรับกลิ่น (Nose)	294-296

สารบัญ

		หน้า
	5.4 ลิ้นและการชิมรส (Tongue)	296-298
	5.5 ผิวหนังและการสัมผัส (Skin)	299-301
2.3.17	ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน (Endocrine gland and Hormone)	301-302
	1 ระบบต่อมไร้ท่อของมนุษย์ (Endocrine gland)	302
	1.1 ลักษณะที่สำคัญของระบบต่อมไร้ท่อ	302
	1.2 การเจริญของระบบต่อมไร้ท่อ	303
	1.3 หน้าที่ของระบบต่อมไร้ท่อ	303
	1.4 ต่อมไร้ท่อที่สำคัญในร่างกายมนุษย์	304-305
	2 ฮอร์โมน (Hormone)	306
	2.1 การศึกษาทดลองเกี่ยวกับฮอร์โมน	306-309
	2.2 ความหมายของฮอร์โมน	309-311
	2.3 สมบัติของฮอร์โมน	311
	3 ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง (Pituitary gland or Hypophysis or Master of gland)	311-323
	4 ฮอร์โมนจากไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (Islets of Langerhans)	324-329
	5 ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต (Adrenal gland)	329-331
	5.1 อัดรีนัลคอร์เทกซ์ (Adrenal cortex)	332-335
	5.2 อัดรีนัลเมดัลลา (Adrenal medulla)	335-336
	6 ฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ (Thyriod gland)	336-342
	7 ฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid gland)	342-345
	8 ต่อมเพศ (Gonads)	346
	8.1 ฮอร์โมนจากอวัยวะเพศชาย	346-348
	8.2 ฮอร์โมนจากอวัยวะเพศหญิง	349-352
	9 ฮอร์โมนจากต่อมไพเนียลหรือต่อมเหนือสมอง (Pineal gland or Epiphysis)	352-354
	10 ฮอร์โมนจากต่อมไทมัส (Thymus gland)	355
	11 ฮอร์โมนจากกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก (Gastrointestinal tract)	356-357

สารบัญ

	หน้า
2.3.18 ร่างกายของมนุษย์ (Body of Human)	357
1 ระบบเครื่องห่อหุ้มร่างกาย (Integumentary system)	357-363
2 ระบบโครงกระดูก (Skeletal system)	363
3 โครงกระดูกของมนุษย์	364-365
3.1 กระดูกแกน (Axial skeleton)	366-371
3.2 กระดูกรยางค์ (Appendicular skeleton)	372-375
3.3 ข้อต่อ (Joint)	375-376
3.4 การต่อของกระดูก (Connect of Bones)	377
4 เนื้อเยื่อของมนุษย์ (Human tissue)	377-379
5 ระบบเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscular system)	379
5.1 กล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle)	379-384
5.2 กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle of Heart muscle or Myocardium)	384
5.3 กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle)	384-385
บรรณานุกรม	386

บทที่ 1
สิ่งแวดล้อมโลก
(World Environment)

1.1 ทรัพยากร และ/หรือ สิ่งแวดล้อม (Resource and/or Environment)

ทรัพยากร คนทั่วไปส่วนใหญ่มักหมายถึง แร่ธาตุ พลังงาน สัตว์ พืชต่าง ๆ ซึ่งบางครั้งก็เกิดใหม่ได้และบางครั้งก็เกิดใหม่ไม่ได้ ดังนั้น เมื่อพูดถึงการขาดแคลนทรัพยากรก็หมายความว่าเรามองทรัพยากรใน**เชิงปริมาณ**

เมื่อพูดถึงสิ่งแวดล้อม คนส่วนใหญ่มักหมายถึง ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษที่เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืช เช่น ดิน น้ำ และอากาศ ซึ่งความจริงแล้วทั้งสามสิ่งนี้เป็นทรัพยากรเหมือนกันและเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เมื่อเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษขึ้นมาเราจะมอง สิ่งเหล่านี้ใน**เชิงคุณภาพ** ดังนั้นเราจึงใช้คำคุณภาพของน้ำ คุณภาพของอากาศ คุณภาพของดิน หรือคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ถ้าเรามองปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษในเชิงปริมาณเหมือนทรัพยากรอื่น ๆ เช่น ถ้าน้ำเสียก็หมายความว่า น้ำเสียมีปริมาณมากกว่าน้ำดี หรือน้ำดีมีปริมาณน้อยกว่าน้ำเสีย ดังนั้นอากาศเสีย ดินเสียก็เช่นเดียวกัน

สรุปแล้วได้ความหมายว่า ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมก็คือเรื่องเดียวกัน แต่เป็นการมองต่างกันในเชิงปริมาณและคุณภาพ ซึ่งสามารถสับเปลี่ยนกันได้ถ้าต้องการเหมือนการมองเหรียญอันเดียวจากสองด้านนั้นเอง

1.2 นิยามของสิ่งแวดล้อม (Definition of the Environment)

ถ้ากำหนดตัวเราเป็นศูนย์กลางทุกสิ่งทุกอย่างรอบ ๆ ตัวเราก็คือสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีทั้งสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต แบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1.2.1 สิ่งแวดล้อมในด้านรูปธรรม (Concrete Environment) ได้แก่

1. สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Environment) หมายถึง สิ่งไม่มีชีวิตตามธรรมชาติ เช่น ดิน น้ำ อากาศ แร่ธาตุ และสิ่งไม่มีชีวิตที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยอาศัยความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์เทคโนโลยี หรือ ความสามารถทางศิลปะ เช่น อาคารบ้านเรือน ถนน วัด โรงงาน เขื่อน ภาพเขียน รูปปั้น เป็นต้น
2. สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ (Biological Environment) หมายถึง สิ่งมีชีวิต เช่น มนุษย์ สัตว์ พืช จุลชีวัน เป็นต้น

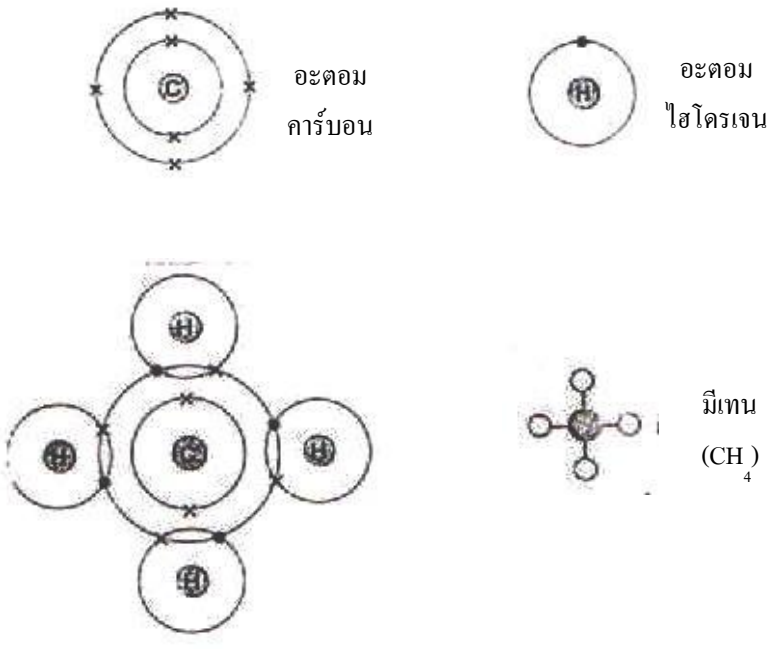
1.2.2 สิ่งแวดล้อมในด้านนามธรรม (Abstract Environment) ได้แก่ ระบบสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และวัฒนธรรม (Social, Economic, Political and Cultural) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ (นาท ตัณฑวิรุฬห์ และพูลทรัพย์ สมุทรสาคร. 2528 : 1-3)

1.3 โลกและชีวาลัย (World and Biosphere)

เมื่อ 400 ล้านปีก่อนในยุคที่นักวิทยาศาสตร์เรียกว่ายุคคาร์บอนนิเฟอเรียส (Carboniferous) อันเป็นยุคที่บนโลกเต็มไปด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโลก ซึ่งทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกที่รุนแรง อุณหภูมิของโลกในยุคนั้นจึงสูงกว่าในยุคปัจจุบันมาก ยุคคาร์บอนนิเฟอเรียสนี้ดำรงอยู่ได้ยาวนานกว่า 70 ล้านปี ในตอนนั้นโลกเรามีทวีปใหญ่อยู่ทวีปเดียวที่นักภูมิศาสตร์เรียกว่าแพนเกีย (Pangaea) ทวีปนี้ดำรงอยู่ยาวนานโดยสิ่งมีชีวิตบนโลกในขณะนั้นมีแต่พืช ปลา แมลง และสัตว์เลื้อยคลานชนิดเล็ก ๆ เท่านั้น ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในอากาศได้กลายเป็นวัตถุดิบให้พืชต่าง ๆ ดูดซับจนมันขยายตัวอย่างรวดเร็วและอุดมสมบูรณ์ เป็นที่คาดกันว่าทวีปแพนเกียในตอนนั้นถูกปกคลุมด้วยผืนแผ่นของพืชอย่างหนาแน่นและสูงเสียดฟ้าหลายร้อยฟุต ขณะที่บนพื้นดินของทวีปก็สุมหนาไปด้วยซากพืชเน่าที่สุมกองทับซ้อนกันเป็นชั้น ๆ จนลึกหลายร้อยฟุต หรือหลายพันฟุต ในบางแห่งกระบวนการนี้ดำรงอยู่อย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลานานถึง 70 ล้านปี

จนกระทั่งเมื่อ 300 ล้านปีก่อนเกิดการชนของลูกอุกกาบาตบนโลก ทำให้แผ่นเปลือกโลกปริแตก ทวีปแพนเกียจึงถูกฉีกแยกออกเกิดการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมโลก และที่สำคัญกองพืชที่หมักหมมเป็นซากหนาจำนวนมหาศาลได้จมลงสู่ใต้ดินลึก 50 ล้านปี ต่อมาไดโนเสาเริ่มปรากฏทวีปหลัก ๆ บนโลกมีสองทวีป นักภูมิศาสตร์เรียกว่าทวีปเลาราเซีย (Laurasia) กับทวีปกอนวานาแลนด์ (Gonwanaland)โลกเข้าสู่ยุคจูราสสิกหรือยุคเมโสโซอิก ซึ่งดำรงอยู่ยาวนานจนมาสิ้นสุดเมื่อ 65 ล้านปีก่อน และไดโนเสาที่เคยครองโลกตลอดยุคเมโสโซอิกนี้ก็ต้องสูญพันธ์ไป เพราะโลกโดนอุกกาบาตชนอีกเช่นกัน หลังจากนั้นแผ่นเปลือกโลกก็แยกออกเป็นหลายทวีปและดำรงอยู่จนมาถึงทุกวันนี้ ในระหว่างนั้นกองซากพืชและซากสัตว์ที่หมักหมมได้ถูกแรงกดอัดจำนวนมหาศาลอย่างยาวนานจนถึงปัจจุบัน จนกระทั่งกลายเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ชาวโลกรู้จักกันดีในชื่อของปิโตรเลียม (Petroleum) ทั้งในสภาพของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโลกมีอายุประมาณ 4,500 ล้านปี สภาพตอนแรกจะพบกลุ่มก๊าซในขณะเดียวกันนักวิทยาศาสตร์ก็พยายามค้นหาว่าสิ่งมีชีวิตในโลกนี้เกิดมาจากไหน โดยศึกษาระบบสุริยะจักรวาลที่เป็นดวงไฟร้อนมีกลุ่มควันก๊าซ และแร่ธาตุอยู่ในสภาพอะตอมอิสระ เช่น ไฮโดรเจน ซึ่งเป็นอะตอมที่พบอยู่จำนวนมากเช่นเดียวกับที่ผิวโลก พบว่ามีอะตอมไฮโดรเจน (H) มาก นอกจากนี้ยังพบว่ามีอะตอมธาตุอื่น ๆ อีกได้แก่ เหล็ก (Fe) นิกเกิล (Ni) ซิลิคอน (Si) อะลูมิเนียม (Al) กำมะถัน (S) และฟอสฟอรัส (P) อะตอมเหล่านี้มีน้ำหนักต่างกัน อะตอมที่หนักมาก เช่น เหล็ก นิกเกิล จะเข้าไปสู่ศูนย์กลางของโลก ส่วนอะตอมที่เบาคือ ซิลิคอน อะลูมิเนียม กำมะถัน และฟอสฟอรัส จะอยู่ในเปลือกชั้นกลางของโลก และอะตอมที่เบาที่สุดออกไปอยู่ที่ผิวนอกของเปลือกโลก ได้แก่ ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และคาร์บอน (C)

เมื่อผิวโลกเย็นลงไฮโดรเจนอะตอมรวมกับออกซิเจน อะตอมเกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ(H_2O) หรือไฮโดรเจนอะตอมรวมกับไนโตรเจนอะตอมเกิดเป็นโมเลกุลของแอมโมเนีย (NH_3) หรือไฮโดรเจนอะตอม รวมกับคาร์บอนอะตอมเกิดเป็นโมเลกุลของมีเทน (CH_4) ได้ดังนี้ คือ เมื่อคาร์บอนหนึ่งอะตอมมีอิเล็กตรอน 6 ตัวในระดับพลังงานชั้นแรกอยู่ใกล้นิวเคลียสมากที่สุด มีจำนวนอิเล็กตรอนได้สูงสุดเท่ากับ 2 ตัวในระดับชั้นนอกสุดจึงเหลือ 4 ตัว เพื่อทำให้อิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดเต็มมีความเสถียร ซึ่งในระดับพลังงานชั้นที่ 2 ของคาร์บอนจะต้องมีอิเล็กตรอนให้ได้ครบ 8 ตัว ในขณะที่ไฮโดรเจนหนึ่งอะตอมมีอิเล็กตรอนเพียงตัวเดียว ถ้าได้อิเล็กตรอนอีก 1 ตัว จะทำให้อิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเต็มมีความเสถียร ซึ่งในระดับพลังงานชั้นที่ 1 จะต้องมีอิเล็กตรอนให้ได้ครบ 2 ตัว ดังนั้น การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันทำให้เกิดพันธะโคเวเลนต์เดี่ยวระหว่างธาตุไฮโดรเจน 4 อะตอมกับธาตุคาร์บอน 1 อะตอม ซึ่งเป็นธาตุอโลหะ ตามรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์เดี่ยวที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจน
(จินดา อุดชาชน และคณะ. 2545 : 246-247)

ส่วนภายในโลกยังคงร้อนและความร้อนนี้ทำให้ภูเขาไฟระเบิด ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำจับตัวเป็นเมฆแล้วถูกความเย็นในเบื้องสูงที่ผิวโลกจนกลั่นตัวเป็นฝนตกลงมายังพื้นโลกที่ยังร้อนอยู่ ทำให้ระเหยกลายเป็นไอน้ำกลับขึ้นไปใหม่ วนเวียนเป็นวัฏจักรอยู่เป็นเวลานานจนทำให้พื้นโลกเกิดเป็นแหล่งน้ำ แม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทร จากนั้นรังสอูลตราไวโอเลต รังสีอินฟราเรด และแสงจากดวงอาทิตย์

ฟ้าร้อง ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ซึ่งเป็นพลังงานในยุคนั้นก็ได้ช่วยสร้างสิ่งมีชีวิตพวกแรกให้เกิดขึ้นในแหล่งน้ำต่าง ๆ เป็นสารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย ๆ (Simple organic compound) แล้วอินทรีย์สารเหล่านี้ก็รวมกันเป็นอินทรีย์สารที่ซับซ้อน (Complex organic compound) การเปลี่ยนแปลงของธาตุจากอะตอม ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ จนได้สารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำตาล (Monosaccharide) กลีเซอรีน (Glycerin) กรดไขมัน (Fatty acid) กรดอะมิโน (Amino acid) พิวรีน (Purine) ไพริมิดีน (Pyrimidine) และกรดนิวคลีอิก(Nucleic acid) โดยสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้เป็นรากฐานของสิ่งมีชีวิตที่ถือกำเนิดขึ้นในโลก การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า วิวัฒนาการทางเคมี (Chemical evolution)

ยูเร่ส์ (Harold C. Urey) และมิลเลอร์ (Stanley L. Miller) ในปี ค.ศ.1930 ได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสารอินทรีย์เกิดจากสารอนินทรีย์โดยเอาไอน้ำ ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) มีเทน (CH_4) และไฮโดรเจน (H) มารวมกันใช้กระแสไฟฟ้า spark ทำให้ได้สารอินทรีย์ประเภทโปรตีน

โอปาริน (A. I. Oparin) ในปี ค.ศ.1936 ได้กล่าวว่าสิ่งมีชีวิตประกอบขึ้นด้วยสารอนินทรีย์ที่มีธาตุคาร์บอน (C) ธาตุไนโตรเจน (N) ธาตุไฮโดรเจน (H) ธาตุออกซิเจน (O) ในสภาพแวดล้อมโลกที่เกิดใหม่และเย็นตัวลง จนมีสิ่งแวดล้อมเหมาะสมที่มีการสังเคราะห์สารอินทรีย์โมเลกุลง่าย ๆ ขึ้นได้เอง ดังนั้น จุดกำเนิดของเซลล์จึงเป็นจุดเดียวกันกับจุดเริ่มต้นของสิ่งมีชีวิตบนโลก เพราะสิ่งมีชีวิตเริ่มแรกบนโลก เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีเซลล์เดียวตามสมมุติฐานของโอปาริน

คาร์วิน (Melvin Calvin) ในปี ค.ศ.1961ได้นำแนวคิดนี้ไปทดลองโดยใช้วิธีการทดลองคล้ายกับมิลเลอร์ แต่ใช้รังสีแกมมาผ่านเข้าไปในขวดทดลองปรากฏว่าได้สารประกอบหลายชนิดที่พบในสิ่งมีชีวิต นอกจากนั้นยังได้สารที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานในสิ่งมีชีวิตอีกด้วยแสดงว่าสารอินทรีย์เกิดจากสารอนินทรีย์ จึงอาจจะยอมรับได้ว่า สารอินทรีย์โมเลกุลง่าย ๆ ที่สังเคราะห์ขึ้นได้เองนี้ จะเชื่อมต่อกันเป็นโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนมากขึ้นเช่น

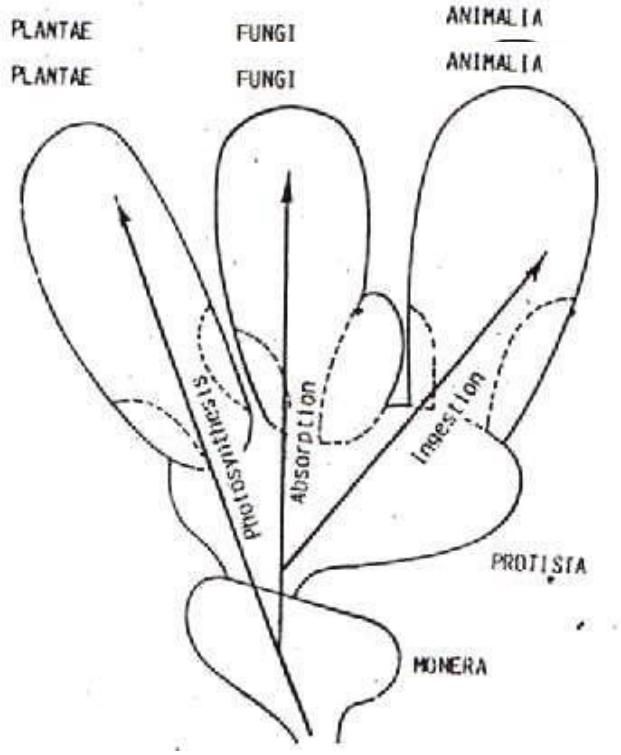
น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ⟶ น้ำตาลโมเลกุลซ้อน
กรดไขมัน + กลีเซอรีน ⟶ ไขมัน
กรดอะมิโน ⟶ โปรตีน
ไนโตรเจน + น้ำตาลกลุ่มฟอสเฟต ⟶ นิวคลีโอไทด์
กรดนิวคลีอิก + โปรตีน ⟶ นิวคลีโอโปรตีน

วิวัฒนาการทางชีววิทยา (Biological evolution) เกิดขึ้นต่อจากวิวัฒนาการทางเคมี โดยกรดอะมิโนกลายเป็นโปรตีนแล้วไปรวมกับกรดนิวคลีอิกได้สารประกอบนิวคลีโอโปรตีน ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมสามารถเพิ่มจำนวนโดยการถ่ายสำเนาตัวเองได้ (Duplication) มีการหาอาหาร มีการดูดซึมรับสารอาหารเพื่อพัฒนาให้เติบโตมีการเปลี่ยนแปลงของยีน (DNA) ในเซลล์สืบพันธุ์และสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลานได้ กระบวรการนี้เรียกว่ามิวเตชั่น (Mutation) และการรวมกลุ่มกันทำให้เกิดเป็นเซลล์แรกขึ้น (First cell) เรียกว่า Premonera เซลล์เริ่มแรกจะมีวิวัฒนาการต่อไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ

1. Monera หรือ Prokaryota สิ่งมีชีวิตพวกนี้มียีนเป็นอิสระภายในเซลล์ ไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์นิวเคียส ได้แก่ แบคทีเรีย (Bacteria) และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue – green algae)

2. Protista หรือ Eukaryota วิวัฒนาการมาจาก Monera เป็นสิ่งมีชีวิต พวกที่มียีนรวมกันอยู่บนโครโมโซม และมีเยื่อหุ้มนิวเคียส ซึ่งจัดเป็นพวกที่มีนิวเคียสชัดเจน (Defenite nucleus) ได้แก่ โปรโตซัว สาหร่าย เห็ดรา พืช สัตว์ และสัตว์ชั้นสูง

จากสิ่งมีชีวิตเซลล์แรกที่เกิดขึ้นนี้ เมื่อเพิ่มจำนวนมากขึ้นจำเป็นต้องหาอาหาร ทำให้เกิดวิวัฒนาการทางโภชนาการ (Nutritional evolution) การหาอาหารทำให้เซลล์ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม เซลล์บางกลุ่มต้องกินอาหารจากเซลล์ชนิดอื่นเรียกว่า ปรสิต (Parasite) เซลล์บางพวกกินของเน่าเปื่อย เรียกว่า ผู้บริโภคที่กินซากพืชซากสัตว์ (Scavenger or Detritivore) ส่วนเซลล์บางกลุ่มไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ต้องบริโภคผู้ผลิตหรือผู้บริโภคด้วยกันเรียกว่า ผู้บริโภค (Consumer or Heterotroph) ส่วนพวกที่มีรงควัตถุคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) สามารถสร้างอาหารได้เองเรียกว่า ผู้ผลิต (Producer or Autotroph) วิธีการหาอาหารของเซลล์แบบต่างๆ กันนี้ ทำให้มีวิวัฒนาการเกี่ยวกับรูปร่างและโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตเรียกว่า วิวัฒนาการโครงสร้าง (Structural evolution) ตามรูปที่ 1.2 และแผนภูมิที่ 1.1



รูปที่ 1.2 วิวัฒนาการของเซลล์แรก
(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 174)

a formation of H_2O, CH_4, NH_3

b H_2O, CH_4, NH_3 → monosaccharides, glycerin, fatty acids, Amino acids, pyrimidines, Purines

c monosaccharides + monosaccharides → polysaccharides

fatty acids + glycerin → fats , lipids

amino acids + amino acids → proteins → enzymens

pyimidines, purines + sugar + phosphate → nucleotides

nucleotides + nucieotides → nucleic acids

d nucleic acids + proteins → nueleoproteins

reproduction

mutation

nutrition

aggregation

e nucleoproteins + organic shells → early cells

synthesis

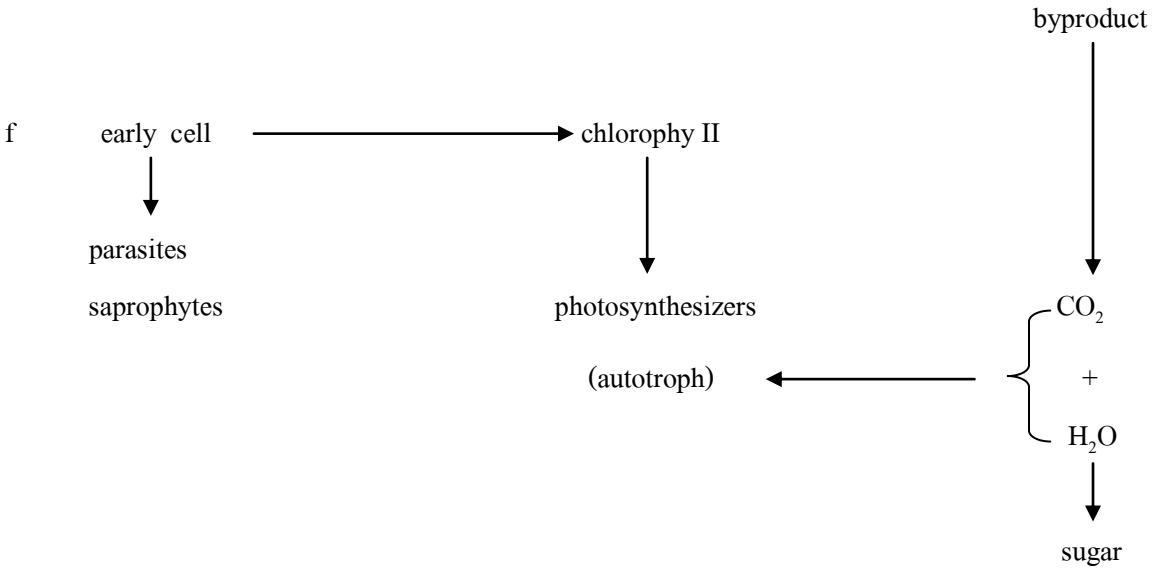
growth

development

division

Internal control

fermentation → CO_2



แผนภูมิที่ 1.1 ไดอะแกรมวิวัฒนาการกำเนิดสิ่งมีชีวิต

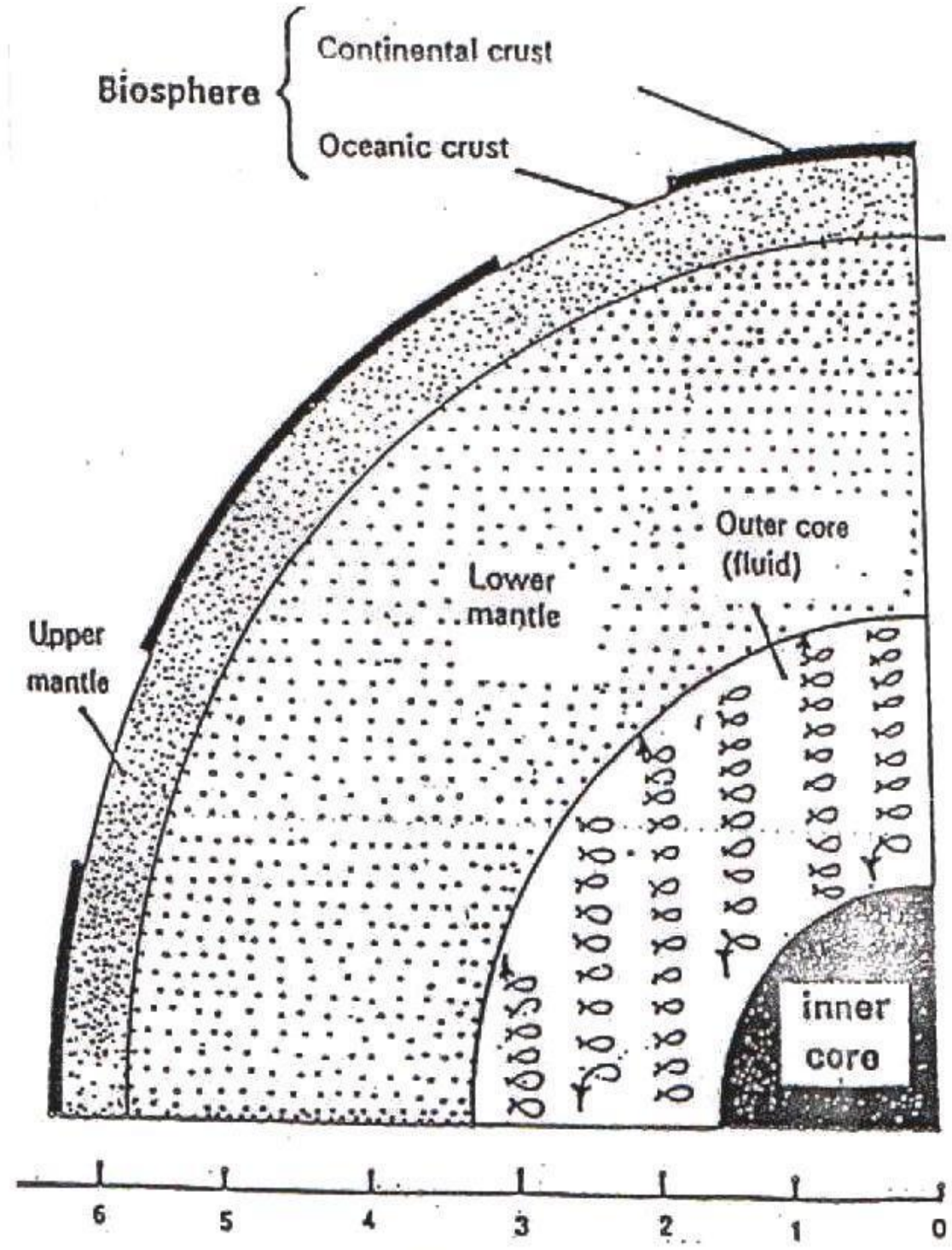
(a-c) Chemical evolution

(d-e) Biological evolution

(f) Nutritional evolution and Structural evolution

(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 175)

โลกมีรูปร่างทรงกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางในแนวดิ่งจากขั้วโลกเหนือถึงขั้วโลกใต้ประมาณ 12,711 กิโลเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางในแนวนอนประมาณ 12,755 กิโลเมตร ซึ่งแบ่งเป็นชั้น ๆ ได้ตามรูปที่ 1.3

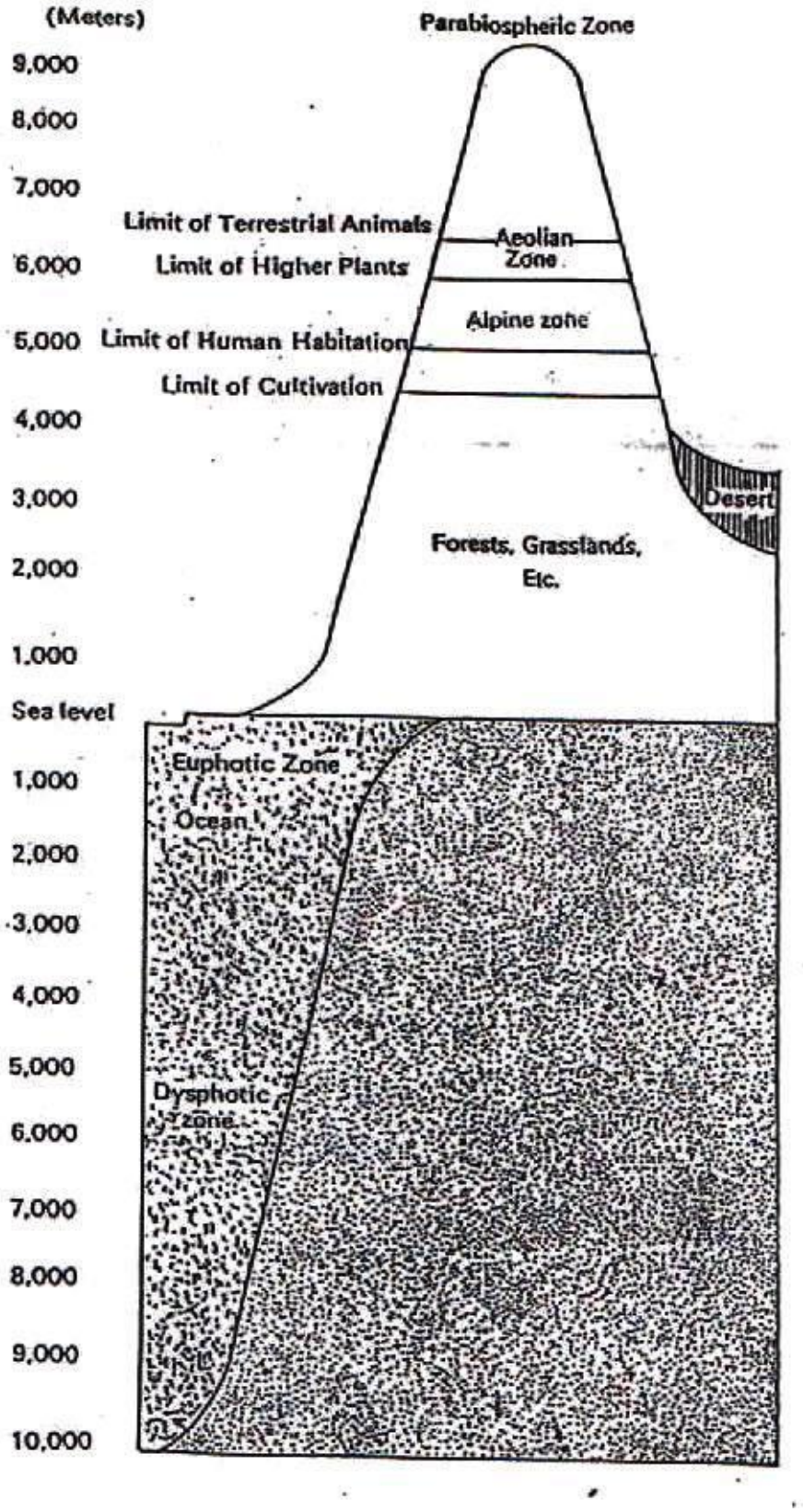


รูปที่ 1.3 แสดงความหนาบางของชีวาลัยกับความลึกของโลก

(นาท ตัณฑวิรุฬห์ และพูลทรัพย์ สมุทรสาคร. 2528 : 2)

1.3.1 เปลือกโลก คือส่วนที่อยู่ชั้นนอกสุดของโลกมีความหนาประมาณ 35 กิโลเมตร ชีวาลัย (Biosphere) เป็นอาณาบริเวณบาง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ผิวโลกประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นดิน (Lithosphere) หิน ทรัพยากรแร่ธาตุ และพลังงานต่าง ๆ ส่วนที่เป็นน้ำ (Hydrosphere) และส่วนที่เป็นบรรยากาศ (Atmosphere) อันเป็นที่อยู่อาศัยของมนุษย์ พืช และสัตว์

ขอบเขตของชีวาลัยจะสูงหรือต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 9,000 เมตร และ 10,000 เมตรตามลำดับ ซึ่งเทียบจากความสูงของยอดเขาเอเวอร์เรสต์ที่สูงที่สุดในโลก และความลึกของจุดที่ลึกที่สุดของมหาสมุทรแปซิฟิก ส่วนที่อยู่ต่อจากชีวาลัยจะเป็นหินแข็งฝังลึกลงไปใต้ผิวดินและผิวน้ำ ตามรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 อาณาบริเวณของชีวาลัยในแนวดิ่ง

(นาท ตัณฑวิรุฬห์ และพูลทรัพย์ สมุทรสาคร. 2528 : 3)

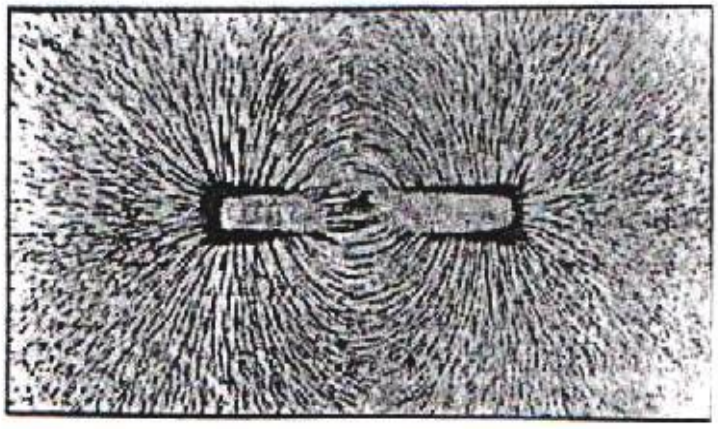
1.3.2 แมนเทิล คือ ส่วนที่อยู่ถัดลงไปจากเปลือกโลกมีความหนาประมาณ 3,000 กิโลเมตร บางส่วนของชั้นนี้มีหินเหลวหนืดและร้อนจัด ประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ เช่น เหล็ก ซิลิคอน และอะลูมิเนียม หลอมละลายปนกันอยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงมาก

1.3.3 แกนโลก คือ ส่วนที่อยู่ชั้นในสุดของโลกอยู่ต่อจากชั้นแมนเทิลเข้าไปจนถึงจุดศูนย์กลางของโลกมีความหนาประมาณ 3,440 กิโลเมตรในชั้นนี้ส่วนแรกประกอบด้วยสารหลอมเหลว และส่วนถัดมาที่อยู่ลึกสุดมีความกดดันและอุณหภูมิสูงถูกอัดแน่นจนเป็นของแข็งที่มีความแข็งที่สุดของโลก

1.4 แม่เหล็กและแม่เหล็กโลก

เมื่อนำแม่เหล็กมาแขวนและหมุนได้อย่างมีอิสระ เมื่อแม่เหล็กหยุดนิ่งแม่เหล็กจะอยู่ในตำแหน่งทิศเหนือและทิศใต้เสมอ จึงเรียกขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือว่าขั้วเหนือ (N) เรียกขั้วที่ชี้ไปทางทิศใต้ว่าขั้วใต้ (S) และยังพบอีกว่าขั้วแม่เหล็กต่างชนิดกันจะดูดกันขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันจะผลักกัน ดังนั้นมนุษย์จึงใช้แม่เหล็กมาทำเข็มทิศ ซึ่งเป็นอุปกรณ์เดินทางโดยเรือทางทะเล และทางอากาศโดยเครื่องบิน เนื่องจากความเร็วของกระแสน้ำและลมมีผลทำให้ยานพาหนะเปลี่ยนทิศทางได้ ดังนั้น เข็มทิศจึงเป็นอุปกรณ์ช่วยหาตำแหน่งและทิศทางของจุดหมายปลายทางได้เป็นอย่างดี

แท่งแม่เหล็กสามารถส่งอำนาจแม่เหล็กออกไปรอบ ๆ แท่ง อำนาจแม่เหล็กสามารถทำให้เห็นได้โดยกระจายผงตะไบเหล็กไปรอบ ๆ แท่งแม่เหล็ก ผงตะไบเหล็กจะเรียงตัวเป็นเส้น ตามรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 ลักษณะสนามแม่เหล็ก

(คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2542 : 14)

เมื่อนำเข็มทิศวางไว้บนโต๊ะ ขั้วเหนือและขั้วใต้ของเข็มทิศจะชี้ไปทางทิศเหนือและทิศใต้ของขั้วโลก เสมอจากปรากฏการณ์ดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์ พบว่าบริเวณที่อยู่ใต้ผิวโลกที่ขั้วโลกเหนือจะมีสมบัติเป็นขั้วแม่เหล็กชนิดขั้วใต้อยู่ที่บริเวณอ่าวฮัดสันทางตอนเหนือของประเทศแคนาดา ขั้วแม่เหล็กนี้อยู่ห่างจากขั้วโลกเหนือประมาณ 1,800 กิโลเมตร ส่วนบริเวณที่อยู่ใต้ผิวโลกที่ขั้วโลกใต้ก็แสดงสมบัติเป็นขั้วแม่เหล็กชนิดขั้วเหนืออยู่ที่ทางทิศใต้ของประเทศออสเตรเลียอยู่ห่างจากขั้วใต้ประมาณ 2,700 กิโลเมตร

ขั้วแม่เหล็กโลกทั้งสองขั้วนี้ จึงทำให้โลกมีสนามแม่เหล็กโลกที่ห่อหุ้มอยู่โดยรอบเพื่อช่วยป้องกันและควบคุมรังสีบางชนิดที่มีอยู่ในอวกาศให้เข้ามาสู่โลกในปริมาณที่พอเหมาะและไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก นอกจากนี้ สนามแม่เหล็กโลกยังทำให้แร่แมกนีไทต์มีสมบัติเป็นแม่เหล็กตามธรรมชาติได้ สนามแม่เหล็กและแท่งแม่เหล็กที่เกิดตามธรรมชาติมีส่วนช่วยให้มนุษย์ประดิษฐ์แม่เหล็กขึ้นเองได้ และใช้แม่เหล็กที่ประดิษฐ์ได้นี้เป็นชิ้นส่วนสำคัญในการสร้างอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าอีกด้วย

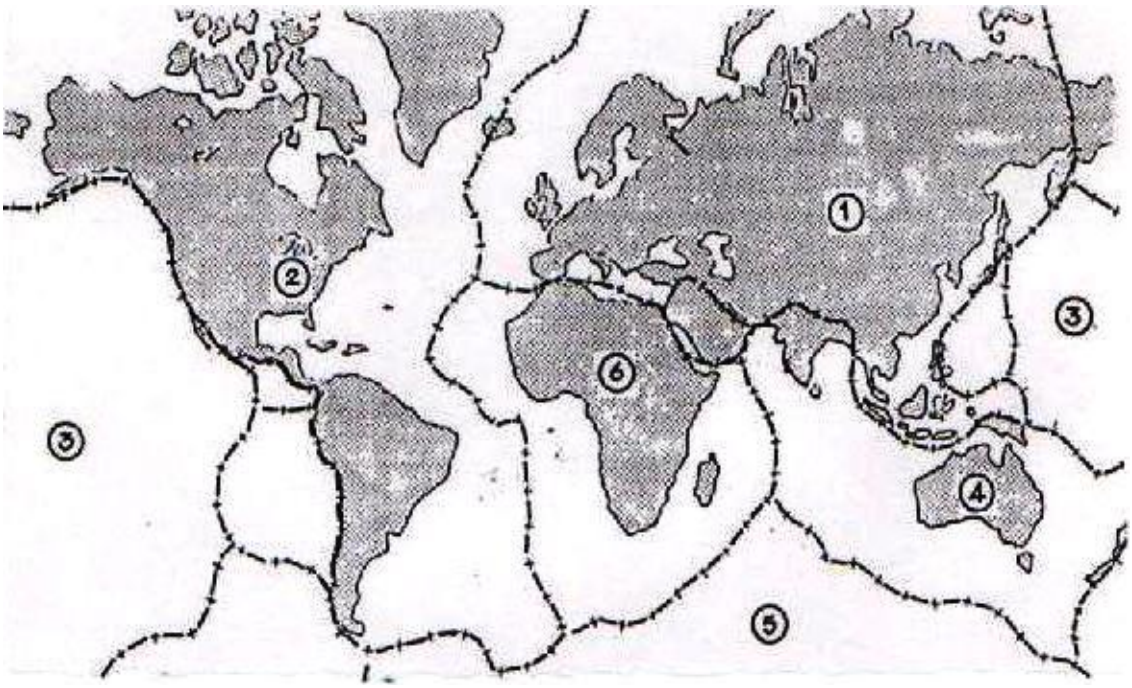
1.5 การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก

เปลือกโลกเปลี่ยนแปลงได้ 2 ทาง คือ

1.5.1 เปลือกโลกเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ ผิวเปลือกโลกมีลักษณะแตกต่างกันบางแห่งเป็นที่ราบบางแห่งเป็นภูเขา บางแห่งเป็นทะเล มหาสมุทร นักธรณีวิทยาได้ศึกษาและพบว่าสิ่งต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นเปลือกโลกนั้น มิได้อยู่ติดกันเป็นแผ่นเดียวกันแต่มีรอยแยกอยู่ทั่วไป รอยแยกเหล่านี้ส่วนใหญ่จะอยู่ลึกลงไปจากผิวโลก จึงทำให้สามารถแบ่งเปลือกโลกออกเป็นแผ่น ๆ เรียกแต่ละแผ่นว่าแผ่นเปลือกโลก โดยมีแผ่นเปลือกโลกขนาดใหญ่ 6 แผ่น และแผ่นเปลือกโลกขนาดเล็ก ๆ อีกหลายแผ่น ตามรูปที่ 1.6 และรูปที่ 1.7

รูปที่ 1.6 แผนที่โลก

(คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2542 : 18)



รูปที่ 1.7 แผ่นเปลือกโลก

(คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2542 : 20)

จากรูปจะพบว่ามีเปลือกโลกขนาดใหญ่ 6 แผ่น ดังนี้

1. แผ่นยูเรเชีย เป็นแผ่นเปลือกโลกที่รองรับทวีปเอเชีย และทวีปยุโรป และพื้นน้ำบริเวณใกล้เคียง

2. แผ่นอเมริกา เป็นแผ่นเปลือกโลกที่รองรับทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปอเมริกาใต้ และพื้นน้ำครึ่งซีกตะวันตกของมหาสมุทรแอตแลนติก

3. แผ่นแปซิฟิก เป็นแผ่นเปลือกโลกที่รองรับมหาสมุทรแปซิฟิก

4. แผ่นออสเตรเลีย เป็นแผ่นเปลือกโลกที่รองรับทวีปออสเตรเลีย ประเทศอินเดีย และพื้นน้ำระหว่างประเทศออสเตรเลียกับประเทศอินเดีย

5. แผ่นแอนตาร์กติก เป็นแผ่นเปลือกโลกที่รองรับทวีปแอนตาร์กติก และพื้นน้ำโดยรอบ

6. แผ่นแอฟริกา เป็นแผ่นเปลือกโลกที่รองรับทวีปแอฟริกา และพื้นน้ำรอบ ๆ ทวีปนี้

จากข้อมูลในปัจจุบันจะพบว่าทวีปต่าง ๆ กระจายไปตามส่วนต่าง ๆ ของโลก โดยมีมหาสมุทรและทะเลคั่นอยู่ระหว่างทวีปเหล่านั้น เมื่อประมาณ พ.ศ. 2163 อัลเฟรด เวเจเนอร์ ได้สันนิฐานว่าถ้าย้อนอดีตไปอีกประมาณ 50 ล้านปีผิวโลกส่วนที่เป็นแผ่นดินซึ่งโผล่ขึ้นมาจากผิวน้ำนั้น มีเพียงส่วนเดียวเป็นทวีปใหม่ทวีปเดียวและการศึกษาก็พบว่า ทวีปทั้งหลายมิได้อยู่นิ่งกับที่แต่สามารถเคลื่อนไหวได้

1.5.2 เปลือกโลกเปลี่ยนแปลงจากการกระทำของมนุษย์ โดยมนุษย์ค้นหาขุดดิน หิน และแร่ธาตุซึ่งมีอยู่ในเปลือกโลกขึ้นมาใช้ประโยชน์ด้วยการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี เช่น การขุดเจาะชั้นดินและหินเพื่อวางระบบฐานรากของสิ่งก่อสร้างอาคาร บ้านเรือน ระบบขนส่งบนดินและใต้ดิน โรงงานอุตสาหกรรม สงครามและการทดลองระเบิดปรมาณู ระเบิดภูเขาทำเหมืองแร่ การขุดเจาะปิโตรเลียม สร้างเขื่อน และการตัดไม้ทำลายป่าทั้งหมดนี้ล้วนแต่มีส่วนทำให้เปลือกโลกเปลี่ยนแปลงได้ทั้งสิ้น

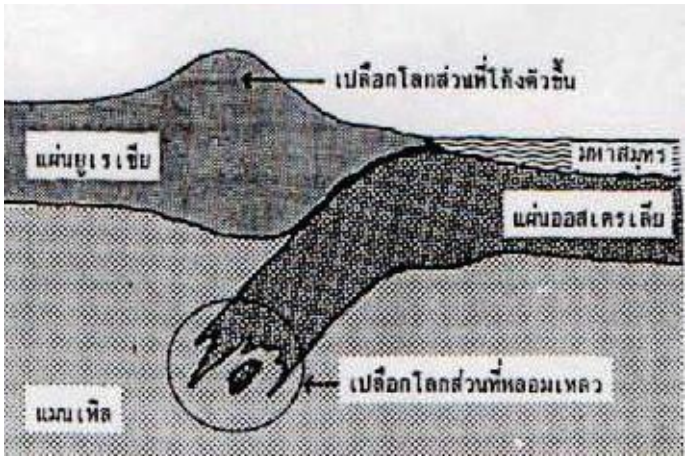
1.6 การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก

แผ่นเปลือกโลกแต่ละแผ่นมีขนาดใหญ่มากแต่ก็สามารถเคลื่อนที่ได้ เนื่องเพราะหินหนืดที่มีอยู่ในชั้นแมนเทิลได้รับความร้อนจากแกนโลกหินหนืดจึงไหลวน จากการเคลื่อนของหินหนืดเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้แผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่ได้ ประกอบกับแผ่นเปลือกโลกที่อยู่ใต้มหาสมุทรมีความหนาน้อยกว่าแผ่นเปลือกโลกส่วนที่เป็นทวีป ดังนั้น หินหนืดในชั้นแมนเทิลจึงสามารถแทรกตัวขึ้นมาตามรอยแยกระหว่างแผ่นเปลือกโลกที่อยู่ใต้มหาสมุทรได้ง่ายกว่าหินหนืดในชั้นแมนเทิลจึงทำหน้าที่เป็นตัวดันและพยุงให้แผ่นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรเคลื่อนที่ และขยายตัวแยกออกจากกันดังที่นักธรณีวิทยา พบว่าบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลกที่อยู่ใต้มหาสมุทรแอตแลนติกนั้นมีแนวหินใหม่เกิดขึ้นอยู่

ตลอดเวลา แนวหินใหม่นี้เกิดขึ้นจากหินหนืดที่อยู่ใต้เปลือกโลกดันขึ้นมาที่บริเวณรอยต่อนี้ แนวหินใหม่เหล่านี้พบว่ามีอายุน้อยกว่าหินที่อยู่บนทวีปที่อยู่รอบมหาสมุทรแอตแลนติกมาก นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการที่หินหนืดดันขึ้นมาตามรอยต่อนี้เองทำให้แผ่นดินของทวีปอเมริกากับทวีปยุโรปและทวีปแอฟริกาห่างกันมากขึ้นตลอดเวลา เมื่อเปลือกโลกใต้มหาสมุทรเคลื่อนที่ออกไปมากยิ่งขึ้นขอบอีกด้านหนึ่งจะเข้าไปชนและมุดตัวเข้าไปสู่ใต้แผ่นเปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่งทำให้เกิดแรงดันมหาศาลขึ้นตามบริเวณที่จรดกันนี้

นักธรณีวิทยาศึกษา พบว่าแผ่นเปลือกโลกทั้งปวงเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาด้วยอัตราความเร็วที่ต่ำมากบางแผ่นเคลื่อนที่เข้าชนอีกแผ่นหนึ่ง เช่น แผ่นออสเตรเลียเคลื่อนที่เข้าชนแผ่นยูเรเชีย การชนของเปลือกโลกทั้งสองนี้ ทำให้บางบริเวณของแนว ก-ข เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ แผ่นออสเตรเลียมุดตัวเข้าสู่ใต้แผ่นยูเรเชีย และมุดหายไปในส่วนแมนเทิลของโลกที่มีความร้อนสูง จึงทำให้เกิดมีการหลอมตัวของหินเปลือกโลก นอกจากนั้นการชนกันของทั้งสองแผ่นนี้ยังผลให้เปลือกโลกบางส่วนถูกดันให้โค้งตัวขึ้นกลายเป็นภูเขาสูง เช่น บริเวณเทือกเขาหิมาลัยซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย ตามรูปที่ 1.8 และรูปที่ 1.9

รูปที่ 1.8 แผ่นออสเตรเลียชนกับแผ่นยูเรเชีย
(คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2542 : 23)



รูปที่ 1.9 แผ่นออสเตรเลียชนกับแผ่นยูเรเชีย
(คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2542 : 23)

1.7 การเกิดแผ่นดินไหว

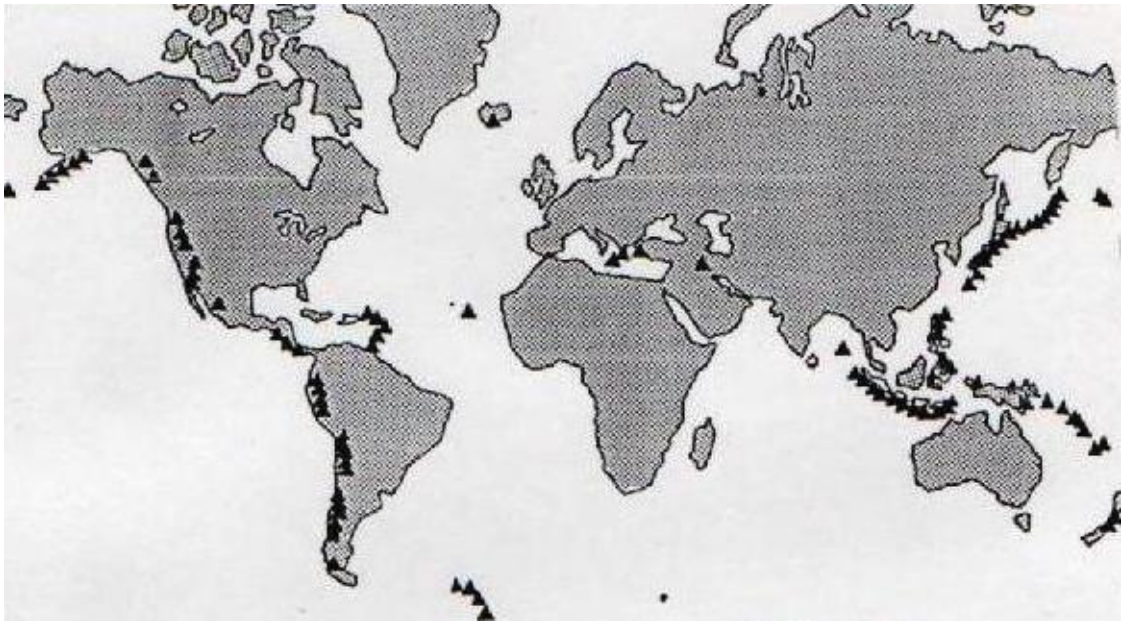
ความร้อนจากแกนโลกนอกจากจะทำให้เปลือกแผ่นโลกเคลื่อนที่ได้แล้วยังทำให้เปลือกโลกส่วนล่างขยายตัวได้มากกว่าผิวด้านบน ทั้งนี้เพราะที่ผิวโลกมีอุณหภูมิต่ำกว่าแกนโลกมาก นอกจากนี้บริเวณผิวโลกยังมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่ตลอดเวลา สาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้เปลือกโลกมีการขยายตัวและหดตัวไม่สม่ำเสมออิทธิพลนี้จึงส่งผลกระทบต่อรอยแยกในชั้นหินและรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลกโดยตรงนั่นคือรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลกบางแห่งอาจแยกห่างออก บางแห่งอาจเคลื่อนที่เข้าชนกัน การชนกันหรือแยกออกจากกันของเปลือกโลกอาจทำให้เปลือกโลกบางส่วนบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยฉับพลัน เช่น เกิดการยุบตัวหรือทรุดตัวลง ทำให้เปลือกโลกบริเวณนั้นเกิดการกระทบกระแทกหรือการเคลื่อนที่ตามแนวระดับแล้วส่งอิทธิพลออกไปยังบริเวณรอบ ๆ ในรูปของคลื่น เราเรียกการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้ว่า**แผ่นดินไหว**

จากการศึกษาของนักธรณีวิทยาพบว่าบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลกนั้นมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวมากกว่าบริเวณอื่น ทั้งนี้เพราะแผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาบริเวณรอยต่อจึงมีโอกาสเกิดการกระทบกระแทกได้ง่ายและถ้าการกระทบกระแทกเกิดขึ้นอย่างรุนแรงจนเป็นเหตุให้เปลือกโลกบริเวณนั้นฉีกขาดตามแนวระดับ หรือทรุดตัวลงอย่างรวดเร็วด้วยอิทธิพลของแรงดึงดูดโลกก็อาจทำให้อาคาร บ้านเรือน และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ พังทลายและได้รับความเสียหาย รวมทั้งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ก็อาจล้มตายได้รับความเสียหายไปด้วย

1.8 การเกิดภูเขาไฟ

หินหนืดที่อยู่ใต้เปลือกโลกนั้นมีอุณหภูมิและความดันสูงมาก หินหนืดจะถูกแรงดันอัดให้แทรกรอยแตกขึ้นสู่ผิวโลกโดยมีแรงประทุหรือแรงระเบิดเกิดขึ้นลักษณะนี้เรียกว่า**การเกิดภูเขาไฟ** แรงอัดที่ถูกปล่อยออกมาจะบ่งบอกถึงความรุนแรงของการระเบิดของภูเขาไฟหินหนืดที่พุ่งขึ้นมาจากการระเบิดของภูเขาไฟเรียกว่า**ลาวา** ซึ่งจะไหลลงสู่บริเวณที่อยู่ระดับต่ำกว่าและสร้างความเสียหายให้แก่มนุษย์ สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก นอกจากหินหนืดที่พุ่งออกจากปล่องภูเขาไฟแล้วยังมีสิ่งอื่น ๆ ปะปนออกมาอีกมากมาย มีไอน้ำ ฝุ่นละออง เศษหินและก๊าซต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนออกไซด์ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น

แนวรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลกจะเป็นบริเวณที่มีโอกาสเกิดภูเขาไฟระเบิดมากกว่าบริเวณที่อยู่ถัดเข้าไปภายในแผ่นทวีป ทั้งนี้เพราะบริเวณรอยต่อนี้จะมีขอบทวีปส่วนหนึ่งมุดจมลงไปใต้แผ่นเปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่ง ส่วนที่มุดลงไปนี้จะหลอมเหลวเป็นหินหนืดมีอุณหภูมิและแรงดันสูงมาก จึงดันแทรกตัวขึ้นมาตามรอยแยกได้ง่ายกว่าบริเวณอื่น อย่างไรก็ตามการเกิดภูเขาไฟก็มีโอกาสเกิดขึ้นในบริเวณที่ห่างจากรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลกได้ แต่มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยโดยอาศัยกระบวนการก่อตัวของภูเขาไฟ ที่อาจเกิดจากการที่หินหนืดดันขึ้นตามรอยแตกในชั้นหิน ซึ่งรอยแตกนี้อยู่ห่างจากแนวรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลก ตามรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 แสดงตำแหน่ง (▲) ของภูเขาไฟที่เคยเกิดขึ้นในบริเวณต่าง ๆ
(คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2542 : 27)

นักธรณีวิทยาพบหลักฐานที่แสดงว่าประเทศไทย บริเวณจังหวัดลำปางและบุรีรัมย์เป็นบริเวณที่หินหนืดดันแทรกขึ้นมาตามรอยแตกของชั้นหินและมีบางแห่งเกิดประทุแบบภูเขาไฟแต่ไม่รุนแรง และประมาณกันว่าการเกิดระเบิดของภูเขาไฟในบริเวณนั้นเกิดขึ้นเมื่อล้านปีมาแล้ว

นักธรณีวิทยาสังเกตพบว่าก่อนที่ภูเขาไฟจะระเบิดมักมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นก่อน ทั้งนี้เพราะเปลือกโลกบริเวณนั้นอาจมีจุดอ่อน เช่น อาจมีรอยแตกหรือรอยแยกของชั้นหินร่องรอยเหล่านี้เมื่อได้รับแรงดันจากหินหนืดชั้นหินบริเวณนั้นจึงเคลื่อนที่ได้ และภายหลังจากที่ภูเขาไฟระเบิดแล้วก็จะมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งเกิดจากการปรับตัวระหว่างหินหนืดกับชั้นหินบริเวณข้างเคียง

1.9 การเกิดภูเขา

นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าภูเขาเกิดขึ้นได้หลายกระบวนการ แต่ละกระบวนการใช้เวลานานมากดังนี้

1.9.1 การเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นเปลือกโลก เช่น ภูเขาหิมาลัย ซึ่งอยู่บริเวณตอนเหนือของประเทศอินเดีย

1.9.2 การยกตัวขึ้นของพื้นทวีปซึ่งได้รับแรงดันจากหินหนืดซึ่งกระบวนการยกตัวขึ้นของพื้นทวีป มีหลายขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนใช้เวลานานมาก

1.9.3 การดันของหินหนืดที่ใต้ผิวโลกแล้วเย็นตัวเสียก่อนที่จะไหลออกมา เช่น การเกิดภูเขาหินแกรนิตทางทิศตะวันตกในภาคกลางของประเทศไทย

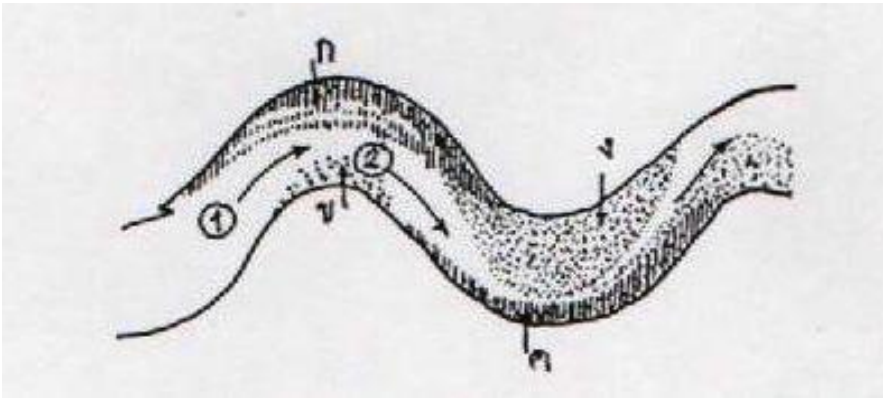
1.9.4 การที่เปลือกโลกถูกแรงบีบอัดจนโค้งงอ เช่น การเกิดเทือกเขาภูพานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

1.9.5 การที่ผิวโลกมีความทนทานต่อการกร่อนไม่เท่ากัน ส่วนที่อ่อนจะถูกกัดกร่อนทำลายไป ส่วนที่แข็งยังคงอยู่ เช่น การเกิดภูกระดึง จังหวัดเลยของประเทศไทย

1.10 การกร่อน

การที่เปลือกโลกถูกกัดเซาะหรือผุพังจะถูกเรียกว่าการกร่อน ซึ่งมีหลายกระบวนการดังนี้

1.10.1 การไหลของกระแสน้ำในแม่น้ำ ลำธาร จะทำให้บริเวณริมฝั่งเกิดการพังทลายลง และพัดพาเอาชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่หลุดออกมาให้เคลื่อนที่ ตามรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 การกร่อนเนื่องจากกระแสน้ำ
(คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2542 : 31)

จากรูปจะพบว่า เมื่อกระแสน้ำในแม่น้ำไหลตามทิศทางของลูกศรจากหมายเลข 1 กระแสน้ำจะไหลพุ่งเข้าปะทะกับฝั่งบริเวณ **ก** ทำให้ตะกอนหรือเศษหิน ดิน ทรายของชายฝั่งหลุดออกจากฝั่งเป็นตะกอนดิน ตะกอนทรายซึ่งจะถูกกระแสน้ำพัดพาไป ในทำนองเดียวกันถ้ากระแสน้ำจากลูกศรหมายเลข 2 ไหลพุ่งเข้าปะทะกันบริเวณ **ค** ทำให้ฝั่งบริเวณนี้ถูกกัดเซาะอีกตะกอนดินและทรายก็จะถูกกระแสน้ำพัดพาไปเช่นกัน

จากการศึกษาพบว่า เมื่อกระแสน้ำไหลผ่านทางโค้งความเร็วของน้ำบริเวณ **ก** จะมากกว่าบริเวณ **ข** และความเร็วของน้ำที่บริเวณ **ค** มากกว่าบริเวณ **ง** ดังนั้นตะกอนที่กระแสน้ำพัดพามาจึงเกิดการสะสมและทับถมที่บริเวณ **ข** และ **ง** มากจนเกิดแผ่นดินงอกเข้าไปในลำน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าความเร็วของกระแสน้ำยังมากชายฝั่งบริเวณ **ก** และ **ค** ก็จะมีโอกาสถูกกัดเซาะให้ตะกอนหลุดออกไปได้มากขึ้นและถูกพัดพาไปได้ไกลมากขึ้น

การทับถมของตะกอนที่เกิดจากการกร่อนโดยกระแสน้ำจะถูกทับถมเป็นชั้น ๆ มีลักษณะต่าง ๆ กันไปตามลักษณะของพื้นที่ที่กระแสน้ำพัดผ่านไป เช่น เมื่อกระแสน้ำไหลจากภูเขาลงสู่ที่ราบที่มีความกว้างกว่าร่องน้ำเดิมมาก ๆ จะทำให้ความเร็วของกระแสน้ำลดลงจนไม่สามารถพัดพาเศษหิน ดิน ทรายต่อไปได้ ตะกอนจะทับถมแผ่กระจายออกเป็นเนินตะกอนรูปต่าง ๆ

การไหลของกระแสน้ำออกสู่ทะเลนั้นกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำจะไหลช้าลง ทำให้มีตะกอนมาทับถมสะสมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ท้องพื้นน้ำมีระดับสูงขึ้นน้ำก็ยิ่งไหลช้าลงการตกตะกอนอาจมีมากจน

สูงพ้นระดับน้ำกลายเป็นแผ่นดินแผ่กระจายออกตรงปากน้ำพื้นแผ่นดินนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกลายเป็นบริเวณกว้างต่อเนื่องกัน ซึ่งเรียกว่า**ดินดอนสามเหลี่ยม**

1.10.2 ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้หินผุพังในบรรยากาศมีก๊าซปะปนอยู่ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อน้ำฝนที่ตกลงมาละลายกับก๊าซดังกล่าวจะทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาบนพื้นโลกมีสภาพเป็นกรดสามารถกัดกร่อนหินให้เกิดการผุพังได้ เช่น เมื่อฝนตกบริเวณภูเขาน้ำฝนจะละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศทำให้น้ำฝนมีสภาพเป็นกรดคาร์บอนิก เมื่อกรดนี้ไหลซึมตามรอยร้าวของหิน โดยเฉพาะหินปูนก็จะทำปฏิกิริยากับแคลเซี่ยมคาร์บอเนตในหินปูนได้สารละลายแคลเซี่ยมไฮโดรเจนคาร์บอเนต เมื่อสารละลายนี้ซึมลงทางเพดานถ้ำแล้วน้ำระเหยไปหมดจะเหลือตะกอนปูนเกาะสะสมอยู่นาน ๆ ไปตะกอนปูนจะแข็งตัวเกิด**หินย้อย**ที่เพดานถ้ำ แต่ถ้าสารละลายนี้หยดลงบนพื้นถ้ำแล้วน้ำระเหยไปจนเหลือตะกอนปูนเกาะสะสมอยู่เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ ก็จะแข็งตัวเกิดเป็น**หินงอก**

1.10.3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการกร่อน โดยทำให้หินขยายตัวและหดตัว ถ้าการขยายตัวของเนื้อหินชั้นในกับผิวชั้นนอกไม่เท่ากันอาจทำให้หินเกิดการแตกร้าวได้โดยเฉพาะที่ผิวนอกของหินมักจะแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ยิ่งพื้นที่ผิวนอกของก้อนหินมีมากการแตกของผิวก็ยิ่งมีมากด้วย ในบริเวณที่มีอากาศหนาวจัดบางช่วงเวลานั้นน้ำที่ขังอยู่ในรอยแตกในโพรงของก้อนหินจะแข็งตัว และออกแรงดันหินจนทำให้หินเกิดการแตกร้าวได้ ดังนั้นในเขตอุทยานแห่งชาติจึงมีการห้ามก่อกองไฟบริเวณลานหิน

1.10.4 แรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งโลกพยายามดึงดูดสิ่งต่าง ๆ ให้ตกสู่ที่ต่ำหรือตกสู่พื้นโลกตลอดเวลา ดังนั้นส่วนต่าง ๆ ของเปลือกโลกจึงถูกโลกดึงดูดอยู่ตลอดเวลา แรงดึงดูดของโลกจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ช่วยทำให้เปลือกโลกเกิดการกร่อนขึ้น เช่น บริเวณที่อยู่ใกล้แถบขั้วโลกที่มีอากาศหนาวจัดน้ำในแม่น้ำ ลำธารจะแข็งตัว ลำธารในบางแห่งที่อยู่ระหว่างหุบเขาก็จะมีหิมะสะสมตัวกันมากขึ้นจนกลายเป็นมวลน้ำแข็งขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ซึ่งเรียกกันว่าธารน้ำแข็ง แรงดึงดูดของโลกจะพยายามดึงธารน้ำแข็งให้เคลื่อนที่ลงสู่ที่ต่ำ เมื่อธารน้ำแข็งเคลื่อนที่ทำให้เกิดการบด การกระแทก และการขัดสีกับหินที่ธารน้ำแข็งเคลื่อนที่ ผ่านไปจึงทำให้เปลือกโลกเกิดการกร่อนได้

1.10.5 กระแสลมก็จะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เปลือกโลกเกิดการกร่อนได้ เช่น ในสภาพภูมิประเทศบางแห่งบริเวณที่ราบสูง ทะเลทราย ภูเขาสูง ซึ่งได้รับอิทธิพลจากกระแสลมที่พัดผ่านอยู่เป็นประจำนั้น กระแสลมก็จะทำให้เปลือกโลกเกิดการกร่อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

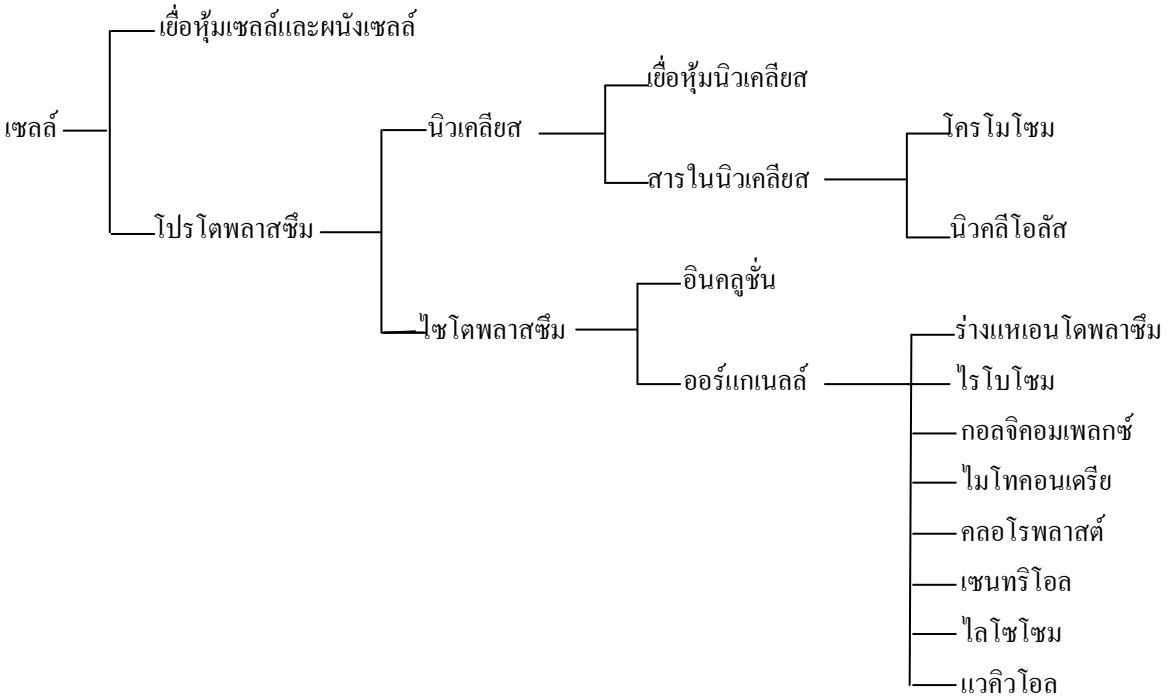
1.11 สิ่งมีชีวิต (Organism)

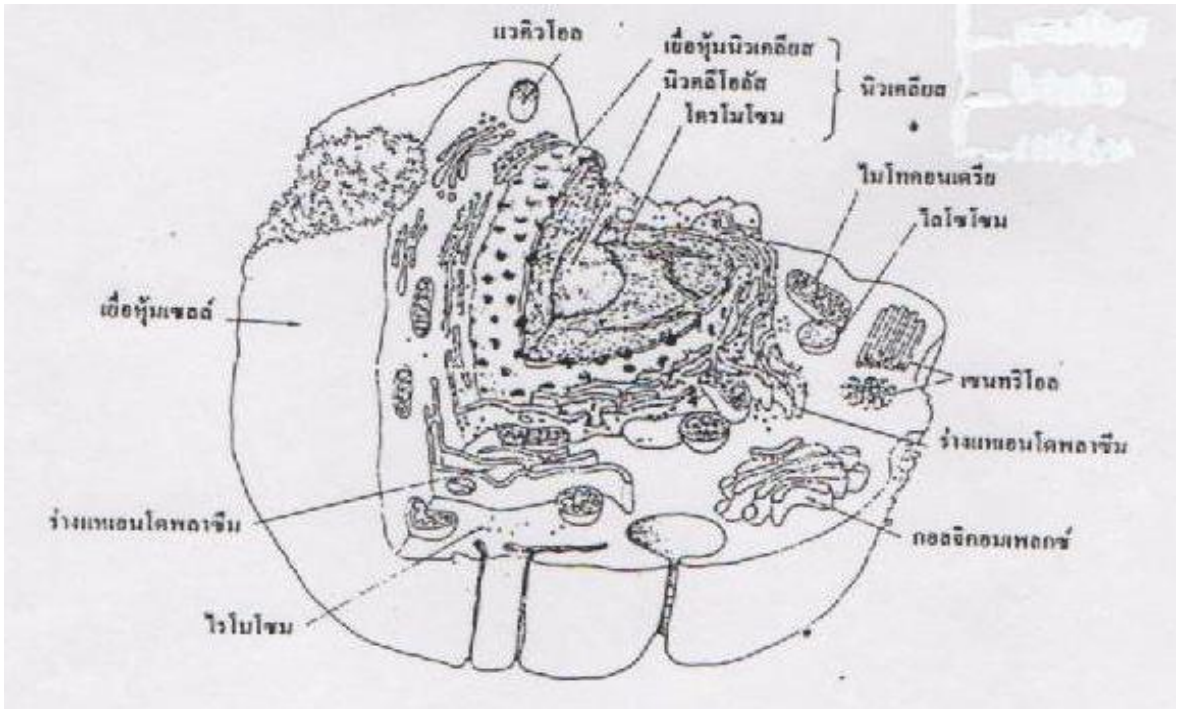
โลกอันกว้างใหญ่ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ถึงแม้นว่าความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบันได้เจริญก้าวหน้าไปอย่างมากแต่ก็ยังไม่มีใครหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสิ่งมีชีวิตได้ว่า **“ชีวิตคืออะไร”** แต่นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งสมมุติฐาน (Hypothesis) ไว้ดังนี้

1. เป็นผลมาจากการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตที่เป็นชนิดเดียวกัน
2. เป็นผลมาจากการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน
3. เป็นผลมาจากเกิดขึ้นเอง (Spontaneous generation)
4. เป็นผลมาจากการวิวัฒนาการ (Organic evolution)

อริสโตเติล (Aristotle) นักปรัชญาชาวกรีกโบราณผู้ยิ่งใหญ่มีชีวิตอยู่ช่วง 350 ปีก่อนคริสต์ศักราช (384 – 322 B.C.) เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากการเกิดขึ้นเอง ต่อมาหลุยส์ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) นักชีววิทยาชาวฝรั่งเศสผู้ยิ่งใหญ่เป็นผู้พิสูจน์ว่าชีวิตมาจากสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตชนิด (Species) เดียวกันจะมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดและสามารถผสมกันได้โดยลูกไม่เป็นหมัน สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันมียีน (Genes) ทั้งหมดที่มาจากบรรพบุรุษร่วมกันคล้ายคลึงกัน ดังนั้นสิ่งมีชีวิตมีสมบัติและลักษณะที่เด่นชัดหลายประการ คือ

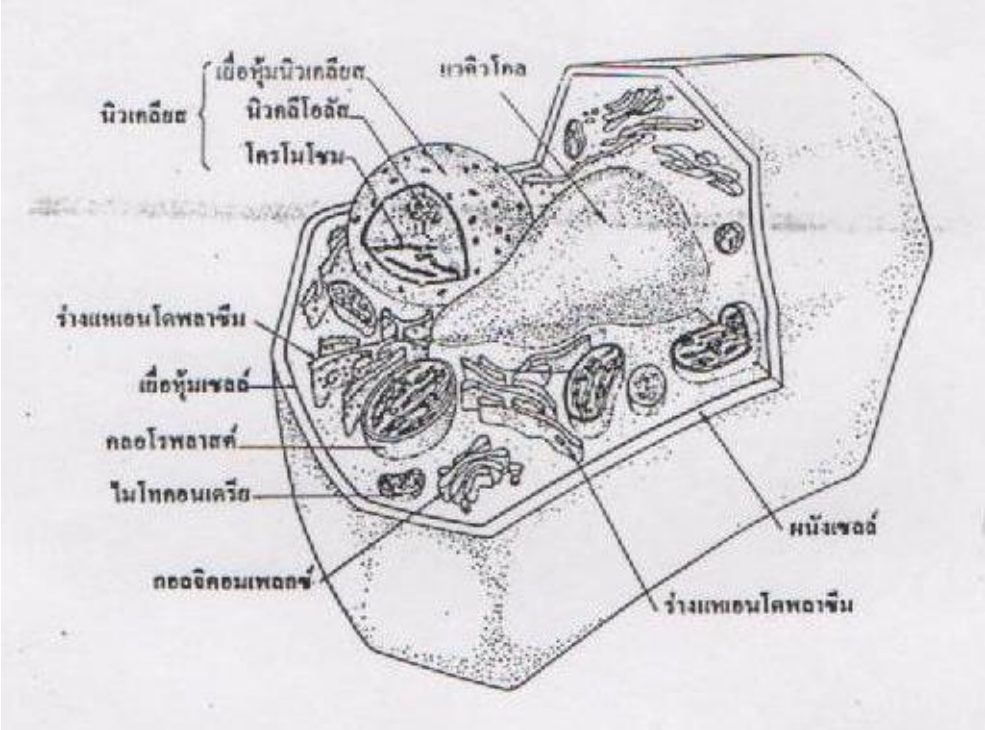
1.11.1 การจัดระบบโครงสร้างที่แน่นอน (Specific organization) การจัดระบบโครงสร้างของร่างกายที่มีแบบแผนแน่นอนทำให้สิ่งมีชีวิตมีรูปร่าง ลักษณะ และขนาดที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวเมื่อเราพบเห็นจะทราบได้ว่าเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบของร่างกายสิ่งมีชีวิตแล้วจะพบว่ามีการจัดระบบของโครงสร้างที่คล้ายกัน คือ สิ่งมีชีวิตใด ๆ ต่างก็ประกอบขึ้นด้วยเซลล์ (Cell) ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของร่างกายที่ถือว่ามีสมบัติของการเป็นสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิตอาจมีรูปร่างลักษณะขนาดและรายละเอียดขององค์ประกอบได้แตกต่างกัน แต่เซลล์ทุกเซลล์จะต้องมีส่วนประกอบสำคัญที่เหมือนกันคือเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ (Cell membrane and Cell wall) และโปรโตพลาสซึม (Protoplasm) ซึ่งแต่ละส่วนประกอบไปด้วยรายละเอียดตามรูปที่ 1.12 รูปที่ 1.13





รูปที่ 1.12 โครงสร้างของเซลล์สัตว์แบบสามมิติ

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 222)



รูปที่ 1.13 โครงสร้างของเซลล์พืชแบบสามมิติ
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 223)

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) เป็นสารพวก Lipoprotein ภายในเซลล์ที่มีชีวิตประกอบด้วยโปรโตพลาสซึมซึ่งมีสมบัติเป็นคอลลอยด์ (Colloid) มีลักษณะใส โปร่งแสง มีความหนืดและเคลื่อนที่ได้ โปรโตพลาสซึมแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ นิวเคลียส มีโครงสร้างภายในประกอบด้วยนิวคลีโอลัสและโครโมโซมถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ (Nuclear membrane) และอยู่ภายในของเซลล์โดยมีไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ล้อมรอบนิวเคลียส นิวเคลียสของเซลล์ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานและการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมโดยมีหน่วยกรรมพันธุ์อยู่บนโครโมโซม ส่วนไซโตพลาสซึมมีโครงสร้างขนาดเล็กหลายประเภทที่เรียกรวมกันว่าออร์แกเนลล์ (Organelles) ทำหน้าที่ต่าง ๆ คล้ายกับเป็นอวัยวะที่ทำให้เซลล์มีชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้ภายในไซโตพลาสซึมยังมีน้ำที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญโดยมีอนินทรีย์สารละลายอยู่รวมทั้งอินทรีย์สารที่เกิดจากการผลิตของออร์แกเนลล์ ภายในเซลล์ ยังพบกับสิ่งที่ไม่มีชีวิตซึ่งเป็นผลิตผลจากการทำงานของเซลล์เรียกว่า Ergastic substance หรือ Cell inclusion ได้แก่ เม็ดแป้ง (Starch grain) เม็ดโปรตีน (Aleurone grain) ผลึก (Crystal) และอัลคาลอย์ เป็นต้น

นักชีววิทยาได้แบ่งเซลล์เป็น 2 ประเภท คือ

1. โปรคารีโอ (Prokaryote) หรือโปรคารีโอติกเซลล์ (Prokaryotic cell) เป็นเซลล์ที่นิวเคลียสไม่มี

2. เยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nucleus envelop) ทำให้สารพันธุกรรมกระจายอยู่ในไซโทพลาสซึมและออแกเนลล์ มีแต่โรโบโซม ส่วนโครโมโซมมีองค์ประกอบไม่ซับซ้อน ได้แก่ แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

3. ยูคารีโอด (Eukaryote) หรือยูคารีโอติกเซลล์ (Eukaryoticcell) เป็นเซลล์ที่มีนิวเคลียส มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ส่วนโครโมโซมมีองค์ประกอบซับซ้อนได้แก่ โปรโตซัว สาหร่าย เห็ดรา พืช สัตว์ และสัตว์ชั้นสูง

จำนวนเซลล์ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดอาจมีได้มากหรือน้อยต่างกัน บางชนิดเป็นเซลล์เพียงเซลล์เดียว (Unicellular organism) และมีขนาดเล็กมากจนต้องส่องกล้องจุลทรรศน์ซึ่งได้แก่จุลินทรีย์ประเภทต่าง ๆ เป็นต้นว่าแบคทีเรีย (Bacteria) และโปรโตซัว (Protozoa) แต่สำหรับสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ซึ่งได้แก่พืชและสัตว์แล้วร่างกายจะประกอบขึ้นด้วยเซลล์เป็นจำนวนมาก (Multicellular organism) และมีเซลล์หลายชนิด การรวมตัวของเซลล์ทั้งหมดเป็นร่างกายนั้นจะมีลำดับในการรวมตัวและการจัดระบบโครงสร้างที่คล้ายกัน คือ จากเซลล์ทั้งหลายที่เป็นชนิดเดียวกันจะรวมตัวกันเป็นเนื้อเยื่อ (Tissue) เพื่อทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น การรวมตัวของเซลล์ที่เป็นเนื้อเยื่อบุผิวกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อประสาท เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ฯลฯ เนื้อเยื่อหลาย ๆ ชนิดจะรวมตัวกันเป็นอวัยวะ (Organ) และอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งมีหน้าที่หรือการทำงานร่วมกัน จะรวมตัวกันเป็นระบบอวัยวะ (Organ system) เช่น ระบบลำเลียงสารภายในร่างกายของสัตว์ประกอบด้วยหัวใจและเส้นเลือดขนาดต่าง ๆ โดยมีเลือดเป็นตัวกลางในการลำเลียงจากระบบอวัยวะทุก ๆ ระบบจะรวมกันเป็นร่างกายของสิ่งมีชีวิต (Organism) ในที่สุด จากที่กล่าวมาแล้วอาจมีข้อยกเว้นอยู่บ้างเกี่ยวกับการจัดระบบโครงสร้างของเซลล์และร่างกายในสิ่งมีชีวิตบางประเภท เช่น ไวรัส (Virus) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สุดเท่าที่ค้นพบในปัจจุบัน ยังไม่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนมากพอจนถือว่าเป็นเซลล์ได้

1.11.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในร่างกาย (Metabolism) กระบวนการแห่งชีวิตในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่นั้น ภายในเซลล์หรือร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารเกิดขึ้นตลอดเวลา เพื่อผลิตพลังงานสำหรับใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ และสังเคราะห์สารที่ร่างกายต้องการซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ การเปลี่ยนแปลงของสารหรือปฏิกิริยาเคมีทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตนี้เราเรียกว่า เมตาโบลิซึม (Metabolism) ซึ่งปฏิกิริยาเคมีแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. คาตาโบลิซึม(Catabolism) หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีในแง่การสลายสารประกอบอินทรีย์ภายในเซลล์ให้กลายเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง และมีการปลดปล่อยพลังงานที่แฝงอยู่ในสารประกอบอินทรีย์นั้นออกมาให้สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การให้ความร้อนเพื่อปรับ

อุณหภูมิของร่างกายให้เหมาะสม การสังเคราะห์สารที่ร่างกายต้องการ การเคลื่อนไหว การลำเลียงสาร การสืบพันธุ์ ฯลฯ โดยมีสารเคมีที่เรียกว่า ATP (Adenosine Triphosphate) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเก็บพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาไว้ในสภาพของพลังงานเคมีและมีส่วนหนึ่งสูญเสียในรูปของความร้อน สิ่งมีชีวิตสามารถนำพลังงานที่เก็บไว้นี้ออกมาใช้ประโยชน์ได้ตลอดเวลา สารประกอบอินทรีย์ที่ถูกนำมาใช้ในการสลายตัวเพื่อให้พลังงาน ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ซึ่งเป็นสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตได้รับจากสภาพแวดล้อม

2. อนาโบลิซึม(Anabolism) หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีในแง่ที่เกิดขึ้นตรงกันข้ามกับกระบวนการคาตาโบลิซึม คือ เป็นการนำสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กมาสังเคราะห์ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และโครงสร้างซับซ้อนมากขึ้นที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตในแง่ต่าง ๆ เช่น สารที่จำเป็นสำหรับโครงสร้างของร่างกายในการเจริญเติบโตหรือทดแทนส่วนที่สึกหรอ สารที่จำเป็นต่อการทำงานของร่างกาย เป็นต้นว่าเอนไซม์ (Enzyme) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีของสิ่งมีชีวิตและฮอร์โมนสำหรับควบคุมการทำงานของเนื้อเยื่อ การสังเคราะห์สารดังกล่าวนี้เป็นปฏิกิริยาเคมีที่ต้องใช้พลังงานโดยอาศัยสารอาหารเป็นวัตถุดิบ

เมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิตมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างไปจากปฏิกิริยาโดยทั่วไปตรงที่มีความสามารถ ในการควบคุมตัวเองอย่างอัตโนมัติ(Self regulating)ให้เกิดขึ้นอย่างเหมาะสมกับสภาพของสิ่งมีชีวิตตลอดเวลากล่าวคือ มีการรับรู้ได้เองว่า เมื่อไรจำเป็นต้องสังเคราะห์สารชนิดใดขึ้นมา และในปริมาณมากน้อยเพียงใด เมื่อร่างกายขาดแคลนสารชนิดหนึ่งปฏิกิริยาเคมีในการสังเคราะห์สารชนิดนั้นจะถูกเร่งให้มีอัตราสูงขึ้น และถูกยับยั้งได้เองเมื่อมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการแล้ว ในแง่ของการสลายสารเพื่อให้พลังงานก็เช่นเดียวกัน เนื่องจากเมตาโบลิซึมเปรียบเสมือนกับจักรกลที่ทำให้ชีวิตคงอยู่ได้ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจะต้องมีกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้เมตาโบลิซึมของร่างกายเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา และในอัตราที่เหมาะสมซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ ได้แก่

2.1 การได้รับสารอาหาร (Nutrition) เพราะสารอาหารเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานและวัตถุดิบที่สิ่งมีชีวิตให้สังเคราะห์สารที่ร่างกายต้องการ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดอาจมีวิธีการได้รับสารอาหารแตกต่างกัน เช่น พืชสามารถสังเคราะห์สารอาหารที่ให้พลังงานได้เอง บางชนิดต้องอาศัยสารอาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่น แต่ต่างก็มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับปริมาณของสารอาหารอย่างพอเพียงและประเภทของสารอาหารอย่างครบถ้วน

2.2 การหายใจ (Respiration) เพื่อการสลายสารอาหารให้ได้พลังงาน นอกจากสารอาหาร ซึ่งเปรียบเสมือนเชื้อเพลิงแล้ว ออกซิเจน (O_2) เป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่จำเป็นต้องใช้เข้าร่วมทำปฏิกิริยาเคมีด้วย ขณะเดียวกันผลจากการสลายสารอาหารจะได้คาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) เกิดขึ้นเสมอ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปจะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซกับสภาพแวดล้อมตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อรับออกซิเจนและกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นของเสียที่ร่างกายไม่ต้องการ

2.3 การขับถ่าย (Excretion) ในกระบวนการเมตาโบลิซึม นอกจากการสังเคราะห์สารที่ร่างกายต้องการแล้ว ผลจากปฏิกิริยาเคมีจะมีสารประเภทที่เป็นพิษต่อเซลล์เกิดขึ้นด้วยเป็นต้นว่า อัมโมเนีย ยูเรีย และกรดยูริกจากการสลายตัวของโปรตีน สารเหล่านี้ถ้าปล่อยไว้ให้มีการเก็บสะสมจะเป็นอันตรายต่อชีวิต ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจะต้องมีวิธีการขัยถ่ายของเสียเหล่านี้ออก

2.4 การลำเลียงสาร (Transportation) สำหรับสิ่งมีชีวิตที่ร่างกายประกอบด้วยเซลล์เป็นจำนวนมากจะพัฒนาให้มีระบบการลำเลียงสารภายในร่างกายเพื่อนำสารอาหารและสารอื่น ๆ ซึ่งได้รับจากสภาพแวดล้อมไปให้กับเซลล์ทุก ๆ เซลล์อย่างทั่วถึงและในขณะเดียวกันจะนำเอาของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมตาโบลิซึมภายในเซลล์ ไปกำจัดออกจากร่างกายด้วย

1.11.3 การสืบพันธุ์ (Reproduction)

การสืบพันธุ์เป็นสมบัติที่สำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้เพราะเป็นสมบัติที่พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดโดยไม่มีข้อยกเว้น แม้แต่ไวรัสซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ยังไม่มีลักษณะของเซลล์ มีเมตาโบลิซึมน้อยมากหรือ ไม่มีเลยและไม่แสดงสมบัติประการอื่น ๆ ของสิ่งมีชีวิตเลย ก็สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการจำลองตัว (Replication) เมื่ออาศัยอยู่ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอื่น การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตทั้งแบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) โดยมีสิ่งมีชีวิตตัวใหม่เกิดขึ้นจากส่วนของสิ่งมีชีวิตตัวเดิมโดยตรง เช่น การแบ่งตัวจากหนึ่งเซลล์เป็นสองเซลล์ของแบคทีเรีย การแตกหน่อของยีสต์ การสร้างสปอร์ของเห็ดรา และแบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) โดยสิ่งมีชีวิตตัวใหม่เกิดจากการรวมตัวของเซลล์สืบพันธุ์สองเซลล์ เช่น การสืบพันธุ์ของพืชและสัตว์ชั้นสูง ไม่ว่าจะเป็นการสืบพันธุ์แบบใดสิ่งที่เกิดร่วมไปด้วยเสมอ คือ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่มาสู่ลูกหลาน

1.11.4 การเจริญ (Development)

สมบัติประการหนึ่งของสิ่งมีชีวิตโดยทั่ว ๆ ไป คือ หลังจากการสืบพันธุ์แล้ว สิ่งมีชีวิตตัวใหม่ จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและรูปร่างด้วยกระบวนการที่เรียกว่าการเจริญ (Development) ประกอบด้วยการเจริญเติบโต (Growth) เป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนกับขนาดของเซลล์ทำให้ร่างกายมีขนาดใหญ่ขึ้นในขณะ เดียวกันจะมีการแปรสภาพไปเป็นเซลล์ชนิดต่าง ๆ เช่น เซลล์ประสาท เซลล์กล้ามเนื้อ เซลล์ผิวหนัง ฯลฯ จนในที่สุดเป็นร่างกายของมนุษย์เรา ประกอบด้วยเซลล์มากมายหลายชนิดและมีจำนวนนับไม่ถ้วน กระบวนการเจริญนี้สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีแบบแผนของตัวเองโดยเฉพาะ

1.11.5 การรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Irritability and Responsibility)

สภาพแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่นั้นมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา เช่น การเปลี่ยนแปลงของแสงสว่าง อุณหภูมิ ส่วนประกอบทางเคมีความชื้น ฯลฯ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เรียกว่า สิ่งเร้า (Stimulus) ซึ่งต่างก็มีอิทธิพลต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต เพื่อความอยู่รอดสิ่งมีชีวิตจะต้องรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ และมีการตอบสนองที่เหมาะสมด้วยการเข้าหาสิ่งเร้าที่ให้คุณและหลีกเลี่ยงจากสิ่งเร้าที่ให้โทษ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะพัฒนาความสามารถในการรับรู้และ

ตอบสนองต่อสิ่งเร้าตามสภาพของการดำรงชีพ เช่น สัตว์มีปัญหาในการรับสารอาหารมากกว่าพืช และมีโครงสร้างของร่างกายที่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้น้อยกว่า ดังนั้นความสามารถในการรับและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสัตว์จะมีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าพืช โดยการพัฒนาให้มีระบบประสาทและต่อมไร้ท่อสำหรับทำหน้าที่โดยเฉพาะ

1.11.6 การเคลื่อนไหว (Movement)

การเคลื่อนไหวเป็นสมบัติอีกประการหนึ่งของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการหาอาหาร การหลีกเลี่ยงจากอันตราย และเป็นการแสดงออกถึงการตอบสนองต่อสิ่งเร้าวิธีหนึ่ง สัตว์ส่วนใหญ่ มีการเคลื่อนที่อย่างเห็นได้ชัดเจน โดยอาศัยการทำงานของระบบกล้ามเนื้อ พืชก็มีการเคลื่อนไหว ถึงแม้ว่าส่วนใหญ่จะเห็นได้ไม่เด่นชัดเช่นเดียวกับสัตว์ เช่น การเบนเข้าหาแสงของยอดลำต้นที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ การปิดเปิดของปากใบ แม้แต่ภายในเซลล์หรือจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ก็มีการเคลื่อนไหวซึ่งดูได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ เป็นต้นว่าการไหลเวียนของไซโตพลาสซึมภายในเซลล์พืชที่เรียกว่าไซโคลซีส (Cyclosis) การเคลื่อนที่ด้วยซิเรีย (Cilia) ของพารามีเซียม (Paramecium) การเคลื่อนที่ด้วยการแฟลกเจลัม (Flagellum) ของยูกลีนา (Euglena) เป็นต้น

1.11.7 การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม (Adaptation)

การที่สิ่งมีชีวิตจะดำรงชีพได้ดีในสภาพแวดล้อมบริเวณหนึ่งจะต้องมีการปรับสภาพของร่างกายให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นอย่างเหมาะสม สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีวิธีการปรับตัวได้ต่าง ๆ กัน เป็นต้นว่าการปรับปรุงรูปร่างภายนอก เช่น ใบของพืชมีลักษณะเป็นแผ่นแบนกว้างเพื่อรับแสงสว่าง ซึ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงได้เต็มที่ สุนัขที่อาศัยในเขตหนาวจะมีขนยาวการปรับหน้าที่ของอวัยวะภายในร่างกาย เช่น ปลาน้ำจืดจะมีกลไกในการกำจัดน้ำส่วนเกินที่ร่างกายได้รับ นกจะมีถุงลมต่อจากปอดเพื่อเก็บสำรองอากาศไว้ใช้ขณะบินและการปรับตัวทางพฤติกรรม เช่น การจำศีลของกบ การอพยพของนกตามฤดูกาล การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตไม่เพียงแต่ช่วยให้สิ่งมีชีวิตอยู่รอดได้ในช่วงอายุของตัวเองเท่านั้น ยังมีผลระยะยาวต่อการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเพื่อความอยู่รอดของเผ่าพันธุ์

1.12 การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต

โลกเราประกอบด้วยสิ่งมีชีวิต (Organism) จำนวนมากมายหลายชนิดด้วยกัน ที่สำรวจพบมีประมาณ 1 ล้าน 5 แสนชนิดขึ้นไป นักวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ พืชมีประมาณ 4 แสนชนิดและสัตว์ประมาณ 1 ล้าน 1 แสนชนิด การที่นักวิทยาศาสตร์จัดสิ่งมีชีวิตได้มากมายเช่นนี้ เพราะมีวิธีการจำแนกเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ ลักษณะคล้ายคลึงกันก็จัดเป็นพวกเดียวกัน โดยใช้หลักวิชาที่ว่าด้วยการแบ่งแยกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่เรียกว่า หลักการจัดอนุกรมวิธาน (Taxonomy) ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิชาชีววิทยา การศึกษาเกี่ยวกับการจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นหมวดหมู่เรียกว่า Classification มีการกำหนด

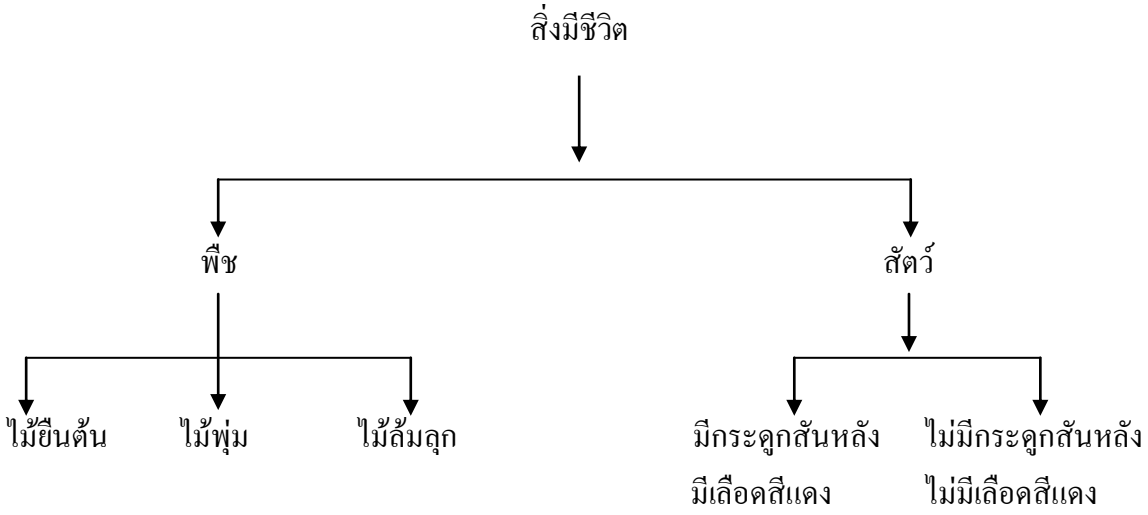
ชื่อสิ่งมีชีวิตเป็นภาษาวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักเกณฑ์เดียวกันเรียกว่า Nomenclature และมีการตรวจสอบสิ่งมีชีวิตทั่วโลกเรียกว่า Identification จะได้เข้าใจเหมือน ๆ กันทุกชาติ ซึ่งใช้เป็นภาษาสากล

ประโยชน์ของการจัดสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่

1. เพื่อความสะดวกในการศึกษาสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ
2. เพื่อรวบรวมสิ่งมีชีวิตที่คล้ายคลึงกันไว้ด้วยกันและแยกสิ่งที่ไม่เหมือนกันออกจากกันให้ถูกต้องตามหลักธรรมชาติ
3. เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ
4. เพื่อการค้นคว้าไม่ต้องจดจำมากเกินไป

ประวัติการจัดสิ่งมีชีวิต

ประมาณก่อนคริสต์ศักราชราว 350 ปี อริสโตเติล (Aristotle) นักปรัชญาชาวกรีกเป็นบุคคลแรกที่จัดสิ่งมีชีวิต โดยจัดแบ่งสัตว์ตามแหล่งที่อยู่อาศัยและจัดพืชตามลักษณะโครงสร้างแนวความคิดในการจัดแบ่งพืชเป็นหมวดหมู่ดีกว่าการจัดแบ่งสัตว์ เพราะการจัดแบ่งพืชโดยถือเอาลักษณะโครงสร้างเป็นสำคัญยังคงใช้จนถึงทุกวันนี้ สิ่งมีชีวิตที่รู้จักในสมัยนั้นมีประมาณ 1,000 ชนิด โดยแบ่งสัตว์เป็น 2 พวก คือ Enaima หรือ Vertebrate หมายถึง สัตว์ที่มีกระดูกสันหลังและมีเลือดสีแดง ส่วน Anaima หรือ Invertebrate หมายถึง สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังและไม่มีเลือดสีแดง ส่วนพืชแบ่งเป็น 3 พวก คือ ไม้ยืนต้น ไม้พุ่มและไม้ล้มลุก ตามแผนภูมิที่ 1.2



แผนภูมิที่ 1.2 ผังแสดงการจัดสิ่งมีชีวิตของอริสโตเติล

ธีโอฟราสตัส (Theophrastus) นักปรัชญาชาวกรีกเป็นลูกศิษย์ของอริโตเติล ได้จัดจำพวกพืชออกเป็นหมวดหมู่หลายชนิด เช่น การจำแนกพืชตามอายุแบ่งเป็น 1 ฤดู 2 ฤดู (2 ปี) และ 2 ปีขึ้นไป รวมทั้งการจำแนกตามประโยชน์ คือ มีประโยชน์ มีโทษ และไม่มีประโยชน์ มีโทษ ในสมัยของนักปรัชญาชาวกรีกทั้งสองท่าน ได้มีหนังสือเกี่ยวกับการจำแนกพืชและสัตว์เรียกว่า Bestiaries and Herbals โดยแยกสิ่งมีชีวิตตามถิ่นที่อยู่และตามประโยชน์ที่ได้รับ

ในต้นศตวรรษที่ 16 เซนต์ ออกัสติน (St. Augustin) ได้จัดจำแนกสัตว์โดยแยกสัตว์ที่มีประโยชน์ สัตว์ที่มีโทษ และสัตว์ไม่มีประโยชน์ หรือไม่มีโทษออกจากกัน ต่อมามีการรวบรวมพันธุ์พืชโดยใช้ลักษณะภายนอกคือ จัดพืชที่มีผล (Frult) ไว้ด้วยกัน พวกผักที่เป็นอาหารอยู่พวกหนึ่ง ส่วนพืชที่มีเส้นใยหรือมีเนื้อไม้แข็งจัดไว้อีกพวกหนึ่ง

อัลเบอร์ตัส แมกนัส (Albertus Magnus) ได้อธิบายความแตกต่างระหว่างพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว โดยพิจารณาโครงสร้างของลำต้น

ในปี ค.ศ.1686 จอห์น เรย์ (John Ray) นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษได้จัดจำพวกสิ่งมีชีวิตโดยการพิจารณาจากความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างและการสืบพันธุ์คล้ายคลึงกัน เช่น การจัดจำแนกพืชที่มีดอกออกเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ (Dicotyle ledon) กับพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledon) โดยเขียนไว้ในหนังสือ Historia Plantarum

ในปี ค.ศ.1707-1778 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ คาโรลัส ลินเนียส (Carolus Linnaeus) นักธรรมชาติวิทยาชาวสวีเดนได้พัฒนาการจัดสิ่งมีชีวิตโดยถือลักษณะโครงสร้างเป็นเกณฑ์ ซึ่งการจัดแบ่งสิ่งมีชีวิตตามความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ โดยจัดสิ่งมีชีวิตที่เป็นสปีชีส์ (Species) ใกล้เคียงกันไว้เป็นพวกเดียวกัน ลินเนียสได้จำแนกสัตว์ออกเป็น 6 พวกด้วยกันคือ

1. สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammalia)
2. สัตว์พวกนก (Aves)
3. สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและสัตว์เลื้อยคลาน (Amphibia)
4. สัตว์จำพวกปลา (Pices)
5. สัตว์จำพวกแมลง (Insecta)
6. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่น ๆ (Vermes)

นอกจากนี้ยังได้จำแนกพืชมีดอกเป็นหมวดหมู่ โดยถือเอาจำนวนเกสรตัวผู้ (Stamen) เป็นเกณฑ์โดยดูจากโครงสร้างที่มองเห็นเท่านั้น ปัจจุบันนี้ยังคงใช้หลักเกณฑ์นี้อยู่ ลินเนียสเป็นผู้ริเริ่มตั้งชื่อวิทยาศาสตร์โดยใช้ระบบ 2 คำรวมกัน คำหน้าเป็นสกุล (Genus) คำหลังเป็นชนิด (Species) เรียกชื่อว่า Binomial nomenclature หมายถึง วิธีให้ชื่อต้นไม้และสัตว์ตามแบบวิทยาศาสตร์ ในปี ค.ศ.1753 ลินเนียสได้บรรยายลักษณะพืชแล้วจัดหมวดหมู่ของพืชไว้ในหนังสือ Species Plantarum และปี ค.ศ. 1758 ได้จัดจำแนกสัตว์ไว้ในหนังสือ Systema Natural จากการที่ได้สร้างคุณประโยชน์ด้านวิทยาศาสตร์ รวมทั้งยัง

เป็นผู้ริเริ่มวิชาการจัดจำแนกพืชและสัตว์ โดยอาศัยความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างสิ่งมีชีวิต คาร์ วอน ลินเน หรือ คาโรลัส ลินเนียส (Carl Von Linne' or Carolus Linnaeus) จึงได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาของอนุกรมวิธาน (Taxonomy) นักชีววิทยาที่มีชื่อเสียงที่สุด

แนวทางการจัดจำพวกสิ่งมีชีวิต

การจัดพวกสิ่งมีชีวิตแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. Artificial System เป็นการจัดจำพวกอย่างผิวเผิน โดยอาศัยลักษณะภายนอกและลักษณะต่าง ๆ ที่สังเกตได้เป็นเกณฑ์

2. Natural System เป็นการจัดจำพวกโดยอาศัยพิจารณาลักษณะทางธรรมชาติที่สำคัญและคล้ายคลึงกันหลาย ๆ ด้านเข้าไว้ในหมวดหมู่เดียวกัน ส่วนพวกที่มีลักษณะต่างกันก็จัดไว้อีกพวกหนึ่ง การจัดแบบนี้พยายามให้ใกล้เคียวกับความจริงมากที่สุด โดยเอาลักษณะสำคัญ ๆ ของพืชและสัตว์เป็นเกณฑ์ดังนี้ คือ

2.1 โครงสร้างของร่างกายเปรียบเทียบลักษณะภายนอก (Morphology) และลักษณะภายใน (Anatomy) โดยพิจารณาโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันให้อยู่ในพวกเดียวกัน มี 2 แบบคือ

2.1.1 Homologous organ หมายถึง โครงสร้างที่เจริญมาจากต้นกำเนิดเดียวกัน แต่ทำหน้าที่ต่างกัน เช่น แขนของคนคือ ขาหน้า ปีกนก ปีกค้างคาว ก็คือ ขาหน้าใบพายปลาวาฬ ปลาโลมา ครีบแมวน้ำคือ ขาหน้า

2.1.2 Analogous organ หมายถึง โครงสร้างที่เจริญมาจากต้นกำเนิดต่างกัน แต่ทำหน้าที่เหมือนกัน เช่น ปีกค้างคาวกับปีกผีเสื้อ ซึ่งใช้บินเหมือนกันแต่ต้นกำเนิดต่างกัน ปีกค้างคาวเป็นขาหน้า แต่ปีกผีเสื้อไม่ใช่ขาเป็นปีก

2.2 การเจริญเติบโตโดยพิจารณาตั้งแต่เป็นตัวอ่อน (Embryo) สิ่งมีชีวิตที่มีรูปแบบการเจริญเติบโตคล้ายคลึงกันมาก แสดงว่ามีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมาก นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งทฤษฎีชื่อ The Recapitulation หมายถึง การทบทวนลักษณะต่าง ๆ ตอนเป็นตัวอ่อนของสัตว์ทำให้เราสามารถทำนายได้ว่าสัตว์นั้น ๆ มีบรรพบุรุษมาจากอะไร หรือเคยมีอวัยวะอะไรมาก่อนแล้วมีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงมาจนถึงปัจจุบัน เช่น สัตว์มีกระดูกสันหลังพวกปลา กบ นก คน ตอนเป็นตัวอ่อนจะมีช่องเหงือก (Gill slit) เหมือนกันแต่เมื่อเติบโตขึ้นมามีการเปลี่ยนแปลงไป สัตว์เหล่านี้จึงถูกจัดอยู่ในไฟลัม (Phylum) เดียวกัน ตามรูปที่ 1.14

รูปที่ 1.14 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตตั้งแต่ตัวอ่อนจนตัวโตเต็มวัยของสัตว์มีกระดูกสันหลัง (กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 182)

2.3 หลักฐานทางวิวัฒนาการ โดยพิจารณาจากซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต (Fossil) ซึ่งพบตามชั้นหินต่าง ๆ ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับวิวัฒนาการ นักวิทยาศาสตร์ก็จะสามารถจัดสิ่งมีชีวิตที่มีบรรพบุรุษร่วมกันไว้ในพวกเดียวกัน เช่น นกและสัตว์เลื้อยคลานมีลักษณะค่อนข้างจะแตกต่างกัน แต่จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์พบว่าซากสัตว์เลื้อยคลานที่บินได้ชนิดหนึ่ง คือ เทอราโนดอน (Pteranodon) และพบซากดึกดำบรรพ์ของอาร์คีออปเทอริก (Archopteryx) ซึ่งเป็นนกโบราณมีขากรรไกรยาว มีฟัน ปีกมีนิ้ว ตรงปลายนิ้วของปีกยังมีเล็บ ซึ่งเป็นลักษณะของสัตว์เลื้อยคลานไม่ใช่นก จึงอาจกล่าวได้ว่าสัตว์พวกนกมีวิวัฒนาการมาจากสัตว์เลื้อยคลาน

2.4 กระบวนการทางชีวเคมี (Biochemistry) และสรีรวิทยา (Physiology) ของสิ่งมีชีวิตว่ามีความคล้ายกันอย่างไร ศึกษาถึงการถ่ายทอดกรรมพันธุ์ที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมีโครงสร้างของเซลล์และส่วนประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน ศึกษาหน้าที่การทำงานของอวัยวะต่างๆ

2.5 โครงสร้างของเซลล์ โดยพิจารณาว่าเป็นเซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสหรือไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส รวมทั้งชนิดของออร์แกเนลล์ (Organelle) ของเซลล์และสารเคมีในเซลล์ถ้ามีความคล้ายคลึงกันแสดงว่าสิ่งมีชีวิตมีสายสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน

2.6 พิจารณาจำนวนเซลล์เพราะสิ่งมีชีวิตประกอบขึ้นด้วยเซลล์เดียว (Unicellular organism) และพวกที่ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ (Multicellular organism)

2.7 พิจารณารูปแบบการได้รับอาหาร สิ่งมีชีวิตที่มีรูปแบบการได้รับสารอาหารคล้ายคลึงกันจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน

2.8 พิจารณาการแสดงออกของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ปลาที่อาศัยอยู่ในถ้ำมืดตาจะมีขนาดเล็กลงหรืออาจหายไป เนื่องจากเป็นอวัยวะที่ไม่ใช้ประโยชน์ (Vestigial organ) หรือไส้ติ่ง (Vermiform appendix) ของม้าเป็นส่วนหนึ่งของลำไส้ใหญ่ที่ช่วยในการย่อยอาหารแต่สำหรับไส้ติ่งคนจะหดลดลงเหลือขนาด 2.5 นิ้ว เพราะเป็นอวัยวะที่ไม่ใช้ประโยชน์มีแต่เกิดโทษทำให้อักเสบ และอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตต้องตัดทิ้งไป

ลำดับในการจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต

นักวิทยาศาสตร์ได้จัดจำแนกสิ่งมีชีวิตตามลักษณะดังกล่าวข้างต้นแล้ว นำมาจัดลำดับชั้นของกลุ่มสิ่งมีชีวิตเรียกว่า จัดTaxonomic Categories หรือ Taxon หรือ Taxa (พหูพจน์) ในแต่ละลำดับชั้นนี้จะมีคุณลักษณะสมบัติที่เหมือนกันร่วมกันอยู่ ซึ่งในการจัดลำดับชั้นของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์จะมีระบบขั้นสูงต่ำเรียงลำดับ จากคล้ายกันน้อยที่สุดไปจนถึงคล้ายกันมากที่สุดดังนี้ คือ

การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตเรียงลำดับจากหมวดหมู่ใหญ่ไปหาหมวดหมู่ย่อย

สัตว์	พืช	
Kingdom	Kingdom	คล้ายกันน้อยที่สุด
Phylum	Division	
Class	Class	
Order	Order	
Family	Family	
Genus	Genus	
Species	Species	คล้ายกันมากที่สุด

เมื่อปี ค.ศ. 1956 ที่ประชุมนักพฤกษศาสตร์ทั่วโลก ณ กรุงสต๊อคโฮล์ม มีความเห็นทางพฤกษศาสตร์ให้เรียก Phylum ว่า Division ดังนั้นหมวดหมู่ใหญ่ที่สุดที่ใช้ในการแบ่งพืชและสัตว์ก็คือ Phylum และ Division ซึ่งมีลักษณะสำคัญเท่านั้นที่เหมือนกัน ส่วนลักษณะอื่น ๆ จะไม่เหมือนกันเลยในระหว่างลำดับขั้นในการจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต อาจแบ่งรายละเอียดลงไปโดยมีลำดับชั้นย่อยที่มีคำว่า “Sub“ และ “Super“ ใช้เติมข้างหน้าที่อยู่ชั้นเหนือขึ้นไป เช่น

Subkingdom Subphylum Subdivision หมายถึง อยู่ต่ำกว่าชั้นนั้น ๆ

Superphylum Superclass Superorder หมายถึง อยู่เหนือชั้นนั้น ๆ ขึ้นไป

สปีชีส์ (Species) ใช้สำหรับแยกชนิดของสิ่งมีชีวิต เช่น มนุษย์ทุกเชื้อชาติจัดอยู่ในสปีชีส์เดียวกัน สุนัข แมว ปลาวาฬ และต้นข้าวต่างแยกจากกันคนละสปีชีส์ ดังนั้นถ้าเราต้องการรู้ว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดอยู่ในสปีชีส์เดียวกันหรือไม่อย่างไร จะต้องพิจารณาว่าสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ถ้าจัดอยู่ในสปีชีส์เดียวกัน ต้องมีคุณลักษณะสมบัติดังนี้

1. มีความคล้ายคลึงกันในโครงสร้างและสารพันธุกรรม

2. สามารถผสมพันธุ์กัน ถ่ายทอดลักษณะกรรมพันธุ์ให้ลูกหลานออกมามีลักษณะเหมือน พ่อแม่ และไม่เป็นหมัน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตบางชนิดอยู่ในสกุล (Genus) เดียวกันแต่คนละสปีชีส์ (Species) บังเอิญมีโครโมโซมเท่ากัน เช่น ม้าและลาอยู่ใน Genus eguus ส่วน Species นั้น ม้าอยู่ใน Species caballus ลาอยู่ใน Species asinus โดยปกติตามธรรมชาติมันจะไม่ผสมพันธุ์กันเอง แต่ถ้ามนุษย์จับมาผสมพันธุ์กันได้ลูกออกมาเป็นล่อ ซึ่งเป็นหมัน ถ้าต้องการได้ตัวล่ออีกก็ต้องจับม้าและลามาผสมพันธุ์กันอีก

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าพืชหรือสัตว์ที่มีโครงสร้าง สารพันธุกรรมคล้ายคลึงกัน และสามารถผสมพันธุ์กัน ถ่ายทอดลักษณะกรรมพันธุ์ให้ลูกหลาน ออกมามีลักษณะเหมือน พ่อ แม่ และไม่เป็นหมัน เรียกสิ่งมีชีวิตนั้นว่า อยู่ในสปีชีส์ (Species) หรือชนิดเดียวกัน

พืชและสัตว์หลาย ๆ สปีชีส์ ที่มีลักษณะสำคัญ ๆ เช่น รูปร่าง ขนาด โครงสร้าง สี วิธีการสืบพันธุ์คล้ายกันหรือใกล้เคียงกันมาก ลักษณะเหล่านี้เรียกว่า ลักษณะร่วม (Common factor) จึงจัดสิ่งมีชีวิตนั้นอยู่ในจีนัส (Genus) หรือสกุลเดียวกัน

พืชและสัตว์หลาย ๆ Genus ถ้ามีลักษณะคล้ายคลึงกันมากก็จะจัดอยู่ใน Family เดียวกัน

พืชและสัตว์หลาย ๆ Family ถ้ามีลักษณะร่วมคล้ายคลึงกันมากก็จะจัดอยู่ใน Order เดียวกัน

พืชและสัตว์หลาย ๆ Order ถ้ามีลักษณะร่วมคล้ายคลึงกันมากก็จะจัดอยู่ใน Class เดียวกัน

พืชและสัตว์หลาย ๆ Class มีลักษณะคล้ายกันถ้าเป็นสัตว์ก็จะจัดอยู่ใน Phylum เดียวกัน และถ้าเป็นพืชก็จะจัดอยู่ใน Division เดียวกัน ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การจัดสิ่งมีชีวิต 5 ชนิด

ระดับ	สุนัขเลี้ยง	สุนัขป่า	แมวบ้าน	มนุษย์	ต้นข้าว
Kingdom	Animalia	Animalia	Animalia	Animalia	Plantae
Phylum	Chordata	Chordata	Chordata	Chordata	Tracheophyta
Class	Mammalia	Mammalia	Mammalia	Mammalia	Angiospermae
Order	Carnivora	Carnivora	Carnivora	Primates	Graminales
Family	Canidae	Canidae	Felidae	Hommidae	Graminaceae
Geus	Canis	Canis	Felis	Homo	Oryza
Species	C.familiaris	C.lupus	F.catus	H.sapiens	O.sativa

การจัดสิ่งมีชีวิต 5 ชนิด (พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 115)

การจัดแบ่งอนุกรมวิธานของสิ่งมีชีวิต (Classification Divisions) อย่างละเอียดมีดังนี้ คือ

Kingdom

Subkingdom

Branch

Grade

Division

Subdivision

Superphylum

Phylum

Subphylum

Superclass

Class

Subclass

Infraclass (Cohort) (Series)

Superorder

Order

Suborder

Section

Superfamily

Family (-idae) (-oidea)

Subfamily (-inae)

Tribe (-ini)

Supergenus

Genus

Subgenus

Superspecies

Species

Subspecies

Variety

Form or Race

การจัดแบ่งอนุกรมวิธาน (กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 185)

การตั้งชื่อของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตในโลกนี้มีจำนวนมากจะมีผู้ตั้งชื่อเพื่อใช้เรียกสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ชื่อเหล่านั้นจะถูกเรียกต่อ ๆ กันไปตามแต่ละท้องถิ่นหรือประเทศ บางครั้งสิ่งมีชีวิตเดียวกันเรียกชื่อไม่เหมือนกัน ดังนั้นการเรียกชื่อของสิ่งมีชีวิตสามารถแยกได้ 2 แบบ คือ

1. ชื่อสามัญ (Common name) เป็นชื่อที่ใช้เรียกสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกันตามภาษาของแต่ละท้องถิ่นหรือประเทศใดประเทศหนึ่งใช้เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ดังนั้นเมื่อมีการติดต่อกับบุคคลกลุ่มอื่น ๆ ทำให้เกิดความสับสนได้ง่าย เช่น **นกกระจอก**

อเมริกา	เรียกว่า	English Sparrow
อังกฤษ	เรียกว่า	House Sparrow
ฝรั่งเศส	เรียกว่า	Moineau Domestiques
สเปน	เรียกว่า	Gorrion
อิตาลี	เรียกว่า	Passera Oltramontana
เยอรมัน	เรียกว่า	Haussperliry

แมลงปอในประเทศไทย

ภาคเหนือ	เรียกว่า	แมงกะบี้
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เรียกว่า	แมงก้านโซ่
ภาคตะวันออก	เรียกว่า	แมงฟ้า
ภาคใต้	เรียกว่า	แมงพี้

การตั้งชื่อสามัญจะตั้งตาม

1.1 ลักษณะของสิงมีชีวิตนั้น ๆ เช่น
- ต้นไม้ที่มีช่อดอกคล้ายแปรงที่ใช้ล้างขวด เรียกว่า ต้นแปรงล้างขวด
- ต้นไม้ที่มีใบคล้ายหางจระเข้ เรียกว่า ว่านหางจระเข้
- ตั๊กแตนที่มีลักษณะกิ่งไม้ เรียกว่า ตั๊กแตนกิ่งไม้

1.2 ถิ่นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ เช่น
- ผักตบชวา เป็นพืชที่นำมาจากชวา
- หญ้าญี่ปุ่น เป็นพืชที่นำมาจากญี่ปุ่น
- กกอียิปต์ เป็นพืชที่นำมาจากอียิปต์

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ เช่น
- หอยมุก เป็นหอยที่ผลิตให้มุกได้
- หอยสังข์ เป็นหอยที่ใช้สำหรับรดน้ำ

2. ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) ลินเนียส (Carlous Linnaeus) เป็นผู้ริเริ่มใช้เรียกว่า Biomial nomenclature ซึ่งประกอบด้วยคำ 2 คำรวมกัน คำแรกชื่อจีนัส (Genus) หรือสกุลและคำหลังเป็นสปีชีส์ (Species) หรือชนิด โดยใช้ภาษาลาตินนักวิทยาศาสตร์รุ่นหลังทั่วโลกจึงนำระบบของลินเนียสมาใช้โดยกำหนดภาษาที่ใช้ตั้งชื่อสิ่งมีชีวิตเป็นภาษาลาตินหรือภาษาอื่นที่เปลี่ยนแปลงเป็นภาษาลาติน การที่นักวิทยาศาสตร์ชีววิทยากำหนดให้ใช้ภาษาลาติน เพราะในสมัยนั้นภาษาลาตินเป็นภาษาที่นิยมใช้ในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ และภาษาลาตินเป็นภาษาที่ตายแล้วไม่ใช่ภาษาพูด จึงไม่มีความหมายพลิกแพลงเป็นอย่างอื่น ต่อมามีผู้เสนอเพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎการตั้งชื่อของสัตว์ เมื่อมีการประชุมระดับชาติ International Congress of Zoology โดยตั้งกฎเกณฑ์เรียก International Rules of Zoological Nomen clature ขึ้น และมีคณะทำงานเพื่อทำหน้าที่ตัดสินใจเรื่องที่มีปัญหาเกี่ยวกับการตั้งชื่อกฎหรือรหัสที่ใช้จนเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1901 และมีการแก้ไขเพิ่มเติมในปี 1961 ต่อมามีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาเพื่อความสะดวกในการจัดจำแนกชื่อพืชและสัตว์ให้ถูกต้องยิ่งขึ้นโดยมีกฎเกณฑ์ที่สำคัญดังนี้ คือ

2.1 ชื่อสัตว์ (Zoological name) และชื่อพืช (Botanical name) ต้องต่างกันแต่กฎการตั้งลำดับขั้น (Taxon) เหมือนกัน

2.2 ชื่อวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคำ 2 คำ คำแรกเป็นชื่อจีนัส (Generic name) คำหลังเป็นคำระบุชนิดของสิ่งมีชีวิตให้เฉพาะลงไปเป็นชื่อสปีชีส์ (Species name)

2.3 การเขียนหรือพิมพ์ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อจีนัสควรเป็นคำเดียว (Nominative singular และพยัญชนะตัวแรกต้องใช้อักษรตัวใหญ่ (Capital letter) ส่วนคำหลังชื่อ สปีชีส์ควรเป็นคำเดียวหรือคำผสมต้องใช้อักษรตัวเล็ก และเป็นคำซึ่งเข้ากับจีนัสได้ตามหลักไวยากรณ์

2.4 การเขียนหรือพิมพ์ชื่อวิทยาศาสตร์ต้องใช้ภาษาลาติน (Latin) ด้วยอักษรที่แตกต่างกับข้อความทั่วไปโดยใช้ตัวอักษรเอน ถ้าไม่สามารถทำเป็นตัวอักษรเอนได้ ต้องขีดเส้นใต้ชื่อจีนัสและสปีชีส์โดยขีดเส้นให้แยกจากกัน

2.5 ชื่อวิทยาศาสตร์ที่ตั้งขึ้นใหม่ต้องไม่มีใน Systema natural ของลินเนียสที่พิมพ์ไว้ในปี ค.ศ. 1758

2.6 ชื่อวิทยาศาสตร์อาจมีชื่อเต็มหรืออักษรย่อของผู้ตั้งชื่อ (Author) ใส่ตามหลังชื่อวิทยาศาสตร์ด้วยก็ได้

2.7 ชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ ถ้ามีการค้นพบเกี่ยวกับรายละเอียดของสิ่งมีชีวิตนั้นภายหลัง

2.8 ชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตหนึ่งอาจมีหลายชื่อเพราะมีผู้ตั้งชื่อไว้หลายคน โดยผู้ตั้งชื่อนั้นไม่ทราบว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีผู้พบก่อน และตั้งชื่อไว้แล้ว ในกรณีนี้ให้ถือเอาชื่อที่ตั้งขึ้นก่อนเป็นชื่อที่ถูกต้องตามกฎ Law of Priority ส่วนชื่อที่ตั้งขึ้นที่หลังเป็นชื่อพ้อง

2.9 ถ้ามีการพบจีนัสใหม่จะต้องมีการเสนอ Type Species คือ ต้องมีแบบตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นเก็บรวบรวมไว้ในสถานที่ต่าง ๆ บุคคลอื่นสามารถค้นคว้าศึกษาได้และตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ตามกฎเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น

การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์อาจตั้งโดยการพิจารณาจากสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ ได้แก่

1. สภาพที่อยู่อาศัย เช่น ผักบุ้ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Ipomoea aquatica** ชื่อ aquatica มาจากคำว่า aquatic หมายถึงน้ำ

ไส้เดือนดินมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Lumbricus terrestris** ชื่อ terrestris มาจากคำว่า terrestrial หมายถึงบนบก

2. ถิ่นที่อยู่หรือถิ่นกำเนิด เช่น นมแมว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Rouwenhoffia siamensis** เป็นต้นไม้ ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศไทยชื่อ siamensis มาจากคำว่า siam หมายถึงประเทศไทย

มะม่วงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Mangifera indica** เป็นต้นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดียชื่อ indica มาจากคำว่า India หมายถึงประเทศอินเดีย

3. ลักษณะเด่นบางอย่าง เช่น กุหลาบสีแดง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Rosa rubra** ชื่อ rubra หมายถึงสีแดง

ต้นสักมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Tectona grandis** ชื่อ grandis หมายถึง ขนาดใหญ่

มะยมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Phyllantus acidus** ชื่อ acidus หมายถึง รสเปรี้ยว

4. ชื่อบุคคลที่ค้นพบหรือชื่อผู้มีเกียรติที่เกี่ยวข้อง เช่น

ต้นอรพิมพ์ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Bauhinia winitii** ชื่อ winitii เป็นชื่อของพระยาวินิจวนันดร

กุ้งดีดขัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Alpheus supachai** ชื่อ supachai เป็นชื่อของศาสตราจารย์ศุภชัย วานิชวัฒนา

ต้นเสี้ยวเครือ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Bauhinia sanitwongsei** ชื่อ sanitwongsei เป็นชื่อที่ตั้งให้ผู้มีเกียรติแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นนามสกุลของ ม.ร.ว.ใหญ่ สนิทวงศ์

อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต

ในสมัยแรก ๆ ใช้โครงสร้างที่คล้ายคลึงกันเป็นหลัก จึงจัดสิ่งมีชีวิตแยกออกเป็น 2 อาณาจักร คือ อาณาจักรพืช (Plant Kingdom) กับอาณาจักรสัตว์ (Animal Kingdom) ต่อมาเมื่อมีการค้นพบซากหิน (Fossil) ทำให้เกิดความคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และพบว่าสปีชีส์มีการสูญพันธ์หรือเปลี่ยนแปลงไปเป็นสปีชีส์อื่น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ค่อย ๆ เกิดขึ้นจนในศตวรรษที่ 20 การศึกษาทางพันธุศาสตร์มีความก้าวหน้าขึ้นทำให้สามารถจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกได้ 6 แบบ ดังนี้ คือ

1. แบบที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 อาณาจักร คือ

1.1 อาณาจักรพืช ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว คริสโซไฟต์ สาหร่ายสีน้ำตาล ราเมือก เห็ดรา ไบรโอไฟต์ และทราคีโอไฟต์

1.2 อาณาจักรสัตว์ ได้แก่ โพรติสตา สัตว์หลายเซลล์

2. แบบที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 อาณาจักร คือ

2.1 อาณาจักรมอเนอรา ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

2.2 อาณาจักรพืช ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว คริสโซไฟต์ สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีแดง ราเมือก เห็ดรา ไบรโอไฟต์ ทราคีโอไฟต์

2.3 อาณาจักรสัตว์ ได้แก่ โพรติสตา สัตว์หลายเซลล์

3. แบบที่ 3 แบ่งออกเป็น 3 อาณาจักร คือ

3.1 อาณาจักรโพรติสตา ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โปรโตซัว ราเมือก

3.2 อาณาจักรพืช ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว คริสโซไฟต์ สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีแดง เห็ดรา ไบรโอไฟต์ ทราคีโอไฟต์

3.3 อาณาจักรสัตว์ ได้แก่ สัตว์หลายเซลล์

4. แบบที่ 4 แบ่งออกเป็น 3 อาณาจักร คือ

4.1 อาณาจักรโพรติสตา ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โปรโตซัว สาหร่ายสีเขียว คริสโซไฟต์ สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีแดง ราเมือก เห็ดรา

4.2 อาณาจักรพืช ได้แก่ ไบรโอไฟต์ ทราคีโอไฟต์

4.3 อาณาจักรสัตว์ ได้แก่ สัตว์หลายเซลล์

5. แบบที่ 5 แบ่งออกเป็น 4 อาณาจักร คือ

5.1 อาณาจักรมอเนอรา ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

5.2 อาณาจักรโพรติสตา ได้แก่ โปรโตซัว สาหร่ายสีเขียว คริสโซไฟต์ สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีแดง ราเมือก เห็ดรา

5.3 อาณาจักรพืช ได้แก่ ไบรโอไฟต์ ทราคีโอไฟต์

5.4 อาณาจักรสัตว์ ได้แก่ สัตว์หลายเซลล์

6. แบบที่ 6 แบ่งออกเป็น 5 อาณาจักร คือ

6.1 อาณาจักรมอเนอรา ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

6.2 อาณาจักรโพรติสตา ได้แก่ โปรโตซัว คริสโซไฟต์

6.3 อาณาจักรพืช ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีแดง ไบรโอไฟต์ ทราคีโอไฟต์

6.4 อาณาจักรเห็ดรา ได้แก่ ราเมือก เห็ดรา

6.5 อาณาจักรสัตว์ ได้แก่ สัตว์หลายเซลล์

อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต (ที่มา : พจมาน หวังสันติวงศา (441) : 118)

อาณาจักรของสิ่งมีชีวิตแบบที่ 6 แบ่งเป็น 5 อาณาจักร มีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. อาณาจักรสัตว์ (Kingdom Animal) มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาและจัดสิ่งมีชีวิตไว้ในอาณาจักรสัตว์ คือ

1.1 เซลล์เป็นแบบ Eukaryotic cell หรือ Eukaryote cell หมายถึง เซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส

1.2 ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง เรียกว่า Heterotrophic organism

1.3 ดำรงชีพโดยเป็นผู้บริโภคสิ่งมีชีวิตอื่นทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร เรียกว่า Consumer หรือ Heterotroph

1.4 สามารถเคลื่อนที่ได้ (Locomotion) ยกเว้นปะการัง (Coral) ฟองน้ำ (Sponge)

1.5 ดำรงชีพเป็นผู้ล่า (Predator) บางชนิดเป็นปรสิต (Parasite) หรือผู้เบียดเบียนพวกนี้จะอาศัยและแย่งอาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่นที่เกาะอาศัยอยู่ทั้งพืชและสัตว์ บางชนิดเป็นผู้กำจัดของเสีย (Scavenger) ประเภทที่กินซากพืชและซากสัตว์

1.6 ไม่มีผนังเซลล์ (Cell wall)

1.7 มีอวัยวะสัมผัสต่าง ๆ ช่วยในการแสวงหาอาหาร และหนีจากสิ่งที่เป็นอันตรายได้อย่างรวดเร็ว

1.8 มีระบบประสาททำหน้าที่ควบคุมประสานการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ (Coordination system)

1.9 มีโครงร่างที่แข็ง (Skeleton) สำหรับเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ หรือป้องกันอันตรายแก่เนื้อเยื่อของร่างกาย

วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ เรียกว่า วิชาสัตววิทยา (Zoology)

2. อาณาจักรพืช (Kingdom Plant) มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาและจัดสิ่งมีชีวิตไว้ในอาณาจักรพืช คือ

2.1 เซลล์เป็นแบบ Eukaryotic cell หรือ Eukaryote cell หมายถึง เซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส

2.2 สามารถสร้างอาหารเองได้เพราะมีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)

2.3 ดำรงชีวิตเป็นผู้ผลิต (Producer)

2.4 เคลื่อนที่ไม่ได้แต่เคลื่อนไหวได้เพราะเกิดการเจริญเติบโต (Growth movement)

2.5 สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีได้โดยการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis)

2.6 มีผนังเซลล์ (Cell wall) และมีเซลลูโลส (Cellulose)

2.7 มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าช้าเพราะไม่มีระบบประสาท

วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับพืช เรียกว่า วิชาพฤกษศาสตร์ (Botany)

3. อาณาจักรมอเนอรา (Kingdom Monera) มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาและจัดสิ่งมีชีวิตไว้ในอาณาจักรมอเนอรา คือ

3.1 เซลล์เป็นแบบ Prokaryotic cell หรือ Prokaryote cell หมายถึง เซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส

3.2 โครงสร้างภายในเซลล์เป็นแบบง่าย ๆ

3.3 มีการดำรงชีวิตแบบอิสระ เช่น แบบปรสิต หรือ แบบย่อยสลาย

4. อาณาจักรโพรติสตา (Kingdom Protista) มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาและจัดสิ่งมีชีวิตไว้ในอาณาจักรโพรติสตา คือ

4.1 เป็นเซลล์แบบ Eukaryotic cell หรือ Eukaryote cell หมายถึง เซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส

4.2 ส่วนมากประกอบด้วยเซลล์เดียว (Unicellular organism) หรือถ้ามีหลายเซลล์รวมกันเป็นกลุ่ม (Colony) หรือเป็นสายยาว (Filament) จะไม่มีการจัดตัวกันเป็นเนื้อเยื่อหรืออวัยวะ โดยแต่ละเซลล์จะทำหน้าที่อย่างอิสระ

4.3 มีลักษณะของทั้งพืชและสัตว์รวมกัน คือ มีคลอโรฟิลล์เช่นเดียวกับพืชและมีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่เช่นเดียวกับสัตว์

5. อาณาจักรเห็ดรา (Kingdom Fungi) มีลักษณะสำคัญดังนี้ คือ

5.1 ส่วนมากมีหลายเซลล์ (Multicellular organism) บางชนิดมีเซลล์เดียว (Unicellular organism) เช่น ยีสต์ (Yeast)

5.2 ส่วนมากเจริญมาจากเส้นใยเล็ก ๆ เรียกว่า ไฮฟา (Hypha) กลุ่มของไฮฟา เรียกว่า ไมซีเลียม (Mycelium)

5.3 ไฮฟาเป็นตัวยึดเห็ดราให้ติดแน่นอยู่กับแหล่งที่อยู่อาศัยได้ดี และบางส่วนของไฮฟาก็ทำหน้าที่สร้างสปอร์ (Spore) เมื่อสปอร์แก่จะปลิวไปตกและงอกเป็นสายไฮฟาได้อีก

5.4 มักพบเห็นตามซากพืช ซากสัตว์ อาหารและปฏิกูล

5.5 เห็ดราใช้ไฮฟาเจริญแทรกลงไปในแหล่งที่อยู่อาศัยและปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสารอินทรีย์ แล้วดูดเข้าไปในเซลล์เพื่อเป็นอาหาร การดำรงชีพแบบนี้ เรียกว่า ภาวะการย่อยสลาย (Saprophytism)

5.6 เห็ดราบางชนิดดำรงชีพแบบปรสิต (Parasite) อาศัยอาหารจากผู้ถูกอาศัย (Host)

5.7 ราบางชนิดอยู่รวมกับสาหร่ายในภาวะพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Mutualism) ซึ่งเป็นแบบตลอดชีวิตถ้าแยกจากกันจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี เช่น ไลเคน (Lichen)

ไวรัส (Virus)

ไวรัสหรือวิสาเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถจัดหมวดหมู่ได้ เพราะไม่มีสมบัติของเซลล์เหมือนสิ่งมีชีวิตอื่น คือ ไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์และโปรโตพลาสซึม จึงไม่ถือว่าไวรัสเป็นเซลล์แต่ถือว่าเป็นอนุภาคที่เรียกว่า ไวริออน (Virion) มีลักษณะสำคัญดังนี้ คือ

1. ไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์ และโปรโตพลาสซึม
2. มีขนาดเล็กมากประมาณ 10-300 นาโนเมตร (1 Nanometer = 10^{-9} เมตร)
3. เป็นจุลินทรีย์ขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน มีรูปร่างหลายแบบ เช่น กลม ยาว เป็นต้น
4. มีสมบัติของสิ่งมีชีวิต คือ สามารถเพิ่มจำนวนได้โดยการถ่ายสำเนาตัวเอง (Duplication) แต่ต้องอาศัยอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอื่นเท่านั้น
5. ประกอบด้วยกรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) ชนิด DNA หรือ RNA ชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น

โครงสร้างไวรัส

ไวรัสมีโครงสร้างประกอบด้วย

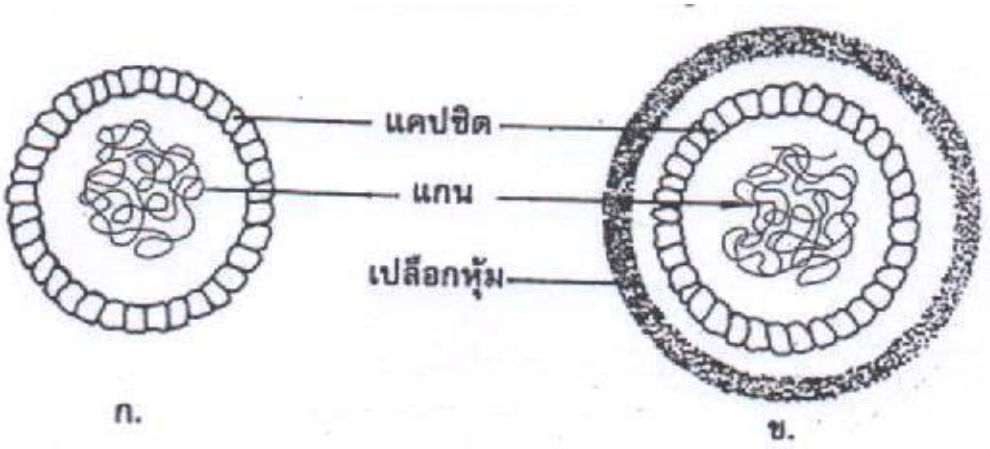
1. แกน (Core) ประกอบด้วยกรดนิวคลีอิกชนิด DNA หรือ RNA ชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นเส้นยาวหรือขดงอ

ชนิด DNA ได้แก่ ไวรัสในสัตว์และแบคทีเรีย (Bacteria)

ชนิด RNA ได้แก่ ไวรัสของพืชและไวรัสไข้หวัดใหญ่

2. แคปซิด (Capsid) จะหุ้มอยู่รอบแกนประกอบด้วยหน่วยย่อย เรียกว่า แคปโซเมอร์ (Capsomer) ซึ่งเป็นสารพวกโปรตีน นอกจากนี้ยังมีไขมัน คาร์โบไฮเดรต ทองแดง เป็นองค์ประกอบ

3. เปลือกหุ้ม (Envelope) มีในไวรัสบางชนิด บางชนิดไม่มีเป็นสารพวกโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป เป็นองค์ประกอบ ตามรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 โครงสร้างทั่วไปของไวรัส
ก. ไม่มีเปลือกหุ้ม ข. มีเปลือกหุ้ม
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 186)

การจัดจำแนกไวรัส

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดจำพวกไวรัส ได้แก่

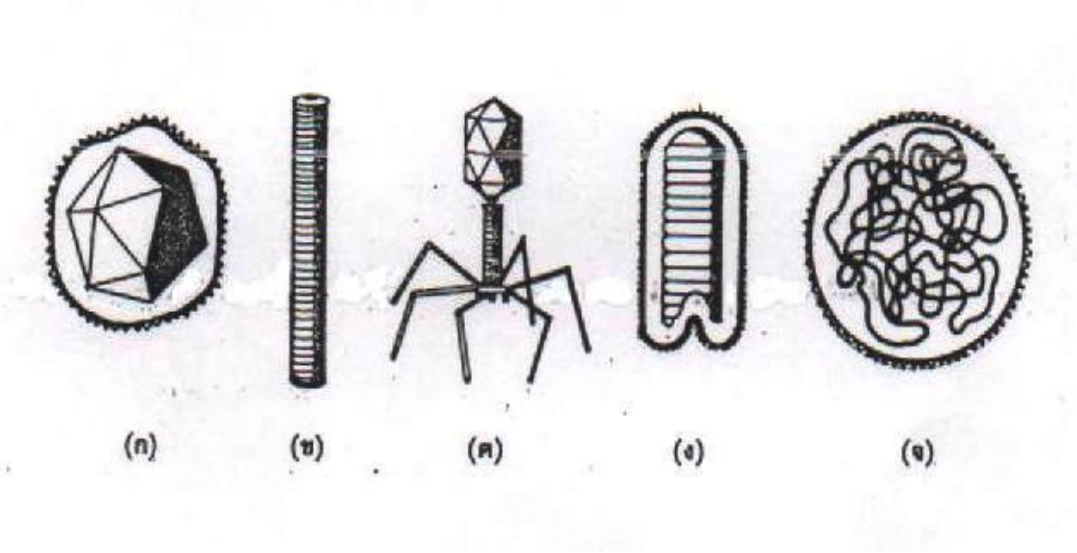
1. ชนิดของกรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) ว่าเป็นชนิดใด DNA หรือ RNA
2. รูปร่างของไวรัสซึ่งอาศัยโครงสร้างของแคปซิดมี 3 แบบ คือ

2.1 แบบแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Helical symmetry) กรดนิวคลีอิกจะเรียงตัวคล้ายบันไดเวียน เช่น ไวรัสโรคใบด่างของยาสูบบางชนิด กรดนิวคลีอิกขดเป็นเกลียว เช่น ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้หวัดใหญ่

2.2 แบบสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (Cuboidal symmetry) เช่น ไวรัสทำให้เกิดโรคฝีดาษ

2.3 แบบแบ่งเป็น 2 ส่วน (Binal symmetry) คือ ส่วนหัวและส่วนหาง เช่น ไวรัสที่อาศัยอยู่ในเซลล์ของแบคทีเรีย

3. การมีเปลือกหุ้มหรือไม่มีเปลือกหุ้ม
4. ขนาดของไวรัส
5. การเรียงตัวและจำนวนของไนโตรเจนเบสในกรดนิวคลีอิก ตามรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 รูปร่างแบบต่าง ๆ ของไวรัส
(ก) ไวรัสเฮอร์ปีส์ (ข) ไวรัสใบยาสูบ (ค) ไวรัสของแบคทีเรีย (ง) ไวรัสโรคกลัวน้ำ (จ) ไวรัสคางทูม
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 187)

ความสำคัญของไวรัส

ไวรัสทำให้เกิดโรคหลายชนิดในมนุษย์ สัตว์ พืช เช่น

1. ไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคกับพืช เช่น โรคใบด่างของยาสูบ โรคใบหงิกของพริก
2. ไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ ในสัตว์ เช่น ไข้หวัด ไข้หวัดใหญ่ โปลิโอ เอดส์ งูสวัด พิษสุนัขบ้า ตับอักเสบ คางทูม อีสุกอีใส หัด

บรรณานุกรม

กันยา กมุทชาติ. (ม.ป.ป.). **ชีววิทยา ว 441.** กรุงเทพมหานคร: ซายน์ เซ็นเตอร์.

คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. (2542). **วิทยาศาสตร์ ว 204**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา.

จินดา อุดชาชน และคณะ. (2545). **เคมี (GCSE)**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท นานมีบุ๊คส์ พับลิเคชั่นส์ จำกัด.

นาท ตัณฑวิรุฬห์ และพูลทรัพย์ สมุทรสาคร. (2528). **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการบริหารทรัพยากร**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

พจมาน หวังสันติวงศา. (ม.ป.ป.). **ชีววิทยา 441**. กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

สุวินัย ภรณวลัย. (2548, 23 พฤศจิกายน). “มองอย่างบูรณาการ”. **ผู้จัดการรายวัน** : 12.

บทที่ 2
ทรัพยากรมนุษย์
(Human Resources)

2.1 วิวัฒนาการของมนุษย์ (Human Evolution)

ในการจัดอนุกรมวิธานสิ่งมีชีวิตเป็นการเรียงลำดับตามวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอยู่แล้ว จากการศึกษาจะพบว่า ลักษณะของบรรพบุรุษเป็นลักษณะที่มีมาก่อนเป็นลักษณะที่ล้าหลัง (Primitive) ไม่กลมกลืนสมบูรณ์เท่ากับลักษณะที่เกิดภายหลัง ซึ่งเป็นลักษณะก้าวหน้าหรือกลมกลืนเหมาะสมกว่า เช่น สิ่งมีชีวิตที่มีเซลล์เดียว (Unicellular) เป็นลักษณะล้าหลังกว่าพวกหลายเซลล์ (Multicellular) สิ่งมีชีวิตพวก Eukaryote วิวัฒนาการมากกว่าพวก Prokaryote พืชที่มีระบบท่อลำเลียง (Vascular plants) วิวัฒนาการดีกว่าพวกไม่มีระบบท่อลำเลียง (Non-Vascular plants) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) วิวัฒนาการมากกว่าการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) การแยกเพศเป็นเพศผู้ เพศเมีย (Dioceious) วิวัฒนาการมากกว่าการมีเพศอยู่รวมกัน (Monoceious หรือ Hermaphrodite)

วิวัฒนาการของสัตว์ในลำดับออร์เดอร์ไพรเมต (Order = primate) ใช้เวลา 63 ล้านปี เริ่มตั้งแต่ยุค Period Paleocene ในมหายุค (Era) Cenozoic จนถึงปัจจุบัน (Recent) ดังนี้คือ

1. ชีวิตเริ่มแรก คือ พวกสาหร่ายเซลล์เดียว ซึ่งเป็นผู้ผลิต (Producer) เกิดในยุค Palaeozoic
2. Amphibia (ครึ่งบกครึ่งน้ำ) และ Reptilian (สัตว์เลื้อยคลาน) เริ่มมีในยุค Palaeozoic
3. พืชมีเมล็ดและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจำพวกแรกไดโนเสาร์ (Dinosaur) เกิดในยุค Mesozoic
4. พืชและสัตว์ในปัจจุบันเกิดในมหายุค (Era) Cenozoic ยุค Period Quaternary

ในมหายุค (Era) Archaeozoic หรือ Proterozoic ยุคดึกดำบรรพ์ยังไม่พบฟอสซิล (Fossil) ของสิ่งมีชีวิตสันนิษฐานว่ายังไม่มีสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้น

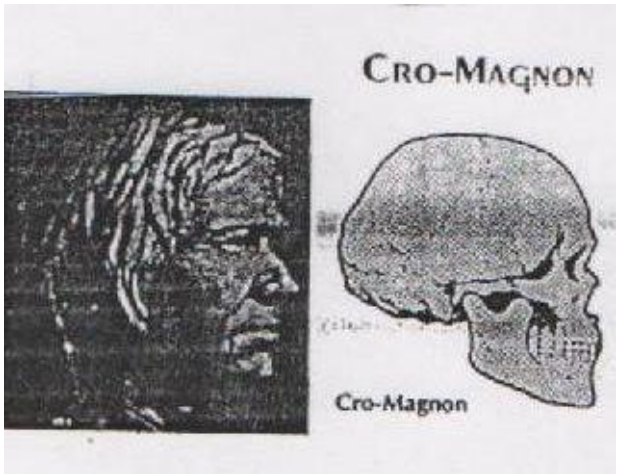
มหายุคต่อมา คือ Palaeozoic เป็นยุคที่สันนิษฐานว่าเริ่มมีสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตเริ่มแรก คือ สาหร่ายเซลล์เดียวแบคทีเรีย (Bacteria) และต่อมาก็มีพวกโปรโตซัว (Protozoa) เห็ดรา (Fungi) พืชชั้นต่ำ สัตว์ชั้นต่ำ และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลานก็กำเนิดขึ้น

มหายุคต่อมา คือ Mesozoic มีสัตว์เลื้อยคลานขนาดใหญ่ ๆ เช่น ไดโนเสาร์ (Dinosaur) สัตว์พวกนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมยุคแรก ๆ พืชมีเมล็ดก็กำเนิดขึ้น

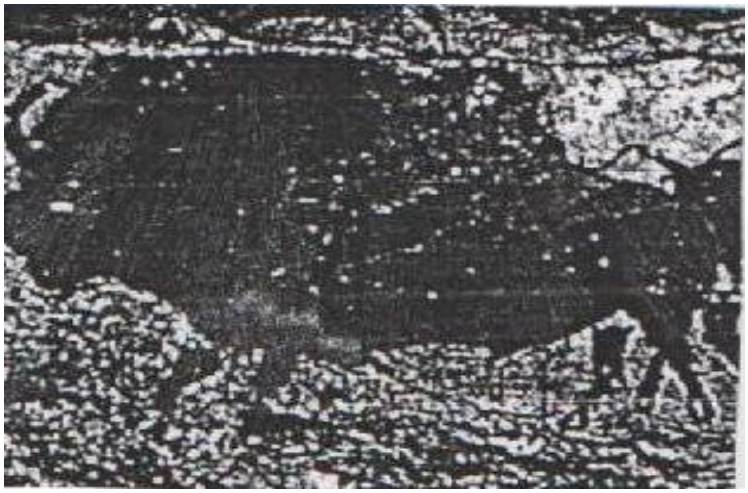
มหายุคปัจจุบัน คือ Cenozoic ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะได้แก่ ระยะแรก Tertiary มีสัตว์พวกนกมากชนิดขึ้น และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีรกเกิดมากขึ้น ระยะที่สอง Quaternary มีมนุษย์ มีพืชในปัจจุบันเกิดขึ้นดังที่พบเห็นทั่ว ๆ ไป

มนุษย์สืบเชื้อสายมาอย่างไรไม่มีใครสามารถทราบได้อย่างแน่ชัด การที่จะศึกษาว่าบรรพบุรุษของมนุษย์ในอดีตมีความเป็นมาอย่างไร จึงนับได้ว่าเป็นปัญหาค่อนข้างจะยุ่งยากพอสมควร แต่นักมานุษยวิทยาก็พยายามศึกษาและสันนิษฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของมนุษย์ที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดที่ได้ขุดพบในสมัยต่าง ๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ทั้งด้านกายวิภาคศาสตร์ (Anatomy) และด้านอื่น ๆ เช่น แยกมนุษย์ออกจากลิงโดยดูสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์ทำได้และลิงทำไม่ได้ เป็นต้น เพื่อทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์จากดึกดำบรรพ์มาจนถึงสมัยปัจจุบันดังนี้ คือ

1. ปี ค.ศ.1868 พบฟอสซิลแรกเรียกว่ามนุษย์โครมายอง (Cro-Magnon man) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าโฮโมซาเพียนส์ ซาเพียนส์ (Homo sapiens sapiens) มีอายุอยู่ในราว 20,000 – 30,000 ปี จากการสร้างทางรถไฟผ่านหุบเขาโครมายอง เมื่อขุดหินออกมาพบโครงกระดูกซึ่งมีความสูงประมาณ 170 – 180 เซนติเมตร ความจุสมองมีขนาดเดียวกับมนุษย์ในปัจจุบัน ลักษณะของมนุษย์โครมายองกับมนุษย์ปัจจุบันแตกต่างกันน้อยมาก มนุษย์โครมายองอาศัยอยู่ในถ้ำมีความเฉลียวฉลาดจึงสามารถป้องกันตนเองให้รอดพ้นจากอากาศแปรปรวน มีความร่วมมือกันและพยายามทำความเข้าใจในหมู่เดียวกัน รู้จักการทำกสิกรรมและเลี้ยงสัตว์ มีการสร้างและปรับปรุงการใช้โลหะให้เป็นประโยชน์ด้วย ตามรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 กะโหลกมนุษย์โครมายอง
(Oram and Smoot. 1986 : 218)

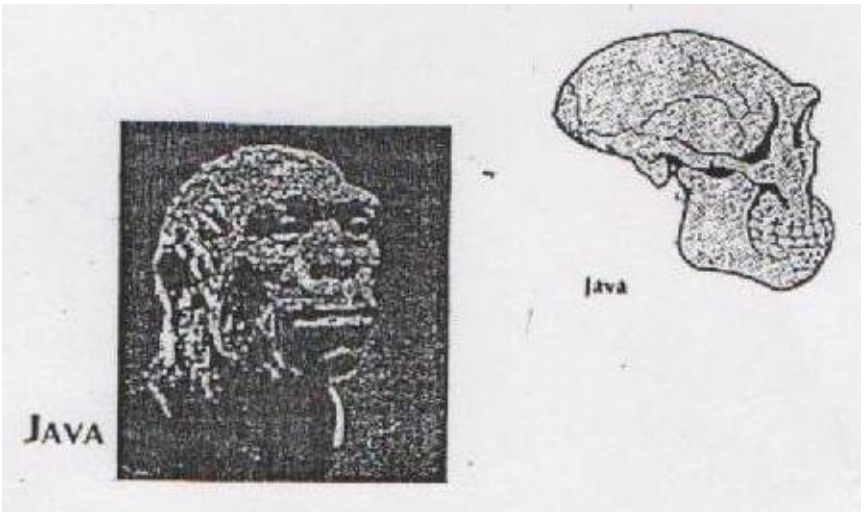


รูปที่ 2.2 ภาพวาดฝีมือมนุษย์โครมายอง

(Oram and Smoot. 1986 : 218)

2. ปี ค.ศ. 1891 พบฟอสซิลที่ชวา เรียกว่ามนุษย์ชวา (Java man) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Pithecanthropus erectus หมายถึง มนุษย์วานร เดินตัวตั้งตรงฟอสซิลนี้สูงประมาณ 160-165เซนติเมตร กระดูกสันคิ้วนูนชัดเจนมาก ระดับฟันไม่มีซี่ใดยาวออกมา ตัวอย่างแรกได้จากบริเวณแม่น้ำซโล เกาะชวาฝังอยู่ในดินลึกมากมนุษย์ชวาอยู่ไม่เป็นหลักแหล่งย้ายไปเรื่อย ๆ อาหารเป็นพวกรากพืชและส่วนที่เป็นหัวอยู่ใต้ดิน มีการสร้างเครื่องมือทำด้วยหินใช้ล่าสัตว์คาดว่ามนุษย์ชวามีอายุประมาณ 700,000 ปี

ในระยะเวลาเดียวกันกับมนุษย์ชวา ได้มีการขุดค้นพบมนุษย์ไฮเดลเบอร์ก (Heidelberg man) ที่ประเทศเยอรมันนีดินแดนในขณะนั้นอุ่นกว่าปัจจุบันตามรูปที่ 2.3

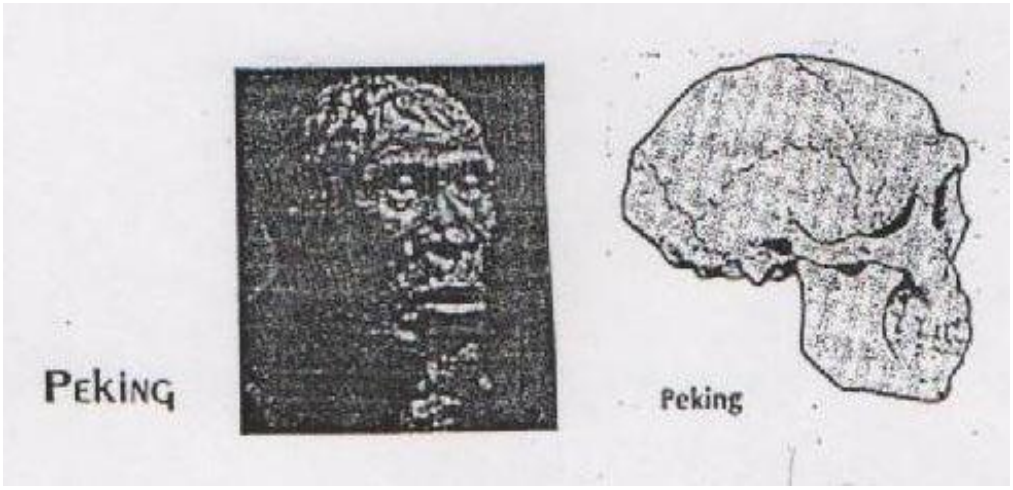


รูปที่ 2.3 กะโหลกมนุษย์ชวา

(Oram and Smoot. 1986 : 215)

3. ปี ค.ศ.1924 เรมอนดาช์ท (Raymond Dart) นักมานุษยวิทยาแอฟริกาใต้เป็นผู้พบฟอสซิลออสตราโลพิเทคัส (Australopithecus) หมายถึง ลิงใหญ่แห่งภาคใต้และตั้งชื่อฟอสซิลที่พบครั้งแรกในแอฟริกาใต้นี้ว่า Australopithecus africanus ที่มีโครงร่างกึ่งลิงวานร (Apelike) และกึ่งมนุษย์มีความจุของสมองในกะโหลกประมาณ 450-700 ลูกบาศก์เซนติเมตร โครงกระดูกสูงประมาณ 100 – 150 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัม กระดูกคล้ายลิงแต่เชิงกรานกลมแสดงว่าสามารถเดิน 2 เท้าได้ดีทำให้เชื่อได้ว่าเมื่อราว 5 – 6 ล้านปีมีสิ่งมีชีวิตคล้ายลิง ยืนตรงเกิดขึ้นซึ่งจากโครงร่างของร่างกายเชื่อว่าเป็นสัตว์กินพืชที่ใกล้ลิงไม่มีหางมากที่สุด ซึ่งพบที่แอฟริกาตะวันออกและแอฟริกาใต้ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโครงสร้างสมองของ Astralopithecus เหมือนคนมากกว่าลิง (Ape) และอีกประมาณ 4 ล้านปีที่ผ่านมาลิงที่คล้ายคน (Ape man) ก็เกิดขึ้นใช้ท่อนกระดูก ไม้ หรือหินแหลมเป็นเครื่องมือ ลักษณะโครงสร้างมีช่วงมือสั้นเกินกว่าที่จะห้อยโหนกิ่งไม้ได้แสดงว่าสิ่งมีชีวิตนี้เดินและใช้ชีวิตบนดินอย่างถาวร

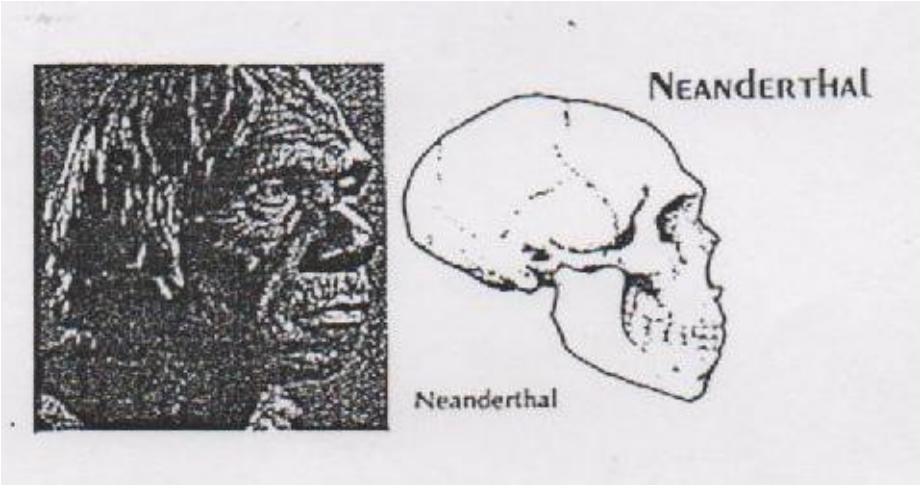
4. ปี ค.ศ. 1927 – 1937 นักวิทยาศาสตร์ได้พบฟอสซิลของมนุษย์แบบเดียวกับมนุษย์ชวาแต่มีลักษณะที่เจริญดีกว่าที่ประเทศจีนเรียกว่า มนุษย์ปักกิ่ง (Peking man) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Homo erectus pekinensis ขนาดสมองประมาณ 880 – 1,050 ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงระหว่าง 155 – 160 เซนติเมตร บริเวณที่ค้นพบซากมนุษย์ปักกิ่งจะพบสถานที่มีการใช้ไฟที่เก่าที่สุดในโลกแสดงว่ามนุษย์พวกนี้ใช้ไฟให้ความอบอุ่นประกอบอาหารและป้องกันอันตรายจากสัตว์ร้าย ตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กะโหลกมนุษย์ปักกิ่ง

(Oram and Smoot. 1986 : 215)

5. ปี ค.ศ. 1933 Berckhemer ผู้ดูแลพิพิธภัณฑ์แห่งชาติ เมืองสตุตการ์ด ประเทศเยอรมันนี ได้พบกะโหลกมนุษย์ เมื่อศึกษาและสร้างกะโหลกให้ครบพอจะทราบได้ว่าเป็นพวกเดียวกับที่พบในประเทศอังกฤษและฝรั่งเศส แม้ว่ากระดูกคิ้วจะนูนเหมือน Homo erectus แต่ส่วนประกอบอื่น ๆ ใกล้เคียงกับกะโหลกมนุษย์ปัจจุบัน จึงมีผู้ให้ความเห็นว่าน่าจะเป็นมนุษย์ที่เป็นบรรพบุรุษของมนุษย์นีแอนเดอทอล (Neanderthal man) ตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กะโหลกของมนุษย์นีแอนเดอทอล

(Oram and Smoot. 1986 : 218)

ปี ค.ศ. 1871 ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) ได้สังเกตความสัมพันธ์ระหว่างซากดึกดำบรรพ์ของมนุษย์และของลิงไม่มีหาง (Ape) แล้วเสนอความคิดว่ามนุษย์และลิงไม่มีหางน่าจะมีบรรพบุรุษร่วมกันในอดีต ส่วนเฮกเคล (E. Haeckel) ได้เสนอความคิดในปี ค.ศ.1889 ว่าบรรพบุรุษของมนุษย์และลิงไม่มีหางน่าจะเป็นสัตว์จำพวกลำดับออร์เดอร์ไพรเมต มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างมนุษย์กับลิงไม่มีหาง ซึ่งเรียกชื่อสามัญว่ามนุษย์ลิง (Ape man) ในช่วงแรก ๆ นักมานุษยวิทยาเป็นกลุ่มคนที่มีบทบาทสำคัญมากในการพัฒนาการศึกษาวิวัฒนาการของมนุษย์ด้วยการเสาะแสวงหาซากดึกดำบรรพ์ ซึ่งคิดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะระหว่างลิงไม่มีหางกับมนุษย์ ถ้าใกล้ลิงมีหางมากก็จัดอยู่ในพวกลิงมนุษย์ (Man ape) แต่ถ้ามีลักษณะใกล้มนุษย์มากกว่าลิงไม่มีหางก็จัดอยู่ในจำพวกมนุษย์ลิงหรือมนุษย์วานร (Ape man) แต่ถ้าคล้ายมนุษย์ปัจจุบันแต่ไม่เหมือนมนุษย์ปัจจุบันก็จัดอยู่ในกลุ่มบรรพบุรุษของมนุษย์

สัตว์พวกในลำดับออร์เดอร์ (Order) ไพรเมต (Primate) เกิดขึ้นในตอนต้นมหายุคปัจจุบันซีโนโซอิค (Cenozoic Era) ประมาณ 63 ล้านปีมาแล้ว เชื่อกันว่าในระยะแรกเป็นสัตว์กินแมลงอยู่ตามต้นไม้ (Tree-dwelling insectivores) ได้แก่ พวกกระแต ต่อมาได้มีการวิวัฒนาการเกิดลิงลมขึ้นตามด้วยลิงทาร์ซิเออร์ ลิงโลกใหม่ปัจจุบันพบในอเมริกา ลิงโลกเก่าปัจจุบันพบในแอฟริกาและเอเชีย เช่น ลิง วอก

ค่าง ลิงไม่มีหาง เช่น ชะนี อุรังอุตัง กอริลลา ชิมแพนซี และมนุษย์ก็เป็นสัตว์ในออร์เดอร์ไพรเมต ที่เริ่มมีวิวัฒนาการแยกออกจากสายของลิงไม่มีหางหรือลิงคล้ายคน เมื่อประมาณ 20 ล้านปีมาแล้ว และเชื่อกันว่าบรรพบุรุษมนุษย์เริ่มวิวัฒนาการมาโดยเปลี่ยนวิถีการดำรงชีพจากการอยู่บนต้นไม้มาอยู่บนพื้นดินตามทุ่งหญ้าและเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิต จากการกินพืชอย่างเดียวมากินทั้งพืชและสัตว์ สติปัญญาพัฒนามากขึ้น จึงสามารถเอาชนะศัตรูในการต่อสู้เพื่อยังชีวิตอย่างดี

จากแนวคิดดังกล่าวนี้ทำให้มีการเสาะแสวงหาซากดึกดำบรรพ์ของวานรมนุษย์ (Man ape) มนุษย์วานร (Ape man) และมนุษย์ รวมทั้งเครื่องมือเครื่องใช้ของมนุษย์เหล่านี้กันเรื่อยมาและศึกษารวบรวมข้อมูลได้ดังนี้

1. วานรมนุษย์ (Man ape) ถือว่าเป็นต้นตระกูลของลิงไม่มีหางและมนุษย์มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า โปรคอนเซา แอฟริกานัส (Proconsul africanus) มีลักษณะที่สำคัญ คือ มีเขี้ยวใหญ่และยาวกว่าฟันอื่น ๆ ในแถวเดียวกัน ปกติจะเดิน 4 ขา แต่เวลาตกใจจะเดินได้ 2 ขา มีชีวิตอยู่ประมาณ 12 – 25 ล้านปีมาแล้ว

2. มนุษย์วานร (Ape man) มีลักษณะที่สำคัญ คือ มีเขี้ยวยาวไม่เกินระดับฟันอื่น ๆ ในแถวเดียวกันเดินได้ 2 ขา มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าจีนัส (Genus) รามาพิเทคัส (Ramapithecus) มีชีวิตอยู่เมื่อประมาณ 10 – 14 ล้านปี และจีนัส (Genus) ออสตราโลพิเทคัส (Australopithecus) ซึ่งมีชีวิตอยู่เมื่อประมาณ 3 – 5 ล้านปี ทั้ง 2 จีนัสนี้ยังไม่รู้จักประดิษฐ์เครื่องมือและสะสมเครื่องมือ แต่สามารถนำวัสดุต่าง ๆ ในธรรมชาติมาใช้เป็นเครื่องมือได้ นักวิทยาศาสตร์จึงยังไม่ยอมรับว่าเป็นมนุษย์ที่แท้จริงได้

3. บรรพบุรุษของมนุษย์มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าสปีชีส์ (Species) โฮโมฮาบิลิส (Homo habihabilis) อายุของซากดึกดำบรรพ์ประมาณ 3 – 4 ล้านปี มีวิวัฒนาการมาจากจีนัส Australopithecus มีฟันที่แสดงว่ากินเนื้อสัตว์ได้ขนาดสมองประมาณ 800 ลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถใช้หินมาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือได้

4. มนุษย์แรกเริ่มหรือมนุษย์ตัวตรงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าสปีชีส์ (Species) โฮโมอิเรกตัส (Homo erectus) ได้แก่ มนุษย์ชวา (Java man) และมนุษย์ปักกิ่ง (Peking man) อายุของซากดึกดำบรรพ์ประมาณ 500,000 – 700,000 ปี มีหลักฐานว่ามนุษย์พวกนี้รู้จักใช้ไฟประดิษฐ์ขวานแบบไม่มีด้ามได้

5. มนุษย์นีแอนเดอร์ทัล (Neanderthal) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าซับสปีชีส์ (Subspecies) โฮโมซาเพียนส์ นีแอนเดอร์ทัลเลนซีส (Homo sapiens neanderthalensis) มีชีวิตอยู่ประมาณ 35,000 – 40,000 ปีที่ผ่านมา ในระยะเวลานั้นโลกกำลังเข้าสู่ยุคน้ำแข็ง บรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง สัตว์ป่ามีขนาดใหญ่และดุร้ายทำให้มนุษย์นีแอนเดอร์ทัลหายไปจากโลก และมีมนุษย์รุ่นใหม่มาแทนที่ มนุษย์นีแอนเดอร์ทัลมีลักษณะขากรรไกรล่างสั้น ไม่มีคาง อ้วนเตี้ยกว่ามนุษย์ปัจจุบัน จากเครื่องมือและอาวุธที่สร้างขึ้นแสดงว่าต้องใช้ความคิดที่ดีเพราะมักทำจากหินที่มีความแข็งแรง เช่น หินเหล็กไฟ (Flint)

หินควอตไซต์ (Quartzite) ทำเป็นลักษณะแบนหรือแหลมเป็นรูปสามเหลี่ยม เครื่องมือที่พบนอกจากสิ่งที่เป็นหินแล้วยังค้นพบกระบองไม้และไม้ปลายแหลมด้วย และมีประเพณีฝังคนตาย

6. มนุษย์ปัจจุบันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าสปีชีส์ (Species) โฮโมซาเพียนส์ ซาเพียนส์ (Homo sapiens sapiens) ได้แก่ มนุษย์โครมายอง (Cro-Magnon man) อายุของซากดึกดำบรรพ์ประมาณ 20,000 – 30,000 ปี รูปร่างและขนาดเท่ากับมนุษย์ในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีความเฉลียวฉลาดสามารถสร้างเครื่องมือจากกระดูก งาช้าง เขาสัตว์ โลหะ อาศัยอยู่ในถ้ำมีความสามารถป้องกันตัวเองให้พ้นจากอากาศแปรปรวน มีความร่วมมือกันและพยายามทำความเข้าใจในหมู่เดียวกัน เริ่มทำการกสิกรรมและเลี้ยงสัตว์ และมีความสามารถในเชิงศิลป์ มีภาพวาดอยู่ตามผนังถ้ำ นักมานุษยวิทยาจึงให้ชื่อวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับมนุษย์ที่ปรากฏอยู่ในยุคปัจจุบันตามตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดสมองของมนุษย์ยุคต่าง ๆ และเครื่องมือที่แรกประดิษฐ์
เมื่อเทียบกับพวกAustralopithecus ซึ่งเชื่อกันว่ายังไม่รู้จักประดิษฐ์เครื่องมือ

สปีชีส์	**ระดับ**	**ขนาดสมอง (ลบ.ซม.)**	**เครื่องมือที่ใช้**
Australopithecus	เอพมนุษย์ (manape)	450 - 700	ใช้เครื่องมือ
Homo habilis	บรรพบุรุษมนุษย์ (ancestralman)	680 - 800	ประดิษฐ์เครื่องมือหินกะเทาะ (pebble tool) แบบวัฒนธรรมโอลโตวัน (Oldowan culture) เชื่อว่าบรรพบุรุษมนุษย์อาจใช้ไม้กระดูก หรือเขาสัตว์เป็นเครื่องมือนอกจากหินกะเทาะด้วย
Homo erectus	มนุษย์สมัยแรก (early man)	750 – 1,200	ใช้ขวานหินไม่มีด้าม โดยมีการกะเทาะมากแห่งแบบวัฒนธรรมอาเชอลิออง (Acheulian culture) ในยุคหินเก่าอยู่ในถ้ำและรู้จักใช้ไฟ
Homo sapiens neanderthalensis	มนุษย์นีแอนเดอร์ทอล (Neanderthal man)	1,450	ใช้หินเหล็กไฟ (Flint) ทำขวานหินและมีด้ามแบบวัฒนธรรมมูสเตอริออง (Mousterian culture) ในยุคกลางหินเก่า

สปีชีส์	ระดับ	ขนาดสมอง (ลบ.ซม.)	เครื่องมือที่ใช้
Homo sapiens sapiens	มนุษย์ปัจจุบันโครมายอง (Cro-Magnon man)	1,300 – 1,500	รู้จักเครื่องมือทำด้วยกระดูก แบบวัฒนธรรมโอริยาสิออง (Aurignacois culture) ในยุคปลายหินเก่าและประดิษฐ์เครื่องมือต่าง ๆ ขึ้นในยุคหินกลางและหินใหม่ เช่น มีด ขวาน ฆ้อน จอบ ฯลฯ

(กิตติภูมิ มีประดิษฐ์. 2542 : 60 อ้างถึงคณะอนุกรรมการปรับปรุง-หลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2527 : 810)

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตโดยเปรียบเทียบของลิง ลิงวานร และมนุษย์

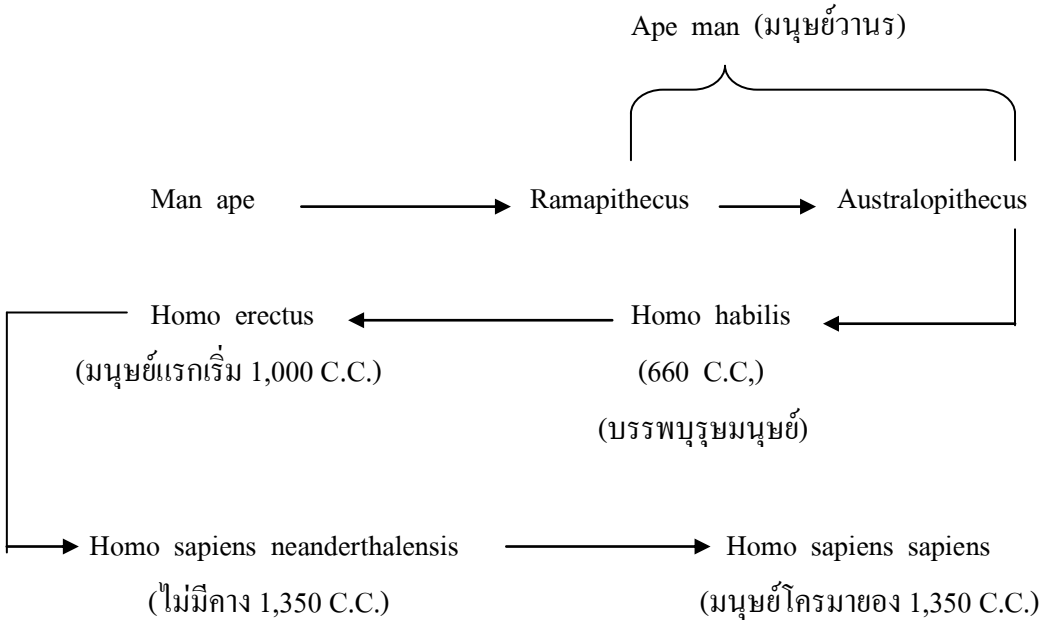
ลักษณะ	ลิง	เอพ	มนุษย์
การยืน	ตัวไม่ตรง	ตัวเอน	ตัวตรง
การเคลื่อนที่และรับน้ำหนักของร่างกาย	สี่เท้า	สี่เท้า	สองเท้า
การยึดแขนดี	ทางด้านหน้า	ทางด้านข้าง	ทางด้านข้าง
กล้ามเนื้อแขน	เหมาะสำหรับเอื้อมจับ	เหมาะในการยกน้ำหนัก	เหมาะในการยกน้ำหนัก
ช่วงแขนและช่วงขา	แขนยาวกว่าขา	แขนยาวกว่าขา	ขายาวกว่าแขน
หัวแม่มือ	สั้น เล็ก และใช้งานน้อย	สั้น เล็ก และใช้งานน้อย	ยาว ใหญ่ และใช้งานมาก
แกนนิ้ว	โค้งมาก	โค้งน้อย	ตรง
การหมุนข้อมือ	ประมาณ 90 องศา	180 องศา	180 องศา
ความกว้างยาวของกระดูกอิเลียม (ilium)	ยาวและแคบ กระดูกเอนไปข้างหน้า	สั้นและกว้างตั้งเอน และกระดูกเริ่มวกมาทางก้นกบ	สั้นและกว้างมาก กระดูกวกมาทางก้นกบ
หน้าที่กล้ามเนื้อ (gluteus maximus) แนวกระดูกสันหลัง	ทำให้ขาหุบเข้า อยู่ระดับแนวราบ	ทำให้ขาหุบเข้า อยู่ระดับแนวลาด	เปลี่ยนจากการหุบขาเข้าเป็นสืบก้าวขาได้ดี ระดับตั้งตรงในแนวดิ่ง

ลักษณะ	ลิง	เอพ	มนุษย์
หน้าที่กล้ามเนื้อ (gluteus maximus) แนวกระดูกสันหลัง	ทำให้ขาหุบเข้า อยู่ระดับแนวราบ	ทำให้ขาหุบเข้า อยู่ระดับแนวลาด	เปลี่ยนจากการหุบขาเข้าเป็นสืบก้าวขาได้ดี ระดับตั้งตรงในแนวดิ่ง
กระดูกขาฟีเมอร์	เกือบตั้งฉากกับแนวกระดูกสันหลัง	เกือบตั้งฉากกับแนวกระดูกสันหลัง	เป็นแนวขนานกับกระดูกสันหลัง
หน้าที่ของเท้า	ใช้แทนมือด้วย	ใช้แทนมือด้วย	ไม่ใช้แทนมือ
หน้าผาก	แคบและลาดมาก	แคบและลาด	กว้างมากขึ้นและชันจนเกือบตั้งตรง
รูปกะโหลกด้านข้าง	บริเวณปากยื่นล้ำหน้ามาก (prognathous)	บริเวณปากยื่นล้ำหน้าปานกลาง	H.s neanderthalensis มีบริเวณปากยื่นล้ำหน้าบ้าง H.s sapiens มีบริเวณปากยื่นล้ำหน้าผากน้อยมาก (orthognathous)
กล่องสมอง	เล็ก กระดูกกะโหลก	ปานกลาง กระดูกหนา	ใหญ่ กระดูกกะโหลกบางกว่า
กระดูกคอต่อกับกะโหลกสันคิ้วตรงขอบตา	ทางด้านท้ายของกะโหลกโปนเด่น	ทางด้านท้ายของกระโหลกโปนเด่น	ใต้ฐานของกะโหลก H.s neanderthalensis ยังมีโปน H.s sapiens ไม่มี
สันกระดูกของกะโหลกบริเวณกระหม่อม	เห็นชัด	ยังปรากฏมีร่องรอยอยู่	ไม่มี
ขากรรไกรล่าง	โตแต่ไม่มีปลายคางยื่นแหลม	โตแต่ไม่มีปลายคางยื่นแหลม	H.s neanderthalensis เล็ก แต่ไม่มีปลายคางยื่นแหลม H.s sapiens เล็กแต่มีคางยื่นแหลม
แนวฟันตามขากรรไกรบนเขี้ยว	เป็นลักษณะทรงกระบอกใหญ่และล้ำเกินฟันอื่น	เป็นลักษณะทรงกระบอกใหญ่และล้ำเกินฟันอื่น	เป็นลักษณะโค้งเกือบครึ่งวงกลมเล็กและไม่เกินฟันอื่น
ช่องว่างระหว่างฟันแทะกับเขี้ยว(siamian gap)	มี	มี	ไม่มี
ฟันหน้ากราม	มียอดเดียว	มีสองยอด	มีสองยอด

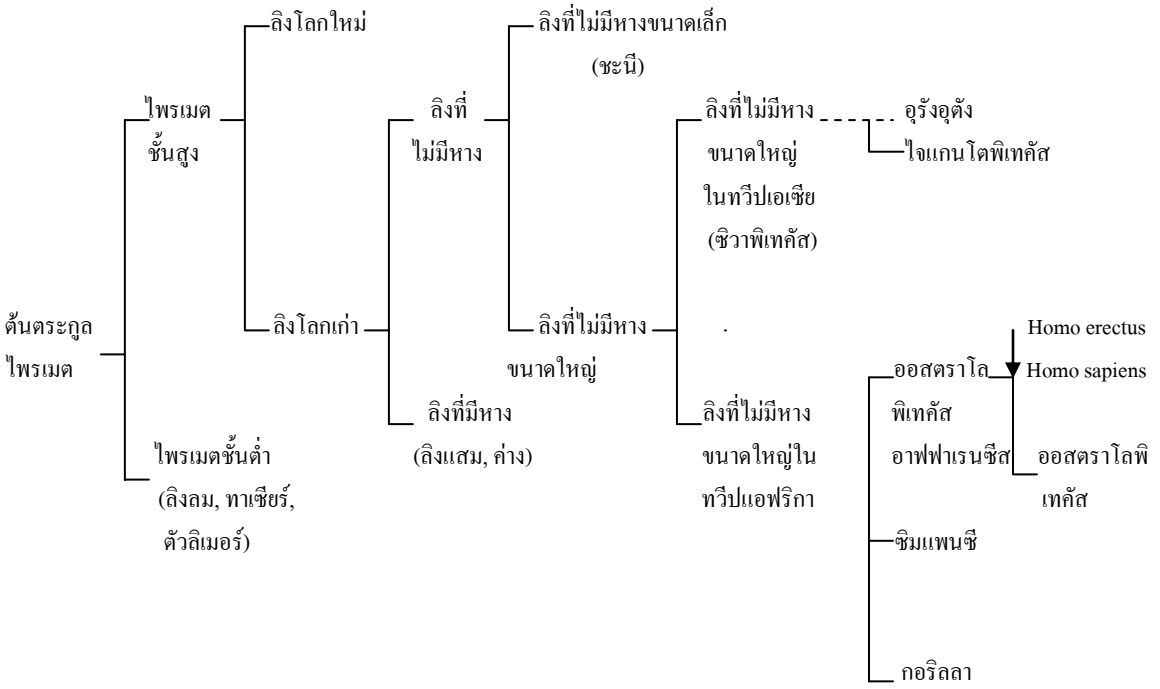
ลักษณะ	ลิง	เอพ	มนุษย์
ขนตามตัว	มีมาก	มีมาก	H.habilis คาดว่ามีขนมาก H. ereclus H.s.neanderthalensis และ H.s.sapiens แทบไม่มี
ลักษณะการนอน	นั่งนกหลับ	นอนราบหลับ	นอนราบหลับ
อัตราการเจริญ	ช้า	ช้ามาก	ช้าที่สุด
ระยะวัยหนุ่มสาว	2 – 4 ปี	8 ปี	14 ปี
วัยที่ตัวผู้เติบโตเต็มที่	7 ปี	12 ปี	20 ปี
ระยะที่ลูกต้องพึ่งพ่อแม่	1 ปี	2 ปี	6 – 8 ปี
ระยะเวลาที่ตัวเมีย พร้อมจะผสมพันธุ์	ตอนไข่สุก	ตอนไข่สุก	ตลอดเวลา
ท่าการผสมพันธุ์	ตัวผู้เข้าทางด้านหลัง ตัวเมีย	ตัวผู้เข้าทางด้านหลัง ตัวเมีย	ตัวผู้เข้าทางด้านหน้า ตัวเมีย
ความรับผิดชอบของ ตัวผู้ที่ต้องการอาหาร ให้เผ่าพันธุ์	ไม่มี	ไม่มี	มี
ที่อยู่อาศัย	ไม่มีการสร้าง	สร้างรัง	สร้างบ้าน
พฤติกรรมในการเรียนรู้	เลียนซ้ำปัจจุบัน ได้เท่านั้น	เลียนซ้ำปัจจุบัน ได้เท่านั้น	สร้างอนาคต จากอดีตและปัจจุบัน
การใช้ภาพยนตร์เพื่อ กระตุ้นอารมณ์ทางเพศ	ไม่เกิดผล	ไม่เกิดผล	เกิดผล
เครื่องมือ	ไม่เคยประดิษฐ์ เครื่องมือ	ไม่เคยประดิษฐ์ เครื่องมือ รู้จักใช้วัตถุ เป็นเครื่องมือ	ใช้และประดิษฐ์เครื่องมือ

(กิตติภูมิ มีประดิษฐ์. 2542 : 60 อ้างถึงคณะอนุกรรมการปรับปรุง-
หลักสูตรวิทยาศาสตร์. 2527 : 811)

วิวัฒนาการมนุษย์เกิดเมื่อ 3 – 4 ล้านปีลิงไม่มีหาง เช่น ชะนีเป็นสัตว์พื้นเมืองของประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย ลาว พม่า เวียดนาม อุรังอุตังเป็นสัตว์พื้นเมืองของอินโดนีเซียส่วนชิมแพนซีและกอริลลาเป็นสัตว์พื้นเมืองของแอฟริกา ในประเทศไทยพบซากดึกดำบรรพ์มากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น ที่ราบสูงโคราชแต่เนื่องจากมีพันธุ์ไม้ปกคลุมหนาทึบ จึงไม่เห็นหินชั้นต่าง ๆ ที่โผล่ขึ้นมา จากการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ที่พบในประเทศไทย พบว่าคล้ายกับที่พบในประเทศจีนและทวีปยุโรป แสดงว่ามีเผ่าพันธุ์เดียวกันเนื่องจากแผ่นดินสองผืนนี้เคยเป็นผืนแผ่นดินเดียวกันมาก่อน นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมวิวัฒนาการมาจากสัตว์เลื้อยคลานและพวก Homo sapiens มีสมบัติพิเศษกว่าสัตว์อื่น ๆ คือสามารถประดิษฐ์เครื่องมือไว้ใช้ได้ ผลจากการศึกษาวิวัฒนาการของมนุษย์ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ตามแผนภูมิที่ 2.1 และ 2.2



แผนภูมิที่ 2.1 วิวัฒนาการของมนุษย์
(เกษม ศรีพงษ์. ม.ป.ป. : 238)



แผนภูมิที่ 2.2 สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการระหว่างมนุษย์กับไพรเมตชนิดอื่น ๆ
(เกษม ศรีพงษ์. ม.ป.ป. : 239)

นักชีววิทยาได้ข้อสรุปดังนี้ คือ

1. ในช่วงแรกสัตว์ที่เป็นต้นตระกูลของไพรเมตได้สูญพันธุ์ไป แต่ได้วิวัฒนาการเป็นสัตว์กลุ่มใหญ่ 2 กลุ่ม คือ

1.1 กลุ่มโพรซิเมียน (Prosimian) หรือไพรเมตขั้นต่ำออกหากินกลางคืน เช่น ลิงลมทาเซียร์ ตัวลิเมอร์

1.2 กลุ่มแอนโทรพลอย (Anthropoid) หรือไพรเมตชั้นสูงแบ่งออกเป็นลิงโลกใหม่ที่พบในทวีปอเมริกาใต้ และลิงโลกเก่าที่พบในแอฟริกาและเอเชียเป็นลิงที่มีหางและไม่มีหาง

2. บรรพบุรุษของลิงโลกเก่ามีวิวัฒนาการแบ่งออกเป็น 2 สายใหญ่เป็นลิงโลกเก่ามีหางและไม่มีหาง คือ

2.1 ลิงโลกเก่าที่มีหาง เช่น ลิงแสม ค่าง

2.2 ลิงโลกเก่าที่ไม่มีหาง เช่น ชะนี อุรังอุตัง ชิมแพนซี กอริลลา และมนุษย์

3. บรรพบุรุษของลิงไม่มีหางมีวิวัฒนาการแบ่งออกเป็น 2 สาย คือ

3.1 ลิงไม่มีหางขนาดเล็ก เช่น ชะนีชนิดต่าง ๆ

3.2 ลิงไม่มีหางขนาดใหญ่ เช่น อุรังอุตัง ชิมแพนซี กอริลลา และมนุษย์

4. บรรพบุรุษของลิงไม่มีหางขนาดใหญ่มีวิวัฒนาการแบ่งออกเป็น 2 สาย คือ

4.1 ลิงไม่มีหางขนาดใหญ่ในทวีปเอเชียมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า จีนัส (Genus) รามาพิเทคัส (Ramapithecus)แต่เดิมเข้าใจว่าเป็นมนุษย์ลิงกลุ่มเดียวกับออสตราโลพิเทคัส (Australopithecus) ปัจจุบันมีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์เพิ่มเติมทำให้นักวิทยาศาสตร์พบว่า จีนัสรามาพิเทคัสมีลักษณะคล้ายลิงอุรังอุตังมากกว่าออสตราโลพิเทคัส ทำให้จำแนกรามาพิเทคัสเข้าอยู่ในแฟมิลีเดียวกับอุรังอุตัง ส่วนสายไจแกนโตพิเทคัส (Gigantopithecus) สูงประมาณ 300 เซนติเมตร น้ำหนัก 544 กิโลกรัมได้สูญพันธุ์ไปแล้ว

4.2 ลิงไม่มีหางขนาดใหญ่ในทวีปแอฟริกาแบ่งออกได้ 3 สาย คือ สายลิงกอริลลา สายลิงชิมแพนซี และสายที่วิวัฒนาการไปเป็นมนุษย์

5. สายที่วิวัฒนาการไปเป็นมนุษย์จากซากดึกดำบรรพ์จีนัส (Genus)ออสตราโลพิเทคัส(Australopithecus) พบว่าจีนัสนี้แบ่งออกเป็น 2 สปีชีส์ (Species) คือ Australopithecus roubstur และ Australopithecus africanus เป็นพวกมนุษย์วานรหรือมนุษย์ลิง (Ape man) มีลักษณะครึ่งลิงครึ่งมนุษย์ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับว่าเป็นมนุษย์ที่แท้จริง และสายพันธุ์ออสตราโลพิเทคัส โรบัสตัส (A.robustur) ได้สูญพันธุ์ไป ต่อมาได้เกิดสายพันธุ์สปีชีส์ (Species) ออสตราโลพิเทคัส อาฟฟาเรนซีส (Australopithecus afarensis) และมีวิวัฒนาการต่อไปเป็นมนุษย์ดังนี้ คือ

5.1 ออสตราโลพิเทคัส อาฟฟาเรนซีส (A. afarensis) ดำรงชีวิตในช่วงระหว่าง 2.8 – 4.5 ล้านปีมาแล้วในทวีปแอฟริกาเท่านั้นเป็นสปีชีส์ที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดของจีนัส ออสตราโลพิเทคัสลักษณะโครงกระดูกทำให้ทราบว่าขนาดของเพศผู้และเพศเมียแตกต่างกันโดยเพศเมียหนักประมาณ 30 กิโลกรัม เพศผู้หนักเป็น 2 เท่าคือ 60 กิโลกรัมมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ฟัน ลักษณะคล้ายกับลิงชิมแพนซี มีเขี้ยวและฟันตัดขนาดใหญ่กว่ามนุษย์ปัจจุบัน จากลักษณะฟันคาดว่ากินผลไม้เป็นอาหารสามารถกัดกินเมล็ดพืชที่มีเปลือกแข็งได้

5.1.2 ขนาดสมองใกล้เคียงกับลิงอุรังอุตังประมาณ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

5.1.3 โครงกระดูกที่ค่อนข้างสมบูรณ์หายาก ความสมบูรณ์ของโครงการกระดูกมีเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ นักวิทยาศาสตร์ให้ชื่อเล่นแก่โครงกระดูกว่าลูซี่ (Lucy)

5.1.4 รูปร่าง มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างมนุษย์กับลิงชิมแพนซีขาหลังค่อนข้างสั้นแต่แขนหน้ามีความยาวเท่ามนุษย์ร่างเล็ก ถ้าเทียบกับชิมแพนซีชนิดแคระ A.afarensis มีแขนสั้นกว่าขายาวพอ ๆ กัน เดิน 2 ขา เพศผู้อาจใช้ชีวิตส่วนใหญ่บนพื้นดินในขณะเพศเมียใช้ชีวิตส่วนใหญ่บนต้นไม้

5.2 โฮโมฮาบิลิส (Homo habilis) มีวิวัฒนาการต่อจาก A.afarensis และวิวัฒนาการต่อไปเป็นโฮโมอิเรกตัส (H.erectus) อายุ 2 ล้านปีพบในแอฟริกาตอนใต้และแอฟริกาตะวันออกมีลักษณะกึ่งกลางระหว่างออสตราโลพิเทคัส อาฟฟาเรนซีส (A.afarensis) กับโฮโมอิเรกตัส (H.erectus) เดิน 2 ขาคล้ายมนุษย์ปัจจุบัน แต่แขนยาวกว่า น้ำหนักประมาณ 40 - 50 กิโลกรัม ขนาดสมอง 650 – 800 ลูกบาศก์

เซนติเมตร เครื่องมือทำจากหินง่าย ๆ และกระดูกสัตว์ที่ถูกหั่นด้วยเครื่องมือหิน จากเครื่องมือดังกล่าวเป็นหลักฐานแสดงว่าโฮโมฮาบิลิส (H. habilis) เป็นจีนัส(Genus) โฮโม (Homo)

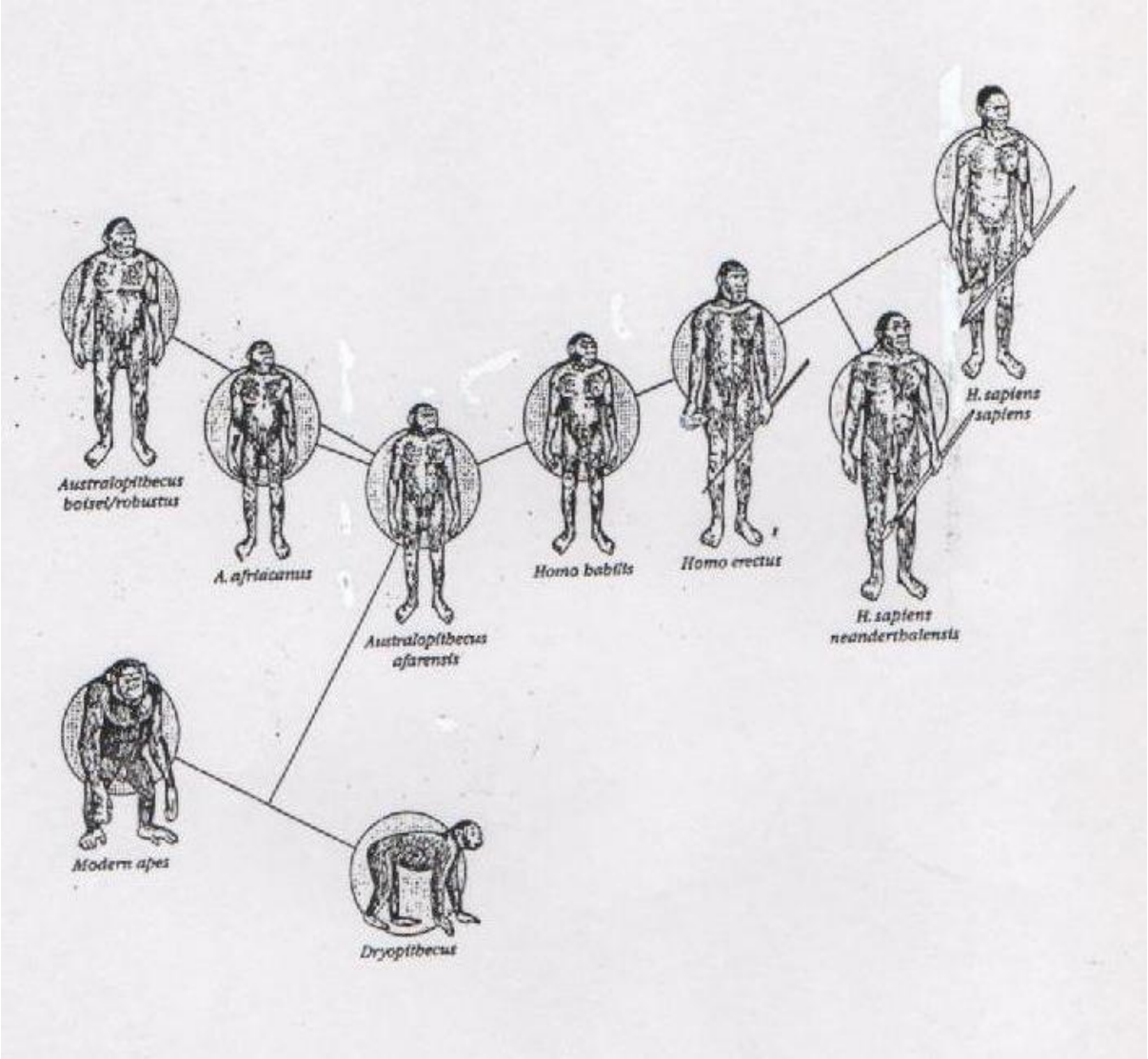
5.3 โฮโมอิเรกตัส (Homo erectus) พบซากดึกดำบรรพ์ที่มีอายุเก่าที่สุด 1.6 ล้านปีในทวีปแอฟริกา นอกจากนี้ยังพบในยุโรปและเอเชียแต่อายุน้อยกว่าที่พบในแอฟริกา เช่น ซากดึกดำบรรพ์ที่เกาะชวาเรียกว่า มนุษย์ชวา (Java man) พบที่ประเทศจีนเรียกว่ามนุษย์ปักกิ่ง (Peking man) นอกจากนี้ยังมีการขุดค้นพบเพิ่มในบริเวณภูเขาหินปูนในประเทศเวียดนาม มีลักษณะรูปร่างใหญ่ กระดูกใหญ่แข็งแรงกว่ามนุษย์ในปัจจุบันมีน้ำหนัก 55 กิโลกรัม หน้าอกคล้ายกับลิงไม่มีหาง สมองใหญ่ขึ้นประมาณ 800 – 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร รู้จักใช้เครื่องมือหิน รู้จักการใช้ไฟทำอาหาร สร้างที่พัก มีสังคมแบบล่าสัตว์

5.4 โฮโมซาเพียนส์ นีแอนเดอร์ทัลเลนซีส (Homo sapiens neanderthalensis) พบในทวีปยุโรป มีลักษณะดีกว่าโฮโมอิเรกตัส (H.erectus) มีสมองใกล้เคียงกับมนุษย์ปัจจุบัน ลักษณะรูปร่างเตี้ยและสั้นกว่ามนุษย์ปัจจุบัน แต่มีน้ำหนักมากและแข็งแรงกว่าจากรูปร่างและหลักฐานอื่น ๆ บอกว่ามีการปรับตัวทางชีววิทยาเพื่อให้อยู่ในสภาพอากาศที่หนาวเย็น มนุษย์นีแอนเดอร์ทัลเลนซีส มีชีวิตอยู่ช่วงระหว่าง 35,000 – 40,000 ปี ในระยะเวลานั้นโลกกำลังเข้าสู่ยุคน้ำแข็งสภาพบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง จึงทำให้มนุษย์พันธุ์นี้สูญพันธุ์จากโลก

5.5 โฮโมซาเพียนส์ ซาเพียนส์ (Homo sapiens sapiens) ได้แก่ มนุษย์โครมายอง (Cro-Magnon man) มีวิวัฒนาการแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ มนุษย์ยุคแรก (Archaic human) และมนุษย์ยุคใหม่ (Modern human) มีขนาดสมอง 1,300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งใหญ่กว่าโฮโมอิเรกตัส (H.erectus)

5.5.1 มนุษย์ยุคแรกมีรูปร่างแข็งแรงกว่ามนุษย์ยุคใหม่เกิดขึ้นในโลกระหว่าง 400,000 – 700,000 ปีที่ผ่านมา โดยมีชีวิตอยู่ร่วมสมัยเดียวกับโฮโมอิเรกตัสในช่วงระหว่าง 10,000 – 100,000 ปี ก่อนที่โฮโมอิเรกตัสจะสูญพันธุ์จากโลก

5.5.2 มนุษย์ยุคใหม่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจากมนุษย์ยุคแรกเมื่อประมาณ 40,000 ปีที่ผ่านมามนุษย์ยุคใหม่มีร่างกายที่เล็กมีวัฒนธรรมที่เจริญ มีอายุยืนยาวกว่ามนุษย์ยุคแรกโดยมีวิวัฒนาการทางวัฒนธรรมมาช่วยทำให้ตัวเองอยู่รอดและแพร่พันธุ์ได้ดียิ่งขึ้น แทนที่จะอาศัยแต่วิวัฒนาการทางชีววิทยาเพียงอย่างเดียว ขนาดของสมองเจริญเติบโตอย่างก้าวกระโดดเกินสัดส่วน ที่ควรจะเป็นเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว คือ ประมาณ 3 เท่าของที่ควรจะเป็น ขนาดของสมองมีส่วนเกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการทางด้านวัฒนธรรม (Cultural evolution) ทำให้สามารถถ่ายทอดพฤติกรรมจากรุ่นหนึ่งไปอีกชั่วรุ่นหนึ่ง ดัดแปลงพฤติกรรมและนำเอาวัสดุรอบ ๆ ตัวดัดแปลง ให้เป็นประโยชน์ต่อตัวเองได้ ความสามารถในการอยู่รอดสูงอาศัยวิวัฒนาการด้านชีววิทยาน้อยลง แต่อาศัยวิวัฒนาการทางด้านวัฒนธรรมสูงขึ้นตามรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วิวัฒนาการทางชีววิทยาของมนุษย์

(Chiras, Daniel D. 1992 : 86)

6. เผ่าพันธุ์ของมนุษย์ในปัจจุบัน มนุษย์ปัจจุบันที่อาศัยอยู่ในแถบต่าง ๆ ของโลกแม้มีลักษณะที่แตกต่างกันบ้างแต่ก็จัดอยู่ในสปีชีส์ (Species) เดียวกันเพราะสามารถถ่ายทอดยีน (Gene)ไปยังรุ่นต่อ ๆไปได้ นักมานุษยวิทยาได้แบ่งมนุษย์ออกเป็น 4 เผ่าตามลักษณะของเส้นผม คือ

6.1 เผ่าคอเคซอยด์ (Caucasoid) ได้แก่ พวกที่อยู่ในทวีปยุโรป อเมริกา อินเดีย และประเทศแถบอาหรับมีผิวขาวหรือน้ำตาล มีหนวดเคราดก ขนรุงรังทั่วตัว จมูกโด่ง

6.2 เผ่ามองโกลอย (Mongoloid) ได้แก่ พวกที่อยู่ทางทวีปเอเชีย มีผมเหยียดตรง หนวดเคราและขนตามร่างกายน้อย จมูกแฟบ โหนกแก้มสูง ตาชั้นเดียว กะโหลกค่อนข้างกว้าง มีผิวสีเหลือง เนื่องจากมีรงควัตถุคาโรตีน (Carotene) มากกว่าเผ่าอื่นประเทศไทยก็อยู่ในเผ่านี้

6.3 เผ่านีกรอยด์ (Negroid) ได้แก่ พวกที่อยู่ทางตอนใต้ของทะเลทรายซาฮารา มนุษย์แอฟริกา พวกเงาะซาไกทางภาคใต้ของประเทศไทยมีผิวดำ ผมหยิก จมูกกว้างและแฟบ ริมฝีปากหนา

6.4 เผ่าออสเตรลอย (Australoid) ได้แก่ พวกที่อยู่แถบออสเตรเลีย เป็นชนพื้นเมืองเรียกว่า อะบอริจินิส (Aborigines) มีผิวดำ ขนและเคราดำ ผมหยิกหยักศก คล้ายคอเคซอยด์ แต่จมูกกว้างคล้ายนีกรอยด์

การกำหนดเผ่าพันธุ์ของมนุษย์ไม่ว่าจะใช้กฎเกณฑ์ลักษณะใดก็ยังไม่มีความแน่นอน เนื่องจากมนุษย์ทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของโลกอยู่ในสปีชีส์เดียวกันและมีการติดต่อถึงกัน มีการแลกเปลี่ยนยีนซึ่งกันและกันข้ามเผ่าพันธุ์ตลอดมา เป็นที่แน่นอนว่าในอนาคตความแตกต่างระหว่างเผ่าพันธุ์ต่าง ๆ ของมนุษย์จะต้องลดน้อยลง นักชีววิทยาได้จัดให้มนุษย์มีหมวดหมู่ดังนี้

Kingdom	=	Animalia
Phylum	=	Chordata
Class	=	Mammalia
Order	=	Primate
Family	=	Hominidae
Genus	=	Homo
Species	=	Homo sapiens

ออร์เดอร์ (Order) ไพรเมต (Primate) เป็นออร์เดอร์หนึ่งในจำนวนทั้งหมด 17 ออร์เดอร์ในคลาส (Class) แมมมาเลีย (Mammalia) ในออร์เดอร์ไพรเมตมีสมาชิก 180 สปีชีส์ (Species) ลักษณะสำคัญของสัตว์ในออร์เดอร์ไพรเมตมีดังนี้ คือ

1. มีนิ้ว 5 นิ้ว
2. นิ้วยาว ปลายนิ้วมีเล็บแบน
3. นิ้วหัวแม่มือพับขวางนิ้วอื่น ๆ ได้ ลักษณะนี้ช่วยให้มือใช้การได้ดีในการจับวัตถุต่าง ๆ
4. มีตา 2 ตาอยู่ชิดกัน และมองตรงไปข้างหน้าทำให้เห็นภาพเป็นสามมิติ ซึ่งดีต่อการดำรงชีวิตบนต้นไม้
5. สมองขนาดใหญ่จึงฉลาดกว่าสัตว์อื่น ๆ
6. ขายาวกว่าแขนจึงสามารถเดินได้ด้วยขา 2 ขา
7. จมูกสั้นและขากรรไกรห้อยต่ำ

(เกษม ศรีพงษ์. ม.ป.ป. : 228)

2.2 วิวัฒนาการด้านวัฒนธรรม (Cultural Evolution)

สภาพการดำรงชีวิตของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงมาตามลำดับ มนุษย์เริ่มรู้จักสร้างเครื่องมือและพัฒนาสู่ความสลับซับซ้อน เพื่อประโยชน์ใช้สอยที่สูงสุดจากเครื่องมือที่ทำด้วยหินมาเป็นเครื่องมือทำด้วยสำริด และโลหะผสมชนิดต่าง ๆ วิวัฒนาการทางด้านวัฒนธรรมเหล่านี้ ถ้าพิจารณาจากเครื่องมือตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันสามารถแบ่งได้ 5 ยุคใหญ่ ๆ โดยแต่ยุคเป็นการจัดแบ่งโดยอาศัยหลักฐานที่ขุดพบได้ดังนี้ คือ

2.2.1 ยุคหินเก่า เป็นยุคของมนุษย์วานรหรือมนุษย์ลิง (Ape man) มนุษย์ชวา (Java man) มนุษย์ปักกิ่ง (Peking man) มนุษย์นีแอนเดอร์ทัลเลนซีส (Neanderthalensis) และมนุษย์โครมายอง (Cro-Magnon man) ชีวิตความเป็นอยู่จะใช้เครื่องมือง่าย ๆ ที่ทำด้วยหินที่มีอยู่ทั่วไปในถิ่นที่อยู่อาศัยยุคหินเก่ามาสิ้นสุดเมื่อประมาณ 8,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช

2.2.2 ยุคหินกลาง เริ่มโดยประมาณ 10,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช อากาศอบอุ่นขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงของพืชและสัตว์ปรากฏขึ้น การล่าสัตว์ถือเป็นอาชีพสำคัญ การเพาะปลูกมีเพียงส่วนน้อย ความเป็นอยู่ของมนุษย์ในยุคนั้นส่วนใหญ่ขึ้นกับการจับปลา ล่าสัตว์โดยอาศัยหอกและธนู มีที่พักอาศัยอยู่ตามชายฝั่งลำน้ำและทะเล สุนัขเป็นสัตว์เลี้ยงที่สำคัญเพราะช่วยในการล่าสัตว์ การแสวงหาอาหารและการเตรียมอาหารเริ่มมีวิธีการสลับซับซ้อนมากขึ้น มีการนำเมล็ดพืชที่เหนียวไปแช่น้ำหรือต้มเคี่ยวให้เปื่อยก่อน มีการโม่ การบดทำอาหารเพื่อเพิ่มความสะดวกก่อนการบริโภค

2.2.3 ยุคหินใหม่ เริ่มโดยประมาณ 6,000 ปีก่อนคริสต์ศักราชเป็นยุคที่วิถีชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนจากการล่าสัตว์มาเป็นการเพาะปลูก นำสัตว์มาเลี้ยงทำให้มีอาหารพอเพียงที่จะสะสมไว้ระหว่างฤดูกาลหนึ่ง ๆ การทำเช่นนี้ทำให้มนุษย์มีจำนวนมากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมประเภทอื่น ๆ มีสิ่งที่น่าสังเกต คือ มนุษย์มีเวลามากพอที่จะคิดประดิษฐ์สิ่งสวยงามและของมีประโยชน์มากขึ้น เป็นการเกิดอารยธรรมต่าง ๆ เช่น อารยธรรมลุ่มแม่น้ำไนล์ ไทกริส-ยูเฟรติส สินธุ ฮวงโห และลุ่มแม่น้ำโขง จัดเป็นลุ่มน้ำที่อุดมสมบูรณ์มากในยุคนั้น

2.2.4 ยุคสำริด เริ่มโดยประมาณ 3,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช มนุษย์มีการนำแร่โลหะมาใช้มีศักยภาพในการหลอมทองแดงและดีบุกเข้าด้วยกันเกิดโลหะสำริด เมืองในสมัยนั้นมีขนาดใหญ่และความหนาแน่นของประชากรมาก มีการแบ่งปันการทำงาน มีการผลิตเครื่องใช้โลหะมากขึ้นมีผู้เชี่ยวชาญและชำนาญเฉพาะอย่างเกิดขึ้น เป็นยุคสมัยที่เป็นรากฐานของงานประเภทหัตถกรรม อุตสาหกรรมและการค้า มนุษย์เริ่มรู้จักการนับวัน เดือน ปี และการใช้ปฏิทินที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นมีการติดต่อระหว่างท้องถิ่นและการขนส่งถูกพัฒนาขึ้น

2.2.5 ยุคเหล็ก เริ่มโดยประมาณ 1,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช มนุษย์รู้จักนำแร่เหล็กมาใช้แทนสำริดในการประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ ยานพาหนะ และอาวุธต่าง ๆ เหล็กหาได้ง่ายกว่าสำริด เมื่อเผาให้ร้อนสามารถตีขึ้นรูปทรงต่าง ๆ ได้มีความคงทนกว่าสำริด มนุษย์ได้ค้นพบวิธีการถลุงเหล็กให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการซึ่งเป็นความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ของมนุษย์

(กิตติภูมิ มีประดิษฐ์. 2542 : 64-65)

2.3 โครงสร้างของมนุษย์

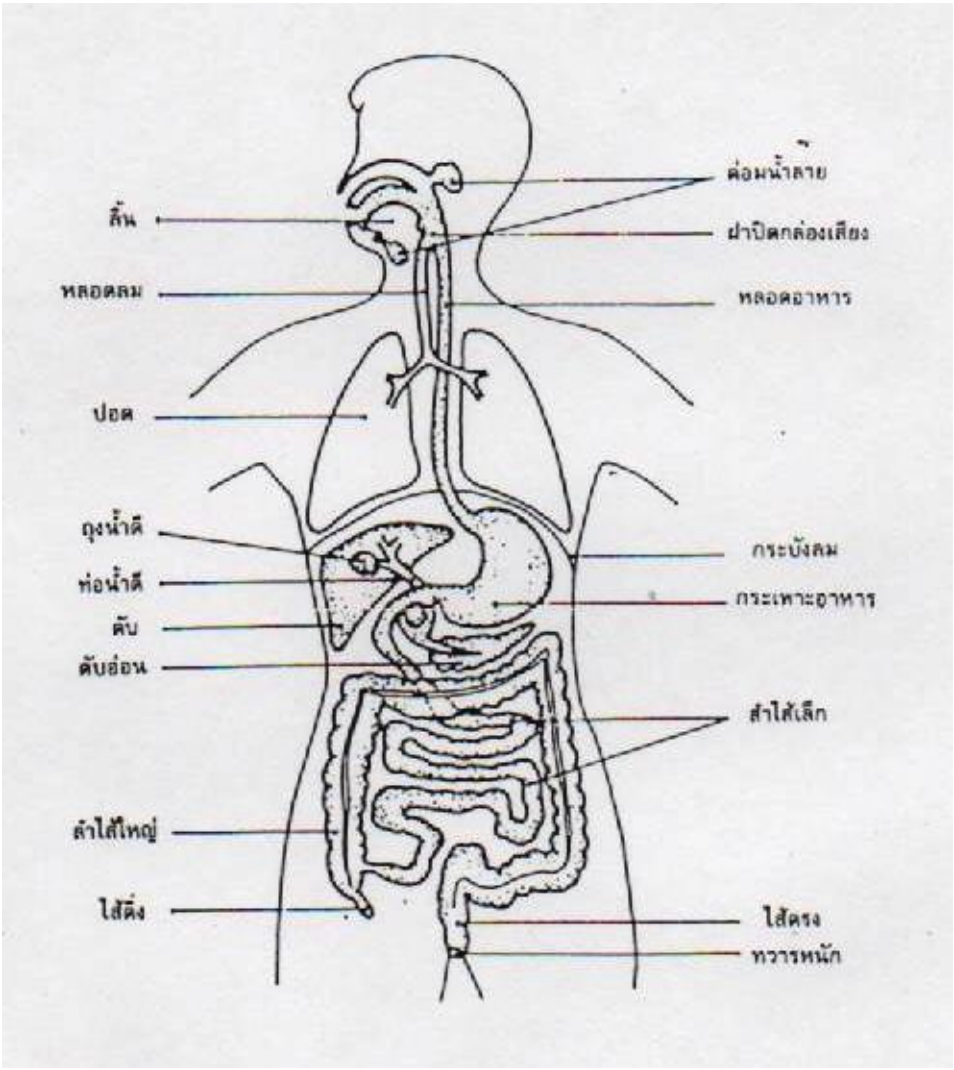
ในร่างกายมนุษย์มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ 2 ใน 3 ส่วนของน้ำหนักตัวโดยเป็นส่วนประกอบของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น เลือด น้ำเหลือง เป็นต้น มีอวัยวะต่าง ๆ ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การทำอาหารให้มีขนาดเล็กลง การเผาผลาญอาหาร การนำของเสียที่ไม่ต้องการออกจากร่างกาย การปรับอุณหภูมิของร่างกาย ในขณะเดียวกันร่างกายมนุษย์โดยปกติก็มีการสูญเสียน้ำโดยเฉลี่ยประมาณวันละ 2.7 – 3.2 ลิตร โดยออกมาเป็นเหงื่อ ปัสสาวะ อุจจาระและปนมากับลมหายใจ อวัยวะทำงานต่อเนื่องกันเป็นระบบมนุษย์ สัตว์ พืชและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ประกอบด้วยเซลล์ซึ่งเป็นหน่วยมีชีวิตที่เล็กที่สุด มีรูปร่างและขนาดต่าง ๆ กันไป การที่สิ่งมีชีวิตต้องการ อาหารและอากาศก็คือ เซลล์ต้องการนั่นเอง

2.3.1 ทางเดินอาหารของมนุษย์

การกินอาหาร (Ingestion) เป็นเมตาโบลิซึม (Metabolism) ชนิคาตาโบลิซึม (Catabolism) หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีในแง่การสลายสารประกอบอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ให้กลายเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง และมีการปลดปล่อยพลังงานที่แฝงอยู่ในสารประกอบอินทรีย์นั้นออกมาให้สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีพ เช่น การเคลื่อนไหวร่างกาย การสืบพันธุ์ ฯลฯ และเปลี่ยนแปลงไปเป็นเมตาโบลิซึมชนิดอนาโบลิซึม (Anabolism) หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีในการนำสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กมาสังเคราะห์ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ เช่น สารที่ใช้สำหรับทำให้โครงสร้างของร่างกายเจริญเติบโต หรือซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ เป็นต้น

เมื่อมนุษย์รับประทานอาหารเข้าไปไม่ว่าชนิดใดก็ตาม จะนำเข้าสู่เซลล์ของร่างกายมนุษย์ได้ก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงให้อาหารนั้นอยู่ในรูปของสารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กมากที่สุด คือ กรดอะมิโน น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กลีเซอรอล กรดไขมัน การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า การย่อยอาหาร (Digestive enzyme) ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่าน้ำย่อย สารอาหารที่ต้องผ่านการย่อยมีโปรตีนถูกย่อยให้เป็นกรดอะมิโน ไขมันถูกย่อยให้เป็นกรดไขมันและกรีเซอรอล ส่วนคาร์โบไฮเดรตถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอาหารจำพวก น้ำ แร่ธาตุและวิตามินไม่จำเป็นต้องผ่านการย่อยเพียงแต่ละลายก็สามารถเข้าสู่กระแสเลือดได้เลย เพราะมีโมเลกุลขนาดเล็กอยู่แล้ว อาหารที่ร่างกายนำเข้าไปบางส่วนอาจไม่ถูกย่อย

หรือไม่ได้นำเข้าสู่เซลล์ก็จะถูกกำจัดออกนอกร่างกาย ส่วนต่าง ๆ ของทางเดินอาหารของมนุษย์ประกอบไปด้วยดังนี้ ตามรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ทางเดินอาหารของมนุษย์

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 91)

1. ปาก (Mouth) ประกอบด้วย

1.1 ริมฝีปาก (Lip) พบเฉพาะในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเกิดมาพร้อม ๆ กับแก้มใช้สำหรับเป็นที่อยู่ของอาหารตอนที่กำลังเคี้ยวอาหาร ริมฝีปากประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่เคลื่อนไหวไปมาได้

1.2 ช่องแก้ม (Buccal Cavity) ส่วนที่ถัดจากริมฝีปากอยู่ระหว่างฟันกับแก้มมีต่อมเมือกที่บริเวณเยื่อบุผิวข้างแก้มเป็นจำนวนมากและประกอบไปด้วยน้ำลาย

1.3 ช่องปาก (Oral Cavity) อยู่ภายในอุ้งฟันหมดเขตบริเวณลิ้นไก่ส่วนบนตอนหน้าของช่องปากเป็นเพดานแข็ง (Hard Palate) และทางส่วนท้ายเป็นเพดานอ่อน (Soft Palate) บนเพดานแข็งจะมีสันตามขวางหลายอันทำให้อาหารที่เข้าปากหลุดมายาก

1.4 ต่อมน้ำลาย (Salivary Gland) เป็นต่อมมีท่ออยู่ภายในปากทำหน้าที่ผลิตน้ำลายได้ประมาณวันละ 1 – 1.5 ลิตร มีอยู่ 3 คู่ คือ

1.4.1 ต่อมน้ำลายใต้หู (Parotid Gland) อยู่บริเวณส่วนหน้าทางด้านล่างของหูเป็นต่อมที่มีขนาดใหญ่มากที่สุด ต่อมน้ำลายประกอบด้วยเซลล์ที่มีหน้าที่สร้างน้ำลายที่มีลักษณะเป็นน้ำใส ๆ ถ้าหากมีเชื้อไวรัสเข้าไปที่ต่อมนี้จะทำให้เกิดโรคคางทูม (mump) ในเด็กผู้ชายถ้าหากเป็นคางทูมเชื้อไวรัสนี้อาจเข้าไปสู่ถุงอัณฑะได้ทำให้เกิดการอักเสบ มีผลทำให้หลอดสร้างอสุจิภายในถุงอัณฑะไม่สามารถสร้างตัวอสุจิได้ตามปกติทำให้เป็นหมันได้

1.4.2 ต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกร(Submandibular Gland) อยู่ที่ผิวด้านในทางด้านข้างของขากรรไกรล่างมีลักษณะคล้ายรูปไข่ ต่อมน้ำลายนี้ประกอบด้วยเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างน้ำลายประเภทที่เป็นน้ำใส ๆ เป็นส่วนมาก และมีเซลล์ที่สร้างน้ำลายประเภทที่เป็นเมือกข้นและเหนียวเพียงเล็กน้อย

1.4.3 ต่อมน้ำลายใต้ลิ้น (Sublingual Gland) ต่อมน้ำลายนี้อยู่ระหว่างด้านในของกระดูกขากรรไกรล่าง ต่อมนี้มีท่อเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก

ส่วนประกอบของน้ำลาย

1. มีค่า pH ระหว่าง 6.2 – 7.4 แต่มีประสิทธิภาพดีเมื่ออยู่ในค่า pH เท่ากับ 6.8
2. มีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 97-99 %
3. มีของแข็งปนอยู่เป็นพวกฟอสเฟต (Phosphate)
4. มีแคลเซียมในปริมาณสูงช่วยป้องกันไม่ให้แคลเซียมจากอีนาเมลของฟันละลายออกมาด้วย
5. มีน้ำย่อยหรือเอนไซม์ชื่อ ไทยาลิน (Ptyalin) หรืออะไมเลส (Amylase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ช่วยย่อยสลายโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรต
6. มีสารเมือกช่วยในการหล่อลื่นอาหารเพื่อช่วยให้กลืนได้สะดวก

หน้าที่ของน้ำลาย

1. ช่วยควบคุมปริมาณน้ำในร่างกาย
2. ย่อยอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต
3. เป็นตัวทำละลายอาหารทำให้อาหารอ่อนตัว
4. ไม่ให้ปากแห้งทำให้ปากเปียกชื้นเหมาะกับการพูด
5. ช่วยในการเคลื่อนไหวของลิ้นขณะพูด

1.5 ลิ้น (Tongue) ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่ช่วยในการตะล่อมให้อาหารคลุกเคล้ากับน้ำลายจนทั่วและช่วยในการกลืน นอกจากนี้ลิ้นยังทำหน้าที่รับรสอีกด้วย

1.6 ฟัน (Tooth) มีส่วนประกอบดังนี้

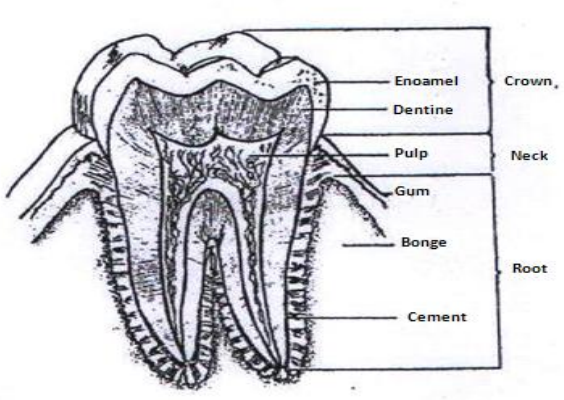
1.6.1 ตัวฟัน (Crown) คือ ส่วนที่โผล่ออกจากกระดูกขากรรไกร เมื่อนำมาผ่าตามแนวยาวของฟันจะเห็นส่วนประกอบ ดังนี้

1. ชั้นเคลือบฟัน (Enamel) อยู่ชั้นนอกสุดเป็นสารสีขาว เนื้อแน่นประกอบด้วยสารประกอบแคลเซียมเป็นส่วนที่แข็งที่สุดในร่างกาย แข็งกว่ากระดูก ทำหน้าที่ปกป้องเนื้อฟันไม่ให้ได้รับอันตราย และใช้สำหรับบดเคี้ยวอาหาร สีของสารเคลือบฟันนี้อาจจะแตกต่างกันในแต่ละคน เช่น สีขาว สีขาวอมเหลือง สีขาวอมเทา

2. ชั้นเนื้อฟัน (Dentine) อยู่ใต้ชั้นเคลือบฟันทั้งในส่วนของตัวฟันและรากฟันเป็นชั้นที่ยังมีชีวิตอยู่มีเซลล์ทำหน้าที่สร้างเนื้อฟันได้ ดังนั้นถ้าฟันผุถึงชั้นนี้จะทำให้เกิดอาการเสียวฟัน

3. ชั้นโพรงประสาทฟัน (Neck) เป็นชั้นที่มีเนื้อเยื่อเซลล์ประสาทและหลอดเลือดอยู่ หลอดเลือดและเซลล์ประสาทจะเข้ามาสู่ส่วนในของฟันทางรากฟัน ซึ่งมีช่องติดต่อกันเรียกว่า คลองรากฟัน ถ้าฟันผุถึงชั้นนี้จะทำให้เกิดอาการปวดได้

1.6.2 รากฟัน (Root) เป็นส่วนที่ฝังอยู่ในขากรรไกรหรืออยู่ในเหงือก ตามรูปที่ 2.8



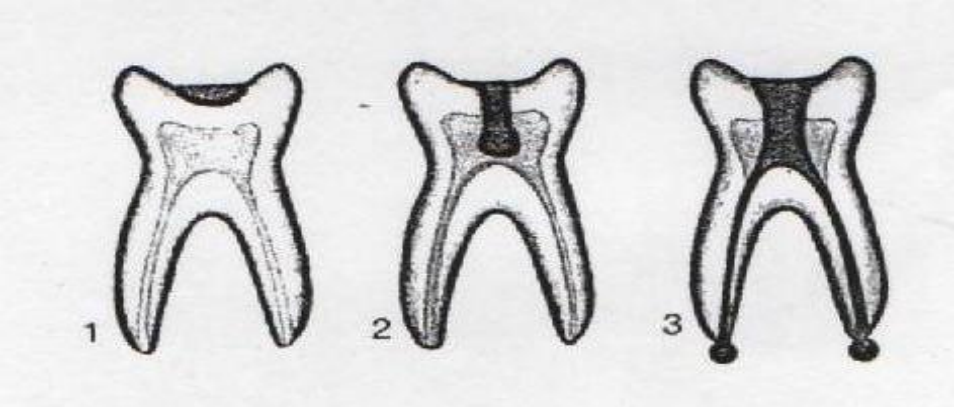
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของฟันคน ฟันกรามเมื่อผ่าตามยาว

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 93)

การผุกร่อนของฟัน

การผุกร่อนของฟัน เนื่องมาจากจุลินทรีย์ในปากย่อยสลายเศษอาหารที่ติดค้างอยู่ตามซอกฟัน โดยเฉพาะน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งกรดอินทรีย์จะไปทำลายฟันมีขั้นตอนดังนี้

1. กรดอินทรีย์จะกัดกร่อนสารเคลือบฟันลงไปเป็นร่อง
2. ถ้าไม่ได้รับการดูแลรักษา กรดอินทรีย์จะเจาะลึกลงไปถึงเนื้อฟันในโพรงฟัน ทำให้เส้นประสาทฟันกระทบกระเทือน จะมีอาการปวดฟัน
3. เมื่อกรดอินทรีย์กัดกร่อนไปทั่วโพรงฟันจะลงไปถึงรากฟัน จะทำให้ฟันเสียและโยคหลุดได้ ตามรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การผุกร่อนของฟัน 3 ขั้นตอน

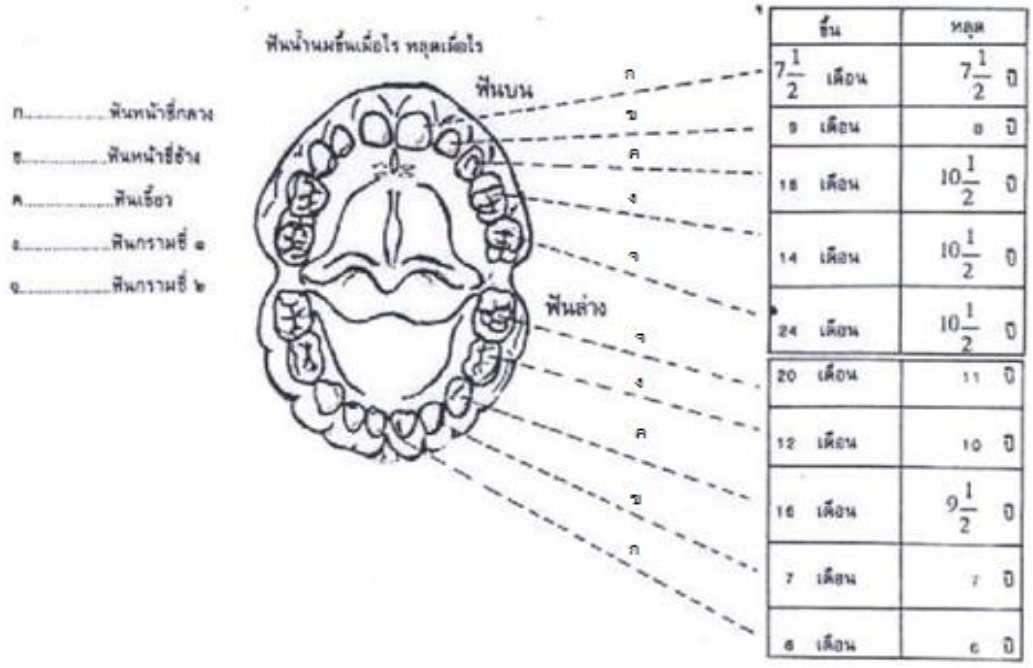
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 94)

นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังใช้น้ำตาลส่วนหนึ่งสร้างชั้นเมือกเหนียวติดบนตัวฟัน ซึ่งจะเกาะทับถมเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์บนฟัน ในรูปของแผ่นคราบจุลินทรีย์ (Plaque) ก็ได้

ชนิดของฟัน

ฟันของคนมีทั้งหมด 2 ชุด คือ

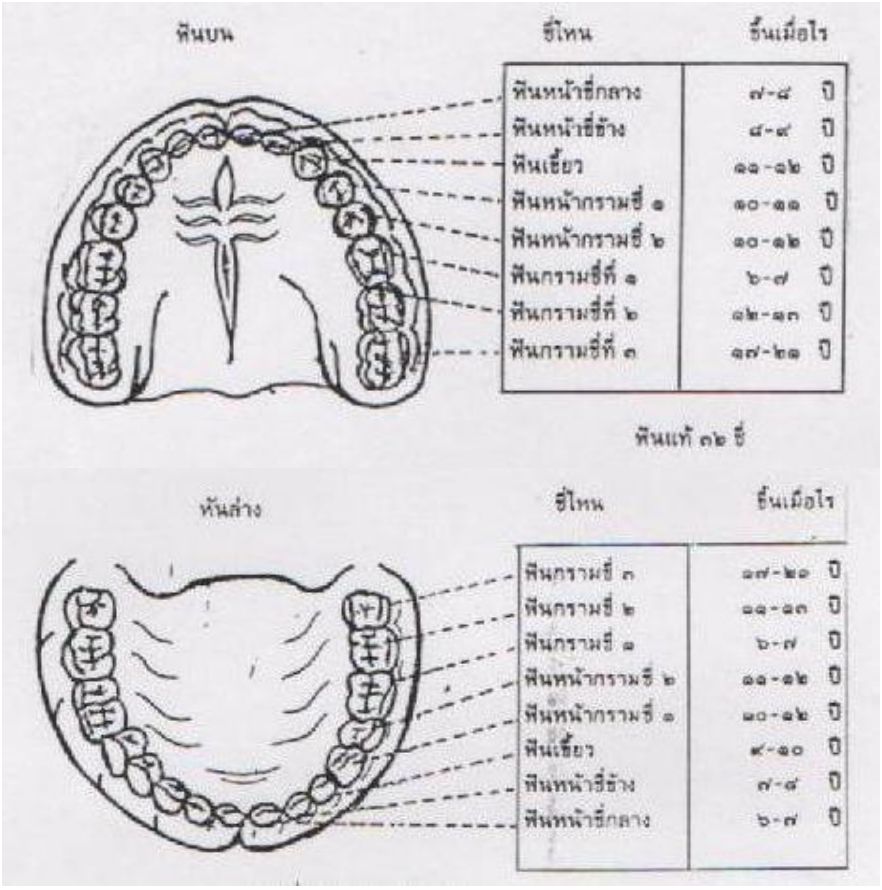
1. ฟันน้ำนม (Milk teeth or Deciduous teeth) มีทั้งหมด 20 ซี่ อยู่บนขากรรไกร 10 ซี่บนขากรรไกรล่าง 10 ซี่ งอกขึ้นในปากหลังจากเด็กคลอดแล้ว และใช้งานจนอายุประมาณ 10 ปีก็จะหลุดล่วงไป ฟันน้ำนมซี่แรกจะขึ้นเมื่อเด็กอายุประมาณ 6 เดือน และครบ 20 ซี่เมื่ออายุ 2 ปีครึ่ง ตามรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ฟันน้ำนม

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 94)

2. ฟันแท้ (Permanent) มี 28 – 32 ซี่แล้วแต่ว่าฟันกรามหลัง (Molar) จะขึ้นครบหรือไม่ฟันแท้จะอยู่บนขากรรไกรบน 16 ซี่ ขากรรไกรล่าง16 ซี่ฟันชุดนี้จะอยู่ในปากตลอดชีวิตจนกว่าจะมีปัญหา ตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ฟันแท้
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 95)

รูปร่างและหน้าที่ของฟัน

1. ฟันตัด (Incisor) หรือฟันกัดทำหน้าที่ตัดอาหารรูปร่างบางคล้ายลิ่ม จำนวน 8 ซี่มีฟันหน้าบน 4 ซี่ ฟันหน้าล่าง 4 ซี่ ย่อว่า I

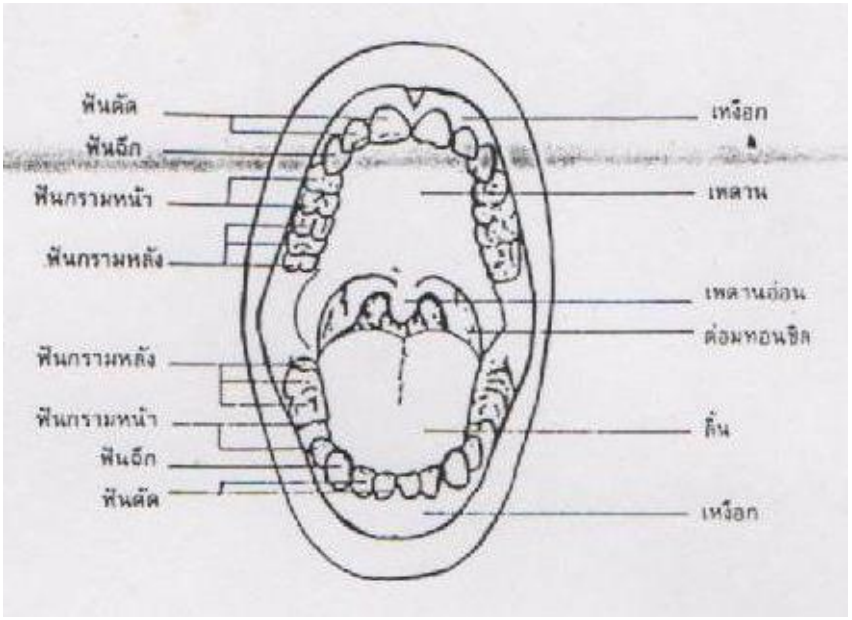
2. ฟันเขี้ยว (Canine) ทำหน้าที่กัดฉีกอาหารและรักษาทรงมุมปากมิให้ดูบุ๋ม รูปร่างแหลม จำนวน 4 ซี่ มีฟันหน้าบน 2 ซี่ ฟันหน้าล่าง 2 ซี่ ย่อว่า C

ฟันประเภทที่ 1 และ 2 รวมกันเรียกว่า ฟันหน้า

3. ฟันกรามหน้า (Premolar) หรือฟันกรามน้อยคล้ายฟันกราม แต่ขนาดเล็กกว่ามีเฉพาะในฟันแท้เท่านั้น ทำหน้าที่บดอาหารจำนวน 8 ซี่ มีฟันหลังบน 4 ซี่ ฟันหลังล่าง 4 ซี่ ย่อว่า P

4. ฟันกรามหลัง (Molar) หรือฟันกรามมีความแข็งแรง ทำหน้าที่บดอาหารให้ละเอียดจำนวน 8 ซี่ มีฟันหลังบน 4 ซี่ ฟันหลังล่าง 4 ซี่ ในฟันน้ำนม ส่วนในฟันแท้จำนวน 12 ซี่ มีฟันหลังบน 6 ซี่ ฟันหลังล่าง 6 ซี่ ย่อว่า M

ฟันประเภท 3 และ 4 รวมกันเรียกว่า ฟันหลัง ตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งของฟันที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 95)

ฟันชนิดต่าง ๆ และจำนวนต่าง ๆ เหล่านี้ เขียนเป็นสูตรสั้น ๆ ได้ว่า

I.C.P.M ใช้เขียนจำนวนฟันครึ่งปากเท่านั้น

ในฟันแท้ที่มี 32 ซี่ มีสูตรดังนี้ **2.1.2.3** หมายถึงแถวบน แสดงชนิดของฟันครึ่งขากรรไกรบน ส่วนแถวล่างแสดงชนิดของฟันครึ่งขากรรไกรล่าง โดยนับจากฟันตัดเข้าไป ดังนี้

ฟันตัด	บน	2	ซี่	ล่าง	2 ซี่
ฟันเขี้ยว	บน	1	ซี่	ล่าง	1 ซี่
ฟันกรามหน้า	บน	2	ซี่	ล่าง	2 ซี่
ฟันกรามหลัง	บน	3	ซี่	ล่าง	3 ซี่

ในฟันแท้ที่มี 28 ซี่ มีสูตรดังนี้ **2.1.2.2** ฟันกรามหลังลดจำนวนลง

ในฟันน้ำนมที่มี 20 ซี่ มีสูตรดังนี้ **2.1.2.0** ไม่มีฟันกรามหลัง ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความแตกต่างระหว่างฟันน้ำนมกับฟันแท้

ความแตกต่าง	ฟันน้ำนม	ฟันแท้
ขนาด	เล็ก	ใหญ่
สี	ขาว	น้ำตาลอ่อน
คอฟัน	คอดมาก	คอดน้อย
รากฟันของฟันกราม	ถ่างมาก	ถ่างน้อย

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 96)

หน้าที่ของฟัน

1. ใช้บดเคี้ยวอาหาร ฟันจะทำหน้าที่บดอาหารชิ้นใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงให้น้ำย่อยต่าง ๆ ย่อยได้ง่าย
2. รักษารูปใบหน้า เช่น ฟันเขี้ยวทำให้ใบหน้าไม่บุ๋ม
3. ช่วยในการออกเสียงให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น ส ฟ ฝ ช เป็นต้น

การป้องกันดูแลสุขภาพช่องปาก

1. แปรงฟันให้ถูกวิธี
   - แปรงฟันให้ทั่วทั้งปากฟันบนฟันล่างทุกด้านทุกซี่
   - แปรงฟันด้านหนึ่ง ๆ ควรแปรงอย่างน้อย 4 – 5 ครั้ง
   - แปรงฟันใช้เวลา 2 – 3 นาที
2. เลือกอาหารที่เสริมสร้างกระดูกและฟัน เช่น ไข่แดง นม ผักใบเขียว
3. การใช้ฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุในพืช ผัก สัตว์ทะเล และในกระดูกมีฟลูออไรด์อยู่สูง
4. ไปพบทันตแพทย์ปีละ 2 ครั้ง

2. คอหอย (Pharynx)

คอหอยเป็นท่อที่อยู่ระหว่างด้านหลังของช่องปากและหลอดลม อาหารและลมหายใจพบกันตรงนี้ ดังนั้นบริเวณนี้จึงมีกลไกที่ควบคุมให้อาหารผ่านลงสู่หลอดอาหาร และอาหารผ่านเข้าสู่กล่องเสียง โดยปกติทางเข้าสู่หลอดอาหารจะปิดอยู่ตลอดเวลา แต่ทางเข้าสู่กล่องเสียงจะเปิดอยู่ตลอดเวลา ยกเว้นในขณะที่กลืนอาหารที่บริเวณคอหอยจะมีต่อมน้ำเหลืองอยู่ 3 คู่ เรียกว่าต่อมทอนซิล (Tonsil) ซึ่งจัดเป็นระเบียบอยู่รอบ ๆ บริเวณที่จะเข้าสู่กล่องเสียงและหลอดอาหาร เพื่อคอยเป็นด่านไม่ให้เชื้อโรคเข้าไปสู่หลอดอาหารและกล่องเสียงได้

3. หลอดอาหาร (Oesophagus)

หลอดอาหารอยู่ต่อจากคอหอยอยู่ด้านหลังหลอดลม (Trachea) ติดต่อกับกระเพาะอาหารตรงบริเวณที่ถัดจากส่วนล่างของแผ่นกระบังลม มีความยาว 25 เซนติเมตร ที่ส่วนบนของหลอดอาหารจะมีกล้ามเนื้อหูรูดทำหน้าที่เปิด – ปิด หลอดอาหารระหว่างกลืนกล้ามเนื้อของหลอดอาหารส่วนแรกเป็นกล้ามเนื้อลาย ส่วนกลางมีกล้ามเนื้อเรียบและกล้ามเนื้อลาย ส่วนสุดท้ายเป็นกล้ามเนื้อเรียบหลอดอาหารทำหน้าที่รับอาหารจากคอหอยให้ผ่านลงสู่กระเพาะอาหาร โดยการบีบรัดตัวของผนังกล้ามเนื้อ

4. กระเพาะอาหาร (Stomach)

กระเพาะอาหารเป็นส่วนทางเดินอาหารที่อยู่ด้านซ้ายของช่องท้องที่ถัดจากกระบังลม มีความยาวประมาณ 10 นิ้ว กว้างประมาณ 5 นิ้ว เป็นส่วนของทางเดินอาหารที่มีขนาดใหญ่ที่สุดแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

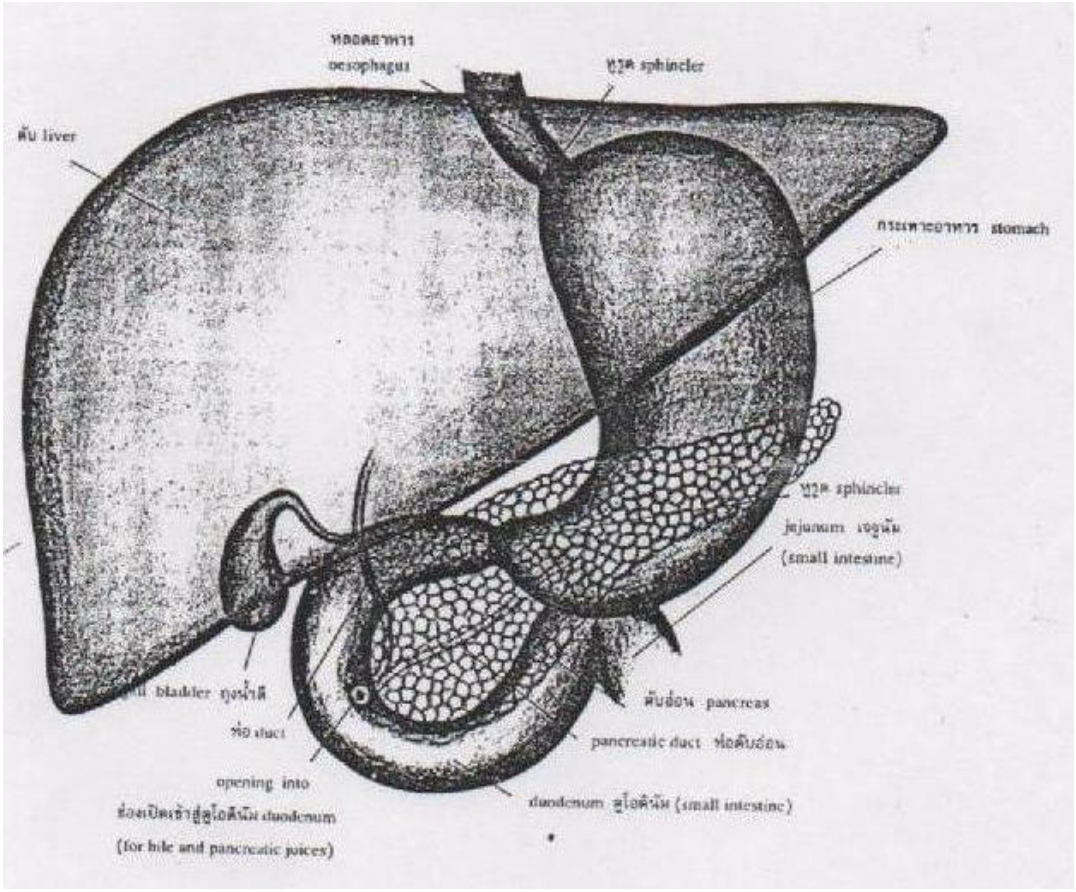
4.1 คาร์ดิแอก (Cardiac Stomach) เป็นส่วนแรกของกระเพาะอาหารที่ต่อจากหลอดอาหารอยู่ใกล้กับหัวใจ มีกล้ามเนื้อหูรูดด้านบนเรียกว่า คาร์ดิแอก สฟิงก์เตอร์ (Cardiac Sphincter)

4.2 ฟันดัส (Fundus) เป็นส่วนกลางของกระเพาะซึ่งเป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีลักษณะเป็นกระพุ้ง เรียกว่า บอดี (Body)

4.3 ไพโรลัส (Pylorus) เป็นส่วนปลายสุดของกระเพาะบริเวณนี้จะมีกล้ามเนื้อหูรูดเรียกว่า ไพโลริก สฟิงก์เตอร์ (Phyloric Sphincter) เป็นส่วนที่แยกระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้เล็กหูรูดอันนี้จะเปิดให้อาหารในกระเพาะอาหารผ่านออกไปในลำไส้เล็กได้เป็นครั้งคราว ในขณะที่ไม่มีอาหารอยู่กระเพาะอาหารจะมีเนื้อที่ประมาณ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อมีอาหารกระเพาะอาหารสามารถขยายขนาดได้อีก 10 – 40 เท่า

หน้าที่ของกระเพาะอาหาร

1. เป็นที่พักอาหารชั่วคราว
2. ย่อยอาหารในกระเพาะอาหารจะมีต่อมน้ำย่อยเรียกว่า แกซตริค แกลน (Gastric Gland) ซึ่งทำหน้าที่สร้างน้ำย่อย กรดเกลือ น้ำเมือก ซึ่งน้ำย่อยอาหารนี้จะย่อยอาหารพวกโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง
3. ลำเลียงอาหารเข้าสู่ลำไส้เล็กในอัตราที่พอเหมาะ ตามรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ทางติดต่อระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้เล็ก
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 98)

5. ลำไส้เล็ก (Small Intestine)

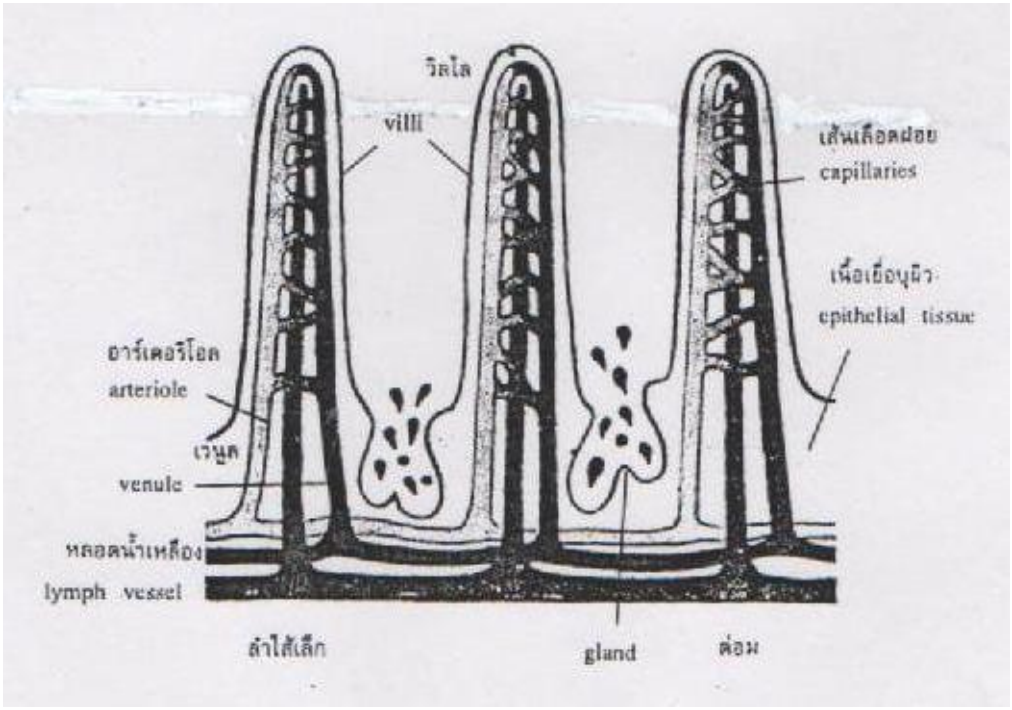
ลำไส้ของคนเป็นหลอดที่ขดไปมาอยู่ในช่องท้องมีความยาวประมาณ 10 เมตร เป็นแหล่งที่มีการดูดซึมอาหารมากที่สุดแบ่งออกเป็น 3 ตอน

5.1 ดูโอดินัม (Duodenum) เป็นส่วนต้นของลำไส้เล็กอยู่ต่อจากกระเพาะอาหารยาวประมาณ 25 เซนติเมตรสั้นกว่าตอนอื่น ๆ เริ่มจากกระเพาะอาหารตรงบริเวณส่วนหัวของตับอ่อนมีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U) สารที่สร้างจากตับและตับอ่อนจะมาร่วมเปิดเข้าที่ส่วนต้นของดูโอดินัม

5.2 เจจูนัม (Jejunum) เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากดูโอดินัม ยาวประมาณ 244 – 275 เซนติเมตร ในคนที่ตายแล้วพบว่าส่วนนี้จะว่างเสมอ

5.3 อิเลียม (Ileum) เป็นส่วนสุดท้ายของลำไส้เล็กตอนปลายจะติดต่อกันเป็นมุมฉากกับลำไส้ใหญ่ บริเวณไส้ติ่ง (Caecum) ตรงบริเวณมุมด้านล่างทางขวาของช่องท้องยาวประมาณ 366 – 397 เซนติเมตรเป็นส่วนที่ยาวที่สุดมีการดูดซึมอาหารมากที่สุด และมีการย่อยอาหารมากที่สุด

พื้นในของลำไส้เล็กจะมีส่วนยื่นเล็ก ๆ เรียกว่า วิลลัส (Villus) พหูพจน์ คือวิลไล (Villi) ยื่นออกมาจากพื้นของลำไส้อย่างหนาแน่นประมาณ 20 – 40 อันต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร ส่วนยื่นนี้เป็นการเพิ่มพื้นที่สำหรับดูดอาหารเข้าสู่กระแสเลือดได้มากขึ้นภายในวิลลัสจะมีเส้นเลือดและหลอดน้ำเหลืองอยู่เต็ม บริเวณอิเลียมจะมีผนังขรุขระอยู่หลายแห่งเกิดจากต่อมน้ำเหลืองที่ทำหน้าที่ทำลายแบคทีเรียและดูดอาหารที่เป็นไขมัน ตามรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ผิวของลำไส้เล็กที่มีวิลไล
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 99)

6. ลำไส้ใหญ่ (Large Intestine)

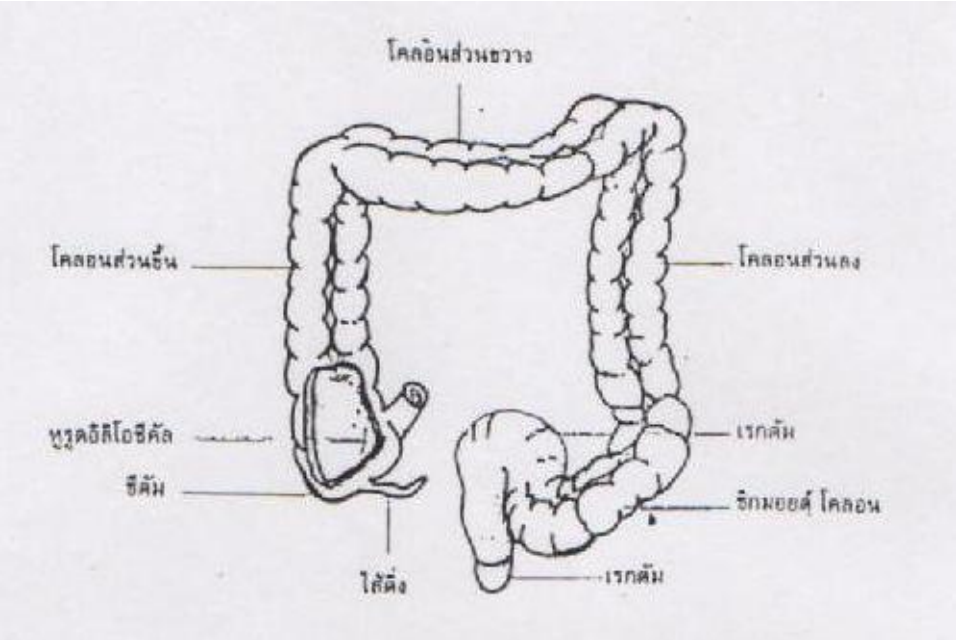
ลำไส้ใหญ่เป็นที่รับกากอาหารมีความยาวประมาณ 150 เซนติเมตร เริ่มจากส่วนต้นต่อกับอิเลียมมาสิ้นสุดที่ทวารหนัก พื้นในของลำไส้ใหญ่จะเรียบมีต่อมเมือกอยู่บ้าง สำหรับให้อุจจาระเคลื่อนออกได้สะดวก แบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

6.1 ซีคัม (Caecum) เป็นส่วนที่ติดต่อระหว่างอิเลียมกับลำไส้ใหญ่ยาวประมาณ 5 – 8 เซนติเมตรแยกออกจากอิเลียม โดยมีกล้ามเนื้อหูรูด เรียกว่า อิลิโอซีคัล สฟิงก์เตอร์ (Ileocaecal Sphincter) และมีหลอดบาง ๆ ยื่นลงมาเรียกว่า ไส้ติ่ง (Appendix) กล้ามเนื้อหูรูดนี้มีหน้าที่ไม่ให้อาหารย้อนกลับเข้าไปในลำไส้เล็กอีก ส่วนไส้ติ่งจะไม่มีทางออกสู่ลำไส้ใหญ่ได้ ดังนั้นเมื่อมีแบคทีเรียมาเจริญอยู่ในลำไส้ใหญ่ส่วนนี้จะมีอาการอักเสบ ซึ่งจำเป็นต้องผ่าตัดเอาออกก่อนที่จะแตกและเป็นอันตรายได้

6.2 โคลอน (Colon) เป็นส่วนที่ยาวที่สุดของลำไส้ใหญ่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนขึ้นของโคลอนเป็นแนวตั้งฉากทางด้านขวาของช่องท้องจนกระทั่งถึงด้านล่างของตับแล้วจึงงอเป็นมุมฉากตามแนวขวางของช่องท้องเป็นโคลอนส่วนขวาง และเรียกส่วนที่งอเป็นมุมฉากที่อยู่ใต้ตับว่าเฮปาติก (Hepatic)

6.3 เรกตัม (Rectum) หรือเรียกว่าไส้ตรง ยาวประมาณ 12 – 15 เซนติเมตรอยู่ต่อจากโคลอนมาสิ้นสุดที่ช่องทวารหนักอยู่ด้านหลังกระเพาะปัสสาวะในชาย ส่วนในหญิงจะอยู่ด้านหลังมดลูก เรกตัมเป็นบริเวณที่เป็นโรคมะเร็งได้มากกว่าบริเวณอื่น ๆ ของลำไส้

6.4 ช่องทวารหนัก (Anal Canal) เป็นส่วนสุดท้ายของลำไส้ใหญ่ยาวประมาณ 2.5 – 3.5 เซนติเมตรปลายสุดไปเปิดออกนอกร่างกายทางช่องทวารหนัก (Anus) ประกอบด้วยหูรูด 2 แห่ง คือหูรูดภายใน (Internal Sphincter) และหูรูดภายนอก (External Sphincter) หูรูดภายในอยู่นอกอำนาจจิตใจ ส่วนหูรูดภายนอกอยู่ใต้อำนาจจิตใจ ซึ่งทำให้สามารถกลั้นอุจจาระได้ชั่วคราวยกเว้นเวลาท้องเสียอย่างแรงจะไม่สามารถยับยั้งการทำงานของหูรูดได้ ตามรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ลำไส้ใหญ่ส่วนต่าง ๆ
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 99)

หน้าที่ของลำไส้ใหญ่

1. สะสมกากอาหารที่ลำไส้เล็กส่งมา

2. ดูดซึมเกลือแร่ น้ำ กลูโคสที่ยังเหลืออยู่ออกจากกากอาหารให้เข้าสู่กระแสเลือด ทำให้กากอาหารเป็นก้อนแข็งเรียกว่า อุจจาระ (Feces)

3. เป็นที่อยู่ของแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะย่อยเซลลูโลสที่ร่างกายย่อยไม่ได้ให้เปลี่ยนมาเป็นกลูโคสและแบคทีเรียบางชนิดทำให้อาหารละเอียดขึ้นและเหลวลง เพื่อให้ถ่ายได้ง่ายขึ้น แบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่บางชนิดจะเป็นโทษ คือ จะสร้างพิษในขณะที่มันกินอาหาร ถ้าหากผนังลำไส้ใหญ่ถูกรบกวนโดยพิษนี้ ทำให้ลำไส้ใหญ่หมดกำลังที่จะดูดน้ำ อุจจาระจะเหลวมากถ่ายอุจจาระบ่อย ๆ เรียกว่า ท้องเดิน (Diarhea) ถ้าหากลำไส้ใหญ่ดูดน้ำออกจากอุจจาระมากเกินไป ทำให้อุจจาระแข็งถ่ายออกยาก เรียกว่า ท้องผูก (Constipation)

อวัยวะที่เกี่ยวกับการย่อยอาหารที่ลำไส้เล็ก

1. ตับ (Liver) เป็นอวัยวะที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในร่างกายเป็นต่อมขนาดใหญ่เนื้อแน่นอยู่ถัดจากกระบังลมลงมาข้างล่างมีน้ำหนักประมาณ 3 – 3.5 ปอนด์ ตับแบ่งออกเป็น 2 ก้อน (Lobe) ขวาและซ้าย จะมีแผ่นเยื่อยึดตับไว้กับผนังด้านในของอกตรงที่เป็นทางเข้าออกของท่อน้ำดีและเส้นประสาท ตับแต่ละก้อนประกอบไปด้วยก้อนเล็ก ๆ เรียกว่า ลอบยูล (Lobule) เป็นจำนวนมากมีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยม แต่ละลอบยูลจะมีเซลล์ของตับเรียงกันเป็นเส้น (Cord) เบียดกันมาก ซึ่งเซลล์เหล่านี้มีช่องว่างระหว่างเซลล์ทำหน้าที่เหมือนเส้นเลือดฝอย เรียกว่า ไซนูซอยด์ (Sinusoid) รับเลือดจากแขนงของเส้นเลือดดำแล้วไปรวมกันอยู่ตรงกลางลอบยูล (Lobule) อีกที่หนึ่งกลายเป็นแขนงออกจากตับไป ผนังของไซนูซอยด์จะมีเซลล์เรียกว่า คุปฟ์เฟอร์เซลล์ (Kupffer Cell) ทำหน้าที่ทำลายเม็ดเลือดแดงที่มีอายุมาก เพื่อให้เซลล์ตับเปลี่ยนฮีโมโกลบินมาเป็นส่วนประกอบของน้ำดีในตับยังมีท่อน้ำดีเล็ก ๆ แทรกอยู่ประสานกันเป็นร่างแห ท่อเหล่านี้เปิดสู่ท่อน้ำดี ซึ่งอยู่ระหว่างลอบยูลแล้วออกเป็นท่อใหญ่ เรียกว่า เฮปาติก ดัก (Hepatic Duct) ไปยังถุงน้ำดี (Gall Bladder)

หน้าที่ของตับ

1. สร้างน้ำดี (Bile) ตับจะสร้างน้ำดีตลอดเวลา น้ำดีมีประโยชน์ช่วยในการย่อยอาหาร น้ำดีจะพักอยู่ที่ถุงน้ำดี เมื่อมีอาหารผ่านลงในลำไส้เล็กจะทำให้น้ำดีไหลออกมารวมกับท่อน้ำย่อยที่นำน้ำย่อยจากตับอ่อนเปิดเข้าสู่ส่วนต้นของดูโอดินัม

2. สร้างเลือดขณะที่ยังเป็นตัวอ่อนอยู่ทำลายเม็ดเลือดแดงที่แก่แล้ว

3. สร้างกลูโคสให้เป็นไกลโคเจน (Glycogenesis) และสลายไกลโคเจนให้เป็นกลูโคสเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือด

4. เปลี่ยนโปรตีนให้เป็นคาร์โบไฮเดรตและไขมัน

5. สร้างยูเรียเพื่อกำจัดแอมโมเนียและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

6. ทำลายพิษที่เกิดขึ้นในร่างกาย

7. สร้างน้ำเหลือง

2. ตับอ่อน (Pancreas) เป็นอวัยวะหรือต่อมที่ติดกับบริเวณส่วนโค้งของดูโอดินัมตอนล่างของกระเพาะอาหารทำหน้าที่เป็นทั้งต่อมมีท่อและต่อมไร้ท่อมีสีแดงหรือสีเหลืองเทา รูปร่างแตกต่างกันในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ตับอ่อนของคนมีรูปร่างคล้ายใบไม้ยาวประมาณ 20 – 25 เซนติเมตร ตับอ่อนสามารถผลิตของเหลวได้ถึงวันละ 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือโซเดียมไบคาร์บอเนตและน้ำย่อยต่าง ๆ โซเดียมไบคาร์บอเนต ทำให้อาหารในกระเพาะที่มีฤทธิ์เป็นกรดเปลี่ยนไปเป็นกลางเมื่อเข้ามาอยู่ที่ดูโอดินัมเป็นการป้องกันไม่ให้ส่วนดูโอดินัมเป็นอันตราย

หน้าที่ของตับอ่อน

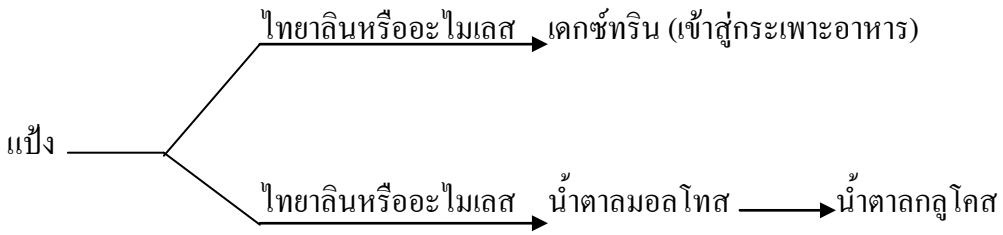
1. สร้างเอนไซม์หลายชนิด เพื่อย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน

2. สร้างสารไปยับยั้งการเกิดทริปซินและการกระตุ้นเอนไซม์อื่น ๆ ในตับอ่อนให้ทำงาน ถ้าท่อของตับอ่อนอุดตัน ทิรปซินจะเกิดในปริมาณมากทำให้เอนไซม์ในตับอ่อนถูกกระตุ้นและสลายเนื้อเยื่อของตับอ่อน ทำให้เนื้อเยื่อของตับอ่อนอักเสบ และถ้าหากเส้นเลือดในตับอ่อนถูกทำลายก็จะเกิดตกเลือดในตับอ่อนและเกิดอาการช๊อคและเสียชีวิต

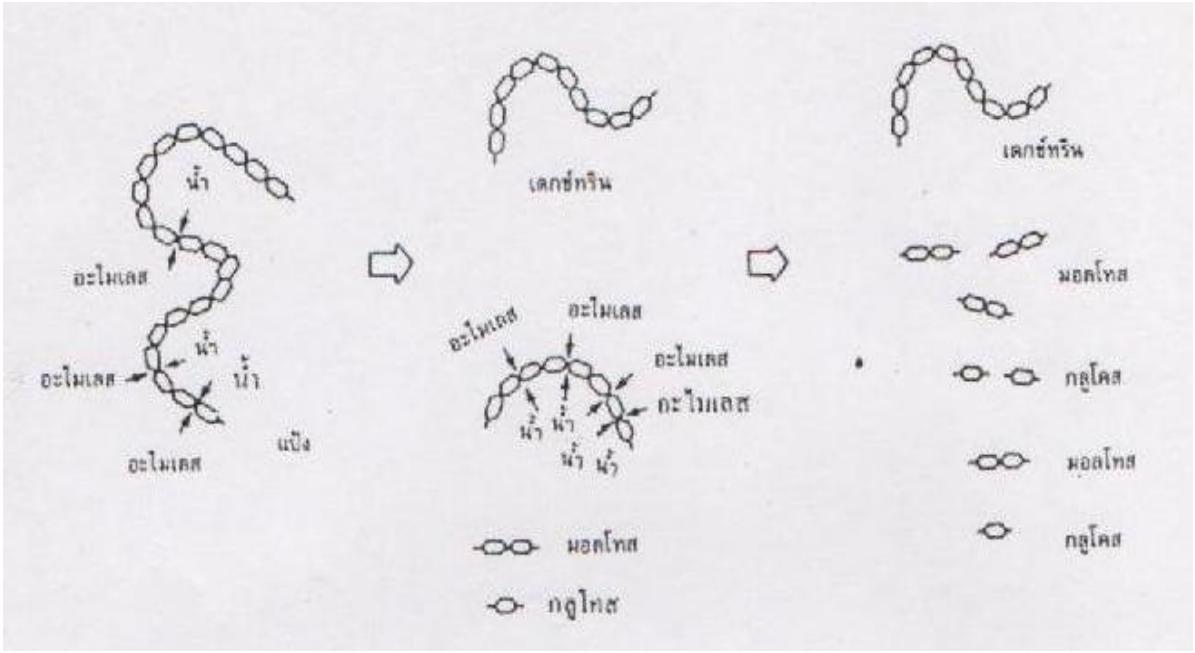
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 91-101)

2.3.2 กระบวนการย่อยอาหารในปาก

สารอาหารที่มนุษย์บริโภคเข้าไปนั้นมีหลายประเภท เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ซึ่งมีสมบัติและขนาดของอนุภาคแตกต่างกัน ดังนั้นร่างกายของมนุษย์เรามีอวัยวะและกระบวนการที่จะทำให้คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งมีอนุภาคที่ใหญ่ให้มีอนุภาคที่เล็กที่สุดที่จะผ่านเข้าไปในเซลล์ของร่างกายได้ เมื่ออาหารเข้าปากฟันจะมีหน้าที่บดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลง เรียกว่า การย่อยเชิงกล (Mechanical Digestion) ในขณะเดียวกันน้ำลายจากต่อมน้ำลายจะคลุกเคล้ากับอาหารทำให้อาหารลื่นเหมาะกับการเคี้ยว และน้ำลายจะมีเอนไซม์ชื่อ ไทยาลิน (Ptyalin) หรือ อะไมเลส (Amylase) ทำหน้าที่ย่อยแป้งเปลี่ยนอนุภาคที่ใหญ่ของแป้งให้เป็นแป้งโมเลกุลที่เล็กลง เรียกว่า เดกซ์ทริน (Dextrin) ประมาณ 95 – 97 เปอร์เซ็นต์และได้น้ำตาลมอลโทส 3 – 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ต่อมน้ำลายยังสามารถสร้างน้ำย่อยที่ย่อยน้ำตาลมอลโทสให้เป็นน้ำตาลกลูโคส โดยปฏิกิริยานี้จะมีน้ำเข้ามาช่วย ลักษณะการย่อยนี้เรียกว่า การย่อยทางเคมี (Chemical Digestion)



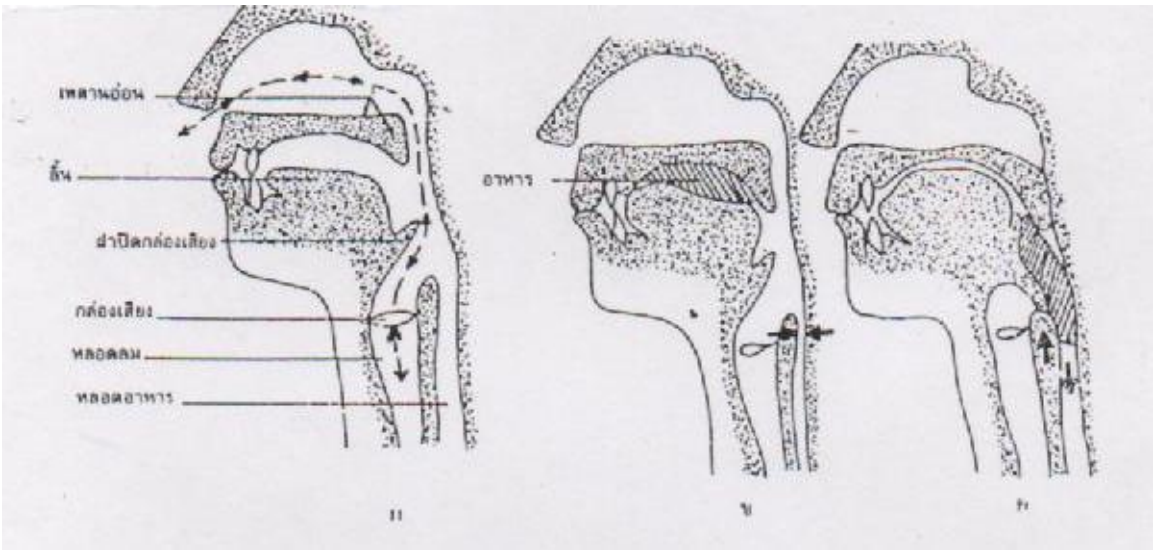
การย่อยแป้งในปากบางครั้งจะเกิดขึ้นที่ส่วนใดของโมเลกุลของแป้งก็ได้ แล้วแต่โอกาสของน้ำย่อยจะสลายพันธะที่ตรงไหน ถ้าสลายตรงกลางก็ได้เดกซ์ทริน ถ้าสลายตรงปลายก็จะได้น้ำตาลโมเลกุลคู่ (มอลโทส) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (กลูโคส) ตามรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การย่อยแป้ง
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 104)

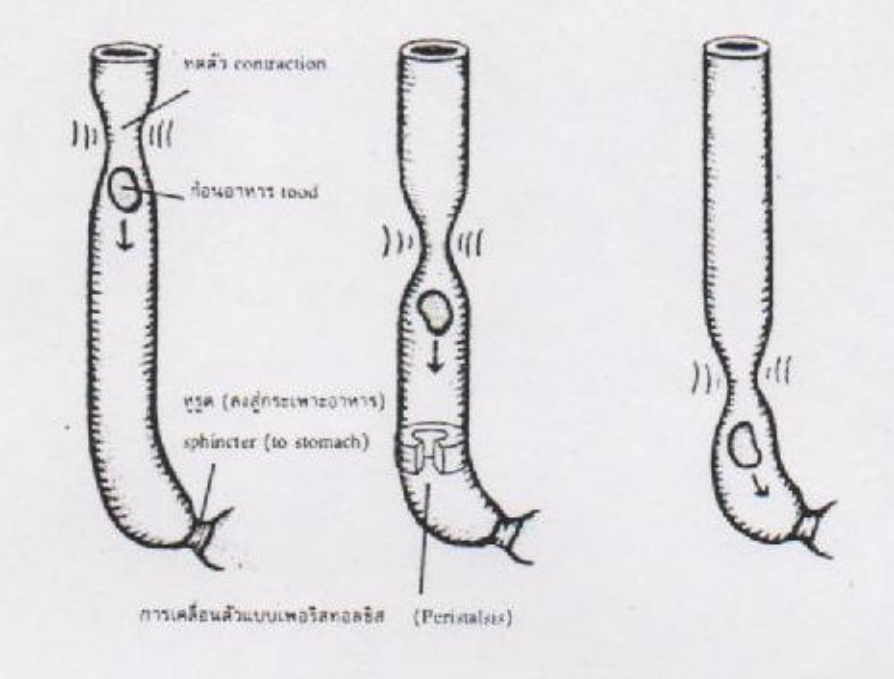
เอนไซม์ในน้ำลายนี้จะย่อยแป้งเท่านั้น ในการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์นั้นขึ้นอยู่กับภาวะที่เหมาะสม โดยปกติน้ำลายจะมี pH ระหว่าง 6.2 – 7.4 ซึ่งเป็นภาวะที่เอนไซม์ในน้ำลายทำงานได้ นอกจากนี้เอนไซม์ยังทำงานได้ดีในอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิปกติในร่างกายของมนุษย์ คือ 37 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิที่สูงมาก ๆ สามารถทำลายเอนไซม์ได้ แต่เอนไซม์ส่วนใหญ่ถูกทำลายที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามมีเอนไซม์หลายชนิดสามารถถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ในวันหนึ่งต่อมน้ำลายจะผลิตน้ำลายได้ 1 – 1.5 ลิตร รส กลิ่น และการคิดถึงอาหารรสอร่อยก็ช่วยกระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำลายออกมาได้ ในการเคี้ยวอาหารถ้าเราเคี้ยวอาหารให้ละเอียด

มาก ๆ ก็เพื่อเพิ่มพื้นที่ให้อาหารที่กินเข้าไปมีโอกาสสัมผัสกับเอนไซม์มากที่สุด ทำให้การย่อยอาหารเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว เมื่ออาหารผ่านจากปากลงสู่หลอดอาหารและกระเพาะอาหารจะผ่านคอหอย ซึ่งมีช่องเปิดเข้าสู่หลอดลมและหลอดอาหาร ส่วนบนของหลอดลมจะมีแผ่นกระดูกอ่อนปิดกั้นอาหารเข้าไปในหลอดลมขณะกลืนอาหาร แผ่นกระดูกอ่อนนี้เรียกว่า ฝาปิดกล่องเสียง (Epiglottis) ขณะที่อาหารผ่านเข้าสู่ลำคอนั้น เพดานอ่อนจะถูกดันยกไปปิดช่องลมหายใจอากาศจึงผ่านช่องนี้ไม่ได้ ส่วนอาหารจะถูกกล้ามเนื้อลิ้นบังคับให้ผ่านเข้าไปในหลอดอาหารได้พร้อม ๆ กับฝาปิดกล่องเสียงจะปิดหลอดลม ในขณะที่ส่วนกล่องเสียงทั้งหมดยกขึ้น ทำให้ฝาปิดกล่องเสียงปิดหลอดลมได้สนิท อาหารจึงเคลื่อนที่ลงไปในหลอดอาหารได้โดยไม่พลัดตกลงไปในหลอดลม ตามรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การทำงานของเพดานอ่อนและฝาปิดกล่องเสียง
ก ขณะหายใจ ข และ ค ขณะกลืนอาหาร
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 102)

เมื่ออาหารเข้าสู่หลอดอาหารแล้วหลอดอาหารจะบีบตัวโดยการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อหลอดอาหาร ทำให้อาหารลงสู่กระเพาะอาหารอย่างรวดเร็ว การบีบและคลายตัวของกล้ามเนื้อหลอดอาหารจะคืนสู่สภาพปกติ เมื่อก้อนอาหารผ่านพ้นไปแล้ว การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อดังกล่าวเรียกว่า เพอริสตัสซิส (Peristalsis) ตามรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การบีบตัวแบบเพอริสตัสซิสของหลอดอาหาร
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 103)

2.3.3 กระบวนการย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร

ในขณะที่ไม่มีอาหารอยู่ กระเพาะอาหารจะมีขนาดประมาณ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่เมื่อมีอาหารกระเพาะอาหารสามารถขยายขนาดได้อีก 10 – 40 เท่า เมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะอาหารในกระเพาะอาหารจะมีกล้ามเนื้อหูรูด 2 แห่ง คือ ส่วนที่ติดต่อกับหลอดอาหารกับส่วนที่ติดต่อกับลำไส้เล็กขณะที่ปากเคี้ยวอาหารจะมีการกระตุ้นให้กระเพาะอาหารหลั่งน้ำย่อยบ้าง เมื่ออาหารเคลื่อนที่ลงสู่กระเพาะอาหาร มีการกระตุ้นให้เซลล์ต่อมบริเวณกระเพาะอาหาร (Gastric Gland) สร้างสารต่าง ๆ ขึ้น (Gastric Juice) เช่น กรดเกลือ เพปซิน(Pepsin) ลิเพส (Lipase)เรนนิน (Rennin) และสารเมือก (Mucous Secretion) ซึ่งสารแต่ละอย่างมีหน้าที่ดังนี้

1. เพปซิน (Pepsin) เป็นน้ำย่อยที่ทำงานได้ในเมื่อมีน้ำกรดเกลืออยู่ด้วยเมื่อผลิตออกมา เริ่มแรกจะอยู่ในรูปของเพปซิโนเจน (Pepsinogen) ซึ่งไม่สามารถทำงานได้ แต่เมื่อมีกรดไฮโดรคลอริกจึงเปลี่ยนสภาพเป็นเพปซิน และพร้อมที่จะทำงานย่อยโปรตีนได้

โปรตีน $\xrightarrow{\text{เพปซิน}}$ โปรตีนเล็กลง (พอลิเพปไทด์)

2. เรนนิน (Rennin) พบในเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ยังอ่อนอยู่ กระเพาะอาหารสร้างขึ้นมาเริ่มแรกจะอยู่ในรูปของโปรเรนนิน (Prorennin) แล้วจึงเปลี่ยนไปเป็นเรนนิน เมื่อมีกรดเกลืออยู่ด้วย เรนนินจะทำหน้าที่แยกเคซีน (Casein) ซึ่งเป็นโปรตีนในนมออกจากนม แล้วรวมตัวกันเป็นก้อน ๆ โดยมีแคลเซียมช่วยให้กลายเป็นพาราเคซีน (Paracasein) ซึ่งเป็นโปรตีนไม่ละลายน้ำ ต่อจากนั้นเพปซินจึงย่อยพาราเคซีนให้เป็นโปรตีนที่เล็กลง

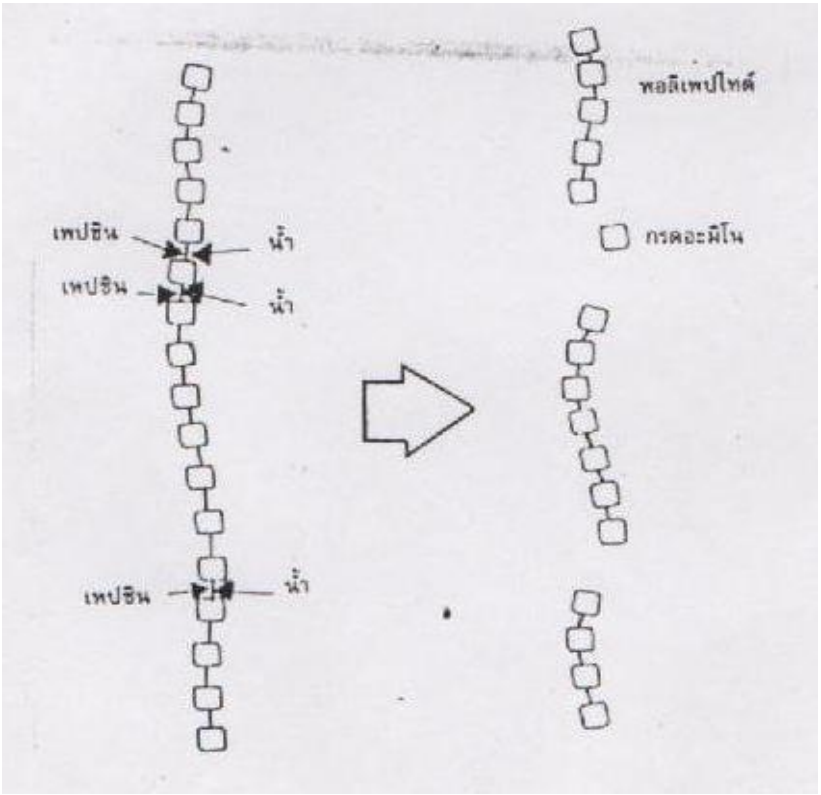
น้ำนม $\xrightarrow{\text{เรนนิน}}$ เคซีน

เคซีน + แคลเซียม $\longrightarrow$ พาราเคซีน

พาราเคซีน $\xrightarrow{\text{เพปซิน}}$ โปรตีนเล็กลง (พอลิเพปไทด์)

3. ลิเพส (Lipase) เป็นน้ำย่อยที่ทำหน้าที่ทำให้ไขมันแตกเป็นเม็ดละเอียดจนเป็นเมือกลิเพส (Emulsion Lipase) ในกระเพาะอาหารยังไม่สามารถย่อยไขมันได้ เพราะลิเพสทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นเบส แต่ในกระเพาะอาหารมีสภาพเป็นกรด

4. สารเมือก (Mucous Secretion) เป็นสารเมือกที่ทำหน้าที่หล่อลื่น ตามรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหาร

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 107)

ในกระเพาะอาหารมีการย่อยอาหารเพียงชนิดเดียวคือโปรตีน เพื่อให้มีขนาดเล็กลงแต่ก็ยังไม่เล็กที่สุดที่จะสามารถแพร่เข้าสู่เซลล์ได้ ซึ่งพื้นที่ในของกระเพาะอาหารก็เป็นโปรตีน แต่น้ำย่อยไม่สามารถทำลายได้เหมือนกับทำลายพวกโปรตีนอื่นเป็นเพราะ

1. เซลล์เหล่านั้นยังมีชีวิตอยู่ มีความสามารถที่จะต้านทานการทำลายของน้ำย่อยอาหารได้ แต่ในบางครั้งเซลล์ของกระเพาะอาหารก็ถูกทำลายได้ แต่ก็มีการสร้างเซลล์ใหม่ทดแทนเซลล์ที่ถูกทำลายไปในกระบวนการย่อยอาหาร ภายในกระเพาะอาหารในบางกรณีที่เซลล์ไม่สามารถสร้างใหม่ทดแทนได้ทัน เนื่องจากถูกทำลายมากกว่าปกติ หรือในขณะที่มีการหลั่งเพปซินและกรดไฮโดรคลอริก แต่ไม่มีอาหารอยู่ในกระเพาะอาหารผนังกระเพาะอาหารจะถูกทำลายจนเป็นแผลในกระเพาะได้

2. ที่ผิวของกระเพาะอาหารมีเมือกที่ขับออกจากกระเพาะอาหารเคลือบผนังชั้นในของกระเพาะอาหารอยู่ เมือกนี้สามารถทนน้ำย่อยได้

การมีกรดในกระเพาะอาหารมากมีสาเหตุมาจาก

1. การรับประทานอาหารไม่ตรงเวลา
2. รับประทานอาหารเผ็ดจัด
3. การกินยาแก้ปวดเมื่อท้องว่าง
4. การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และคาเฟอีน
5. การมีอารมณ์เครียดและวิตกกังวล
6. ขาดการพักผ่อน

อาหารประเภทโปรตีนที่เรารับประทานบางชนิดย่อยยาก ในการปรุงอาหารโปรตีนบางชนิด เช่น เนื้อวัว เนื้อควาย เพื่อให้ย่อยง่ายขึ้น อาจใส่สารบางอย่างลงไปในเนื้อเหล่านั้น หรืออาจใช้สารที่ได้จากเอนไซม์ของพืช เช่น ยางมะละกอหรือน้ำสับปะรด เป็นต้น

2.3.4 กระบวนการย่อยอาหารในลำไส้เล็ก

อาหารจากกระเพาะอาหารจะเคลื่อนที่ต่อไปยังลำไส้เล็ก ซึ่งมีผนังไม่เรียบเป็นปุ่มปมมีสารเอนไซม์ต่าง ๆ ที่อยู่ในลำไส้เล็กที่ได้มาจาก

1. ตับอ่อน (Pancreas) สารที่หลั่งออกมาเรียกว่า Pancreatic Juice
2. ตับ (Liver) สารที่หลั่งออกมาเรียกว่า น้ำดี (Bile)
3. ต่อมของลำไส้เล็ก (Intestinal) สารที่หลั่งออกมาเรียกว่า Intestinal Juice

ตับอ่อน (Pancreas)

ตับอ่อนสร้างสาร Pancreatic Juice มีสีเหลืองใส ๆ ประกอบด้วยน้ำย่อยมีสภาพเป็นเบสอ่อน ๆ มีค่า pH 7 – 8 หลั่งออกมาจากตับอ่อน แล้วจึงไหลไปยังส่วนต้นของลำไส้เล็กดูโอดินัม (Duodenum)

Pancreatic Juice ประกอบด้วย

1. Pancreatic α - Amylase (อะไมเลส) จะทำหน้าที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตที่ผ่านมาจากปาก ให้เป็นน้ำตาลมอลโทส (น้ำตาลโมเลกุลคู่) เช่น

แป้ง $\xrightarrow{\text{อะไมเลส}}$ น้ำตาลมอลโทส

เดกซ์ทริน $\xrightarrow{\text{อะไมเลส}}$ น้ำตาลมอลโทส

2. ทริปซิน (Trypsin) สร้างจากตับอ่อนในตอนแรกเป็นทริปซิโนเจน (Trypsinogen) ยังไม่สามารถทำงานได้ แต่เมื่อรวมกับเอนเทอโรไคเนส (Enterokinase) ที่สร้างจากผนังของลำไส้เล็ก จึงกลายเป็นทริปซิน (Trypsin) ซึ่งสามารถย่อยสารพวกโปรตีน และโปรตีนที่เล็ก (พอลิเพปไทด์) ที่ผ่านมาจากกระเพาะอาหารให้มีขนาดเล็กลงจนเป็นไดเพปไทด์ (Dipeptide) หรือกรดอะมิโน (Amino Acid)

ทริปซิโนเจน $\xrightarrow{\text{เอนเทอโรไคเนส}}$ ทริปซิน

โปรตีน $\xrightarrow{\text{ทริปซิน}}$ ไดเพปไทด์

หรือ พอลิเพปไทด์ $\xrightarrow{\text{ทริปซิน}}$ ไดเพปไทด์

หรือ ไดเพปไทด์ $\xrightarrow{\text{ทริปซิน}}$ กรดอะมิโน (เกิดน้อย)

3. ไคโมทริปซิน (Chymotrypsin) ตอนแรกจะเป็นไคโมทริปซิโนเจน (Chymotrypsinogen) ก่อนแล้วทริปซิน (Trypsin) จะเปลี่ยนให้เป็นไคโมทริปซิน ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนหรือพอลิเพปไทด์ให้มีโมเลกุลเล็กลงเป็นพอลิเพปไทด์หรือไดเพปไทด์คล้ายกับทริปซิน

ไคโมทริปซิโนเจน $\xrightarrow{\text{ทริปซิน}}$ ไคโมทริปซิน

โปรตีน $\xrightarrow{\text{ไคโมทริปซิน}}$ ไดเพปไทด์

พอลิเพปไทด์ $\xrightarrow{\text{ไคโมทริปซิน}}$ ไดเพปไทด์

4. คาร์บอกซิเพปทิเดส (Carboxypeptidase) เป็นน้ำย่อยที่สร้างจากตับอ่อนตอนแรกอยู่ในรูปของโปรคาร์บอกซิเพปทิเดส เมื่อรวมกับทริปซินจึงเปลี่ยนมาเป็นคาร์บอกซิเพปทิเดส ทำหน้าที่ย่อยพอลิเพปไทด์ที่มีหมู่คาร์บอกซิอยู่มีสายสั้น ๆ ให้ปล่อยกรดอะมิโนที่อยู่ปลายสุดนั้นออกมา

โปรคาร์บอกซิเพปทิเดส $\xrightarrow{\text{ทริปซิน}}$ คาร์บอกซิเพปทิเดส

พอลิเพปไทด์ $\xrightarrow{\text{คาร์บอกซิเพปทิเดส}}$ กรดอะมิโน

5. ลิเพส (Lipase) เป็นน้ำย่อยไขมันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลลิเพส จะทำงานได้ดีเมื่อมีน้ำดีที่สร้างจากตับ โดยน้ำดีจะทำให้ไขมันแตกตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ เสียก่อนลิเพสจึงทำการย่อย

ไขมัน $\xrightarrow{\text{น้ำดี}}$ ไขมันแตกตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ

ไขมันเม็ดเล็ก ๆ $\xrightarrow{\text{ลิเพส}}$ กรดไขมันและกลีเซอรอล

6. นิวคลีเอส (Nuclease) ย่อยกรดนิวคลีอิกให้เป็นนิวคลีโอไทด์

ตับ (Liver)

ตับจะสร้างน้ำดี (Bile) ซึ่งจะเก็บไว้ในถุงน้ำดีแล้วจึงไหลไปยังส่วนต้นของลำไส้เล็กดูโอดินัม (Duodenum) น้ำดีมีสีเขียวแกมเหลือง ใส มีรสขม มีสมบัติเป็นเบสอ่อน ๆ มีค่า pH 7-8 น้ำดีประกอบไปด้วยเกลือ ซึ่งเป็นเกลือโซเดียมและโพแทสเซียม ทำหน้าที่ดังนี้

1. ช่วยคลุกเคล้าอาหารทำให้อาหารประเภทไขมันแตกตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ ทำให้ลิเพส่ย่อยได้ง่าย

2. ทำให้อาหารมีสมบัติเป็นเบส สะดวกแก่น้ำย่อยในลำไส้เล็ก ซึ่งทำงานได้ดีในสภาพเป็นเบส และน้ำดียังทำลายกรดในกระเพาะอาหาร ทำให้อาหารในลำไส้เล็กเป็นเบส

3. ช่วยในการดูดซึมไขมัน และดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน

4. น้ำดี เป็นยาระบายได้ดีโดยการกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ใหญ่ และใช้เป็นสารกระตุ้นให้น้ำดีไหลจากถุงน้ำดีเข้าสู่ลำไส้ได้ดีขึ้น

ต่อมของลำไส้เล็ก (Intestinal gland)

ลำไส้เล็กบริเวณที่สร้างสารต่าง ๆ มาก คือ ส่วนต้นของลำไส้เล็กดูโอดินัม (Duodenum) ที่อยู่ต่อจากกระเพาะอาหารประกอบด้วย

1. เอนเทอโรไคเนส (Enterokinase) เป็นสารที่เปลี่ยนทริปซิโนเจน (Trypsinogen) ให้เป็นทริปซิน (Trypsin)

2. ไดแซคคาเลส (Disaccharase) เป็นน้ำย่อยที่ย่อยน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide)ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) ได้แก่ ซูเครส มอลเทส และแลกเทส

มอลโทส $\xrightarrow{\text{มอลเทส}}$ กลูโคส + กลูโคส

แลกโทส $\xrightarrow{\text{แลกเทส}}$ กลูโคส + กาแลกโทส

ซูโครส $\xrightarrow{\text{ซูเครส}}$ กลูโคส + ฟรักโทส

3. อะมิโนเพปทิเดส (Aminopeptidase) ย่อยพอลิเพปไทด์ ที่มีหมู่อะมิโนอยู่ตรงปลายแล้วย่อยให้เป็นกรดอะมิโน

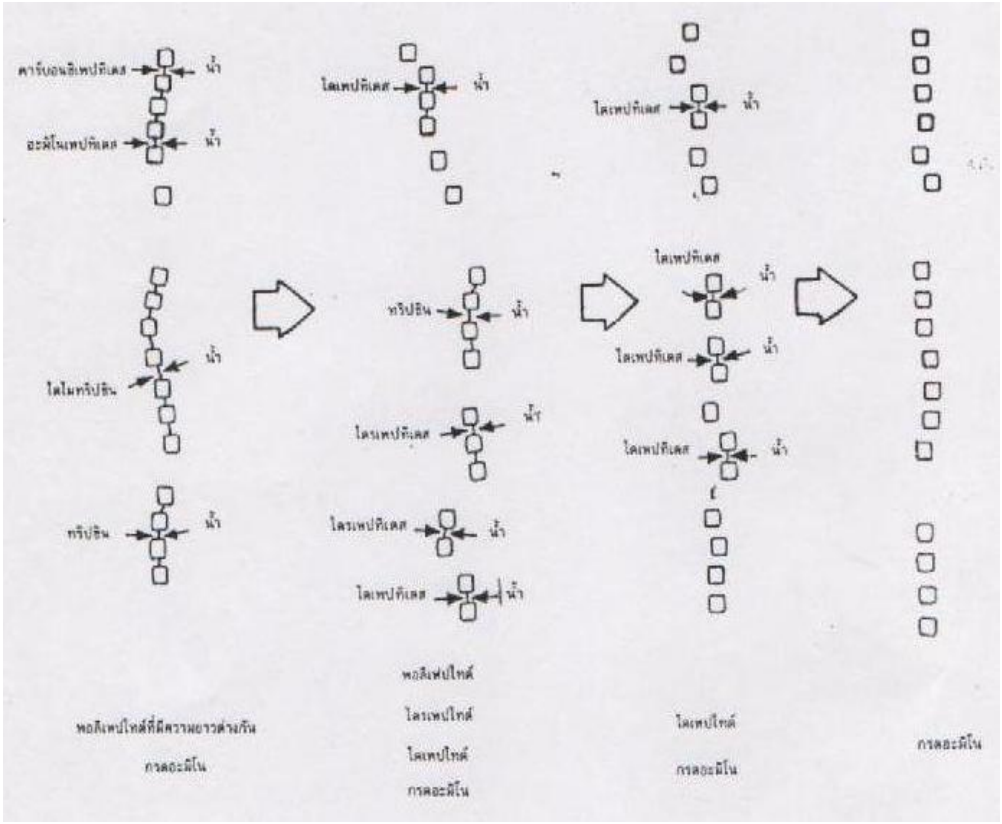
พอลิเพปไทด์ $\xrightarrow{\text{อะมิโนเพปทิเดส}}$ กรดอะมิโน

4. คาร์บอกซิเพปทิเดส เหมือนกับน้ำย่อยจากตับอ่อน

5. ไดเพปทิเดส (Dipeptidase) จะย่อยไดเพปไทด์ให้เป็นกรดอะมิโน

ไดเพปไทด์ $\xrightarrow{\text{ไดเพปทิเดส}}$ กรดอะมิโน

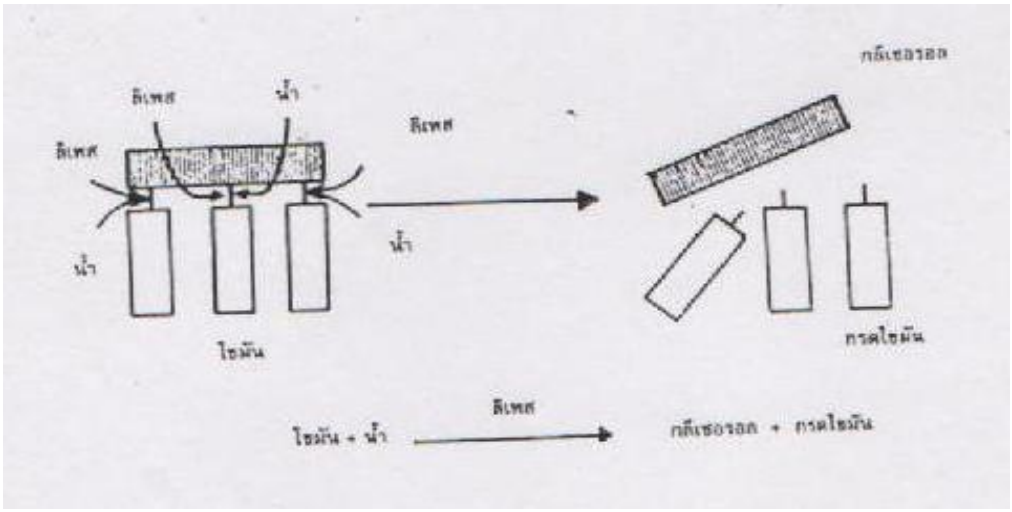
6. นิวคลีเอส (Nuclease) ย่อยกรดนิวคลีอิกเหมือนกับน้ำย่อยจากตับอ่อนตามรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การย่อยโปรตีนในลำไส้เล็ก

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 112)

7. ลิเพส (Lipase) ย่อยไขมันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล ตามรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การย่อยไขมัน

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 113)

2.3.5 การดูดซึมอาหาร (Absorption)

เมื่ออาหารถูกย่อยจนมีขนาดโมเลกุลเล็กลง ก็จะสามารถดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้โดยผ่านผนังของวิลลัส (Villus) ของผนังลำไส้เล็กเข้าสู่เส้นเลือดฝอยและท่อน้ำเหลืองฝอย ซึ่งในการดูดซึมจำเป็นต้องอาศัยพลังงานปรากฏการณ์นี้เรียกว่า แอกทีป ทรานสปอร์ต (Active Transport) การดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วจะดูดซึมบริเวณผนังของลำไส้เล็ก ผนังของลำไส้เล็กส่วนที่มีการดูดซึมมากที่สุด คือ อิเลียม (Ileum) ซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายของลำไส้เล็ก ส่วนอาหารที่ไม่ถูกย่อยหรือย่อยไม่ได้ เช่น เซลลูโลส จะถูกส่งต่อไปยังลำไส้ใหญ่

การลำเลียงอาหาร เมื่อสารอาหารที่ถูกย่อยจนมีโมเลกุลเล็กลง จะซึมผ่านเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กดังนี้ คือ

1. น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) เช่น กลูโคสเข้าสู่เส้นเลือดฝอยเข้าสู่เส้นเลือดเวนผ่านตับเข้าสู่หัวใจแต่ถ้าน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีมากเกินความต้องการของร่างกายจะถูกสะสมเป็นไกลโคเจน เก็บไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อบางส่วนยังอยู่ในกระแสโลหิต ซึ่งไกลโคเจนในตับสามารถเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้เมื่อร่างกายขาดแคลน กลูโคสใช้เป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการหายใจเพื่อใช้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์

2. กรดอะมิโน (Amino acid) จะถูกดูดซึมเข้าสู่เส้นเลือดฝอยไปยังตับ โดยผ่านเส้นเลือดเวนไปหัวใจ กรดอะมิโนที่ได้รับจากอาหารหรือกรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นจากอาหาร จะรวมกันเป็นโปรตีนเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของเซลล์เป็นเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทำให้ร่างกายเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ นอกจากนี้โปรตีนที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นยังไปเป็นสารควบคุมการทำงานหรือทำหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกันของร่างกาย เช่น เอนไซม์ ฮอร์โมน และแอนติบอดี

3. กรดไขมันและกรีเซอรอล บางพวกจะเข้าสู่เส้นเลือดฝอย ส่วนที่มีโมเลกุลใหญ่จะถูกดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อบุผิวของผนังลำไส้เล็ก และถูกสังเคราะห์ให้เป็นไตรกลีเซอไรด์ขึ้นมาใหม่ ภายในเซลล์เยื่อบุผิวแล้วจึงถูกดูดซึมเข้าเส้นน้ำเหลืองเข้าสู่หัวใจต่อไป

2.3.6 ระบบหมุนเวียนเลือดในมนุษย์

Sir William Harvey ในระหว่าง ค.ศ. 1578 – 1657 นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษที่พบระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์เป็นคนแรก และ Marcello Malpighi ในระหว่าง ค.ศ. 1628 – 1694 เป็นผู้พบเส้นเลือดฝอย (Capillaries) เป็นคนแรก

1. หัวใจ (Heart)

หัวใจตั้งอยู่ในช่องอกค่อนข้างไปทางซ้ายอยู่ระหว่างปอดทั้งสองข้าง โดยมีกระดูกหน้าอกและกระดูกซี่โครงคอยป้องกันอยู่ ส่วนล่างสุดของหัวใจมีกระบังลมรองรับอยู่ด้วย หัวใจเป็นมัดกล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงเป็นพิเศษ มีขนาดพอ ๆ กับกำปั้นของเจ้าของ ขนาดของหัวใจในคนโตเต็มวัยมีขนาดยาว 12.5 เซนติเมตร กว้าง 9 เซนติเมตร หนา 5 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 300 กรัม หัวใจจะหุ้ม

ด้วยเยื่อหุ้มหัวใจ (Pericardium) ผนังของหัวใจประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น เยื่อชั้นในสุด (Endocardium) ประกอบด้วยเยื่อบุผิวบาง ๆ เยื่อชั้นกลาง (Myocardium หรือ Myocadial layer หรือ Cardiae muscle) เป็นชั้นที่หนามากเรียกว่ากล้ามเนื้อหัวใจ เยื่อชั้นนอก (Epicardium) ประกอบด้วยเยื่อบุผิวบาง ๆ เป็นชั้นที่หุ้มหัวใจเอาไว้ มีเส้นเลือดใหญ่ผ่านและเนื้อเยื่อไขมันอยู่เป็นจำนวนมากหัวใจจะทำหน้าที่สูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงร่างกาย

ห้องหัวใจ

หัวใจของมนุษย์ซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมี 4 ห้อง คือ

1. ห้องบนซ้าย (Left Atrium) ย่อว่า LA ทำหน้าที่รับเลือดจากปอด
2. ห้องบนขวา (Right Atrium) ย่อว่า RA ทำหน้าที่นำเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเข้าสู่หัวใจ
3. ห้องล่างซ้าย (Left Ventricle) ย่อว่า LV ทำหน้าที่ส่งเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
4. ห้องล่างขวา (Right Ventricle) ย่อว่า RV ทำหน้าที่ส่งเลือดไปยังปอด

ลิ้นหัวใจ (Valve)

ลิ้นหัวใจประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทำหน้าที่เหมือนกับเป็นประตูรูปร่างคล้ายถุงกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับทางเดิม ในขณะที่หัวใจหรือเส้นเลือดทำการบีบตัวหรือส่งเลือดออกไป ลิ้นจะพบได้ที่หัวใจเส้นเลือดแดงใกล้หัวใจและเส้นเลือดดำ ลิ้นของหัวใจมี 4 ลิ้น คือ

1. ลิ้นไตรคัสพิด (Tricuspid valve) อยู่ระหว่างหัวใจห้องบนขวา (Right Atrium) กับหัวใจห้องล่างขวา (Right Ventricle) ลิ้นนี้มีลักษณะเป็นแผ่น 3 แผ่นที่ริมของแต่ละแผ่นจะยึดติดกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ
2. ลิ้นไบคัสพิด (Bicuspid valve) อยู่ระหว่างหัวใจห้องบนซ้าย (Left Atrium) กับหัวใจห้องล่างซ้าย (Left Ventricle) ลิ้นนี้มีลักษณะเป็นแผ่น 2 แผ่น
3. ลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ (Pulmonary semilunar valve) อยู่บริเวณโคนของเส้นเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี (Pulmonary artery) มีลักษณะเป็นถุงรูปพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว 3 ใบชนกันไม่ได้ยึดติดด้วยกล้ามเนื้อเกี่ยวพัน ลิ้นนี้กันไม่ให้เลือดไหลกลับสู่หัวใจห้องล่างขวา (Right Ventricle)
4. ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ (Aortic semilunar valve) อยู่บริเวณโคนของเส้นเลือดเอออร์ตา (Aorta) ทำหน้าที่กันไม่ให้เลือดไหลกลับสู่หัวใจห้องล่างซ้าย (Left Ventricle)

วงจรการไหลเวียนของเลือดในหัวใจ

ถ้าเริ่มต้นที่หัวใจ การไหลเวียนของเลือดภายในร่างกายจะเกิดขึ้นเป็นวงจรโดยไม่มีการไหลย้อนกลับมีดังนี้ คือ

1. เลือดที่ผ่านการแลกเปลี่ยนสารแล้วจากเนื้อเยื่อเป็นเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ (Deoxygenated Blood) มีสีแดงคล้ำและมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะไหลกลับเข้าสู่หัวใจห้องบน

ขวา (Right Atrium หรือ RA) ทางเส้นเลือดเวน (Vein) หรือเส้นเลือดดำขนาดใหญ่ชื่อซุพีเรียเวนาคาวา (Superior Vena Cava) ซึ่งนำเลือดจากส่วนบนของร่างกายบริเวณศีรษะ คอ อก แขนสองข้าง เข้าสู่หัวใจห้องบนขวา และเลือดจากเส้นเลือดเวน ชื่อ อินฟีเรียเวนาคาวา (Inferior Vena Cava) ซึ่งนำเลือดจากส่วนที่เหลือของร่างกายบริเวณส่วนล่าง คือ ขาทั้งสองข้างและลำตัวเข้าสู่หัวใจห้องบนขวาเช่นเดียวกัน

2. เมื่อหัวใจห้องบนขวา (RA) บีบตัวเลือดจะไหลผ่านลิ้นไตรคัสพิด (Tricuspid valve) เข้าสู่หัวใจห้องล่างขวา (Right Ventricle หรือ RV)

3. เมื่อหัวใจห้องล่างขวา (RA) บีบตัวเลือดจะไหลผ่านลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ (Pulmonary semilunar valve) เข้าสู่เส้นเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี (Pulmonary artery) ซึ่งเป็นเส้นเลือดที่นำเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำไปยังปอด

4. เส้นเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี จะแยกตัวเป็นสองแขนงเข้าสู่ปอดทั้งสองข้าง ภายในปอดเส้นเลือดนี้จะแตกเป็นแขนงเล็กลงตามลำดับจนกลายเป็นเส้นเลือดฝอย (Capillaries) หุ้มอยู่รอบถุงลมปอด (Alveoli) ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างเลือดกับอากาศภายในถุงลมปอด โดยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะแพร่ออกจากเลือดเข้าสู่ถุงลมปอด ในขณะเดียวกันออกซิเจน (O_2) จากถุงลมปอดจะแพร่เข้ารวมตัวกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ภายในเม็ดเลือดแดงกลายเป็นออกซิฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) เลือดจึงเปลี่ยนจากสีแดงคล้ำเป็นสีแดงสด

5. เลือดที่ผ่านการแลกเปลี่ยนก๊าซแล้วจากเส้นเลือดฝอยที่หุ้มรอบถุงลมปอด จะไหลเข้าสู่เวน (Vein) ขนาดเล็กและจะรวมตัวเป็นเวนขนาดใหญ่ชื่อ พัลโมนารีเวน (Pulmonary vein) มีทั้งหมด 4 เส้น โดยมาจากปอดข้างละ 2 เส้น นำเลือดออกจากปอดเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย (Left Atrium หรือ LA)

6. เมื่อหัวใจห้องบนซ้าย (LA) บีบตัวก็จะดันเลือดให้ไหลผ่านลิ้นไบคัสพิด (Bicuspid valve) หรือลิ้นไมตรัล (Mitral valve) เข้ามาในหัวใจห้องล่างซ้าย (Left Ventricle หรือ LV)

7. เมื่อหัวใจห้องล่างซ้าย (LV) บีบตัวก็จะดันเลือดให้ไหลผ่านลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ (Aortic semilunar valve) ไปตามเส้นอาร์เตอรี (Artery) หรือเส้นเลือดแดงขนาดใหญ่ ที่นำเลือดออกจากหัวใจ เส้นเลือดนี้เรียกว่า เอออร์ตา (Aorta)

8. เอออร์ตาจะมีการแตกแขนงออกเป็นเส้นเลือดแดง (Arterry) จำนวนมาก เพื่อนำเลือดไปหล่อเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายอย่างทั่วถึงภายในแต่ละอวัยวะ เส้นเลือดแดงเหล่านี้จะมีการแตกแขนงจำนวนมากขึ้น โดยมีขนาดเล็กลงตามลำดับจนกลายเป็นเส้นเลือดแดงขนาดเล็กที่สุด เรียกว่า อาร์เตอริโอล (Arteriole) ซึ่งเป็นเส้นเลือดที่เชื่อมต่อกับเส้นเลือดฝอย (Capillaries)

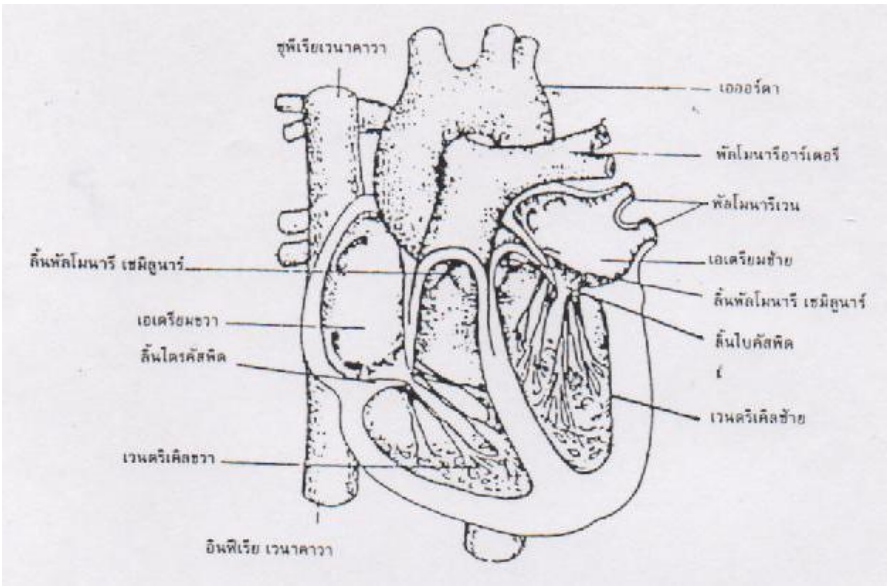
การแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อจะเกิดขึ้นที่เส้นเลือดฝอยเท่านั้น โดยมีการแพร่ของออกซิเจนและสารอาหารจากเลือดให้แก่เซลล์ของเนื้อเยื่อ ขณะเดียวกันคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียชนิดอื่นที่เกิดจากเมตาบอลิซึม จะแพร่ออกจากเซลล์เข้ามาในเลือด ดังนั้น เลือดที่ไหลผ่านเนื้อเยื่อของ

ร่างกายแล้วจะมีปริมาณออกซิเจนและสารอาหารลดลงแต่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และของเสียชนิดอื่นเพิ่มขึ้นยกเว้น 2 ประการ คือ

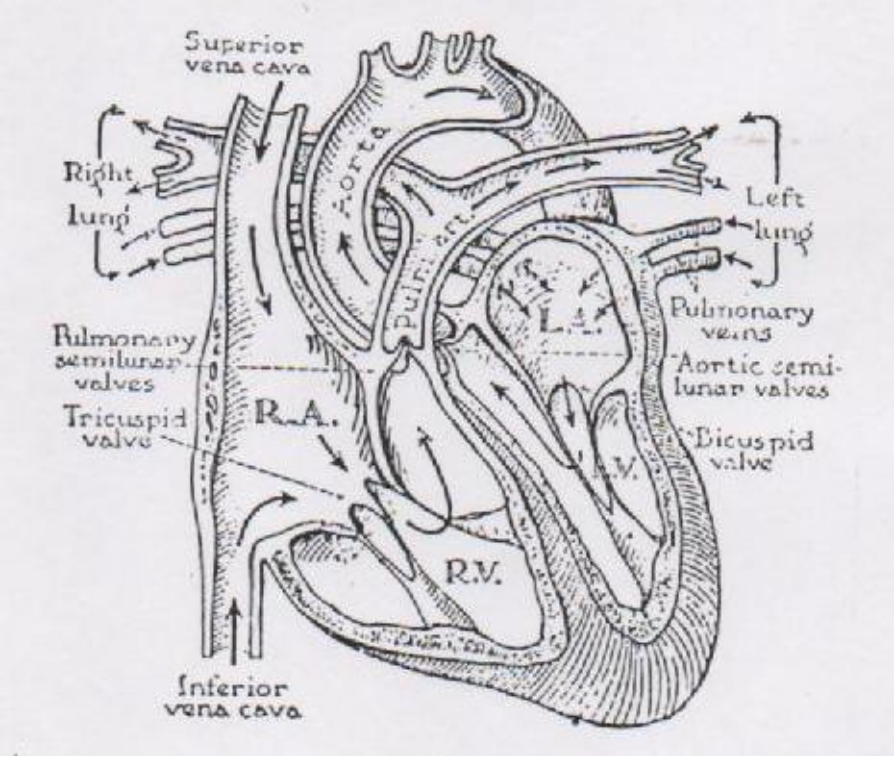
8.1 เลือดในเส้นเลือดที่นำเลือดผ่านการแลกเปลี่ยนสารแล้วกลับจากลำไส้เล็กและตับเข้าสู่หัวใจจะมีปริมาณออกซิเจนลดลง แต่กลับมีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นจากการดูดซึมสารอาหา ที่ย่อยแล้วของลำไส้เล็ก ซึ่งจะส่งเข้ามาให้เส้นเลือดลำเลียงไปหล่อเลี้ยงเนื้อเยื่อของอวัยวะอื่น

8.2 เลือดในเส้นเลือดที่นำเลือดกลับจากไต จะมีปริมาณออกซิเจนลดลง และมีคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่กลับมีของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบลดลง เพราะไตกรองของเสียประเภทนี้ออกจากเลือด เพื่อขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ

9. ภายหลังการแลกเปลี่ยนสารเลือดจากเส้นเลือดฝอยจะไหลเข้าสู่เส้นเลือดดำ (Vein) ขนาดเล็กมากที่เรียกว่า เวนูล (Veinules) ซึ่งเวนูลเหล่านี้หลาย ๆ แขนงจะรวมตัวเป็(Vein) จากเวนหลาย ๆ เวนก็จะมีการรวมตัวกันเป็นเวนขนาดใหญ่ หรือเส้นเลือดดำขนาดใหญ่ ชื่อว่า ซุพีเรียเวนา คาวา (Superior Vana Cava) นำเลือดจากอวัยวะส่วนบนของร่างกายบริเวณศีรษะ คอ อก แขนสองข้าง เข้าสู่หัวใจห้องบนขวา และเส้นเวนขนาดใหญ่อีกเส้นชื่อ อินฟีเรียเวนาคาวา (Inferior Vana Cava) ก็จะนำเลือดส่วนที่เหลือจากอวัยวะอื่น ๆ บริเวณส่วนล่างของร่างกาย คือ ขาสองข้าง และลำตัวเข้าสู่หัวใจห้องบนขวาครบวงจรการไหลของเลือด เลือดภายในร่างกายมีการไหลเวียนที่รวดเร็วมาก วงจรการไหลเวียนของเลือดที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้ โดยปกติจะเกิดภายในเวลาไม่ถึงหนึ่งนาที ทั้งนี้เพื่อให้เซลล์ทุก ๆ เซลล์ภายในร่างกายได้รับสารที่จำเป็นต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมอย่างเพียงพอตลอดเวลาตามรูปที่ 2.22 และรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.22 ลักษณะภายในหัวใจมนุษย์
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 157)



รูปที่ 2.23 ลักษณะห้อง ลิ้น และทิศทางการไหลของเลือดของหัวใจมนุษย์
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 157)

เส้นเลือด

เส้นเลือดในร่างกายมนุษย์มีทั้งหมด 3 ระบบใหญ่ ๆ คือ

1. ระบบเส้นเลือดแดง (Arterial system) หรือระบบเส้นเลือดอาร์เตอรี (Artery system) เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจไปยังอวัยวะและส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นเส้นเลือดที่เลือดมีออกซิเจนสูง ยกเว้นเส้นเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี (Pulmonary artery) ที่นำเลือดที่มีออกซิเจนต่ำไปยังปอด เส้นเลือดแดงประกอบด้วย

1.1 เส้นเลือดเอออร์ตา (Aorta) เป็นเส้นเลือดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดจากหัวใจห้องล่างซ้าย (LV) โค้งไปทางด้านหลังทางซ้ายและทอดผ่านช่องอกและช่องท้องขนาดใหญ่ที่สุด มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว

1.2 เส้นเลือดอาร์เตอริโอล (Arteriole) เป็นเส้นเลือดแดง (Artery) ที่มีขนาดเล็กที่สุดต่อกับเส้นเลือดฝอย (Capillaries) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2 มิลลิเมตร

ลักษณะของระบบเส้นเลือดแดง มีดังนี้

1. มีผนังหนาประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ เนื้อเยื่อด้านในสุดเป็นเนื้อเยื่อบุผิวชั้นกลางเป็นเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่สามารถยืดหยุ่นได้ เนื้อเยื่อชั้นนอกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยืดหยุ่นได้

2. ผนังมีความยืดหยุ่นดีมาก เพราะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำให้สามารถขยายตัวเพื่อรับแรงดันเลือดค่อนข้างสูงที่เกิดจากการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย

(LV) เส้นเลือดแดง (Artery) ที่อยู่ไกลหัวใจออกไปจะมีขนาดเล็กลง กล้ามเนื้อน้อยลง ผนังมีความยืดหยุ่นน้อยลง ดังนั้นเส้นเลือดแดงยิ่งเล็กลงความดันของเลือดก็น้อยลงด้วย

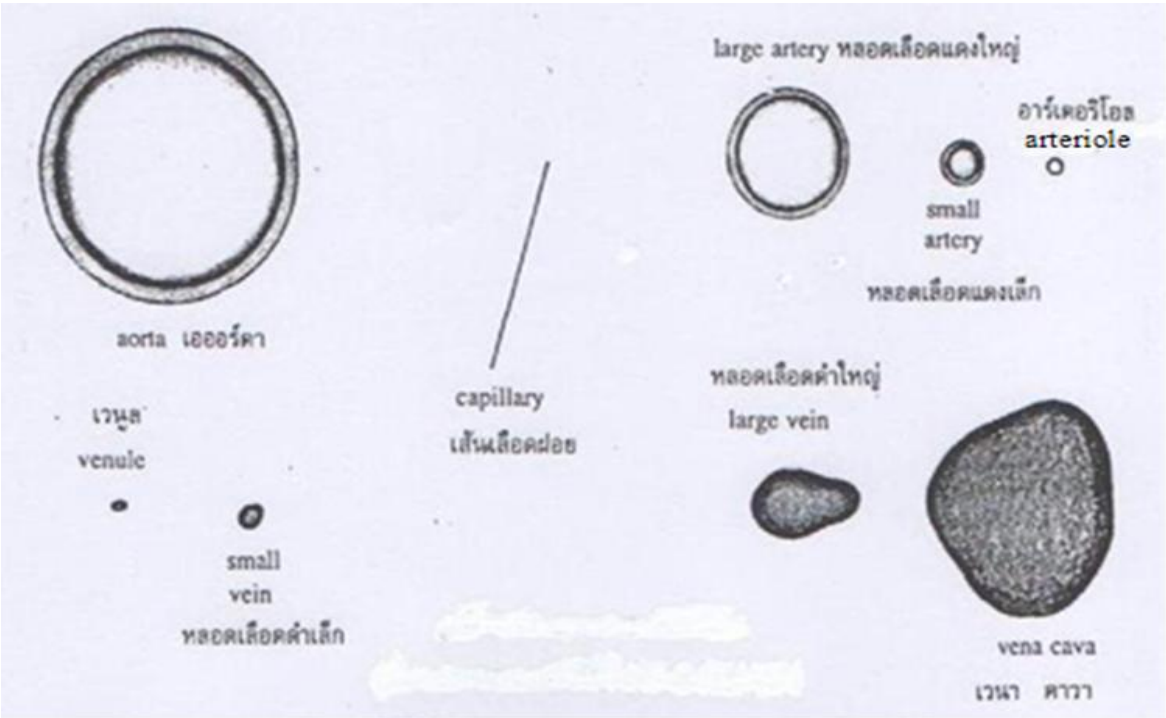
2. ระบบเส้นเลือดดำ (Venous system) หรือระบบเส้นเลือดเวน (Vein system) เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดเข้าสู่หัวใจ เลือดภายในเส้นเลือดดำเป็นเลือดที่มีออกซิเจนน้อย เลือดมีสีแดงคล้ำยกเว้นเส้นเลือดพัลโมนารีเวน (Pulmonary vein) ที่นำเลือดที่มีออกซิเจนสูงมาจากปอด เส้นเลือดดำประกอบด้วย

2.1 เส้นเลือดเวน (Vein) เป็นเส้นเลือดดำที่นำเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเข้าสู่หัวใจมีอยู่ 2 เส้น คือ

2.1.1 ซุพีเรียเวนาคาวา (Superior vena cava) เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดกลับจากศีรษะ คอ อก และแขนเข้าสู่หัวใจ

2.1.2 อินฟีเรียเวนาคาวา (Inferior vena cava) เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดจากส่วนขาและลำตัวเข้าสู่หัวใจ

2.2 เส้นเลือดเวนูล (Veinule) เป็นเส้นเลือดดำที่มีขนาดเล็กที่สุดต่อกับเส้นเลือดฝอย ตามรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ขนาดของเส้นเลือด

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 159)

ลักษณะของระบบเส้นเลือดดำ มีดังนี้

1. มีผนังบางประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น เช่นเดียวกับระบบของเส้นเลือดแดง
2. ผนังมีความยืดหยุ่นได้น้อย เพราะมีเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อย

ตามตารางที่ 2.4

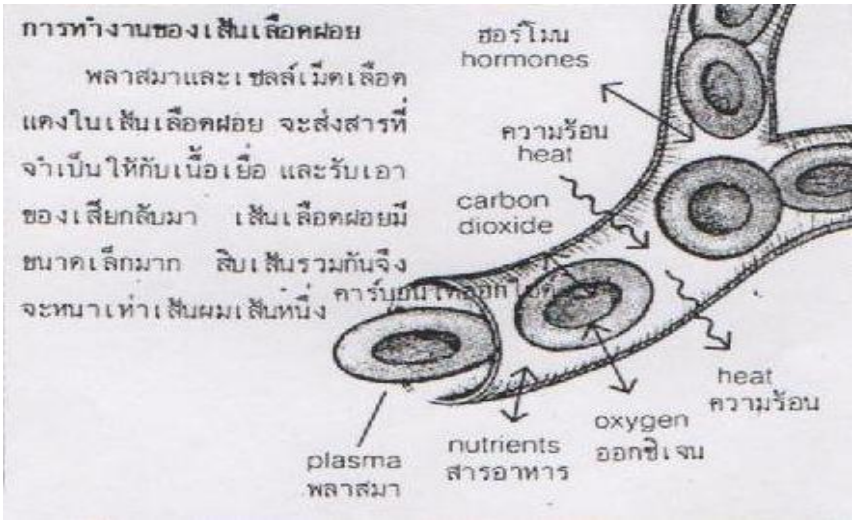
ตารางที่ 2.4 ความแตกต่างระหว่างเส้นเลือดแดงกับเส้นเลือดดำ

ความแตกต่าง	เส้นเลือดแดง	เส้นเลือดดำ
ผนัง	หนาแข็งแรง	บาง
ความยืดหยุ่น	มาก	น้อย
ช่องภายใน	แคบ	กว้าง
สี	แดงสด	แดงคล้ำ
ลิ้น	ไม่มีลิ้นกั้น	มีลิ้นกั้น
ปริมาณออกซิเจน	มีมาก	มีน้อย
หน้าที่	นำเลือดออกจากหัวใจ	นำเลือดเข้าสู่หัวใจ

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 160)

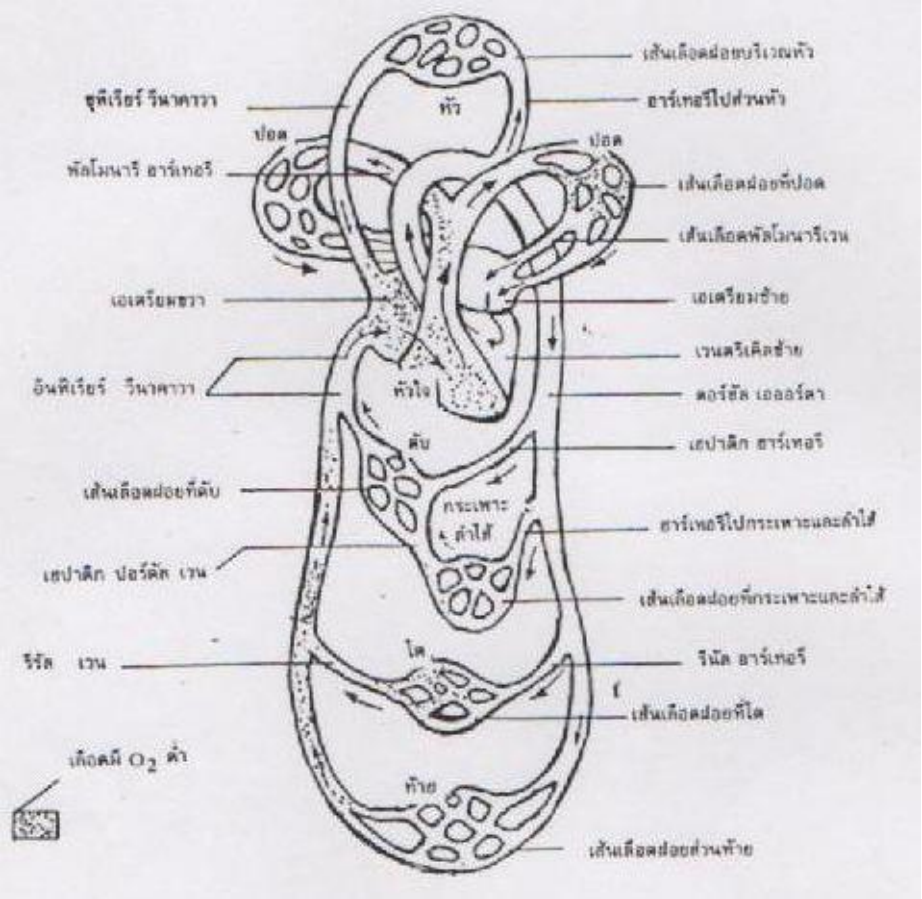
3. ระบบเส้นเลือดฝอย (Capillary)

เส้นเลือดฝอยมีทั้งเส้นเลือดแดงฝอยและเส้นเลือดดำฝอย มีเนื้อเยื่อบางมาก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 ไมโครเมตร ประกอบด้วยเซลล์เพียงชั้นเดียว มีหน้าที่เป็นแหล่งสำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซและสารต่าง ๆ ระหว่างเลือดกับเซลล์ของร่างกาย เส้นเลือดฝอยในร่างกายมีจำนวนมาก เพราะเป็นส่วนที่ต้องแยกไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายตามรูปที่ 2.25 และรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.25 การแลกเปลี่ยนก๊าซและสารต่าง ๆ ของเส้นเลือดฝอย

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 160)



รูปที่ 2.26 การหมุนเวียนของเลือดและเส้นเลือดที่สำคัญไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 161)

เลือดที่มาเลี้ยงหัวใจ

ระบบหมุนเวียนเลือดที่มาเลี้ยงหัวใจโดยเฉพาะเรียกว่า ระบบโคโรนารี (Coronary system) ซึ่งประกอบด้วย

1. โคโรนารีอาร์เตอรี (Coronary artery) เป็นเส้นเลือดแดงที่แยกจากเส้นเลือดเอออร์ตา (Aorta) เส้นเลือดนี้จะนำเลือดที่มีออกซิเจนสูงหรือเลือดดีไปเลี้ยงทุกส่วนของกล้ามเนื้อหัวใจโดยภายในหัวใจจะมีเส้นเลือดอาร์เตอรีโอล (Arteriole) ที่เชื่อมต่อกับเส้นเลือดฝอย (Capillaries) เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดดีภายในเส้นเลือดฝอยกับเซลล์เนื้อเยื่อหัวใจ ดังนั้นหัวใจจึงเป็นอวัยวะแรกที่ได้รับเลือดดี

2. โคโรนารีเวน (Coronary vien) เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดที่มีออกซิเจนต่ำหรือเลือดเสียที่ผ่านการแลกเปลี่ยนสารจากทุกส่วนของกล้ามเนื้อหัวใจไปยังหัวใจห้องบนขวา (RA)

สรีรวิทยาของหัวใจ

หัวใจประกอบด้วยเนื้อเยื่อพิเศษเรียกว่า Myogenic heart เต้นได้เอง เนื้อเยื่อพิเศษนี้เป็นผู้ทำให้หัวใจหดตัวได้โดยไม่มีสิ่งกระตุ้น เรียกว่า Sinoatrial node หรือ S-A node จะอยู่ที่ผนังของหัวใจห้องบนขวาใกล้ ๆ กับรูเปิดของซุพีเรียเวนาคาวา (Superior vena cava) บางทีเรียกว่า ผู้ให้จังหวะการหดตัว (Pacemaker) การหดตัวของหัวใจมีประมาณ 75-80 ครั้งต่อนาที จากนั้นกระแสความรู้สึกจาก S-A node กระจายไปยัง Atrioventricular node หรือ A-V node อยู่ที่ฐานของหัวใจห้องบนขวา ไปยังใยประสาทที่เรียกว่า Atrioventricular bundle หรือ A-V bundle หรือ bundle of His แล้วแยกกิ่งไปยังหัวใจห้องล่างขวา และหัวใจห้องล่างซ้ายทางเส้นใยที่มีชื่อ Purkinje fibers ถึงแม้หัวใจจะเต้น ได้เองแต่ปัจจัยต่าง ๆ อาจมีส่วนร่วมประกอบด้วย

1. การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติได้เอง
2. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจะไปกระตุ้นการทำงานของ S-A node
3. ปฏิกิริยาที่ควบคุมไม่ได้ เช่น ความเครียด การเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ ความเจ็บปวด

หัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายการทำงานของหัวใจจะทำเป็นระยะ ๆ เป็นจังหวะสม่ำเสมอกัน ทั้งนี้การเต้นของหัวใจเกิดจากการที่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัวนั้นเอง การเต้นของหัวใจแต่ละครั้งประกอบไปด้วยตอนที่หัวใจบีบตัว เรียกว่า ซิสโทลิก (Systolic) และตอนที่หัวใจคลายตัว เรียกว่า ไดแอสโทลิก (Diastolic) การเต้นของหัวใจจะควบคุมด้วยระบบประสาท ขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจบีบและคลายตัว จะชักนำให้เกิดความต่างศักย์ของไฟฟ้า สามารถบันทึกได้จากเครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ ซึ่งเรียกว่า อิเล็กโทรคาร์ดิโอกราฟ (Electrocardiograph) ผลจากการบันทึกจะออกมาเป็นรูปกราฟ เรียกว่า คลื่นไฟฟ้าของหัวใจ (Electrocardiogram) ย่อว่า ECG หรือ EKG

ชีพจร (Arterial pulse) หรือ อัตราการเต้นของหัวใจ

ชีพจร คือ คลื่นที่เกิดจากการหดตัวและขยายตัวของเส้นเลือดแดงสลับกัน ซึ่งเริ่มต้นจากหัวใจบีบตัวให้เลือดไหลเข้าไปในเส้นเลือดเอออร์ตา ที่ให้เกิดแรงดันไปดันผนังของเส้นเลือดแดงให้ขยายตัวในขณะที่เลือดผ่านไป ซึ่งถ้าเอามือจับดูจะรู้สึกว่าเส้นเลือดจะขยายและหดตัวสลับกันทุก ๆ ครั้งที่หัวใจห้องล่างหดตัว ตำแหน่งที่สามารถจับชีพจรได้ คือ บริเวณที่มีเส้นเลือดผ่าน เช่น

1. ข้อมือด้านหน้า (Radial & ulna artery)
2. ข้อพับของแขน (Branchial artery)
3. ด้านหลังของหู (Occipital artery)
4. ใต้คางด้านหลัง (Facial artery)
5. บริเวณห่างจากเหนือรอยต่อของกระดูกอกกับกระดูกไหปลาร้า (Common carotid artery)
6. ส่วนกลางของกระดูกไหปลาร้าด้านหลัง (Subclavian artery)
7. เหนือกระดูกต้นแขน (Axillary artery)

8. ด้านในของตาตุ่ม (Posterior tibial artery)

9. ระหว่างกลางของตาตุ่มนอกและใน (Anterior tibial artery)

10. หลังเท้า (Dorsalis pedis)

สิ่งที่ควรรู้จากการวัดชีพจร

1. อัตราการเต้นของชีพจรในภาวะปกติจะเท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจ สภาวะที่ชีพจรเต้นช้าเรียกว่า Bracycardia ส่วนสภาวะที่ชีพจรเต้นเร็วเรียกว่า Tacycardia คนปกติในวัยผู้ใหญ่ชีพจรจะเต้นเฉลี่ย 80 ครั้งต่อนาที

2. จังหวะของชีพจร ชีพจรจะเต้นเป็นจังหวะสอดคล้องกับการเต้นของหัวใจ ถ้าชีพจรเต้นผิดปกติไม่สม่ำเสมอ แสดงว่าหัวใจเต้นผิดปกติไม่สม่ำเสมอด้วย

3. ความแรงของชีพจรขึ้นอยู่กับแรงดันที่ทำให้เกิดชีพจร และจะทำให้ทราบเกี่ยวกับความดันเลือดด้วย

อัตราการเต้นของชีพจร

1. เพศ เพศหญิงจะเต้นเร็วกว่าเพศชาย

2. อริยาบทต่าง ๆ เช่น นั่ง ยืนนอน เดิน จะเต้นไม่เท่ากัน เป็นต้น

3. ขนาดของร่างกาย ผู้ใหญ่จะเต้นช้ากว่าเด็ก

4. การออกกำลังกายทำให้อัตราการเต้นเร็วขึ้น

5. สภาพของร่างกาย เช่น การเสียเลือดทำให้อัตราการเต้นเร็ว เป็นต้น

ความดันเลือด (Blood pressure)

แรงดันเลือดมาจากหัวใจบีบตัวดันเลือดออกไปดันผนังเส้นเลือด และจากความยืดหยุ่นของผนังเส้นเลือดทำให้เกิดแรงดันขึ้น การวัดความดันเลือดควรวัดจากเส้นเลือดที่อยู่ใกล้หัวใจ เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับความดันในหัวใจมากที่สุด ความดันเลือดจะวัดจากเส้นเลือดอาร์เตอรี (Artery) ที่มีความดันมากที่สุดตอนหัวใจบีบตัว (Systole) และน้อยที่สุดตอนหัวใจคลายตัว (Diastole) ความดันเลือดจะสูงต่ำตามจังหวะการบีบของหัวใจดังนี้

1. เมื่อขณะหัวใจบีบตัวเรียกว่า ความดันซิสโทลิก (Systolic pressure) เกิดความดันสูงสุด

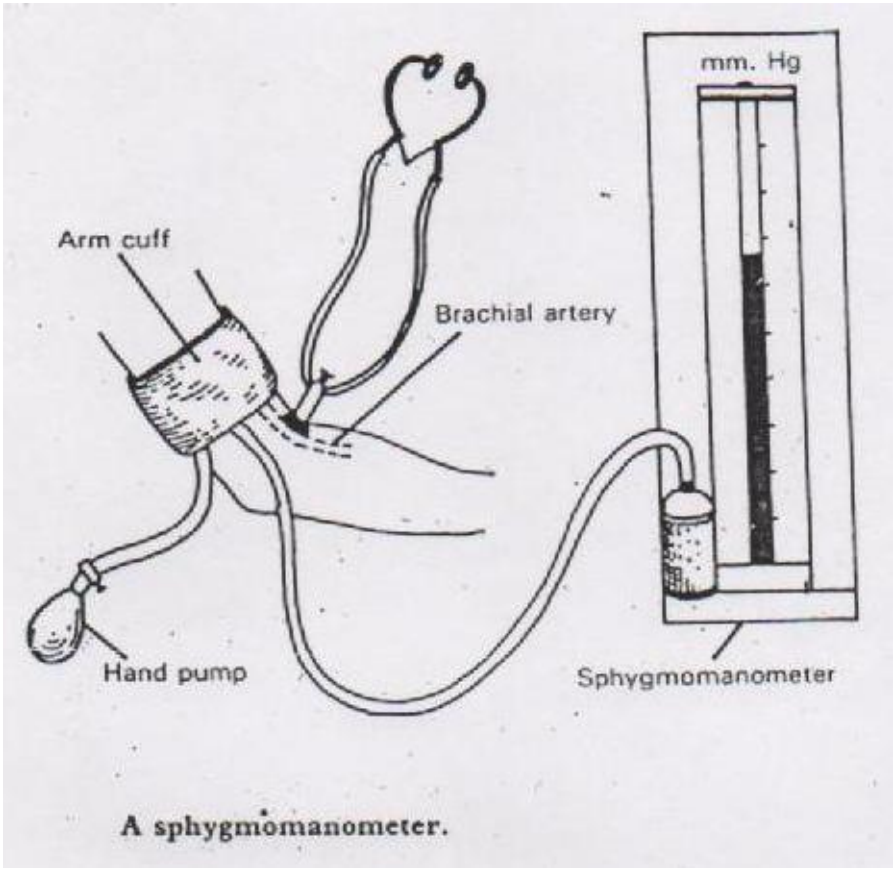
2. เมื่อขณะหัวใจคลายตัวเรียกว่า ความดันไดแอสโทลิก (Diastolic pressure) เกิดความดันต่ำสุด

เครื่องมือที่ใช้วัดความดันโลหิตหรือความดันเลือด

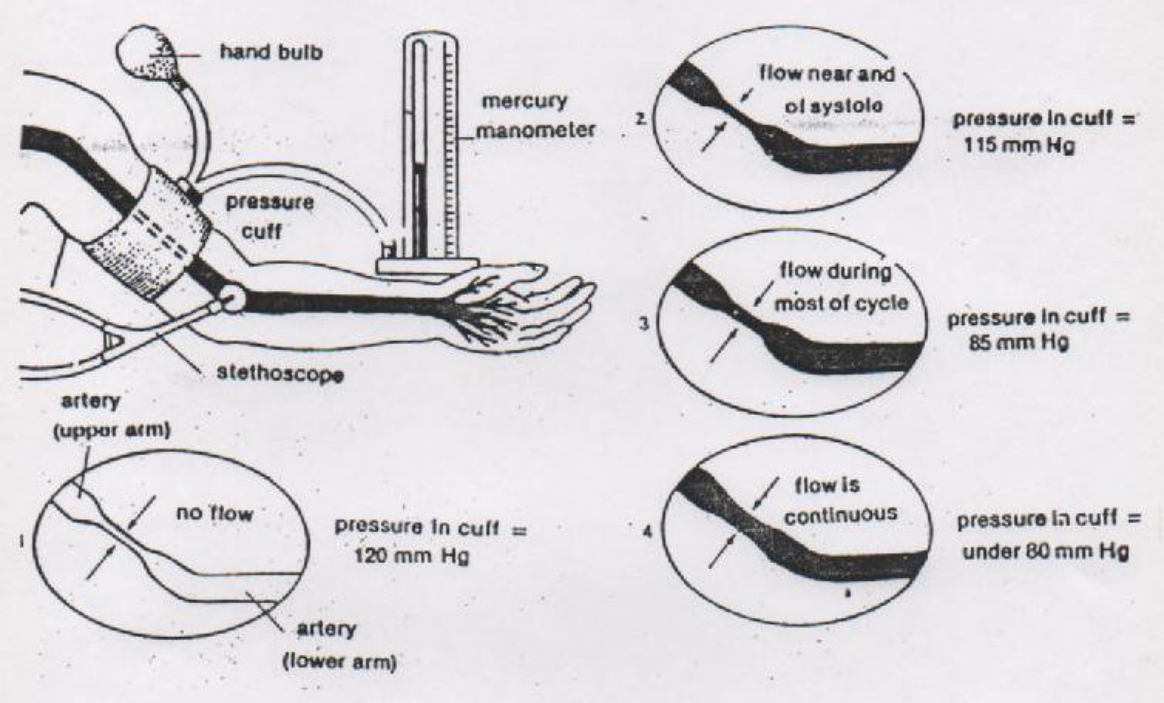
เครื่องมือที่ใช้วัดความดันเลือดเรียกว่า สฟิกโมมาโนมิเตอร์ (Sphygmomanometre) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรของปรอท โดยวัดจากเส้นเลือดแดงหรือเส้นอาร์เตอรีที่ต้นแขนโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ใช้คัฟ (Arm Cuff) พันรอบแขนเหนือข้อศอกประมาณ 1 นิ้ว
2. คลำหาชีพจร (Pulse) ที่เป็นตำแหน่งของเส้นเลือดแดงและวางสเต็ทโทสโคป (Stethoscope) ลงบนตำแหน่งที่พบชีพจร บีบลูกยาง (Hand pump) เป่าลมเข้าคัฟทำให้ความดันรอบแขนเพิ่มขึ้นกดเส้นเลือดแดงให้ตีบลง ทำให้เลือดไหลไปปลายแขนไม่ได้

3. ค่อย ๆ ปล่อยลมออกจากคัฟอย่างช้า ๆ ทำให้ความดันในคัฟลดลง ทำให้เส้นเลือดแดงที่ตีบจะเปิดออกทำให้เลือดไหลผ่านไปด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดเสียงสั่นเรียกว่า Korotk off ค่าความดันสูงสุดขณะที่หัวใจบีบตัว คือ ค่าความดันที่อ่านเมื่อได้ยินเสียงครั้งแรก และค่าความดันสูงสุดขณะที่หัวใจคลายตัว คือ ค่าความดันที่อ่านตอนเสียงหายไป ซึ่งความดันเลือดในเส้นเลือดขนาดต่าง ๆ จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะที่ห่างจากหัวใจ ดังรูปที่ 2.27, 2.28 และ 2.29

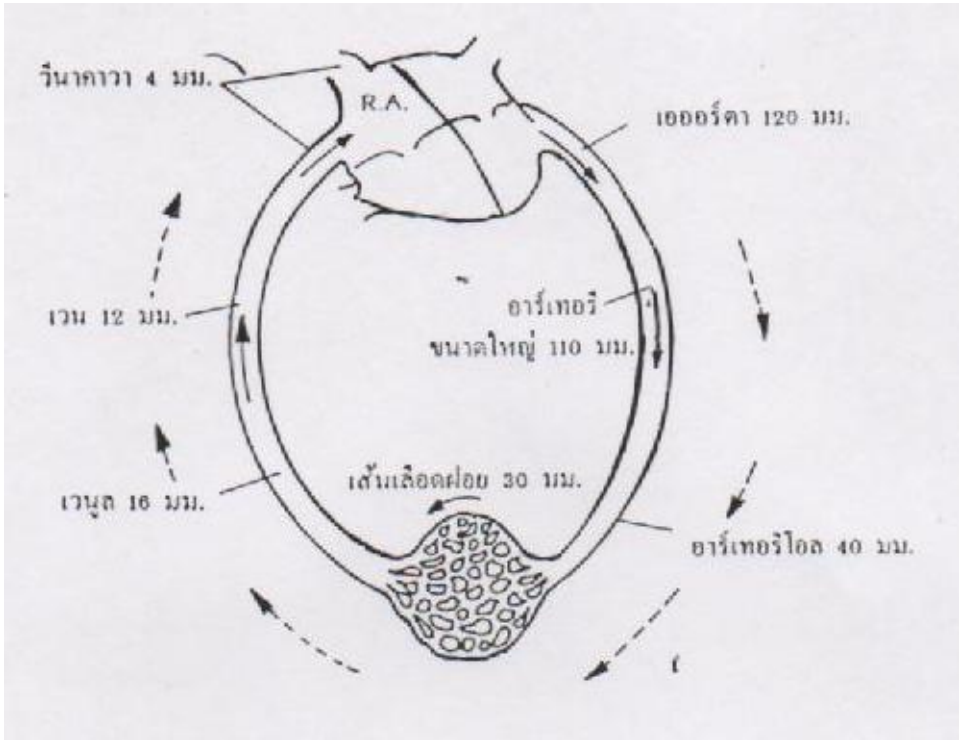


รูปที่ 2.27 เครื่องมือวัดความดันเลือด
(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 240)



รูปที่ 2.28 การวัดความดันเลือด

(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 241)



รูปที่ 2.29 ความดันเลือดในเส้นเลือดขนาดต่าง ๆ หน่วยมิลลิเมตรของปรอท

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 164)

ความดันปกติในขณะหัวใจบีบตัวหาได้จาก

ค่าความดันเลือด = 100 + อายุของคนนั้น ๆ

เช่น อายุ 30 ปี ความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัว = 100 + 30 = 130 มิลลิเมตรของปรอท ในคนหนุ่มสาวปกติจะมีความดันเลือด 120/80 มิลลิเมตรปรอท ตัวเลขแรก 120 หมายถึง ค่าความดันเลือดสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว ตัวเลขหลัง 80 หมายถึง ค่าความดันเลือดต่ำสุดขณะหัวใจคลายตัว

ความดันเลือดของคนปกติสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้ คือ

1. อายุ อายุยิ่งมากความดันเลือดจะมากขึ้น เช่น

เด็กแรกเกิด	มีความดันเลือด	40	มิลลิเมตรของปรอท
อายุ 2 สัปดาห์	มีความดันเลือด	70	มิลลิเมตรของปรอท
อายุ 1 เดือน	มีความดันเลือด	80	มิลลิเมตรของปรอท
อายุ 12 ปี	มีความดันเลือด	105	มิลลิเมตรของปรอท
อายุ 20 ปี	มีความดันเลือด	120	มิลลิเมตรของปรอท

2. เพศ ความดันเลือดในเพศหญิงจะต่ำกว่าเพศชายที่มีอายุเท่า ๆ กัน แต่ในช่วงอายุ 40 – 50 ปี ผู้หญิงจะมากกว่าผู้ชาย เพราะเป็นช่วง Menopause วัยหมดประจำเดือนของผู้หญิง

3. น้ำหนักตัว คนอ้วนมักจะมีความดันเลือดสูงกว่าคนผอม เพราะว่าหลอดเลือดขาดความยืดหยุ่นมีไขมันสะสม ขนาดหลอดเลือดเล็กลง ความต้านทานเพิ่ม ความดันเลือดสูงขึ้น หัวใจทำงานหนักมากขึ้น

4. อารมณ์ ขณะที่มีอารมณ์ตึงเครียดโกรธโมโหและกลัวความดันเลือดจะสูง

5. การออกกำลังกาย ในขณะกระทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การออกกำลังกายต่าง ๆ การวิ่ง การยืน การเดิน ความดันเลือดจะสูง ตอนนอนและนั่งความดันเลือดจะต่ำ

6. แรงดึงดูดของโลก ถ้าอยู่ในที่สูงจะมีความดันเลือดสูงกว่าในที่ต่ำ

7. ช่วงเวลา ตอนเช้าความดันเลือดจะต่ำ ในช่วงบ่ายความดันเลือดจะสูงสุด

8. ความยืดหยุ่นของผนังเส้นเลือดแดงใหญ่เออร์ตา (Aorta) ถ้ามีการหดขยายตัวได้มากจะทำให้เส้นเลือดกลับคืนสู่สภาวะปกติได้ดี ถ้าหลอดเลือดขาดความยืดหยุ่นจะทำให้ความดันเลือดสูงกว่าปกติ เวลาหัวใจบีบตัวและจะต่ำกว่าปกติเวลาหัวใจคลายตัว

9. พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม คนเอเชียจะมีความดันเลือดต่ำกว่าคนยุโรป เพราะว่าสภาพอากาศแถบยุโรปจะมีความหนาวเย็นจึงทำให้คนยุโรปรับประทานอาหารที่มีไขมันมาก

โรคหัวใจ

โรคหัวใจเป็นโรคที่ทำให้ร่างกายไม่แข็งแรงไม่สามารถทำงานอันเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคมได้ โรคหัวใจทำลายชีวิตมนุษย์ปีละมาก ๆ โรคหัวใจแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ

1. โรคหัวใจแต่กำเนิด เป็นโรคที่มีมาแต่แรกเกิด สาเหตุเกิดจากความผิดปกติในการเจริญเติบโตของหัวใจ ซึ่งอาจเกิดจากการติดเชื้อของมารดาระหว่างตั้งครรภ์ หรือเกิดจากยาบางชนิดที่มารดารับประทานระหว่างตั้งครรภ์

ชนิดของโรค

1. ลิ้นหัวใจตีบแคบ
2. มีช่องต่อระหว่างเส้นเลือดที่ออกจากหัวใจ
3. มีช่องโหว่เกิดขึ้นที่ผนังกั้นระหว่างหัวใจห้องขวาและหัวใจห้องซ้าย

อาการของโรค เด็กที่เป็นโรคนี้จะมีอาการ

1. ดูดนมไม่นาน
2. เหนื่อยง่าย หอบ
3. ร่างกายและสมองไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร
4. ริมฝีปากและเล็บเขียว

การรักษาและป้องกัน

1. ในหญิงมีครรภ์ควรระมัดระวังการรับประทานยา ต้องปรึกษาแพทย์ทุกครั้ง
2. ถ้าพบเด็กมีอาการสงสัยว่าเป็นโรคนี้ ควรรีบนำไปพบแพทย์โดยเร็วที่สุด

2. โรคหัวใจที่มีสาเหตุมาจากเชื้อโรค เป็นโรคที่มีสาเหตุเกิดจากการติดเชื้อโรค เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส

ชนิดของโรค

เกิดจากเชื้อแบคทีเรียทำให้ต่อมทอนซิลอักเสบ คือ โรคหัวใจรูห์มาติกเกิดมากที่สุด

อาการของโรค

เชื้อแบคทีเรีย ทำให้เกิดโรคต่อมทอนซิลอักเสบ ซึ่งปล่อยพิษออกมาทำให้เกิดการอักเสบขึ้นตามอวัยวะต่าง ๆ และที่ลิ้นหัวใจ เมื่ออาการอักเสบหายไปจะเกิดผลที่ลิ้นหัวใจ ทำให้ลิ้นหัวใจตีบหรือรั่ว ผู้ป่วยมักมีอาการไข้ เจ็บคอ ปวดตามข้อ จากนั้นมีอาการเหนื่อย หอบ

การรักษาป้องกัน

เมื่อผู้ป่วยเจ็บคอ เป็นไข้ ควรพบแพทย์เพื่อป้องกันมิให้เป็นโรคหัวใจรูห์มาติก

3. โรคหัวใจที่เกิดจากเลือดมาเลี้ยงหัวใจ

เส้นเลือดที่มาเลี้ยงหัวใจ คือ เส้นเลือดโคโรนารี(Coronary) ถ้าเส้นเลือดนี้เกิดความผิดปกติขึ้น เช่น มีการอุดตันทำให้กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดมาหล่อเลี้ยง ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจส่วนนี้ตาย ถ้ากล้ามเนื้อส่วนที่ตายเป็นกล้ามเนื้อที่สำคัญจะทำให้หัวใจเต้นผิดปกติ เกิดภาวะหัวใจวายหรือหยุดเต้น ทำให้ผู้ป่วยถึงแก่ความตายได้

สาเหตุของโรค

โรคเส้นเลือดเลี้ยงหัวใจอุดตันมักเกิดกับบุคคลที่อายุค่อนข้างมากจะพบในชายมากกว่าหญิง เนื่องมาจาก

1. มีไขมันในเลือดสูง
2. ความดันเลือดสูง
3. เป็นโรคเบาหวาน
4. สูบบุหรี่จัด
5. ความเครียดทางอารมณ์สูง

อาการของโรค

1. เส้นเลือดเลี้ยงหัวใจตีบ ทำให้เลือดมาเลี้ยงหัวใจได้น้อยลง หัวใจต้องทำงานมากขึ้น หัวใจต้องเต้นเร็วขึ้นเลือดมาเลี้ยงหัวใจไม่พอ จะมีอาการเจ็บที่หน้าอกเวลาออกกำลังกาย

2. เส้นเลือดเลี้ยงหัวใจอุดตัน ถ้าเกิดการอุดตันที่เส้นเลือดเล็ก ๆ จะมีอาการเหนื่อยหอบ แต่ถ้าเกิดการอุดตันที่เส้นเลือดใหญ่ หัวใจจะหยุดเต้นทันทีถึงแก่ชีวิตโดยเฉียบพลัน

การป้องกันและการรักษา

1. ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ
2. ลดอาหารบางประเภทที่ทำให้ไขมันในเส้นเลือดสูง เช่น ไข่แดง เป็นต้น
3. เลิกการสูบบุหรี่
4. ทำจิตใจให้สงบไม่เคร่งเครียดจนเกินไป
5. การรักษาควรปฏิบัติตามคำสั่งแพทย์โดยเคร่งครัด

2.3.7 ส่วนประกอบของเลือดมนุษย์

ในร่างกายของมนุษย์ที่โตเต็มที่จะมีเลือดประมาณร้อยละ 7-8 ของน้ำหนักตัวในส่วนของเลือดในร่างกายประกอบด้วย

1. ส่วนที่เป็นของเหลว (Liquid content) เรียกว่า น้ำเลือดหรือพลาสมา (Plasma) มีประมาณร้อยละ 55 ของปริมาณเลือดทั้งหมด ประกอบด้วย

1.1 น้ำ ช่วยรักษาระดับปริมาณของเลือดและความดันเลือดให้คงที่ เป็นตัวกลางในการลำเลียงสารต่าง ๆ เป็นตัวละลายแร่ธาตุบางชนิด และทำให้เซลล์เปียกชื้นอยู่ตลอดเวลา ในเลือดจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 90-93

1.2 แร่ธาตุ ช่วยรักษาระดับสารในเลือดเกิดแรงดันออสโมติกมีประมาณร้อยละ 1 ของน้ำเลือด เช่น โซเดียมคลอไรด์ แมกนีเซียม แคลเซียม

1.3 โปรตีน มีประมาณร้อยละ 6-8 ของน้ำเลือด ทำหน้าที่ให้เลือดมีความหนืด มีความดันออสโมซีสช่วยรักษาสมดุลของน้ำ โปรตีนที่พบได้แก่

1.3.1 ไฟบริโนเจน (Fibrinogen) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด

1.3.2 อัลบูมิน (Albumin) มีหน้าที่ทำให้เกิดแรงดันออสโมซีส

1.3.3 โกลบูลิน (Globulin) ช่วยควบคุมปริมาณน้ำในร่างกายที่ทำหน้าที่เป็นแอนติบอดี (Antibody)

1.4 อื่น ๆ

1.4.1 น้ำตาลในเลือดจะอยู่ในรูปของน้ำตาลกลูโคส คนปกติจะมีปริมาณ 60-100 มิลลิกรัมใน 100 ลูกบาศก์มิลลิเมตรของเลือด

1.4.2 ไขมันในเลือดจะอยู่ในสภาพของกรดไขมัน (Fatty acid) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และคลอเรสเตอรอล (Cholesterol)

1.4.3 มีเอนไซม์ (Enzyme)

1.4.4 ก๊าซที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ คือ ก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนมากจะอยู่ในรูปของโบคาร์บอเนต

1.4.5 วิตามินหลายชนิด คือ วิตามินเอ วิตามินบีรวม วิตามินซี วิตามินดี

1.4.6 ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Nitrogenous waste) เช่น ยูเรีย (Urea) เป็นต้น

2. ส่วนที่เป็นเซลล์ลอยอยู่ในน้ำเลือด (Cellular content or Formed element) เรียกว่า เม็ดเลือด (Blood corpuscle) มีปริมาณร้อยละ 45 ของปริมาณเลือดทั้งหมดประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte) เซลล์เม็ดเลือดขาว (Leucocyte) และเพลตเลต (Platelet) ดังนี้คือ

2.1 เซลล์เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte or Red blood cell ย่อว่า RBC)

เม็ดเลือดแดงเป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีสีแดง มีหน้าที่สำคัญในการลำเลียงก๊าซออกซิเจนไปให้เซลล์ของร่างกาย โดยออกซิเจนจะจับกับโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดง คือ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อฮีโมโกลบินมีออกซิเจนมาเกาะจะเป็นออกซิฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) ทำให้เลือดเป็นสีแดงจัด พบว่าเลือดที่มีฮีโมโกลบิน 100 มิลลิลิตรของเลือดจะขนส่งออกซิเจนได้ 20 มิลลิลิตร แต่ถ้าเลือดไม่มีฮีโมโกลบินจะขนส่งออกซิเจนได้เพียง 1 มิลลิลิตรเท่านั้น ฮีโมโกลบินสามารถรวมกับก๊าซอื่น ๆ ได้อีก คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งสามารถรวมได้ง่ายและไม่ยอมปล่อยฮีโมโกลบินให้เป็นอิสระ จึงไม่สามารถรับออกซิเจนได้ ดังนั้น ผู้ที่สูดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไปมาก ๆ จะตายด้วยการขาดออกซิเจน

ลักษณะรูปร่างของเม็ดเลือดแดง

เซลล์เม็ดเลือดแดงของมนุษย์ที่สร้างขึ้นใหม่ ๆ เป็นเซลล์ที่มีนิวเคียส แต่เมื่อเจริญเต็มที่จะไม่มีนิวเคียส และไม่มีไมโทคอนเดรีย จะมีลักษณะรูปร่างกลมตรงกลางเซลล์จะแฟบเข้าหากันแบบเลนส์เว้า การที่เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคียสนี้ ช่วยทำให้เคลื่อนที่ไปในของเหลวหรือน้ำเลือดได้ดี และทำให้อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากขึ้น ทำให้มีฮีโมโกลบินที่ผิวเม็ดเลือดแดงมากขึ้น แต่อายุของเม็ดเลือดแดงจะสั้น เนื่องจากไม่มีการสังเคราะห์สารต่าง ๆ การซ่อมแซมส่วนต่าง ๆ ซึ่งเป็นหน้าที่ของนิวเคียส

เซลล์เม็ดเลือดแดงมีอยู่ในร่างกายเป็นจำนวนมากในผู้ชายปกติจะมี 5 ล้านเซลล์ต่อเลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร แต่ในผู้หญิงจะมี 4.5 - 5 ล้านเซลล์ต่อเลือด 1ลูกบาศก์มิลลิเมตร คนที่มีเม็ดเลือดแดงน้อยกว่า 3.5 ล้านเซลล์ต่อเลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร เรียกว่า เป็นโรคโลหิตจาง (Anemia) โดยปกติเม็ดเลือดแดงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ7 – 8 ไมโครเมตรหรือไมครอน (μm)

การสร้างและการทำลายเม็ดเลือดแดง

แหล่งที่สร้างเม็ดเลือดแดงจะเปลี่ยนไปตามอายุดังนี้

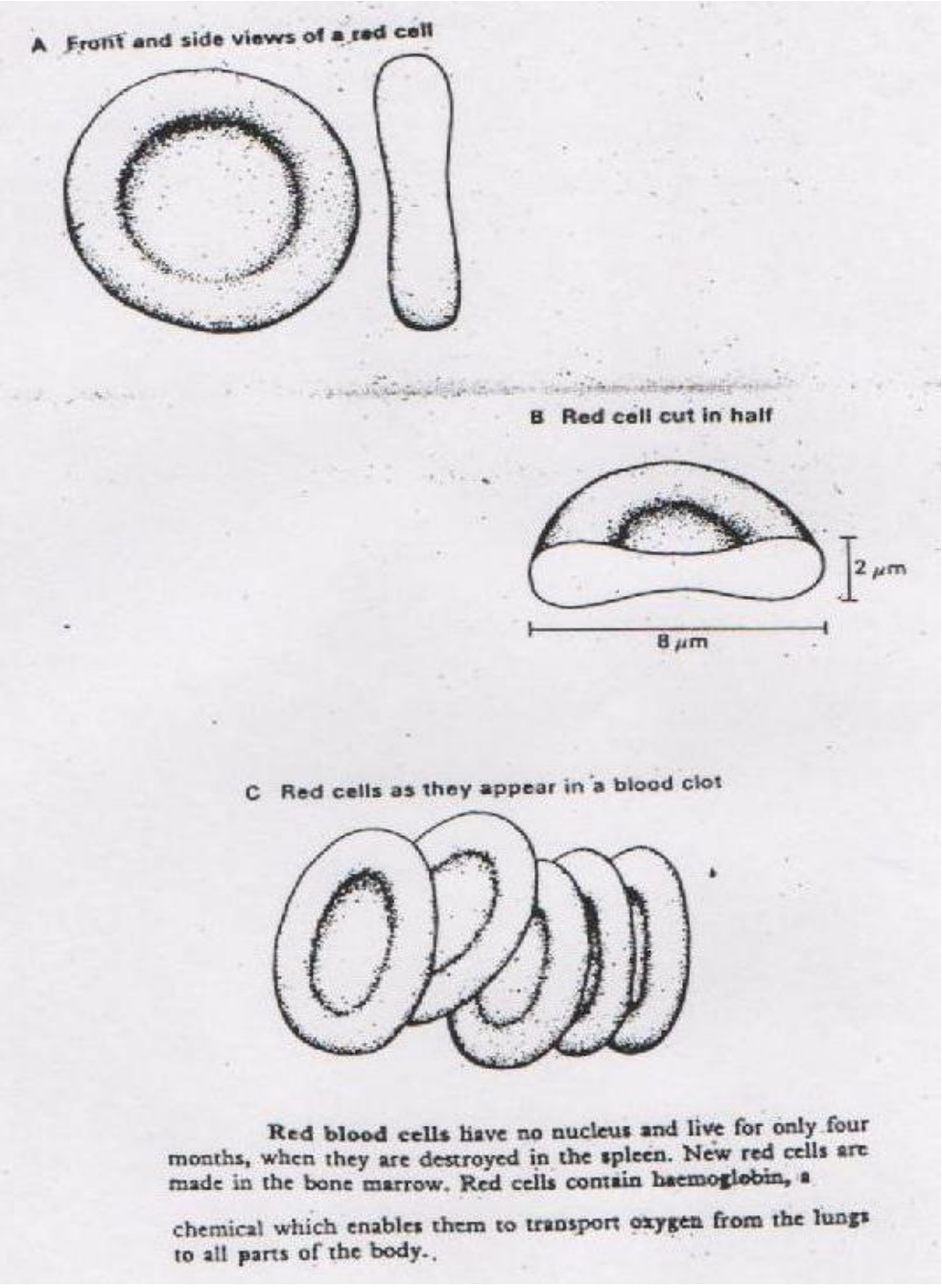
1. ทารกที่อยู่ในมดลูกสร้างจากถุงไข่แดง (Yolk sac) ม้าม (Spleen) ตับ (Liver) ต่อมน้ำเหลือง (Lymph node) และไขกระดูก (Bone marrow)

2. หลังคลอดสร้างจากไขกระดูกเฉพาะของกระดูกท่อนยาว ๆ เช่น กระดูกขา

3. หลังอายุ 20 ปี ไขกระดูกของกระดูกยาวจะหยุดสร้างเม็ดเลือดแดง แต่จะสร้างจากกระดูกที่โคนขาและโคนแขน กระดูกอก (Sternum) กระดูกซี่โครง (Ribs) กระดูกไหปลาร้า (Clavicle) และกระดูกกะโหลก (Skull) บางชิ้น เม็ดเลือดแดงที่สร้างจากไขกระดูกของกระดูกจะมีลักษณะเป็นแผ่น

เม็ดเลือดแดงมีอยู่ในเลือดมนุษย์ทั้งหมดประมาณ 25 ล้าน ๆ เซลล์ มีอายุอยู่ในเส้นเลือดประมาณ 90 - 120 วัน เม็ดเลือดแดงที่แก่จะถูกทำลายด้วยตับ (Liver) และม้าม (Spleen) แต่จำนวนของเม็ดเลือดแดงจะไม่เปลี่ยนแปลง เพราะอัตราการผลิตเท่ากับอัตราการทำลายคือประมาณ5 – 10 ล้านเซลล์

ต่อวินาที ส่วนประกอบที่สำคัญของเม็ดเลือดแดง เช่น เหล็กและโปรตีน จะไม่ถูกกำจัดออกนอกร่างกาย สามารถนำมาใช้สร้างเม็ดเลือดแดงใหม่ได้อีก ตามรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 เม็ดเลือดแดงของมนุษย์
(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 257)

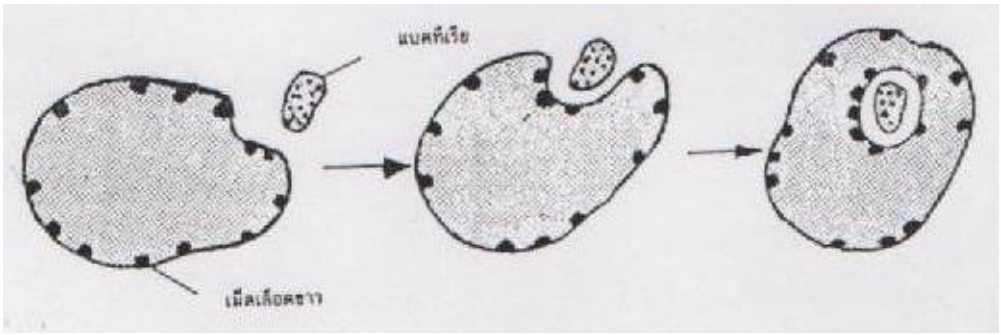
2.2 เซลล์เม็ดเลือดขาว (Leucocyte or White blood cell ย่อว่า WBC)

เม็ดเลือดขาวมีหน้าที่สำคัญในการทำลายเชื้อโรคและสารแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย เม็ดเลือดขาวจะลอยปะปนอยู่กับเม็ดเลือดแดงภายในเส้นเลือด เป็นเซลล์ที่มีนิวเคียสตลอดชีวิตแต่ไม่มีฮีโมโกลบินในคนปกติจะมีเม็ดเลือดขาวประมาณ 5,000 – 10,000 เซลล์ต่อเลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร จำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาวจะเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ ในกรณีที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายอักเสบ เช่น ไส้ติ่งอักเสบ ปอดบวม เป็นไข้ มีเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายหลังออกกำลังกาย ร่างกายถูกอากาศหนาวจัด หลังอาหารหรือในสตรีระหว่างมีครรภ์ ในบางกรณีที่เกิดการอักเสบจากเชื้อไวรัสหลายชนิด จะมีผลทำให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวลดลงกว่าปกติ ด้วยเหตุนี้เองในการตรวจร่างกายผู้ป่วยติดเชื้อ แพทย์จะตรวจหาปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวร่วมไปกับการตรวจนับเซลล์เม็ดเลือดแดงสำหรับการวินิจฉัยโรค ถ้าการสร้างเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไม่มีการลดให้คงเดิมเรียกว่า เป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาว หรือลิวคีเมีย (Leukemia) ซึ่งเป็นโรคอันตรายและพบมาก

ชนิดของเม็ดเลือดขาว

เซลล์เม็ดเลือดขาวแบ่งออกได้ดังนี้

1. ฟาโกไซต์ (Phagocyte) เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีเม็ดเลือดเล็ก ๆ เรียกว่าแกรนูล (Granule) อยู่ในไซโทพลาสซึม มีนิวเคียส 1 ก้อน ซึ่งจะคอดเป็นพูหลายพู พูเหล่านี้ไม่แยกออกจากกัน เม็ดเลือดขาวชนิดนี้มีมากกว่าชนิดอื่นๆ มีรูปร่างลักษณะกลมคล้ายผลส้ม เจริญพัฒนาที่ไขกระดูก (Bone marrow) มีหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมโดยวิธี ฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis) ด้วยการยื่นส่วนของไซโทพลาสซึมโอบรอบเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมนั้นคล้ายกับอมีบา ตามรูปที่ 2.31

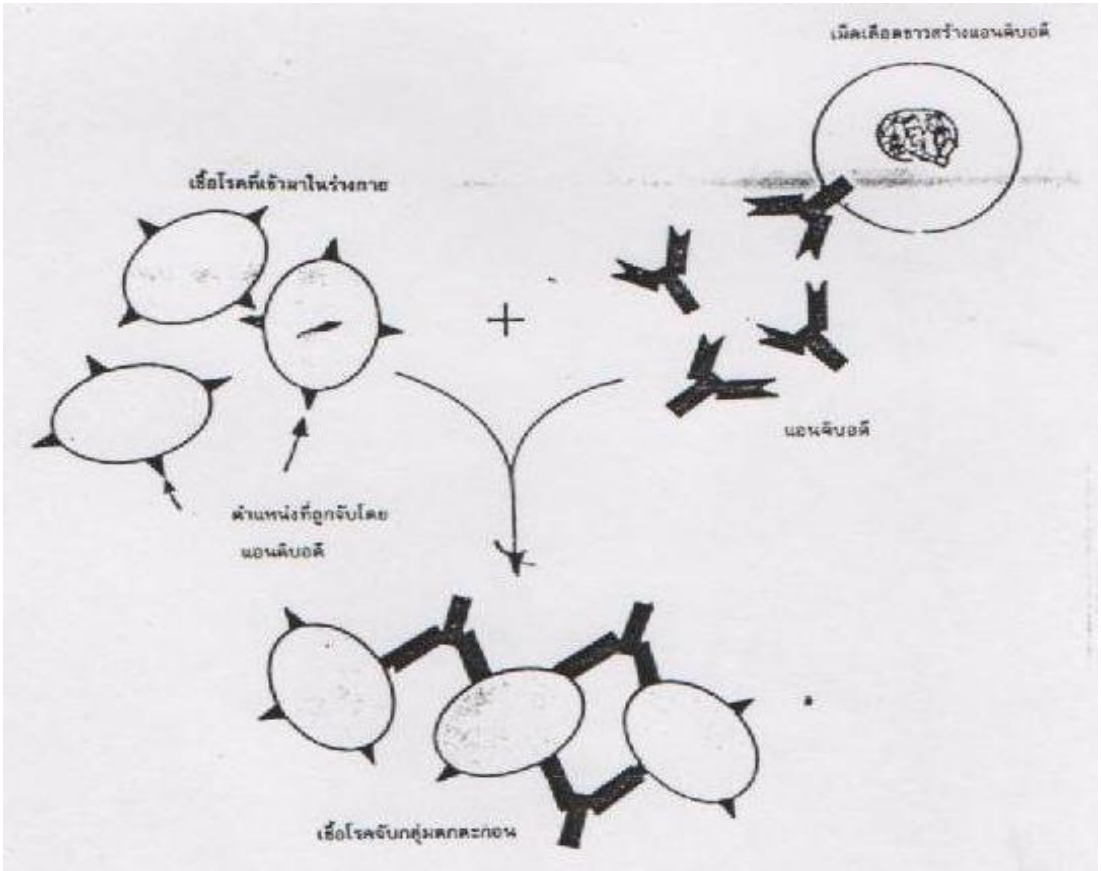


รูปที่ 2.31 การกำจัดเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวโดยวิธีฟาโกไซโทซีส
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 172)

2. ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ไซโทพลาสซึมมีลักษณะใสและไม่พบแกรนูล มีนิวเคียสใหญ่ไม่แบ่งเป็นพู รูปร่างลักษณะกลมเส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์ยาวประมาณ 8 – 10 ไมครอน (μm) เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีขนาดเล็กที่สุดมีประมาณ 1,500 – 4,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร เป็นเม็ดเลือดขาวที่สำคัญที่สามารถรับรู้สิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายและสามารถตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรค โดยสร้างภูมิคุ้มกันที่จำเพาะเจาะจงขึ้นมาต่อต้านสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคต่าง ๆ สารที่สร้างขึ้นมาเป็นพวกโปรตีนเรียกว่า แอนติบอดี (Antibody) มี 2 ชนิด คือ

2.1 ลิมโฟไซต์ชนิดบี (B-lymphocyte) หรือเซลล์บี (B-cell) สร้างมาจากต่อมน้ำเหลืองมีหน้าที่สร้างตัวต่อต้านโรค

2.2 ลิมโฟไซต์ชนิดที (T-lymphocyte) หรือเซลล์ที (T-cell) สร้างมาจากต่อมไธมัส (Thymus gland) ที่ขั้วหัวใจมีหน้าที่ควบคุมการสร้างตัวต่อต้านโรคตามรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 การทำลายเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวโดยการสร้างแอนติบอดี
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 173)

3. โมโนไซต์ (Monocyte) เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่สร้างมาจากไขกระดูก (Bone marrow) มีขนาด 15-20 ไมครอน (μm) เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีขนาดใหญ่มากที่สุดแต่มีนิวเคียสขนาดค่อนข้างเล็ก ลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม มีโครมาติน (Chromatin) ในนิวเคียสประมาณร้อยละ 4-8 จะอยู่ในเลือดระยะหนึ่งแล้วจะเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่ออวัยวะต่าง ๆ และเปลี่ยนแปลงไปเป็นแมคโครเฟจ (Macrophage) มีขนาดใหญ่รูปร่างไม่คงที่ มีความสามารถในการกินสิ่งแปลกปลอมได้ดีมาก กระจายอยู่รอบ ๆ เส้นเลือดเล็ก ๆ ที่ตับ ม้าม ปอด ต่อมน้ำเหลือง เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เม็ดเลือดชนิดนี้มีหน้าที่ทำลายเซลล์ผิดปกติ เศษเซลล์ป้องกันการติดเชื้อบางชนิด

2.3 เพลตเลต (Platelet)

เพลตเลตสามารถเรียกได้หลายชื่อ เช่น เศษเม็ดเลือด เกล็ดเลือด หรือแผ่นเลือด เพลตเลตเป็นชิ้นส่วนของไซโทพลาสซึม (Cytoplasm) ของเซลล์ขนาดใหญ่ชนิดหนึ่งชื่อ เม็กกะคูรีโอไซต์ (Megakuryocyte) ซึ่งสร้างจากไขกระดูกเป็นชิ้น ๆ แล้วจึงเข้าสู่เส้นเลือด มีขนาดเล็กมาก รูปร่างไม่แน่นอน มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 มครอน (μm) มีจำนวน 250,000 – 500,000 ชิ้นต่อเลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร มีอายุประมาณ 10 วัน มีหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด (Blood clotting)

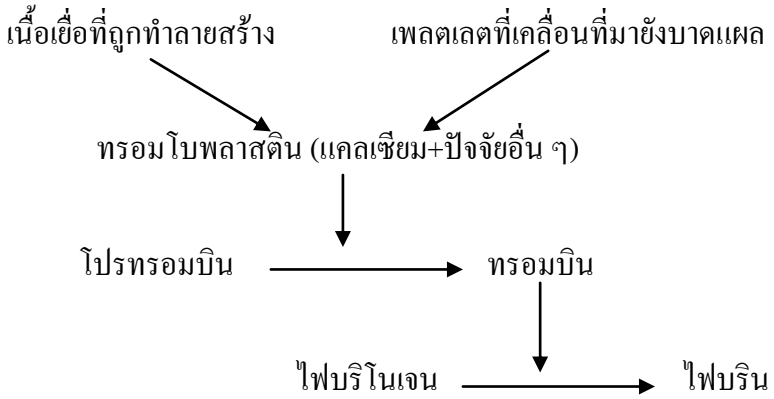
กระบวนการแข็งตัวของเลือด

1. เมื่อเกิดบาดแผลผนังของเส้นเลือดฉีกขาด เซลล์ได้รับอันตราย เพลตเลตจะเคลื่อนที่มายังบริเวณเส้นเลือดที่ฉีกขาดและเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายแล้ว ทั้งเพลตเลตและเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายจะทำการปล่อยเอนไซม์ทรอมโบพลาสติน(Thromboplastin) ออกมา

2. ทรอมโบพลาสตินจะไปเปลี่ยนโปรทรอมบิน (Prothrombin)ให้เป็นทรอมบิน (Thrombin) โดยใช้แคลเซียม (Calcium และวิตามินเค (Vitamin K เป็นตัวกระตุ้น

3. ทรอมบิน จะไปเปลี่ยนไฟบริโนเจน (Fibrinogen) ซึ่งเป็นโปรตีนในเลือดให้เป็นไฟบริน (Fibrin) โดยใช้แคลเซียมเป็นตัวกระตุ้น

4. ไฟบริน จะถักทอสานกันเป็นเส้นใยร่างแหแล้วหดตัวและดึงผิวบาดแผลให้ชิดกันปิดบาดแผลไว้ทำให้เลือดหยุดไหลส่วนของเหลวใส ๆ ที่อยู่ใกล้สะเก็ดแผล คือ ซีรัม (Serum) ตามแผนภูมิที่ 2.3



แผนภูมิที่ 2.3 การแข็งตัวของเลือด
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 176)

โปรตีนและเอนไซม์ที่ทำให้เลือดแข็งตัวผลิตมาจากตับ ถ้าเป็นโรคตับอักเสบ ตับแข็ง สารที่ช่วยในการแข็งตัวของเลือดอาจจะผลิตไม่เพียงพอ ทำให้เลือดหยุดไหลได้ หรือถ้าขาดวิตามินเคก็จะมีผลต่อการหยุดไหลของเลือดเช่นกัน ในกรณีที่คนเป็นโรคฮีโมฟีเลีย (Hemophilia) ซึ่งเป็นโรคทางพันธุกรรมที่เพลตเลต ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ทรอมโบพลาสติน (Thromboplastin) ทำให้เลือดไม่แข็งตัวเวลามีบาดแผล จึงอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ง่ายแม้ร่างกายมีบาดแผลไม่ใหญ่นัก เนื่องจากเลือดไหลไม่หยุด

สารที่ต่อต้านการแข็งตัวของเลือด

1. สารที่ไปทำปฏิกิริยากับแคลเซียมทำให้ขาดแคลเซียม เลือดจะไม่แข็งตัว เช่น โซเดียมออกซาเลต โซเดียมซีเตรต แอมโมเนียมออกซาเลต และแอมโมเนียมซิเตรต

2. สารที่ไปลดการเปลี่ยนโปรทรอมบินไปเป็นทรอมบิน ทำให้ไม่มีทรอมบินเกิดขึ้นได้แก่ เฮปาริน (Heparin)

3. สารที่ไปลดการสังเคราะห์โปรทรอมบิน ได้แก่ สารไดคิวมารอล (Dicoumarol) ซึ่งได้จากพืชตระกูลถั่ว

ลักษณะทางกายภาพของเลือด

1. pH ของเลือดคนปกติประมาณ 7.35 - 7.45 เป็นเบส
2. มีรสเค็มเล็กน้อย
3. มีความหนืดประมาณ 10 เท่าของน้ำ
4. มีความถ่วงจำเพาะ 1.040 – 1.055

หน้าที่ของเลือด

เลือดเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

1. ลำเลียงก๊าซออกซิเจนจากการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอดไปสู่เนื้อเยื่อทั่วร่างกาย
2. ลำเลียงสารอาหารที่ผ่านการย่อยแล้วจากลำไส้เล็กไปให้เนื้อเยื่อทั่วร่างกาย
3. ลำเลียงของเสียต่างๆ จากเนื้อเยื่อไปยังอวัยวะขับถ่าย เช่น นำคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อต่าง ๆ ไปขับถ่ายที่ปอด นำของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบไปขับถ่ายทางไต
4. ลำเลียงฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อไปควบคุมการทำงานและการเจริญเติบโตของอวัยวะต่าง ๆ
5. ป้องกันร่างกายจากการติดเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ โดยอาศัยเม็ดเลือดขาว และลำเลียงสารพวกแอนติบอดี (Antibody) ไปต่อสู้กับเชื้อโรค
6. รักษาสมดุลกรดด่าง (Acid base balance) ของร่างกายโดยอาศัยเม็ดเลือดแดง โปรตีนในพลาสมาและการควบคุมปริมาณของไฮโดรเจนไอออน และไบคาร์บอนเนตไอออน
7. รักษาสมดุลของน้ำโดยการแลกเปลี่ยนน้ำระหว่างเลือดและเนื้อเยื่อต่าง ๆ
8. รักษาระดับอุณหภูมิของร่างกายโดยการกระจายความร้อนจากอวัยวะต่าง ๆ ที่มีอัตราการหายใจ หรือการสร้างพลังงานสูงกว่าอวัยวะอื่น ๆ เช่น ตับ สมอง กล้ามเนื้อ และหัวใจทำให้อุณหภูมิของอวัยวะเหล่านี้ไม่สูงเกินไป จนเป็นอันตรายต่อการทำงานของเซลล์
9. ป้องกันการสูญเสียเลือดเวลามีบาดแผล โดยการทำงานของเพลตเลตและการแข็งตัวของเลือด

2.3.8 หมู่เลือดและการให้เลือด (Blood group and Blood transfusion)

ความก้าวหน้าทางการแพทย์ในการถ่ายเลือดให้แก่คนไข้ที่ได้รับการผ่าตัด คนไข้จะได้รับเลือดผู้อื่นจากผู้บริจาคเลือด (Donor) โดยเลือดของผู้บริจาคจะถูกนำเข้าเส้นเวน (Vein) บริเวณแขนของคนไข้หรือผู้รับ (Recipient) การให้เลือดขึ้นอยู่กับการวินิจฉัยของแพทย์ มี 2 แบบ คือ

1. เลือดที่มีส่วนประกอบครบหมด
2. ให้เฉพาะบางส่วนของเลือด เช่น น้ำเลือด เพลตเลต หรือเซลล์เม็ดเลือด

ผู้ให้เลือดต้องมีอายุ 17 ปีขึ้นไปและไม่มีโรคติดต่อทางเลือด เช่น ไวรัสตับอักเสบ เอดส์ โดยแพทย์จะดูดเลือดออกทางเส้นเวน แล้วนำไปเก็บไว้ในขวดที่มีสารอาหารสำหรับเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดและมีสารกันการแข็งตัวของเลือด คือ โซเดียมซิเตรต เลือดจะถูกเก็บไว้ที่ธนาคารเลือด (Blood bank) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บไว้ใช้ได้นาน

หมู่เลือด (Blood group)

หมู่เลือดในมนุษย์มี 2 ระบบ คือ

1. ระบบหมู่เลือด ABO

หมู่เลือดABOเป็นผลงานการศึกษาของนายแพทย์คาร์ลแลนสไตเนอร์(Karl Lansteiner) นักวิทยาศาสตร์ชาวเวียนนา ซึ่งค้นพบว่าเลือดของคนอาจแตกต่างกันในสมบัติทางเคมีและปฏิกิริยาการจับกลุ่มตกตะกอนของเม็ดเลือดแดง (Agglutination) ที่เกิดขึ้นระหว่างเลือดของผู้ให้และผู้รับไม่สามารถเข้ากันได้ เนื่องเพราะคนมีเลือดต่างกัน จะมีสารพวกโปรตีนภายในพลาสมาที่เรียกว่า แอนติบอดี (Antibody) ที่หมุนเวียนไปทั่วร่างกายแตกต่างกัน และมีสารเคมีที่เรียกว่า แอนติเจน (Antigen) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงก็แตกต่างกันด้วย ดังนั้นระบบ ABO จึงได้แบ่งชนิดของเลือดคนออกเป็น 4 หมู่ ตามสมบัติของแอนติบอดีและแอนติเจน คือ O, A, B และ AB ตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ชนิดของหมู่เลือดในระบบ ABO

หมู่เลือด	แอนติเจนบนเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดง	แอนติบอดีในพลาสมา
O	ไม่มี	A และ B
A	A	B
B	B	A
AB	A และ B	ไม่มี

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 178)

หลักในการให้เลือดและรับเลือดของคนที่มีหมู่เลือด ABO

1. ผู้ให้และผู้รับต้องมีเลือดหมู่เดียวกัน
2. การให้เลือดต่างหมู่ แอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกันกับแอนติบอดีของผู้รับดังนี้

2.1 หมู่เลือด O ไม่มีแอนติเจนใด ๆ เลย ดังนั้นจึงสามารถให้เลือดกับผู้รับได้ทุกหมู่ เรียกหมู่เลือด O ว่าผู้ให้สากล (Universal donor) แต่จะรับเลือดจากหมู่อื่นไม่ได้เลย เพราะมีแอนติบอดีทั้ง Aและ B

2.2 หมู่เลือด A มีแอนติเจน A ตรงกันกับแอนติบอดี A ของหมู่เลือด B ในทำนองเดียวกันหมู่เลือด B มีแอนติเจน B ซึ่งตรงกันกับแอนติบอดี B ของหมู่เลือด A ดังนั้นหมู่เลือด A และ B จึงไม่สามารถให้เลือดหรือรับเลือดระหว่างกันได้ เพราะแอนติเจนของผู้ให้จะจับกับแอนติบอดีของผู้รับ ทำให้เม็ดเลือดแดงของผู้ให้จับตัวกันเป็นกลุ่มตกตะกอนทำให้เกิดอันตรายถึงตายแก่ผู้รับได้

2.3 หมู่เลือด AB มีแอนติเจน A และ B ซึ่งตรงกับแอนติบอดีของหมู่เลือดอื่น ๆ ดังนั้น จึงไม่สามารถให้เลือดแก่หมู่เลือดอื่นได้เลย แต่จะเป็นผู้รับเลือดจากหมู่อื่นได้ทุกหมู่ เพราะไม่มีแอนติบอดีจึงเรียกหมู่เลือด AB ว่าผู้รับสากล (Universal recipient) ตามตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การให้เลือดและรับเลือดในระบบ ABO

หมู่เลือด	ความสามารถในการให้และรับเลือด	
	ให้แก่หมู่เลือด	รับจากหมู่เลือด
O	ทุกหมู่	O
A	A, AB	O, A
B	B, AB	O, B
AB	AB	ทุกหมู่

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 179)

2. องค์ประกอบ Rh ในเลือด (Rh factor)

หลังจากคาร์ล แลนสไตเนอร์ (Karl Lansteiner) ได้ค้นพบระบบหมู่เลือด ABO แล้วจากการศึกษาต่อมาเกี่ยวกับเรื่องเลือดก็ได้ค้นพบเลือดของแต่ละคนยังมีแอนติเจนและแอนติบอดีชนิดอื่นอีกหลายระบบ และระบบที่รู้จักกันดี คือ ระบบหมู่เลือด อาร์ เอช แฟกเตอร์ (Rh factor) ที่สำคัญในการถ่ายให้เลือดและทางพันธุศาสตร์

ในปี ค.ศ. 1940 คาร์ล แลนสไตเนอร์ (Karl Lansteiner) และ เอเอส วีย์เนอร์(A.S. Wiener) ได้ทดลองโดยใช้เลือดจากลิงรีซัส (Rhesus monkey) แอนติเจนจากเลือดลิง เรียกว่า แอนติเจน Rh เมื่อฉีดให้กระต่ายซึ่งจะตอบสนองต่อแอนติเจนของเลือดลิงนั้นโดยการสังเคราะห์แอนติบอดีจำเพาะขึ้นมาต่อต้านแอนติเจนนั้น ทั้งสองได้สกัดเอาแอนติบอดีในเซรุ่มของกระต่าย แล้วนำมาทดสอบกับเลือดของคนอเมริกัน ปรากฏว่าคนที่ทดสอบประมาณร้อยละ 85 มีปฏิกิริยาจับตัวของเลือดเป็นตะกอนเกิดขึ้น แสดงว่าในจำนวนคนส่วนมากนี้มีเลือดที่แอนติเจนชนิดที่คล้ายกับแอนติเจน Rh ของพวกลิงรีซัส เรียกบุคคลที่มีเลือดเช่นนี้ว่า Rh^+ ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ15ไม่แสดงการเกิดปฏิกิริยาตกตะกอนของเลือด ซึ่งแสดงว่าบุคคลกลุ่มนี้ไม่มีแอนติเจนที่คล้ายกับแอนติเจน Rh ของพวกลิงรีซัส จึงเรียกบุคคลที่มีเลือดเช่นนี้ว่า Rh^- ลักษณะเลือดตาม Rh จึงแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. Rh^+ คือเลือดที่มีแอนติเจนRh อยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงแต่ไม่มีแอนติบอดี Rh ในน้ำเลือด ซึ่งคนไทยประมาณร้อยละ 90 จะเป็น Rh^+

2. Rh^- คือ เลือดที่ไม่มีแอนติเจน Rh อยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง และไม่มีแอนติบอดี Rh ในน้ำเลือด แต่สามารถสร้างแอนติบอดี Rh ได้ เมื่อได้รับเลือด Rh^+

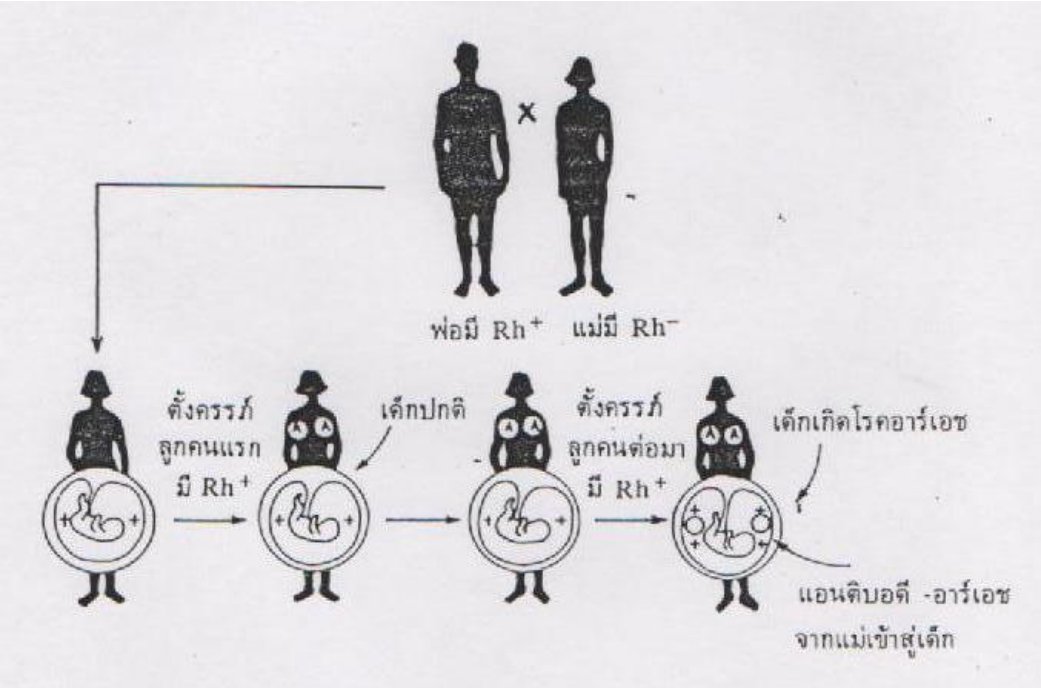
ในการให้เลือดแก่กันจะต้องคำนึงถึงปัจจัย Rh ด้วยเพราะถ้าผู้รับเลือดเป็น Rh^- ได้รับเลือด Rh^+ เข้าไป ร่างกายของผู้รับก็จะถูกกระตุ้นให้ผู้รับสร้างแอนติบอดี Rh ขึ้นได้ โดยใช้เวลานานพอสมควร ต่อมาเมื่อมีความจำเป็นต้องให้เลือดผู้รับอีกครั้งหนึ่ง โดยผู้ให้เป็นเลือด Rh^+ อีกเช่นเดียวกันกับครั้งแรก การให้เลือดครั้งที่สองนี้จะเกิดปัญหาโดยที่แอนติบอดี Rh ในร่างกายผู้รับจะต่อต้านแอนติเจน Rh จากเลือดของผู้ให้ทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

การแตกตัวของเม็ดเลือดแดง (Erythocyte or Red blood cell) ในทารกแรกเกิดมีสาเหตุมาจากขณะคลอดมีการลอกตัวของรก (Placenta) ทำให้เม็ดเลือดแดงของทารกสามารถเล็ดลอดเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดของแม่ได้ กระตุ้นให้แม่สร้างภูมิคุ้มกันในตัวแม่โดยสร้างแอนติบอดีจำเพาะ (Specific antibody) ต่อเม็ดเลือดแดงของลูกขึ้นมา และแอนติบอดีจำเพาะนี้จะไหลผ่านรกไปเข้าระบบหมุนเวียนเลือดของลูก เป็นผลทำให้เกิดการสลายตัวของเม็ดเลือดแดงของลูกได้ทำให้ลูกตัวซีดเหลือง ตับโต ม้ามโต อาการแบบนี้ถ้าเกิดกับระบบเลือด ABO จะไม่รุนแรงนักจะมีอาการประมาณ 2 – 7 วันหลังคลอด แต่ถ้าเกิดกับระบบเลือด Rh ในกรณีที่แม่มีเลือด Rh^- พ่อมีเลือดเป็น Rh^+ และลูกคนแรกไม่ว่าหญิงหรือชายก็ตามที่มีเลือด Rh^+ ซึ่งหมายถึง เด็กที่เกิดมาจะมีแอนติเจน Rh ในขณะที่แม่คลอดลูกคนแรกเม็ดเลือดแดงที่มีแอนติเจน Rh อยู่ในลูกจะเล็ดลอดผ่านเยื่อผนังรกเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดของแม่ได้ ลักษณะเช่นนี้แอนติเจน Rh จากลูกจะกระตุ้นให้ร่างกายของแม่สร้างแอนติบอดี Rh ขึ้นต่อเมื่อแม่มีครรภ์เป็นครั้งที่สองและลูกมีเลือด Rh^+ อีกจะเกิดอันตรายแก่ลูกในครรภ์อย่างมาก เพราะเลือดของแม่ที่ส่งอาหารเข้าไปเลี้ยงลูกนั้นมีแอนติบอดี Rh อยู่ด้วยซึ่งจะทำปฏิกิริยากับแอนติเจน Rh ในเม็ดเลือดแดงของลูกและอาจร้ายแรงถึงขั้นทำให้ลูกที่อยู่ในครรภ์ถึงแก่ความตายได้ เรียกว่า โรคอาร์เอช (Rh disease) หรืออีริโทรพลาสโตซิสเฟตาลิส (Erythroblastosis fetalis) ซึ่งเป็นโรคโลหิตจาง ทำให้เด็กแรกเกิดตาย ในกรณีการสร้างแอนติบอดี Rh ของแม่เป็นไปอย่างช้า ๆ มีความเข้มข้นน้อยไม่พอเพียงที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่ลูกในครรภ์ครั้งที่สองได้ แต่ถ้ามีลูกคนต่อ ๆ ที่มีเลือด Rh^+ ก็จะประสบอันตรายอย่างแน่นอน ดังนั้นผู้หญิงที่มีเลือด Rh^- จึงต้องฝากครรภ์อยู่ในความดูแลของแพทย์เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับลูกในครรภ์ได้

หลักในการให้เลือดและรับเลือดของคนที่มีหมู่เลือด Rh

1. คนที่มีเลือด Rh^+ สามารถรับได้ทั้ง Rh^+ และ Rh^- เพราะคนที่มีเลือด Rh^+ ไม่สามารถสร้างแอนติบอดีได้
2. คนที่มีเลือด Rh^- รับเลือด Rh^+ ครั้งแรกไม่เกิดอันตราย เพราะว่าแอนติบอดียังน้อยแต่จะเกิดอันตรายรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ในครั้งต่อไป
3. ถ้าแม่มีเลือด Rh^+ พ่อมีเลือด Rh^- เมื่อมีลูกลูกจะปลอดภัยไม่ว่าจะมีเลือดเป็น Rh^+ หรือ Rh^-
4. ถ้าแม่มีเลือด Rh^- พ่อมีเลือด Rh^+ ถ้าลูกมีเลือด Rh^- ลูกจะปลอดภัย

5. ถ้าแม่มีเลือด Rh^- พ่อมีเลือด Rh^+ และลูกคนแรกมีเลือด Rh^+ ลูกจะปลอดภัย แต่ลูกคนต่อ ๆ มาที่มีเลือด Rh^+ จะไม่ปลอดภัย ถ้าหากรักษาไม่ทันเด็กจะตายได้ อาการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าโรคโลหิตจาง ทำให้เด็กแรกเกิดตายดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ตามรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 ขั้นตอนการเกิดโรคอาร์เอชหรืออีริโทรพลาสโตซิส เฟตาลิส
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 181)

2.3.9 ระบบน้ำเหลือง (Lymphatic system)

ระบบน้ำเหลืองเป็นระบบลำเลียงสารต่าง ๆ ให้กลับเข้าสู่เส้นเลือด โดยเฉพาะสารอาหารพวกกรดไขมันที่ดูดซึมจากลำไส้เล็ก ระบบน้ำเหลืองจะไม่มีอวัยวะสำหรับสูบฉีดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย แต่จะมีความสัมพันธ์กับการไหลของเลือดในเส้นเลือดฝอย เช่น เกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนสารผ่านผนังของเส้นเลือดฝอย สารที่ถูกกรองออกนอกเส้นเลือดฝอยส่วนหนึ่งรวมทั้งสารที่มีโมเลกุลใหญ่ จะถูกดูดกลับเข้ากระแสเลือดโดยผ่านระบบน้ำเหลือง การทำงานของระบบน้ำเหลืองประกอบด้วย น้ำเหลือง (Lymph) ท่อน้ำเหลือง (Lymph vessel) และอวัยวะน้ำเหลือง (Lymphatic organ)

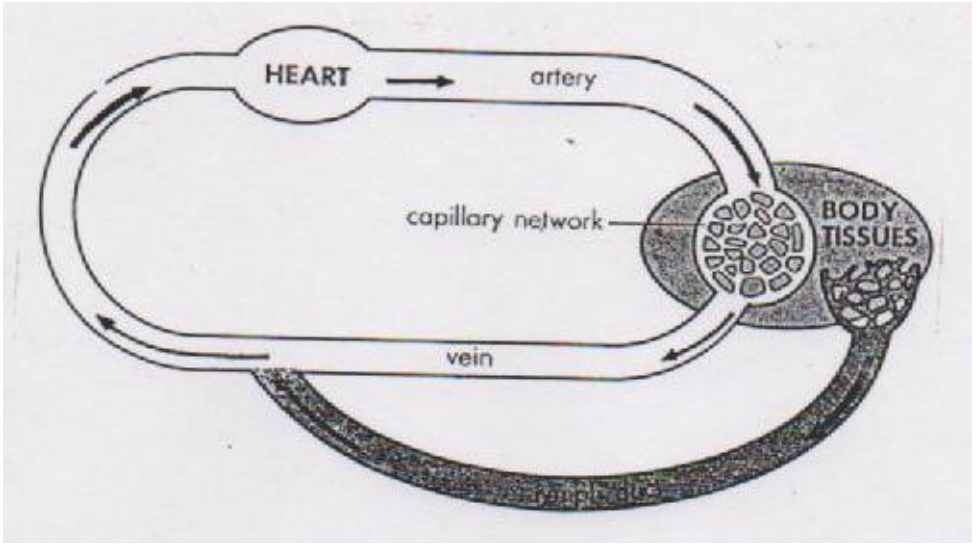
1. น้ำเหลือง (Lymph) มีส่วนประกอบคล้ายกับเลือดแต่ไม่มีเม็ดเลือดแดง เป็นของเหลวที่ซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยออกมาอยู่ระหว่างเซลล์เพื่อหล่อเลี้ยงเซลล์ในน้ำเหลืองจะมีโปรตีนเล็กเช่น อัลบูมิน (Albumin) และสารโมเลกุลเล็ก ๆ เช่น ก๊าซ น้ำ น้ำตาลกลูโคส และฮอร์โมน เป็นต้น

2. ท่อน้ำเหลือง (Lymph vessel)

มีโครงสร้างลักษณะคล้ายกับเส้นเลือดในระบบเวน (Vein) คือ มีลิ้นกั้นป้องกันการไหลกลับของน้ำเหลือง ท่อน้ำเหลืองที่มีขนาดเล็กสุด เรียกว่า ลิมแฟทิก แคพิลลารี (Lymphatic capillary) ซึ่งมีโครงสร้างลักษณะคล้ายกับเส้นเลือดฝอย คือ ผนังประกอบด้วยเยื่อผิวชั้นเดียวบาง ๆ แต่ต่างกันตรงที่ปลายท่อน้ำเหลืองจะมีข้างหนึ่งตันแทรกอยู่ตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ อยู่ทั่วร่างกาย น้ำเหลืองจะถูกดูดซึมจากที่ว่างระหว่างเนื้อเยื่อเข้าสู่ท่อน้ำเหลืองขนาดเล็ก ๆ โดยผ่านทางเยื่อผิวจากท่อน้ำเหลืองเล็ก ๆ จะเปิดเข้าสู่ท่อน้ำเหลืองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นที่มีผนังประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น เช่นเดียวกันกับเส้นเลือดในระบบเวน แต่ผนังท่อน้ำเหลืองจะบางกว่าและมีลิ้นกั้นในท่อน้ำเหลืองมากกว่า ท่อน้ำเหลืองขนาดใหญ่ที่สำคัญในร่างกายมี 2 ท่อ คือ

2.1 ท่อน้ำเหลืองทอราซิก (Thoracie duct) เป็นท่อน้ำเหลืองที่อยู่ทางด้านซ้ายของลำตัว รับน้ำเหลืองจากทั่วร่างกาย ยกเว้นทรวงอกขวา แขนขวา และส่วนขวาของหัวกับคอ เปิดเข้าสู่เส้นเลือดซับคลาเวียนเวน (Subclavian vein) ตรงข้างซ้ายบริเวณไหล่เข้าสู่เส้นเลือดเวนาคาวา (Venacava) แล้วเข้าสู่หัวใจต่อไป

2.2 ท่อน้ำเหลืองทางด้านขวาของลำตัว (Right lymphatic duct) ทำหน้าที่รับน้ำเหลืองจากทรวงอกด้านขวา แขนขวา หัวและคอด้านขวา เข้าสู่เส้นเลือดอินโนมิเนตเวน (Innominate vein) แล้วเข้าสู่เส้นเลือดเวนาคาวา จากนั้นน้ำเหลืองจะเข้าสู่หัวใจแล้วไปผสมกับเลือดเพื่อลำเลียงสารต่าง ๆ ต่อไปตามรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 การไหลเวียนของน้ำเหลืองผ่านเส้นเลือด
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 182)

น้ำเหลืองไหลไปตามท่อน้ำเหลืองโดยอาศัยปัจจัย 3 ประการ คือ

1. การหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่จะไปกดหรือคลายท่อน้ำเหลือง

2. ความแตกต่างระหว่างความดันไฮโดรสเตติก (Hydrostatic) ซึ่งท่อน้ำเหลืองขนาดเล็กมีมากกว่าท่อน้ำเหลืองขนาดใหญ่

3. การหายใจเข้าซึ่งไปมีผลขยายทรวงอกและลดความดันทำให้ท่อน้ำเหลืองขยายตัว

3. อวัยวะน้ำเหลือง (Lymph organ) เป็นศูนย์กลางในการผลิตเซลล์ที่ใช้ในการต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมประกอบด้วย ต่อมน้ำเหลือง ต่อมทอนซิล ม้าม ต่อมไทมัส และเนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่อยู่ผนังลำไส้ ดังนี้

3.1 ต่อมน้ำเหลือง (Lymph node) พบอยู่ระหว่างทางเดินของท่อน้ำเหลืองทั่วไปในร่างกาย ลักษณะเป็นรูปไข่กลมหรือรี มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 มิลลิเมตร จะมีท่อน้ำเหลืองเข้าและท่อน้ำเหลืองออก ภายในเต็มไปด้วยเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) อยู่รวมกันเป็นกระจุก มีลักษณะคล้ายฟองน้ำทำให้น้ำเหลืองสามารถซึมผ่านได้ ต่อมน้ำเหลืองจะทำหน้าที่กรองน้ำเหลืองให้สะอาด ทำลายแบคทีเรียและทำลายเม็ดเลือดขาวที่อยู่ในวัยชรา

3.2 ต่อมทอนซิล (Tonsil gland) เป็นกลุ่มของต่อมน้ำเหลืองมีอยู่ 3 คู่ ดังนี้

3.2.1 ฟาริงเจียลทอนซิล (Pharyngeal tonsil) เป็นต่อมที่อยู่บริเวณผนังด้านหลังของทางผ่านจากรูจมูกด้านใน ทำหน้าที่ทำลายจุลินทรีย์ที่เข้ามาพร้อมกับลมหายใจ

3.2.2 พาราไทน์ทอนซิล (Palatine tonsil) เป็นต่อมที่อยู่บริเวณส่วนล่างของเพดานปาก ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ปาก

3.2.3 ลิงกวนทอนซิล (Lingual tonsil) เป็นต่อมที่อยู่บริเวณโคนลิ้น ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่หลอดอาหาร (Esophagus)

ภายในต่อมทอนซิลจะมีเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ทำลายจุลินทรีย์ที่ผ่านมาในอากาศไม่ให้เข้าสู่หลอดอาหารและกล่องเสียง ถ้าต่อมทอนซิลติดเชื้อจะมีอาการบวมขึ้น เรียกว่า ต่อมทอนซิลอักเสบ

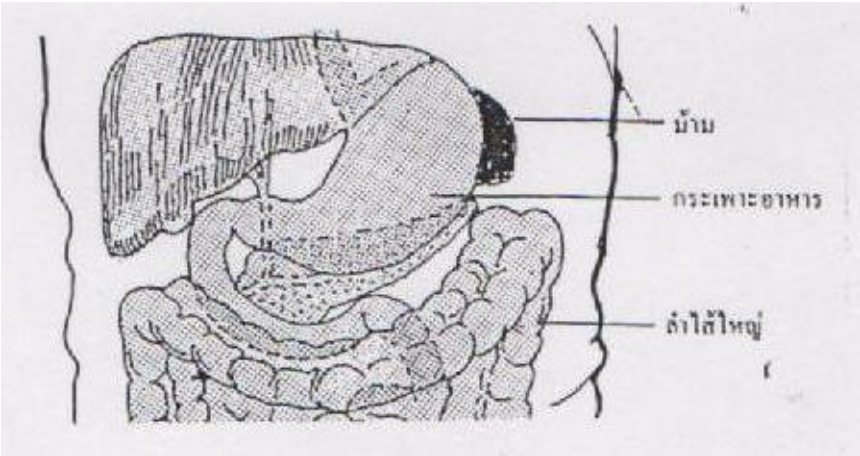
3.3 ม้าม (Spleen) เป็นอวัยวะน้ำเหลืองที่ใหญ่ที่สุด มีน้ำหนักประมาณ 200 กรัม ตั้งอยู่ ใกล้ ๆ กับกระเพาะอาหารใต้กระบังลมด้านซ้าย มีลักษณะประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่สานกันเป็นร่างแหคล้ายฟองน้ำ สีเส้นเลือดมาเลี้ยงมากมายไม่มีท่อน้ำเหลือง สามารถยืดหดได้มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว ภายในจะมีเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์อยู่มากมาย ในระยะเอ็มบริโอ (Embryo) หรือระยะซึ่งลูกยังอยู่ในท้อง ม้ามทำหน้าที่เป็นแหล่งผลิตสร้างเซลล์เม็ดเลือด แต่หลังจากทารกคลอดแล้วม้ามมีหน้าที่ดังนี้ คือ

3.3.1 ทำลายเม็ดเลือดแดงและเพลตเลตที่หมดอายุแล้ว

3.3.2 สร้างเม็ดเลือดขาวพวกลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) และโมโนไซต์ (Monocyte) ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสิ่งแปลกปลอม และเชื้อโรคที่เข้าไปในกระแสเลือด

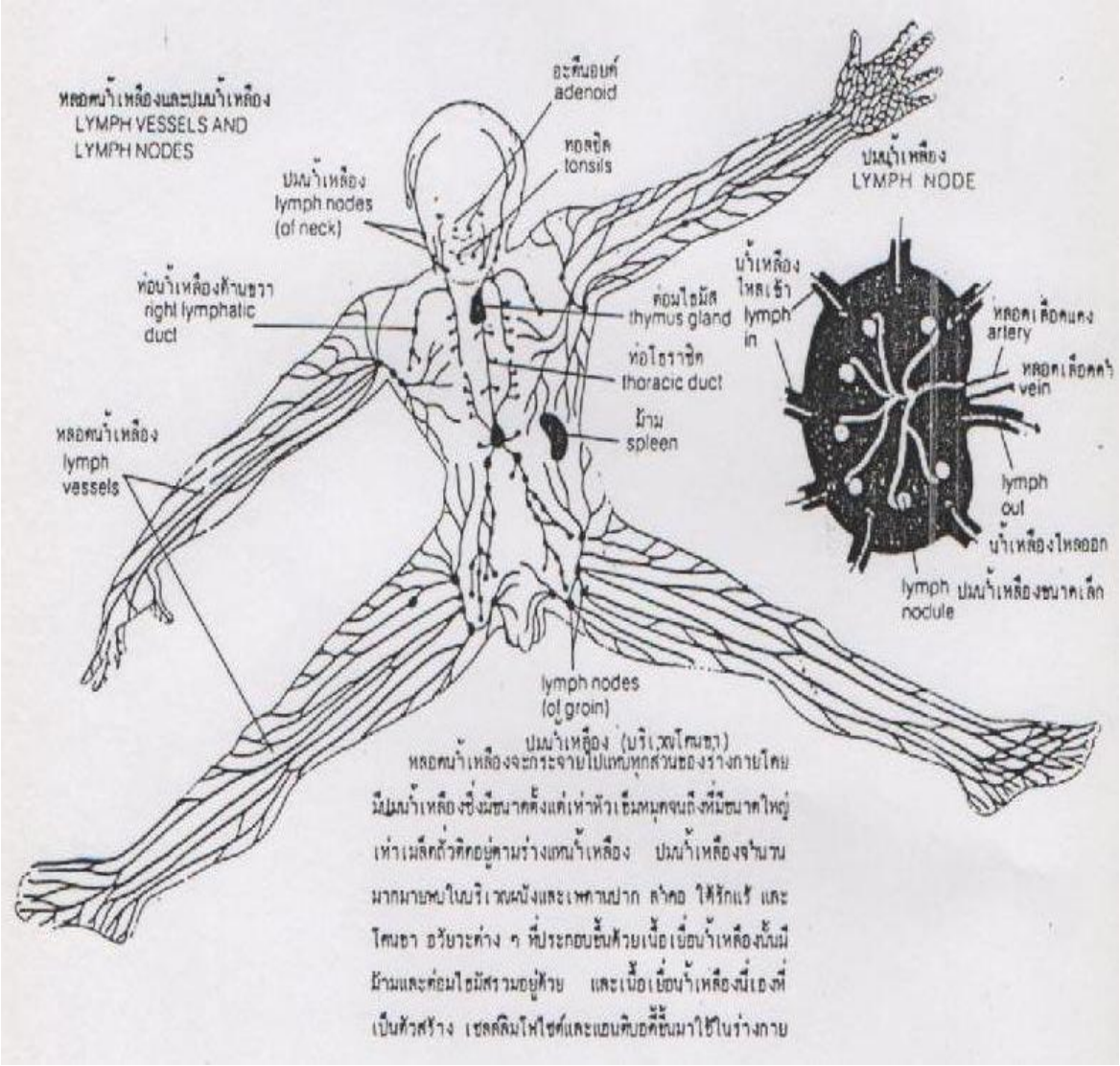
3.3.3 สร้างแอนติบอดีเข้าสู่กระแสเลือด

3.3.4 ในสภาพผิดปกติจะสามารถสร้างเม็ดเลือดแดงได้ เช่น มะเร็งของเม็ดเลือด ตามรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 ตำแหน่งของม้าม
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 183)

3.4 ต่อมไทมัส (Thymus gland) เป็นต่อมไร้ท่ออยู่ตรงทรวงอกที่ขั้วหัวใจรอบเส้นเลือดใหญ่เอออร์ตา (Aorta) ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนและสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ ชนิดเซลล์ที (T–lymphocyte) เมื่อสร้างแล้วเซลล์ทีก็จะออกจากต่อมไธมัส เข้าสู่กระแสเลือดและน้ำเหลืองปะปนกับเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ ชนิดเซลล์ บี (B-lymphocyte) ไหลเวียนไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ทำหน้าที่ต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าในร่างกาย และต่อต้านอวัยวะที่ปลูกถ่ายจากผู้อื่นด้วย ตามรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 ระบบน้ำเหลืองในร่างกายมนุษย์
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 183)

2.3.10 ภูมิคุ้มกันโรคของร่างกาย

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น คนก็เช่นเดียวกันในร่างกายของคนเราได้รับสิ่งแปลกปลอมมากมายมีทั้งเชื้อโรค ได้แก่ แบคทีเรียไวรัส เชื้อรา พยาธิต่าง ๆ สารเคมีที่เจือปนอยู่ในอากาศ ฝุ่นละออง อาหาร น้ำ และเกสรดอกไม้ที่จะเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนัง ทางระบบหายใจ ทางระบบย่อยอาหาร หรือระบบหมุนเวียนเลือด โดยปกติร่างกายจะมีวิธีป้องกันและกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายต่อร่างกายโดยระบบภูมิคุ้มกัน (Immunity system) เชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ไม่สามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยง่าย เนื่องจากร่างกายมีด่านป้องกันและต่อต้านกำจัดสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคหลายชั้นดังนี้ คือ

ชั้นที่ 1 ผิวหนังที่เป็นระบบห่อหุ้มร่างกายมีเซลล์หลายชั้น เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ไม่สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ นอกจากนี้ร่างกายยังได้ขับกรดแลกติ (Lactic acid) ออกมาพร้อมกับเหงื่อทางผิวหนังเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และร่างกายยังได้สร้างน้ำตา น้ำลาย ซึ่งมีฤทธิ์ทำลายแบคทีเรียเป็นการช่วยให้เชื้อโรคหลุดออกจากร่างกายอีกทางหนึ่งด้วย นอกจากนี้การไอ การอาเจียนก็มีผลทำให้เชื้อโรคหลุดออกจากร่างกายได้

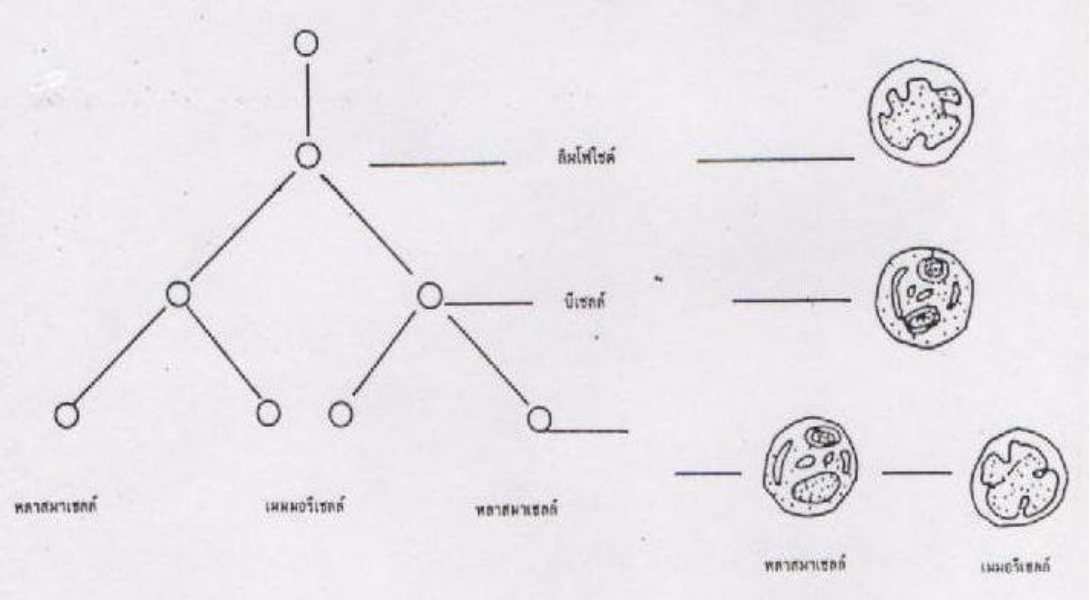
ชั้นที่ 2 เมื่อเชื้อโรคผ่านเข้ามาในร่างกายได้ เซลล์เม็ดเลือดขาวที่อยู่ในบริเวณนั้น ทั้งที่อยู่ในเนื้อเยื่อและในท่อน้ำเหลืองก็จะเคลื่อนที่แบบอะมีบากลืนกินแบคทีเรียทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอม เรียกวิธีการกินแบบนี้ว่า ฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis)

ชั้นที่ 3 ถ้าเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกายมีปริมาณจำนวนมาก หรือสารนั้น มีสมบัติพิเศษที่ร่างกายไม่สามารถทำลายได้ด้วย ชั้นที่ 1และชั้นที่ 2 ร่างกายก็จะใช้กลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยการสร้างระบบภูมิคุ้มกันซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการทำลายสิ่งแปลกปลอม ซึ่งระบบนี้มีวิวัฒนาการเฉพาะในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง ระบบภูมิคุ้มกันเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีระหว่างโมเลกุลของสารประกอบโปรตีน ที่ร่างกายสร้างขึ้น เรียกว่า แอนติบอดี (Antibody) กับสารเคมีแปลกปลอมจากภายนอกร่างกายที่เข้ามาในร่างกายเรียกว่า แอนติเจน (Antigen) รวมทั้งสารที่มีสมบัติคล้ายกับแอนติเจนด้วย

ในร่างกายของคนเรามีเซลล์เม็ดเลือดขาวพวกลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) และมอโนไซต์ (Monocyte) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่ต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่กระแสเลือด เม็ดเลือดขาวเหล่านี้มีแหล่งกำเนิดมาจากไขกระดูก (Bone marrow) และนำไปสร้างเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่บริเวณม้าม (Spleen) ก่อนที่จะเข้าสู่ระบบน้ำเหลือง เซลล์เม็ดเลือดขาวพวกลิมโฟไซต์จะทำหน้าที่โอบกลืนกินและทำลายสิ่งแปลกปลอมหรือแอนติเจน โดยเฉพาะพวกจุลินทรีย์ตัวแอนติเจนที่ถูกทำให้หมดฤทธิ์หรือสมบัติถูกทำลายไปจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดลิมโฟไซต์ชนิดพิเศษที่มีขนาดเล็กเรียกว่า ลิมโฟไซต์เซลล์ บี (B-cell) เป็นจำนวนมากซึ่งเมื่อเซลล์บีแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกว่า เซลล์พลาสมา (Plasma cell) และเซลล์ที่มีขนาดเล็กเรียกว่า เซลล์เมม เมอรี(Memory cell) ซึ่งมีจำนวนน้อยกว่าเซลล์พลาสมา

เซลล์พลาสมาจะทำหน้าที่สร้างแอนติบอดีที่จำเพาะเจาะจงทำลายแอนติเจนแต่ละชนิดที่เข้าสู่กระแสเลือด เซลล์พลาสมาจะมีอายุอยู่ได้ 2-3 วันก็จะตาย

เซลล์เมมเมอรีจะทำหน้าที่จดจำแอนติเจนที่เคยเข้าสู่ร่างกาย ถ้าแอนติเจนแบบเดิมเข้าสู่ร่างกายอีกในภายหลัง เซลล์เมมเมอรีก็จะสร้างแอนติบอดีจำเพาะมาต่อต้านและทำลายแอนติเจนนั้นให้หมดไปอย่างรวดเร็ว เราเรียกระบบการป้องกันร่างกายแบบนี้ว่าระบบบีเซลล์ (B-cell system) ตามรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 กลไกการตอบสนองของการก่อภูมิคุ้มกันในระบบต่อมน้ำเหลือง
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 184)

เซลล์ที่เป็นลิมโฟไซต์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งสร้างจากต่อมไธมัส (Thymus gland) มีบทบาทสำคัญในการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย เช่น การต่อสู้กับแบคทีเรีย ไวรัส รวมทั้งอาการแพ้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เราเรียกกลไกการสร้างภูมิคุ้มกันโดยเซลล์ทีนี้ว่า ระบบทีเซลล์ (T-cell system) เซลล์ทีแบ่งออกเป็นชนิดย่อย ๆ ได้ 2 ประเภทตามหน้าที่ ดังนี้

1. เซลล์ที ผู้ช่วย (helper T-cell) ทำหน้าที่สร้างสารไปกระตุ้นให้เซลล์บี สร้างแอนติบอดีที่จำเพาะขึ้นมาต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมจากภายนอก

2. เซลล์ที ผู้ควบคุม (suppressor T-cell) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์บีและเซลล์พิเศษฟาโกไซต์ ซึ่งมีอยู่ในกระแสเลือดเป็นเซลล์ที่คอยทำลายสิ่งแปลกปลอม โดยกระบวนการฟาโกไซโทซิสให้อยู่ในสภาพสมดุล ตามปกติอัตราส่วนระหว่างเซลล์ทีผู้ช่วยกับเซลล์ทีผู้ควบคุมประมาณ 1.2 ต่อ 2 ถ้าอัตราส่วนเปลี่ยนไปแสดงว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย

ระบบภูมิคุ้มกันโรคคนเราที่สร้างขึ้นมาเพื่อต่อต้านโรค เกิดขึ้นได้ 2 วิธีคือ

1. ภูมิคุ้มกันก่อด้วยตัวเอง (Active immunity) เป็นการก่อสร้างภูมิคุ้มกัน เมื่อร่างกายถูกกระตุ้นด้วยแอนติเจนหรือสิ่งแปลกปลอมจากภายนอกร่างกาย อาจเป็นเชื้อโรคที่อ่อนกำลังลงแล้ว ไม่สามารถทำอันตรายต่อร่างกายได้นำมาฉีด มากิน หรือมาทาที่ผิวหนังเพื่อกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันหรือสร้างแอนติบอดีที่ทำปฏิกิริยาจำเพาะต่อแอนติเจนนั้น เชื้อโรคที่ทำให้อ่อนกำลังแล้วนำมากระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีต่อต้านเชื้อโรคนั้น ๆ เรียกว่า วัคซีน (Vaccine)

วัคซีนแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1.1 Killed vaccine หมายถึง วัคซีนที่ทำมาจากเชื้อที่ถูกฆ่าตายแล้วหรือทำจากองค์ประกอบของมัน เช่น สารพิษ โดยสารพิษต้องถูกทำลายให้หมดพิษเสียก่อนด้วยความร้อนหรือด้วยสารเคมี ดังนั้นจึงทำให้ไม่เกิดโรคกับร่างกายแต่สามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันให้สร้างแอนติบอดีได้ วัคซีนนี้ใช้กันมากเพราะเตรียมได้ง่ายและราคาไม่แพง มีหลายชนิดมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นสูง ได้แก่

1.1.1 วัคซีนที่ทำจากเชื้อแบคทีเรีย เป็นวัคซีนที่ทำจากเชื้อแบคทีเรียที่ถูกฆ่าตายแล้ว เช่น วัคซีนใช้สำหรับป้องกันโรคไอกรน ไข้ไทฟอยด์ อหิวาตกโรคที่ใช้ในสัตว์ เช่น โรคแอนแทรก

1.1.2 วัคซีนที่ทำจากเชื้อไวรัส เช่น วัคซีนสำหรับป้องกันโรคโปลิโอชนิดฉีด โรคกลัวน้ำ โรคไข้หวัดใหญ่

1.1.3 วัคซีนประเภททอกซอยด์ (Toxoid) ทอกซอยด์หมายถึง สารพิษของเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้หมดพิษแล้ว โดยใช้ความร้อนหรือสารเคมีสามารถนำไปกระตุ้นร่างกายให้สร้างภูมิคุ้มกันได้ เช่น วัคซีนป้องกันโรคคอตีบ ป้องกันโรคบาดทะยัก เป็นต้น

1.1.4 วัคซีนผลิตจากองค์ประกอบอื่น เช่น เกราะหุ้มตัวแบคทีเรีย (Capsule) จะช่วยป้องกันโรคได้เหมือนกัน เช่น โรคปอดบวมบางชนิด โรคไขสันหลังอักเสบบางชนิด เป็นต้น

1.2 Live vaccine หมายถึง วัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่ทำให้อ่อนฤทธิ์ลง ซึ่งเชื้อเหล่านี้จะสามารถเจริญเติบโตและแบ่งตัวอยู่ในขอบเขตจำกัด เมื่อเข้าสู่ร่างกายไม่ทำให้เกิดโรครุนแรง แต่มีความสามารถในการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันได้ เช่น วัคซีนโรควัณโรค (BCG vaccine) โรคไทฟอยด์ โรคโปลิโอชนิดกิน โรคฝีดาษ โรคไข้เหลือง โรคหัด โรคคางทูม เป็นต้น

ในปัจจุบันมีวัคซีนรวมสำหรับป้องกันโรคได้หลายโรคพร้อม ๆ กัน เช่น ในการป้องกันโรคที่เกิดจากแบคทีเรียจะมี DPT ใช้ป้องกันโรคคอตีบ โรคไอกรน และโรคบาดทะยัก ส่วนโรคที่เกิดจากไวรัสก็จะมี MMR ใช้ป้องกันโรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคคางทูม

ข้อควรระมัดระวังในการให้และรับวัคซีน

1. วัคซีนจะให้ประสิทธิภาพดีที่สุดถ้าการให้โดยวิธีใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด เช่น วัคซีนที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารควรเป็นวัคซีนชนิดกิน

2. ต้องรับวัคซีนให้ครบตามจำนวนที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้า เพราะวัคซีนส่วนใหญ่จะให้ผลเต็มที่เมื่อได้รับการกระตุ้นหลาย ๆ ครั้ง

3. เด็กแรกเกิดจะสร้างภูมิคุ้มกันต่อวัคซีนได้ไม่เต็มที่ เพราะความต้านทานที่รับจากมารดาจะเป็นตัวทำให้วัคซีนทำหน้าที่กระตุ้นไม่เต็มที่ ดังนั้นต้องรอให้ความต้านทานจากมารดาลดลงเสียก่อน ซึ่งอยู่ในช่วง 4-6 เดือน

4. ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคติดต่อควรได้รับคำแนะนำให้ฉีดวัคซีน เช่น โรคหัด เยอรมันในสตรีที่อยู่ในระยะมีบุตร บุคคลที่อยู่ในบริเวณโรคนั้น ๆ ระบาด

5. ประชากรที่เป็นโรคขาดอาหารจะสร้างแอนติบอดีได้ไม่ดีเท่าบุคคลธรรมดา ดังนั้นจึงควรแก้ไขปัญหานี้ไปพร้อม ๆ กัน

6. สตรีที่กำลังตั้งครรภ์ไม่ควรได้รับวัคซีนประเภท Live vaccine เพราะเป็นอันตรายแก่เด็กได้

7. ผู้ที่มีความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันหรือใช้ยาบางประเภทไม่ควรใช้ Live vaccine ดังนั้น ควรปรึกษาแพทย์ก่อนทุกครั้ง

ข้อดีของภูมิคุ้มกันก่อด้วยตัวเอง คือ ทำให้ร่างกายเกิดภูมิคุ้มกันได้นานแต่มีจุดอ่อนคือ ต้องใช้เวลาในการรอให้ร่างกายมีการตอบสนองต่อวัคซีน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 4-7 วัน ในหลายกรณีที่มีโรคบางชนิดแสดงอาการรุนแรงอย่างรวดเร็ว ต้องมีการให้ภูมิคุ้มกันโดยตรงเพื่อให้ผู้ป่วยมีภูมิคุ้มกันทันที

2. ภูมิคุ้มกันที่รับมา (Passive immunity) เป็นการให้แอนติบอดีแก่ร่างกายโดยตรง โดยแอนติบอดีนี้ได้จากสัตว์อื่น ๆ เพื่อใช้สำหรับรักษาโรคบางชนิดที่แสดงอาการรุนแรงเฉียบพลัน โดยการฉีดเชื้อโรคที่อ่อนกำลังแล้วเข้าไปในสัตว์ เช่น ม้า หรือกระต่าย เพื่อให้ร่างกายของสัตว์ดังกล่าวสร้างแอนติบอดีขึ้นมาต่อต้านเชื้อโรคนั้น ๆ แล้วนำเลือดของม้าหรือกระต่าย เฉพาะส่วนที่เป็นน้ำใส ๆ เรียกว่าซีรัม (Serum) ซึ่งในซีรัมมีแอนติบอดีอยู่มาฉีดให้กับผู้ป่วยเป็นการทำให้ร่างกายได้รับภูมิคุ้มกันโดยตรง สามารถป้องกันโรคได้ทันท่วงที เช่น ซีรัมแก้พิษงู ซีรัมโรคกลัวน้ำ ซีรัมป้องกันโรคคอตีบ ภูมิคุ้มกันที่แม่ให้ลูกทางรก (Placcenta) หรือเมื่อเกิดแล้วก็อาจได้รับโดยการกินนมเพราะในน้ำนมแม่มีแอนติบอดีด้วย

ข้อเสียของภูมิคุ้มกันรับมา

1. แอนติบอดีอยู่ได้ไม่นาน
2. ผู้ป่วยอาจแพ้ซีรัมจากสัตว์ได้
3. อาจติดเชื้ออื่น ๆ ที่มีในน้ำเหลืองของผู้ให้ เช่น ไวรัสตับอักเสบ และโรคเอดส์

ข้อดีของภูมิคุ้มกันรับมา

1. สามารถให้ภูมิคุ้มกันอย่างรวดเร็ว
2. สามารถป้องกันได้แม้ได้รับหลังจากที่ได้สัมผัสกับเชื้อโรคนั้นแล้ว

ตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 อายุและการให้ภูมิคุ้มกันโรคต่าง ๆ โดยการฉีดหรือกินวัคซีน

อายุ	การสร้างภูมิคุ้มกันโรค
แรกคลอดถึง 1 เดือน	ฉีดวัคซีนป้องกันวัณโรค
2 – 3 เดือน	ฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอตีบ บาดทะยัก ไอกรน ครั้งที่ 1(Primary)
	กินวัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ ครั้งที่ 1
4 - 5 เดือน	ฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอตีบ บาดทะยัก ไอกรน ครั้งที่ 2 (Secondary)
	กินวัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ ครั้งที่ 2
6 - 7 เดือน	ฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอตีบ บาดทะยัก ไอกรน ครั้งที่ 3 (Tertiary)
	กินวัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ ครั้งที่ 3
	วัคซีนป้องกันโรคหัด
15 เดือน	ฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอตีบ บาดทะยัก ไอกรน
1 - 6 ปี	กินวัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ ครั้งที่ 4
	ฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอตีบ บาดทะยัก ไอกรน
4 - 6 ปี	กินวัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ ครั้งที่ 5
	ฉีดวัคซีนป้องกันโรคหัดเยอรมันในเด็กหญิง
10 - 14 ปี	ให้วัคซีนป้องกันโรคไข้ไทฟอยด์

(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 289 - 290)

แอนติเจนและแอนติบอดี (Antigen and Antibody)

แอนติเจนคือสารที่สามารถกระตุ้นให้มีการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน หรือสร้างแอนติบอดีที่มีสมบัติทำปฏิกิริยาเฉพาะต่อแอนติเจนชนิดนั้น ตำแหน่งบนผิวแอนติเจนที่สามารถทำปฏิกิริยาเฉพาะเจาะจงกับแอนติบอดีนั้น เรียกว่า แอนติเจนอิก ดีเทอร์มิแนนท์ (Antigenic determinant) ซึ่งตำแหน่งนี้มีรูปร่างหรือโครงสร้างที่แตกต่างกันไป จึงทำให้แอนติเจนสามารถทำปฏิกิริยาแอนติบอดีได้หลายชนิด (Multispecific) และหลายโมเลกุล (Multivalent) เราจึงพบว่าในสภาพแวดล้อมเดียวกัน บางคนป่วยแต่บางคนไม่ป่วยทั้ง ๆ ที่ได้รับเชื้อจุลินทรีย์เหมือน ๆ กัน สาเหตุก็เพราะพันธุกรรมของแต่ละคนที่สร้างภูมิคุ้มกันที่ออกฤทธิ์เฉพาะต่อเชื้อโรคบางชนิดแตกต่างกัน ภาวะโภชนาการมีผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ถ้าขาดวิตามินเอ และวิตามินซี จะลดการทำงานของฟาโกไซต์และเซลล์ที การขาดธาตุเหล็ก สังกะสี และซีลีเนียม จะลดภูมิต้านทานและความสามารถในการกำจัดเชื้อโรคออกจากร่างกาย การขาดโปรตีนจะลดจำนวนเซลล์เลือดขาวบางชนิดในต่อมน้ำเหลืองและม้าม ทำให้มีการติดเชื้อโรคได้ง่าย การใช้ยาบางชนิด เช่น ยาพวกคอร์ติโคสเตรอยด์ จะหยุดการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันอย่างไม่เฉพาะเจาะจง ถึงแม้ว่าจะไม่มีผลในระยะสั้นแต่ถ้าใช้ยานี้นาน ๆ จะมีผลทำให้ติดเชื้อได้ง่าย

การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย จะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการ เช่น อายุ พันธุกรรม อาหาร ยาบางชนิด จากการศึกษาเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของทารกในครรภ์พบว่าเมื่ออายุ 1 เดือน จะมีการสร้างเม็ดเลือดขาว และเมื่ออายุ 2- 5 ปี เริ่มมีการเจริญของอวัยวะน้ำเหลือง การสร้างแอนติบอดีของทารกในครรภ์ยังไม่เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย จึงต้องอาศัยภูมิคุ้มกันจากแม่ผ่านทางรก และเมื่อทารกคลอดออกมาในระยะแรก ๆ ก็จะได้แอนติบอดีจากนมแม่ ซึ่งภูมิคุ้มกันที่ได้รับจากแม่นี้จะมีมากในช่วง 6 เดือนหลังคลอด หลังจากนั้นก็จะค่อย ๆ ลดลง

ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันโรค

ในร่างกายจะมีการสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อป้องกันตนเองให้พ้นจากอันตรายของเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ภาวะของภูมิคุ้มกันจะต้องพอดีจึงจะเป็นประโยชน์ ถ้ามีน้อยหรือมากเกินไปก็จะทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น

1. โรคภูมิแพ้ (Allergy) เป็นปฏิกิริยาต่อแอนติเจนบางอย่าง เรียกว่า ภูมิแพ้ เช่น แพ้สารเคมีที่อยู่รอบ ๆ ตัวภายในที่ทำงาน ภายในบ้าน แพ้ฝุ่นละออง แพ้อากาศ แพ้ละอองเกสร แพ้อาหารบางชนิด แพ้ยา แพ้ต่อการสัมผัสและแพ้พิษแมลง ทำให้เกิดอาการผื่นแดง ผื่นคัน หรือเป็นตุ่ม หายใจติดขัด มีอาการหอบ วิธีการรักษาก็ทำได้ชั่วคราวโดยการใช้ยา ถ้าเกิดอาการผื่นแดง คัน เป็นตุ่ม สาเหตุเพราะว่าเมื่อร่างกายได้รับสารที่ทำให้แพ้ ร่างกายจะผลิตและปล่อยสารชื่อฮีสตามีน (Histamine) เข้าสู่เส้นเลือดฝอยบริเวณที่เกิดอาการแพ้ ทำให้เส้นเลือดฝอยขยายตัวออกและให้สารนั้นผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อ เกิดอาการบวมแดงขึ้น วิธีรักษาใช้ยาแอนติฮีสตามีน (Antihistamine) เพื่อยับยั้งผลกระทบของฮิตามีน จากการศึกษาพบว่าโรคภูมิแพ้นี้เกิดจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

2. โรคที่ร่างกายสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตัวเอง (Autoimmune diseases) เป็นความผิดปกติที่ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันขึ้นมาต่อต้านเซลล์ของตัวเอง (Autoimmunity) ซึ่งโดยปกติแล้วภูมิคุ้มกันในร่างกายของเราสามารถแยกความแตกต่างได้ว่าเซลล์ใดเป็นของตนเอง และเซลล์ใดเป็นแอนติเจนแล้วจึงสร้างแอนติบอดีจำเพาะมาทำลายแอนติเจนเท่านั้น โดยจะไม่ทำลายเซลล์ของตนเอง แต่ในบางกรณีเกิดภาวะผิดปกติขึ้น ทำให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีมาต่อต้านเนื้อเยื่อของตนเอง ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ขึ้น เช่น ความล้าของกล้ามเนื้อ (Myasthenia gravis) และโรคปวดตามข้อ (Rheumatoid arthritis)

3. ภูมิคุ้มกันต่อต้านการผ่าตัดเปลี่ยนอวัยวะหรือเนื้อเยื่อ เมื่อมีการผ่าตัดเปลี่ยนอวัยวะสำคัญให้แก่คนไข้ที่อวัยวะเดิมไม่สามารถใช้การได้ เช่น หัวใจ ไต ปรากฏว่าเกิดปฏิกิริยาต่อต้านอวัยวะที่นำมาปลูกถ่ายให้กับคนไข้ในสภาพเดียวกันกับปฏิกิริยาการต่อต้านแอนติเจนที่เข้าสู่ร่างกาย โดยแอนติบอดีของผู้รับในที่สุด อวัยวะที่นำเอาไปปลูกถ่ายเปลี่ยนให้ใหม่นั้นก็ต่อไม่ติดหมด สภาพการทำงานหรือที่เรียกกันว่า กราฟท์ริเจ็คชั่น (Graft rejection) เนื่องจากร่างกายไม่ยอมรับอวัยวะที่นำมาปลูกถ่ายให้ เพราะมีความแตกต่างกันเกี่ยวกับเนื้อเยื่อ หากมีการผ่าตัดเปลี่ยนอวัยวะที่เดิมอีก ก็จะมีปฏิกิริยาต่อต้านขึ้นอีก

และจะเกิดขึ้นในเวลาอันรวดเร็วกว่าครั้งแรก เพราะเมมเมอรีของเซลล์ร่างกายผู้รับมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า โดยการสังเคราะห์แอนติบอดีได้ดีและรวดเร็วกว่าเดิม

การปลูกถ่ายอวัยวะ แบ่งออกได้ 4 ประเภท คือ

1. ออโตกราฟท์ (Autograft) หมายถึง การปลูกถ่ายอวัยวะที่นำอวัยวะมาจากบริเวณใดบริเวณหนึ่งของร่างกายไปปลูกถ่ายยังอีกบริเวณหนึ่งของคนเดียวกัน

2. ไอโซกราฟท์ (Isograft) หมายถึง การปลูกถ่ายอวัยวะซึ่งอวัยวะที่นำมาปลูกถ่ายนั้นไม่มีความแตกต่างกันของระบบพันธุกรรมระหว่างผู้ให้กับผู้รับ เช่น อวัยวะที่นำมาจากฝาแฝดไข่ใบเดียวกัน เป็นต้น

3. อัลโลกราฟท์ (Allorgraft) หมายถึง การปลูกถ่ายอวัยวะซึ่งอวัยวะที่นำมาปลูกถ่ายนั้นนำมาจากบุคคลอื่นที่มีระบบพันธุกรรมแตกต่างกัน แต่อยู่ในสปีชีส์ (Species) เดียวกัน

4. ซีโนกราฟท์ (Xenograft) หมายถึง การปลูกถ่ายอวัยวะซึ่งอวัยวะที่นำมาปลูกถ่ายนั้นได้มาจากสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กัน เช่น การเอาอวัยวะของหมูไปปลูกถ่ายให้กับคน เป็นต้น

วิธีป้องกันไม่ให้มีปฏิกิริยาการต่อต้านอวัยวะที่นำมาปลูกถ่าย มีดังนี้

1. ผู้ให้และผู้รับอวัยวะหรือเนื้อเยื่อจะต้องมีความสอดคล้องกันในทางแอนติเจนและแอนติบอดีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2. ควบคุมร่างกายของผู้รับไม่ให้มีการก่อภูมิคุ้มกันขึ้นมาต่อต้านมากเกินไป ซึ่งอาจใช้ยายับยั้งหรือทำลายสมบัติทางเคมีของแอนติบอดี หรือการใช้รังสีเอ็กซเรย์ เพื่อจำกัดจำนวนเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ให้มีน้อยกว่าปกติ

3. ชักนำให้เกิดภาวะไม่ตอบสนองทางภูมิคุ้มกันเฉพาะทาง (Immunologic tolerance) ต่อแอนติเจนของอวัยวะที่จะนำมาปลูกถ่าย เช่น การให้เลือดแก่ผู้รับเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนการผ่าตัด เป็นต้น

ซีรัมแก้พิษงู (Antivenine serum)

ซีรัมแก้พิษงูในประเทศไทยผลิตได้ 6 ชนิด คือ พิษงูเห่า งูจงอาง งูสามเหลี่ยม งูแมวเซา งูกะปะ งูเขียวหางไหม้ ซึ่งมีกรรมวิธีผลิตเหมือน ๆ กัน มี 5 ขั้นตอนดังนี้ คือ

1. สร้างภูมิต้านทานสูงให้เกิดในร่างกายม้า โดยนำเอาพิษงูซึ่งปกติรีดเก็บมาจากงูพิษมาฉีดเข้าไปในม้าที่เตรียมไว้ สำหรับผลิตซีรัมโดยเฉพาะ ฉีดซ้ำ ๆ กันทุกสัปดาห์ โดยเริ่มฉีดครั้งแรกด้วยจำนวนพิษน้อยมากจนไม่มีอันตรายใด ๆ กับม้า แล้วค่อยเพิ่มจำนวนขึ้นทีละน้อย ๆ ในการฉีดครั้งต่อ ๆ ไป เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายม้าสร้างภูมิต้านทานต่อพิษงูสูงมากขึ้นเรื่อย ๆ เช่นกัน ภูมิต้านทานต่อพิษงูจะอยู่ในเลือดม้าในส่วนที่เรียกว่าน้ำเหลืองหรือซีรัม ซึ่งต้องมีการตรวจสอบระดับภูมิต้านทานดังกล่าวเป็นระยะ ๆ ด้วยระหว่างที่มีการฉีดพิษงู

2. การเจาะเก็บเลือดม้าที่แยกเอาซีรัม ม้าตัวใดที่ตรวจสอบแล้วว่ามีซีรัม มีระดับความต้านทานสูงตามต้องการแล้ว ก็สามารถเจาะเก็บเลือดม้านั้นได้ในปริมาณค่อนข้างมาก โดยที่ไม่ทำให้ม้านั้นเกิดความผิดปกติในระบบสรีระทั่วไปและยังสามารถให้เลือดในครั้งต่อ ๆ ไปได้ เมื่อได้พักพอสมควรแล้ว เลือดที่เจาะได้จากม้าดังกล่าวจะเก็บไว้ในภาชนะแก้วที่สะอาดและปลอดเชื้อรอแยกเอาส่วนที่เรียกว่าซีรัมไปใช้

3. การทำซีรัม ให้เป็นซีรัมแก้พิษงูชนิดบริสุทธิ์เพราะซีรัมในขั้นที่ 2 มีสารโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบตามธรรมชาติในเลือดอยู่มากมายและหลายชนิดเกี่ยวข้องกับภูมิต้านทานพิษงู แต่เป็นตัวการที่ก่อให้เกิดการแพ้ซีรัมได้มากในคนไข้ จึงต้องแยกเอาโปรตีนดังกล่าวออกให้มากที่สุด เพื่อให้ซีรัมนั้นเหลือแต่โปรตีนที่มีฤทธิ์ต้านพิษงู โดยวิธีการย่อยเอนไซม์ร่วมกับการตกตะกอนโปรตีนด้วยเกลือแอมโมเนีย และโดยการกรอง

4. การบรรจุลงขวดแบบทำแห้ง เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดและเบส รวมทั้งสภาพทางชีวเคมีให้เหมาะสมแล้วจึงบรรจุลงขวด การทำแห้งเพื่อความสะดวกในการส่งไปยังสถานที่ต่าง ๆ และสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมคุณภาพเร็วเกินไป โดยปกติจะเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะคงสภาพอยู่ได้ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

5. การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย ซีรัมทุกขวดจะต้องควบคุมคุณภาพเพื่อตรวจสอบความแรง ตรวจสอบสภาพปลอดเชื้อ ตรวจสอบความปลอดภัย และอื่น ๆ ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก

เอดส์ (AIDS)

ปี พ.ศ. 2527 ประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส และเนเธอร์แลนด์ สามารถหาวิธีตรวจเลือดเพื่อหาเชื้อไวรัสโรคเอดส์ (HIV) ในคนได้สำเร็จ

นักวิทยาศาสตร์พบว่ามีไวรัสคล้าย ๆ กับไวรัสเอดส์ของคนอยู่ในลิงบางพันธ์ในแอฟริกา โดยพบว่าลิงที่เลี้ยงไว้ของศูนย์สัตว์ทดลองในรัฐแมสซาชูเส็ท สหรัฐอเมริกา เกิดเป็นโรคคล้ายกับโรคเอดส์ในคนและมีการติดต่อระบาดไปในหมู่ลิงที่เลี้ยงไว้ด้วย และเมื่อทำการตรวจเลือดลิงก็พบภูมิต้านทานหรือสารต่อต้านไวรัสเอดส์ของลิงด้วยลิงบางพันธ์ เช่น ลิงเขียวแอฟริกา (African green monkey) ก็พบว่ามีภูมิต้านทานหรือสารต่อต้านไวรัสเอดส์ของลิงในปริมาณมาก ซึ่งลิงชนิดนี้นำมาจากแอฟริกากลาง จึงเป็นสาเหตุทำให้กลุ่มนักวิทยาศาสตร์คิดว่า เชื้อเอดส์คงจะมีแหล่งอยู่ที่แอฟริกากลาง ดังนั้นในการศึกษาแหล่งของโรคเอดส์ในเวลาต่อมา จึงมุ่งไปที่แอฟริกากลาง ซึ่งประกอบด้วยประเทศยูกันดา แทนซาเนีย แซมเบีย คองโก ซาวีร์ รีบันลิคและเคนยา เมื่อนำลิงในประเทศต่าง ๆ เหล่านี้มาตรวจเลือดดู ก็พบว่ามีภูมิคุ้มกันหรือสารต่อต้านไวรัสเอดส์สูงมาก หลังจากตรวจเลือดลิงแล้วก็ถือโอกาสตรวจเลือดคนในแถบนั้นด้วย ก็พบว่ามีภูมิคุ้มกันหรือสารต่อต้านไวรัสเอดส์ (HIV) ของคนทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ในอัตราที่สูงกว่าในยุโรป หรืออเมริกาเช่นในเมืองลูซาคา ประเทศแซมเบียมี 18 เปอร์เซ็นต์

และจากการตรวจเลือดของธนาคารเลือดในกรุงแคมปาลาประเทศยูกันดา พบว่ามีเชื้อเอดส์สูงถึง 14 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้นักวิทยาศาสตร์จึงคาดคะเนว่าแอฟริกากลางคงเป็นแหล่งของโรคเอดส์

เกาะเฮติเป็นเกาะในคาบสมุทรแคริบเบียนที่คนอเมริกาชอบไปพักผ่อนตากอากาศกันมาก ซึ่งในช่วงกลางปี พ.ศ. 2513 ได้มีโครงการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมขึ้นระหว่างประชาชนของเกาะเฮติกับประชาชนของประเทศซาอีร์ จึงเชื่อว่าโรคเอดส์จากคนซาอีร์ได้แพร่มาสู่คนชาวเกาะเฮติตั้งแต่ครั้งนั้น ซึ่งทำให้พวกรักร่วมเพศที่เป็นชาวยุโรปหรืออเมริกามาหาความสุขที่เกาะเฮติเป็นกลุ่มแรกที่ติดโรคเอดส์แล้วพาติดตัวกลับยุโรปและอเมริกา

สรุปได้ว่าเดิมทีเดียวเชื้อเอดส์มีในลิงแอฟริกากลางแล้วติดต่อมาสู่คน โดยเชื้อไวรัสเอดส์ของลิงกลายพันธุ์มาเป็นไวรัสเอดส์ของคน ทำให้คนในภาคพื้นแอฟริกาเป็นโรคเอดส์ ซึ่งในครั้งแรกยังไม่ทราบว่าเป็นโรคอะไรก็ให้การวินิจฉัยว่าเป็นโรคผอมแห้ง (Slim disease) ต่อมาเมื่อมีการติดต่อสัมพันธ์กันโรคเอดส์จึงค่อย ๆ ลุกลามเข้าสู่เกาะเฮติแล้วกระจายไปสู่ยุโรป อเมริกา และระบาดไปทั่วโลก

เชื้อไวรัสเอดส์ในคน

เอดส์ (AIDS) ย่อมาจาก Acquired immune Deficiency Syndrome หมายถึง กลุ่มอาการของภูมิคุ้มกันบกพร่องอันเกิดมาจากเชื้อไวรัส HIV (Human Immunodeficiency Virus) ทำให้เกิดโรคภูมิต้านทานบกพร่องในคนไวรัสเอดส์ที่แพร่กระจายไปแล้วทั่วโลกในขณะนี้ คือไวรัสเอดส์ตัวที่ 1 หรือ HIV-1 ส่วนไวรัสเอดส์ตัวที่ 2 หรือ HIV-2 ส่วนใหญ่ทำให้เกิดโรคกับคนในประเทศแถบแอฟริกาตะวันตก เชื้อไวรัสเอดส์ตัวที่ 2 นี้มีความใกล้เคียงกับเชื้อไวรัสเอดส์ในลิงมาก และอาการของโรคก็รุนแรงน้อยกว่าโรคเอดส์ที่เกิดจาก HIV-1

สายพันธุกรรมหรือยีน (Gene) ของไวรัสเอดส์เป็น RNA โดยสายพันธุกรรมจะอัดแน่นอยู่ตรงกลางถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกนอกซึ่งมีปุ่มยื่นออกมาปุ่มเหล่านี้มีชื่อว่า gp120 เป็นโครงสร้างที่ใช้สำหรับยึดเกาะกับเซลล์ร่างกายที่ไวรัสเอดส์บุกรุกเข้าไป เมื่อส่วนของ gp120 ของไวรัสเอดส์เกาะกับเซลล์ร่างกายอย่างแน่นหนาแล้ว เชื้อไวรัสเอดส์จะเข้าสู่เซลล์ร่างกายโดยการถอดเปลือกนอกออกแล้วสายพันธุกรรมหรือ RNA จะเข้าไปภายในเซลล์ หลังจากนั้นเชื้อไวรัสจะสามารถเปลี่ยนสายพันธุกรรมจาก RNA เป็น DNA ดังนั้นเมื่อเซลล์ของร่างกายแบ่งตัวก็จะมีสายพันธุกรรมชนิด DNA ของไวรัสเอดส์แบ่งตัวเข้าไปอยู่ในเซลล์ใหม่ด้วย ซึ่งจะทำให้เชื้ออยู่ในเซลล์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ บางครั้งสายพันธุกรรมชนิด DNA อาจถูกกระตุ้นให้แยกตัวออกจากสายพันธุกรรมของเซลล์ร่างกายและเปลี่ยนกลับมาเป็นสายพันธุกรรมชนิด RNA เหมือนเดิม ซึ่งสามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวนได้และสร้างโปรตีนมาเป็นเปลือกห่อหุ้ม และแตกตัวออกจากเซลล์ที่อาศัยอยู่เดิมไปบุกรุกเซลล์อื่นต่อไป เซลล์ร่างกายที่เชื้อไวรัสเอดส์บุกรุกเข้าไปได้นั้นส่วนใหญ่เป็นเซลล์ที่มีโปรตีนอยู่ที่ผิวเซลล์ที่สำคัญได้แก่ เซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ เป็นเม็ดเลือดขาวขนาดเล็กมี 2 หมู่ คือ ชนิดเซลล์ บี (B-cell) ทำหน้าที่สร้างแอนติบอดีขึ้นมาในร่างกาย อีกหมู่หนึ่งคือ ชนิดเซลล์ ที (T-cell) ทำหน้าที่ดูแลควบคุมช่วยเหลือเซลล์หมู่เซลล์ บี ในการสร้างสารต่อต้านหรือ

ภูมิคุ้มกัน นักวิทยาศาสตร์พบว่าเชื้อไวรัสเอดส์จะเข้าฝังตัวอยู่ในเม็ดเลือดขาวชนิดเซลล์ทีแล้วขยายพันธุ์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยจะทำลายเซลล์ทีจนตาย แล้วเข้าสู่เซลล์ทีตัวใหม่ต่อไป เมื่อเซลล์เหล่านี้ถูกทำลายไป ภูมิต้านทานของร่างกายจะเสื่อมหรือบกพร่องเป็นเหตุให้ติดเชื้อโรคต่างๆ ได้ง่าย สุขภาพทรุดโทรมอย่างรวดเร็วและอาจตายได้เร็วกว่าคนปกติ นอกจากนี้เชื้อไวรัสเอดส์ยังตรวจพบในเซลล์อื่น ๆ เช่น เซลล์สมอง เซลล์เยื่อบุทางเดินอาหาร ทวารหนัก เยื่อเมือกในช่องปากและระบบอวัยวะสืบพันธ์ เชื้อไวรัสเอดส์จะเข้าสู่ร่างกายได้โดยผ่านทางเยื่อเมือกของร่างกาย และทางผิวหนังมีบาดแผลหรือแทงทะลุผ่านผิวหนังเข้าไป โดยทั่วไปการติดเชื้อไวรัสเอดส์จากคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่งมีหลายวิธี คือ

1. ทางเพศสัมพันธ์ การมีเพศสัมพันธ์ระหว่างเพศเดียวกันหรือต่างเพศกับผู้ที่ติดเชื้อไวรัสเอดส์ โดยเชื้อสามารถออกมาได้พร้อมกับน้ำอสุจิของเพศชาย หรือน้ำเมือกในช่องคลอดของเพศหญิง ซึ่งการมีเพศสัมพันธ์กันนั้นจะมีการเสียดสีของอวัยวะเพศ ทำให้เยื่อเมือกที่ปกคลุมอยู่มีการฉีกขาดหรือหลุดออกไปทำให้เชื้อไวรัสเอดส์สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางช่องคลอดหรือช่องทวารหนัก

2. การใช้ของมีคมที่มีเชื้อไวรัสเอดส์ติดอยู่แทงทะลุผ่านผิวหนังเข้าไป เช่น การใช้เข็มฉีดยาที่เปื้อนเลือดคนที่เป็นโรคเอดส์มักพบในกลุ่มผู้ติดยาเสพติดที่ใช้เข็มฉีดยาร่วมกัน การถูกของมีคมที่เปื้อนเลือดคนที่เป็นโรคเอดส์กรณีนี้จะพบในบุคลากรทางแพทย์ ช่างตัดผม ช่างเสริมสวยที่ใช้มีดโกนหรือเครื่องมือเสริมสวยที่ไม่สะอาด เป็นต้น

3. การรับเลือดจากผู้ติดเชื้อไวรัสเอดส์เข้าไปในร่างกาย โดยการถ่ายเลือด

4. แม่ที่เป็นโรคเอดส์การติดต่อจากแม่สู่ลูกในครรภ์ โดยผ่านทางรกหรือผ่านทางน้ำนม

การตรวจเชื้อไวรัสเอดส์

ในการตรวจเชื้อหาไวรัสเอดส์ ใช้วิธีการตรวจเลือดเพื่อดูว่าในเลือดมีแอนติบอดีหรือภูมิคุ้มกันเชื้อไวรัสเอดส์หรือไม่ ถ้าการตรวจพบว่ามีแอนติบอดีเชื้อไวรัสเอดส์ หรือผลเลือดเอดส์บวก แสดงว่าผู้ป่วยได้รับเชื้อเอดส์แล้ว การตรวจเลือดเพื่อหาแอนติบอดีที่ใช้กันโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ

1. วิธีอีไลซา (ELISA = Enzyme Linked Immunosorben Assay)
2. วิธีเวสเทอน บลอท (Western blot)

อาการผู้ป่วยของโรคเอดส์

ผู้ที่เป็นโรคเอดส์จะมีอาการเกิดขึ้นหลายรูปแบบตามระยะเวลาของโรค ดังต่อไปนี้

1. ระยะคล้ายไข้หวัดภายใน 2-3 อาทิตย์แรก หลังจากได้รับเชื้อเอดส์จะมีอาการเพียงเล็กน้อยคล้ายไข้หวัด เช่น มีไข้ น้ำมูกไหล เจ็บคอ ปวดเมื่อยตามตัว ปวดศีรษะ ต่อมน้ำเหลืองโต และเป็นระยะที่ร่างกายสร้างสารต่อต้าน (Antibody) เชื้อไวรัสเอดส์ขึ้นมามากแต่ไม่สามารถมีภูมิต้านทานต่อไวรัสเอดส์ได้

2. ระยะเลือดเอดส์บวก โดยไม่มีอาการหลังจากได้รับเชื้อเอดส์เข้าสู่ร่างกายประมาณ 8-10 อาทิตย์ ผู้ป่วยจะไม่แสดงอาการ แต่ถ้าตรวจเลือดในระยะนี้จะพบว่ามีภูมิคุ้มกันต่อโรคเอดส์ในเลือดหรือที่เรียกว่า มีเลือดบวก

3. ระยะต่อมน้ำเหลืองโต ทางการแพทย์เรียกว่า ระยะ P G L (Persistent Generalised Lymphladenopathy) เป็นระยะที่ต่อมน้ำเหลืองบริเวณคอ ต้นขา ข้อศอกโต เป็นระยะเวลานานมีฝ้าตามเยื่อเมือกในช่องปาก และน้ำหนักลด มีเหงื่อออกมากตอนกลางคืน

4. ระยะที่มีอาการสัมพันธ์กับเอดส์ทางการแพทย์เรียกว่า ระยะ A R C (Aids Related Complex) เป็นระยะที่เชื้อเอดส์ได้ทำลายระบบภูมิคุ้มกันไปมากแล้ว ผู้ป่วยมักมีอาการต่าง ๆ เช่น น้ำหนักลด ท้องเสียเรื้อรัง มีเชื้อราในช่องปาก ม้ามโต เหงื่อออกมากตอนกลางคืน

5. ระยะโรคเอดส์เต็มขั้นหรือเรียกว่า ระยะ Full Blown Aids เป็นระยะสุดท้ายของการติดเชื้อเอดส์ ซึ่งภูมิต้านทางของร่างกายเสียไปเกือบหมดแล้ว โรคติดเชื้อต่าง ๆ เริ่มคุกคามชีวิต เช่น ปอดบวมจากเชื้อนิวโมซิสติส คารินิไอ เป็นโรคผอมแห้ง (Slim Disease) และเป็นมะเร็งผนังเส้นเลือดที่เรียกว่า Kaposi sarcoma มักพบตามเส้นเลือดที่ผิวหนังมีลักษณะเป็นตุ่มนูนสีม่วงแดง ส่วนอาการอื่นที่พบในระยะนี้ ได้แก่ ไข้ ไอ ตามัว หายใจเหนื่อยหอบ ท้องเสียเรื้อรัง ปวดศีรษะ ขาไม่มีแรง เป็นงูสวัด เริม และวัณโรค

6. ระยะเอดส์ขึ้นสมองหรือเอดส์ประสาท (Aids Dementia) เป็นระยะที่เชื้อไวรัสเอดส์สามารถผ่านเข้าสมองและทำลายเซลล์สมอง ทำให้เกิดอาการทางสมองความจำเสื่อม มีอาการโรคจิต ชักกระตุก แขนขาชา

การป้องกันเอดส์

เชื้อไวรัสเอดส์ไม่ติดต่อด้วยการดำรงชีวิตประจำวัน แต่ติดต่อได้ทางเลือด ทางน้ำอสุจิ และของเหลวในช่องคลอด ซึ่งสามารถป้องกันเอดส์ได้ดังนี้

1. มีเพศสัมพันธ์กับคู่ชีวิตของตนเพียงคนเดียว
2. ใช้ถุงยางอนามัยทุกครั้งในกรณีจำเป็นที่ต้องมีเพศสัมพันธ์กับผู้อื่น
3. พยายามหลีกเลี่ยงการมีเพศสัมพันธ์กับกลุ่มเสี่ยงหรือชาวต่างชาติ
4. หยุดการฉีดยาเสพติดเข้าเส้นหรืองดการใช้เข็มฉีดยาร่วมกับผู้อื่น
5. อย่ารับบริการ ฝังเข็ม สักผิวหนัง หรือเจาะหูด้วยเข็มที่ไม่สะอาด หรือไม่ได้ฆ่าเชื้อ
6. อย่าใช้แปรงสีฟัน มีดโกน หรือของใช้ที่ทำให้เกิดรอยถลอกบนผิวหนังร่วมกับผู้อื่น

การรักษาโรคเอดส์

ปัจจุบันไม่มียาที่จะสามารถทำลายเชื้อไวรัสเอดส์ได้ เพราะเมื่อเชื้อไวรัสเอดส์เข้าสู่ร่างกายแล้ว จะเข้าไปฝังตัวอยู่ในเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดเซลล์ที (T-cell) ดังนั้นการใช้ยาเพื่อเข้าไปทำลายเชื้อไวรัสเอดส์ ก็จะมีผลในการทำลายเซลล์ด้วย นอกจากนี้ เชื้อไวรัสเอดส์สามารถเข้าสู่สมองได้ แต่ยาส่วน

ใหญ่ไม่สามารถผ่านไปที่สมองได้ เพราะสมองมีระบบกลั่นกรองสิ่งแปลกปลอม (Blood Brain Barrier) ดังนั้น จึงเป็นการยากที่จะสังเคราะห์ยาที่สามารถเข้าสู่สมองและทำลายเชื้อไวรัสเอดส์ได้ โดยไม่ทำลายเซลล์สมอง ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์จึงมุ่งที่จะหาวิธีการป้องกันไม่ให้เชื้อไวรัสเอดส์เพิ่มจำนวนได้ ซึ่งผู้ป่วยต้องกินยาตลอดชีวิตและทำวัคซีนป้องกันโรคเอดส์ วิธีการรักษาโรคเอดส์มีดังนี้ คือ

1. การรักษาโรคแทรกซ้อน คือ โรคจากเชื้อที่ฉวยโอกาสในขณะที่ผู้ป่วยมีภูมิต้านทานบกพร่อง เช่น มะเร็งของผนังเส้นเลือด วัณโรค ท้องเดินเรื้อรัง เป็นต้น

2. การรักษาเพื่อมุ่งกำจัดเชื้อไวรัสเอดส์ โดยการใช้ยาบางชนิดได้แก่ เอ แซด ที (AZT = Attaches to This Enzyme Reverse Transcriptase) มีชื่อทางการค้าว่า เรโทรเวอร์ (Retrovir) เป็นยาที่ไปยับยั้งการแบ่งตัว เบื่ออาหาร นอนไม่หลับ และอาจทำให้เกิดโรคกับปอดได้ หรือใช้ยาไซโดวูดีน (Zidovudine) ผลิตจากไทมิดีน (Thymidine) เป็นสารที่สกัดจากน้ำเชื้อของปลาแฮริงค์และปลาแซลมอล ส่วนยาแอมพลิเกน (Ampligen) เป็นยาที่ช่วยกระตุ้นระบบภูมิต้านทานทำให้ร่างกายมีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อเอดส์ได้ เป็นต้น

ดังนั้น ในปัจจุบันจึงยังไม่มีวัคซีนป้องกันหรือยาทำลายเชื้อไวรัสเอดส์ได้ นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกและในประเทศไทยได้ทำการทดลองค้นคว้าวิจัยทำวัคซีนป้องกันโรคเอดส์ผลเป็นอย่างไรในอนาคตคงจะทราบกันและนักวิทยาศาสตร์คิดว่าต้องสามารถรักษาและป้องกันโรคนี้ได้อย่างแน่นอน

2.3.11 การรักษาสมดุลของร่างกาย (Homeostasis)

สิ่งมีชีวิตจะดำรงชีวิตและทำหน้าที่ได้อย่างปกติจะต้องมีสภาพแวดล้อมของเซลล์ที่เหมาะสมเพื่อให้เซลล์ทำงานอย่างปกติ ดังนั้น สิ่งมีชีวิตจึงมีความสามารถในการปรับระดับของสภาพแวดล้อมภายในร่างกายให้มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต และการทำงานของเซลล์ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น การรักษาระดับของน้ำ น้ำตาล แร่ธาตุ อุณหภูมิ ความเป็นกรดและเบส เป็นต้น วิธีการนี้เรียกว่า การรักษาสมดุล (Homeostasis)

1. การรักษาสมดุลของน้ำในสิ่งมีชีวิต

ร่างกายของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ สัตว์บางชนิดมีน้ำเป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อสูงมาก เช่น แมงกะพรุนมีน้ำสูงถึงร้อยละ 95 สำหรับมนุษย์มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ในเนื้อเยื่อของร่างกายประมาณ 2 ใน 3 ของน้ำหนักตัวหรือร้อยละ 65 -70 ส่วนในพืชทั่ว ๆ ไป จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อประมาณร้อยละ 50

ประโยชน์ของน้ำ

1. เป็นองค์ประกอบส่วนที่สำคัญของไซโทพลาสซึม (Cytoplasm)
2. จำเป็นในการสร้างซ่อมและบำรุงเซลล์
3. ช่วยทำให้อาหารอ่อนตัวเหมาะกับการย่อย
4. เป็นตัวทำละลายเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย

5. ช่วยนำอาหารและออกซิเจนไปให้แก่เซลล์โดยเป็นส่วนประกอบของเลือด
6. ช่วยในการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย เช่น ทางเหงื่อ ทางปัสสาวะ
7. ช่วยรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้สม่ำเสมอ
8. ช่วยรักษารูปร่างของสัตว์บางชนิดให้คงที่

การรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายมนุษย์

ในวันหนึ่ง ๆ ร่างกายของมนุษย์ต้องการได้รับน้ำและขับน้ำออกมามีปริมาณใกล้เคียงกัน ปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับแต่ละวันเฉลี่ยประมาณ 2,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร และร่างกายจะขับน้ำออกนอกร่างกายในปริมาณที่เท่ากับปริมาณน้ำที่ได้รับมาในแต่ละวันดังนี้

การรับน้ำเข้าสู่ร่างกาย

1. ระบบทางเดินอาหาร (Alimentary canal) เป็นทางที่ร่างกายได้รับน้ำมากที่สุด โดยได้รับปริมาณน้ำจากการรับประทานอาหารประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน และได้รับปริมาณน้ำจากน้ำดื่มประมาณ 1,200 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน การดูดซึมน้ำของระบบทางเดินอาหารเกิดขึ้นที่ลำไส้เล็กเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือ ลำไส้ใหญ่ ส่วนที่กระเพาะอาหารมีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด

2. น้ำที่เกิดจากกระบวนการทางเคมีของร่างกาย ที่เผาผลาญอาหารไปใช้เป็นพลังงาน (Metabolism) ร่างกายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ผลจากการศึกษาร่างกายจะได้รับน้ำประมาณ 300 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน

การขับน้ำออกจากร่างกาย

1. ทางปัสสาวะ (Urine) การขับถ่ายปัสสาวะเป็นระบบการควบคุมปริมาณน้ำในร่างกายที่สำคัญที่สุด ร่างกายขับน้ำออกมาทางปัสสาวะประมาณ 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน และจะขับออกมามากกว่านี้ถ้าร่างกายได้รับน้ำเพิ่ม แต่จะขับออกมาน้อยลงถ้าร่างกายอยู่ในภาวะขาดแคลนน้ำ ในกรณีที่ไตผิดปกติ เช่น ไตล้มเหลวจะทำให้มีน้ำสะสมในร่างกายมากขึ้น ถ้าเป็นโรคเบาหวาน เบาจืด การสูญเสียน้ำทางด้านปัสสาวะจะมากกว่าปกติ

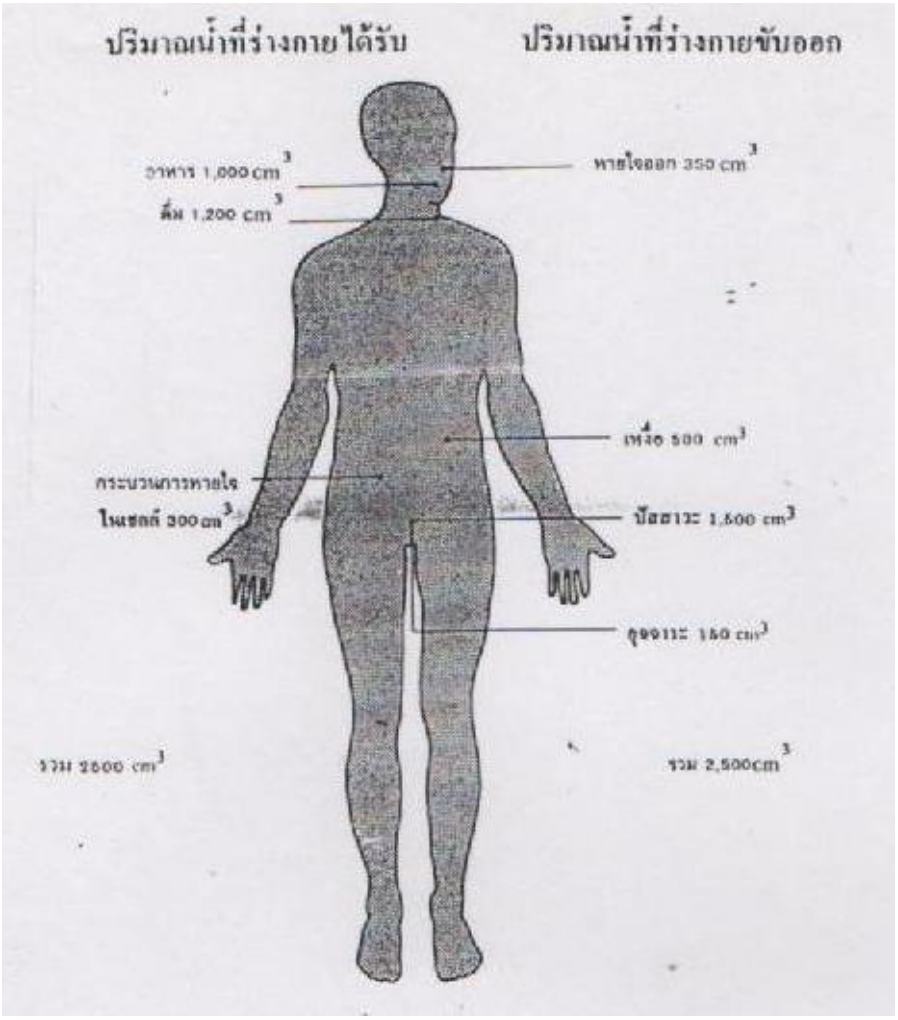
2. ทางผิวหนัง (Skin) การสูญเสียน้ำทางผิวหนังจะขับออกมาในรูปของเหงื่อ ประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน ในสภาวะอากาศร้อนหรือมีการทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่างกายจะขับเหงื่อออกมามากเพิ่มขึ้น

3. ทางการหายใจ (Respiration) ร่างกายสูญเสียน้ำทางการหายใจประมาณ 350 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน ในสภาวะอากาศร้อนหรือมีกิจกรรมต่าง ๆ ก็จะมีการสูญเสียน้ำทางการหายใจเพิ่มขึ้น

4. ทางเดินอาหาร (Alimentary canal) ร่างกายจะขับน้ำออกมาทางอุจจาระประมาณ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวันในสภาวะท้องเสียร่างกายจะสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น ตามตารางที่ 2.8 และตามรูปที่ 2.38

ตารางที่ 2.8 การรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายมนุษย์

ปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับ	ปริมาณ $(cm)^3$	ปริมาณน้ำลที่ร่างกายเสียไป	ปริมาณ $(cm)^3$
น้ำดื่ม	1,200	ปัสสาวะ	1,500
อาหาร	1,000	ผิวหนัง	500
ปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย	300	การหายใจ	350
		อุจจาระ	150
รวม	2,500	รวม	2,500



รูปที่ 2.38 ปริมาณน้ำที่รับเข้าและขับออกจากร่างกายของผู้ใหญ่ใน 1วันโดยเฉลี่ย (พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 213)

ในเด็กแรกเกิดหรือเด็กทารกจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบในร่างกายมากที่สุด และเมื่ออายุมากขึ้น ๆ ปริมาณน้ำจะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ เพศชายจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่าเพศหญิง ในเด็กแรกเกิดถึงอายุ 1 ปี ในเพศชายมีน้ำประมาณร้อยละ 80 ส่วนเพศหญิงมีน้ำประมาณร้อยละ 75 ถ้าอายุ 60 ปีขึ้นไป เพศชายจะมีน้ำร้อยละ 50 ส่วนเพศหญิงมีน้ำร้อยละ 45

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในร่างกาย

1. อายุ เมื่อมีอายุมากสัดส่วนของน้ำในร่างกายจะลดลง
2. เพศ ในเพศชายมีสัดส่วนของน้ำในร่างกายมากกว่าเพศหญิง
3. ขนาดหรือปริมาตรของร่างกาย คนอ้วนมีไขมันมากปริมาณน้ำในร่างกายจะน้อย ถ้าไขมันน้อยจะมีปริมาณน้ำในร่างกายมาก
4. สถานที่อยู่อาศัย ถ้าอยู่ในที่สูงน้ำในเซลล์ลดลง
5. ผู้หญิงตั้งครรภ์จะมีปริมาณน้ำสะสมมากกว่าไม่ตั้งครรภ์ เพราะมีฮอร์โมนเพศสูงมากไปกระตุ้นท่อหน่วยไตให้ดูดน้ำกลับมาใช้อีก ไม่ให้สูญเสียเป็นปัสสาวะมากเกินไป
6. เวลาออกกำลังกายปริมาณน้ำในร่างกายจะลดลงฮอร์โมนที่ควบคุมสมดุลน้ำ คือ ADH (Antidiuretic hormone หรือ Vasopressin) ซึ่งสร้างจากเซลล์ประสาทชื่อ Neurosecretory-cell ซึ่งอยู่ที่สมองที่เรียกว่า Hypothalanus และส่งฮอร์โมนนี้มาที่ต่อมใต้สมองส่วนหลัง (Pituitary gland posterior lobe) ต่อมใต้สมองส่วนหลังจะส่งฮอร์โมนชนิดนี้ไปที่ท่อหน่วยไตให้ดูดน้ำกลับมาใช้อีกไม่ให้สูญเสียเป็นปัสสาวะมากเกินไป ถ้าขาดฮอร์โมนชนิดนี้จะเป็นโรคเบาจืด (Diabetes insipidus) คือ ปัสสาวะออกมาเป็นจำนวนมาก

2. การรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย

สัตว์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

สัตว์เลือดอุ่น (Homeothermic animal)

สัตว์เลือดเย็น (Poikilothermic animal)

2.1 สัตว์เลือดอุ่น คือ สัตว์ที่สามารถรักษาอุณหภูมิภายในของร่างกายอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่อุณหภูมิของร่างกายจึงไม่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม ถึงแม้ว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไปมากเท่าใดก็ตาม ได้แก่ สัตว์จำพวกนก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีข้อยกเว้นในปลาบางชนิด คือ ปลาทูนา (Tuna) กับปลาฉลามแมกเคอรัล (Mackeral) เนื่องจากสามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายได้คงที่ จึงจัดเป็นสัตว์เลือดอุ่นปลาพวกนี้มีพฤติกรรมการว่ายน้ำเร็วมาก และมีระบบการหมุนเวียนของเลือดพิเศษที่เรียกว่า Rete mirabile หรือ Wonderful net คือ มีเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเส้นเลือดดำและเส้นเลือดแดงอยู่ชิดกัน และประสานเป็นร่างแหที่บริเวณผิวหนังด้านข้างหรือบริเวณช่องว่างลำตัวใต้กระดูกสันหลัง หรือตามบริเวณตับ เส้นเลือดดำและเส้นเลือดแดงที่ประสานกันเป็นร่างแหนี้จะทำหน้าที่แลกเปลี่ยนกระแสความร้อน โดยเส้นเลือดดำซึ่งอุ่นจะเย็นลงเมื่อ

ผ่านเหงือก และเส้นเลือดแดงจะอุ่นขึ้นเมื่อผ่านอวัยวะต่าง ๆ ของปลา ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของร่างกายสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำประมาณ 10 องศาเซลเซียส และสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายของปลาชนิดอื่น ๆ ตามตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในร่างกายของสัตว์เลือดอุ่นชนิดต่าง ๆ กับอุณหภูมิของแหล่งที่อยู่

สัตว์	อุณหภูมิปกติของร่างกาย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของแหล่งที่อยู่ (องศาเซลเซียส)
หมี	38.0 ± 1.0	-7 ถึง 21
หมีขาว	37.5 ± 0.4	-37 ถึง -1
แมว	38.6 ± 1.3	4 ถึง 25
อูฐ	37.5 ± 0.5	เขตศูนย์สูตร*
ช้าง	36.2 ± 0.5	เขตศูนย์สูตร*
สุนัข	38.8 ± 1.3	4 ถึง 25
ม้า	37.7 ± 0.5	ทั่วไปกว้าง ๆ
คน	36.9 ± 0.7	ทั่วไปกว้าง ๆ
หนู	39.3 ± 1.3	4 ถึง 25
ปลาวาฬ	35.7 ± 0.1	ไม่ต่ำกว่า 4
เป็ด	43.1 ± 0.3	4 ถึง 25
นกกระจอกเทศ	39.2 ± 0.7	เขตศูนย์สูตร*
นกเพนกวิน	39.0 ± 0.2	0 ถึง 10
นกนางนวลถิ่นหนาว	40.0 ± 0.5	-34 ถึง -1
นกกระจิบ	41.1 ± 1.0	4 ถึง 25

* อุณหภูมิของเขตศูนย์สูตรอาจสูงเกิน 43 องศาเซลเซียส

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 216)

2.2 สัตว์เลือดเย็น เป็นสัตว์ที่มีอุณหภูมิภายในร่างกายเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม ดังนั้นอุณหภูมิภายในร่างกายจึงอยู่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่สัตว์อาศัยอยู่ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย (Metabolism) จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมด้วย ถ้าสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำอัตราปฏิกิริยาเคมีในร่างกายต่ำ เป็นการผลิตความร้อนภายในร่างกายน้อยจึงทำให้สัตว์อยู่ได้

ตามปกติ ในทำนองเดียวกันเมื่อสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงอัตราปฏิกิริยาเคมีในร่างกายจะสูงตาม เป็นการผลิตความร้อนภายในร่างกายเพิ่มให้อุณหภูมิของร่างกายให้สูงตามไปด้วย ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปฏิกิริยาเคมีในร่างกายของสัตว์เลือดเย็นกับอุณหภูมิพบว่า ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส อัตราปฏิกิริยาเคมีในร่างกายจะเพิ่มประมาณ 2 เท่า เช่น ถ้าเลี้ยงปลาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสอัตราปฏิกิริยาเคมีในร่างกายของปลาจะสูงเป็น 2 เท่าของที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าปลาที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสจะเจริญเติบโตมากกว่าที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสประมาณ 2 เท่า โดยสังเกตจากปริมาณอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาในช่วงเวลาเท่ากัน ถ้าเลี้ยงปลาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะสิ้นเปลืองอาหาร 2 เท่าของที่เลี้ยง 10 องศาเซลเซียส สัตว์เลือดเย็นประกอบด้วย

2.2.1 ปลา เช่น ปลาช่อน ปลาดุก

2.2.2 สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ เช่น กบ อึ่งอ่าง เขียด

2.2.3 สัตว์เลื้อยคลาน เช่น งู จระเข้ จิ้งจก ตุ๊กแก

1. ปัจจัยและกลไกที่ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย

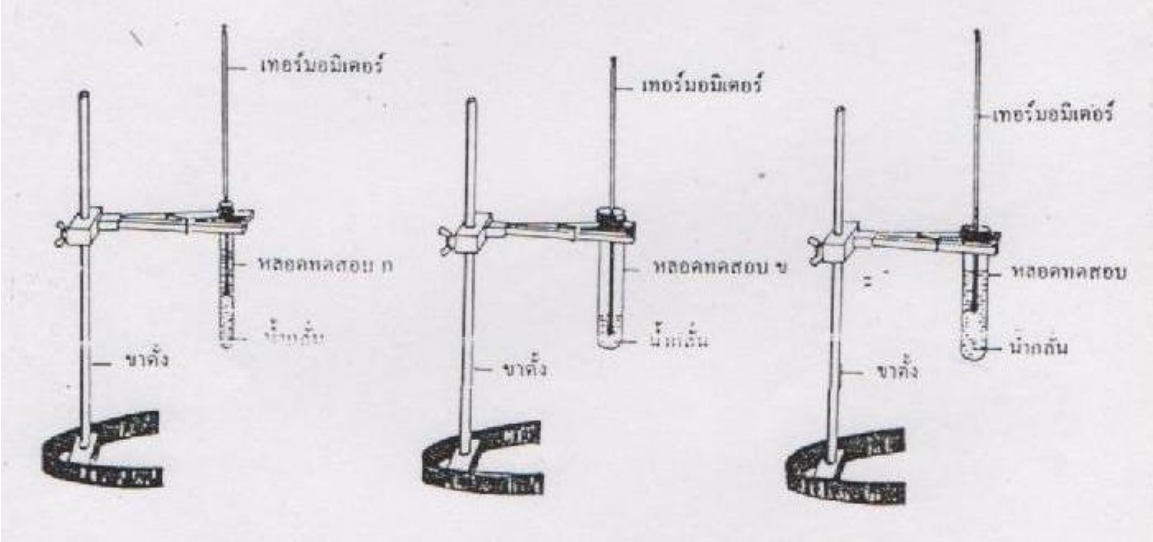
1. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับขนาดและพื้นที่ผิวของร่างกาย

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ของขนาดพื้นที่ผิวกับอุณหภูมิของร่างกายโดยใช้สิ่งมีชีวิตทดลองค่อนข้างจะไม่สะดวกและยุ่งยาก แต่การถ่ายเทความร้อนไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตหรือวัตถุไม่มีชีวิตก็ตามมักจะมีกระบวนการเป็นแบบเดียวกัน เพื่อการทดลองที่ง่ายและเห็นได้ชัดเจนอาจดูได้จากการถ่ายเทความร้อนของน้ำในหลอดที่มีปริมาตรน้ำต่างกันแต่ขนาดของหลอดเท่ากันดังนี้

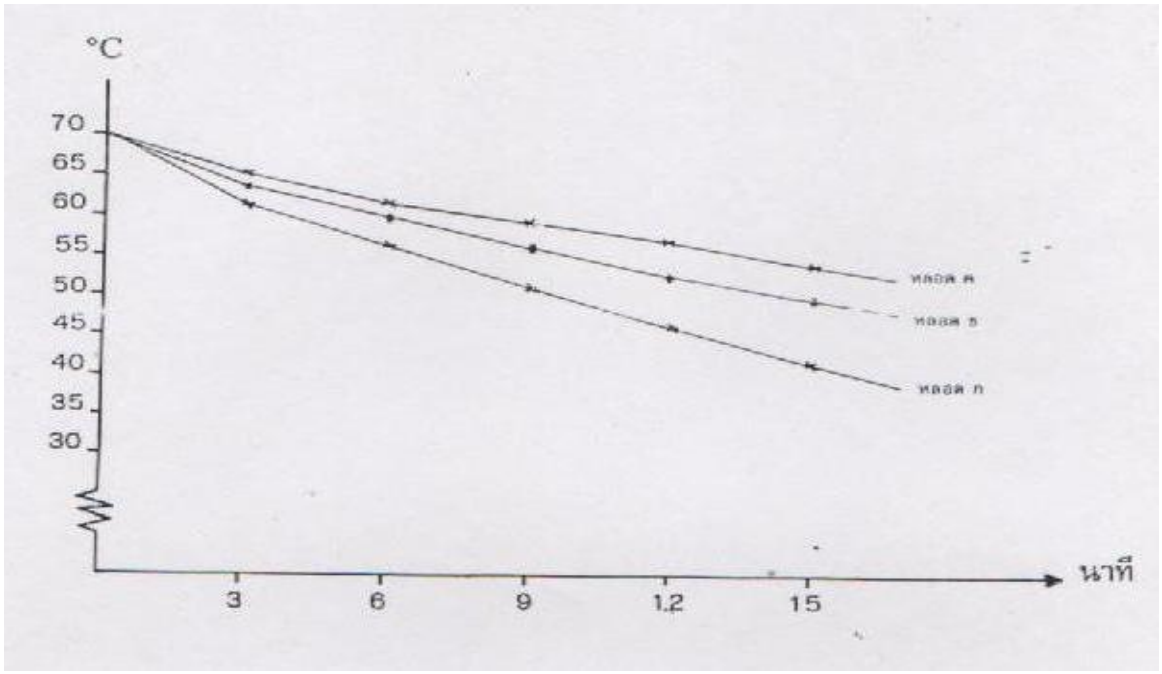
วิธีการทดลอง

1. เตรียมหลอดแก้วทดสอบ 3 หลอด คือ หลอด ก ข ค
2. หลอด ก. มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร สูง 16 เซนติเมตร มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. หลอด ข. มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.4 เซนติเมตร สูง 16 เซนติเมตร มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. หลอด ค. มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.4 เซนติเมตร สูง 16 เซนติเมตร มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. หลอดทดสอบทั้ง 3 หลอด มีจุกปิดและเสียบเทอร์โมมิเตอร์
6. ตั้งหลอดทดสอบทั้ง 3 หลอดลงในปีกเกอร์ที่มีน้ำอยู่ 1/3 ของปีกเกอร์ ต้มหลอดทั้ง 3 จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำในหลอดมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเท่ากันทุกหลอด
7. นำหลอดทดสอบทั้ง 3 หลอดขึ้นมาพร้อม ๆ กัน แล้วรีบตั้งไว้บนขาตั้งแล้วปล่อยให้หลอดทั้ง 3 หลอดเย็นลงในอุณหภูมิห้องปกติ ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ตามรูปที่ 2.39

8. อ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ของแต่ละหลอดทุก ๆ 3 นาทีในช่วงเวลา 15 นาที บันทึกค่าที่ได้แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำกลั่นในทั้ง 3 หลอด ซึ่งกราฟที่ถูกต้องควรจะได้ ตามรูปที่ 2.39 และรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.39 ความสัมพันธ์ของพื้นที่ผิวและปริมาตรกับอุณหภูมิ
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 217)



รูปที่ 2.40 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำกลั่นในหลอดทดสอบที่อุณหภูมิห้องปกติ
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 218)

การเปรียบเทียบพื้นที่ผิวและปริมาตรของน้ำในหลอด ก. ข. และ ค. สามารถคำนวณห้าได้ดังนี้

พื้นที่ผิวการระบายความร้อนของน้ำ = $\pi Dh + 2\pi r^2$

เมื่อ π = 3.14

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดทดสอบที่บรรจุน้ำกลั่น

r = รัศมีของหลอดทดสอบที่บรรจุน้ำกลั่น

h = ความสูงจากก้นหลอดทดสอบถึงระดับน้ำในแต่ละหลอด

การคำนวณหาความสูงจากก้นหลอดทดสอบถึงระดับน้ำในหลอด ก. คำนวณได้ดังนี้

ปริมาตรน้ำ = $\pi r^2 h$

20 = $3.14 \times 0.7^2 \times h$

$\therefore$ h = 13.0 cm

พื้นที่ผิวการระบายความร้อนของน้ำในหลอด ก. = $\pi Dh + 2\pi r^2$

$= (3.14 \times 1.4 \times 13.0) + (2 \times 3.14 \times 0.7^2)$

$= (57.15) + (3.08)$

$= 60.23 \text{ cm}^2$

ปริมาตรน้ำในหลอด ก. $= 20 \text{ cm}^3$

$\therefore$ พื้นที่ผิว/ปริมาตร $= 60.23/20 = 3.01 \text{ cm}^{-1}$

การคำนวณหาความสูงจากก้นหลอดทดสอบถึงระดับน้ำในหลอด ข. คำนวณได้ดังนี้

ปริมาตรน้ำ = $\pi r^2 h$

20 = $3.14 \times 1.2^2 \times h$

$\therefore$ h = 4.42 cm

พื้นที่ผิวการระบายความร้อนของน้ำในหลอด ข. = $\pi Dh + 2\pi r^2$

$= (3.14 \times 2.4 \times 4.42) + (2 \times 3.14 \times 1.2^2)$

$= (33.31) + (9.04)$

$= 42.35 \text{ cm}^2$

ปริมาตรน้ำในหลอด ข. = 20 cm^3

∴ พื้นที่ผิว/ปริมาตร = 42.35/20 = 2.12 cm^{-1}

การคำนวณหาความสูงจากก้นหลอดทดสอบถึงระดับน้ำในหลอด ค. คำนวณได้ดังนี้

ปริมาตรน้ำ = $\pi r^2 h$

40 = 3.14 x 1.2^2 x h

∴ h = 8.85 cm

พื้นที่ผิวการระบายความร้อนของน้ำในหลอด ค. = $\pi Dh + 2\pi r^2$

= (3.14 x 2.4 x 8.85) + (2 x 3.14 x 1.2^2)

= (66.69) + (9.04)

= 75.73 cm^2

ปริมาตรน้ำในหลอด ค. = 40 cm^3

∴ พื้นที่ผิว/ปริมาตร = 75.73/40 = 1.89 cm^{-1}

ผลการทดลอง

1. ปริมาตรและพื้นที่ผิวของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ

2. หลอด ก. และ หลอด ข. มีปริมาตร 20 cm^3 เท่ากัน แต่พื้นที่ผิวหลอด ก. เท่ากับ 60.23 cm^2 มากกว่าหลอด ข. ที่มีพื้นที่ผิวเท่ากับ 42.35 cm^2 จากผลที่ได้จะพบว่าหลอด ก. มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในระบบความร้อนได้เร็วกว่า เพราะมีพื้นที่ผิวมากในขณะที่มีปริมาตรเท่ากัน

3. หลอด ค. มีปริมาตร 40 cm^3 และมีพื้นที่ผิว 75.73 cm^2 จะพบว่ามีปริมาตรและพื้นที่ผิวมากกว่าหลอด ก. และ ข. โดยมีปริมาตร 20 cm^3 เท่ากันและมีพื้นที่ผิว 60.23 cm^2 42.35 cm^2 ตามลำดับ จากผลที่ได้จะพบว่าหลอด ค. มีปริมาตรของน้ำมากกว่าหลอด ก. และ ข. ทำให้จุความร้อนได้มาก ถึงแม้ว่าจะมีพื้นที่ผิวมากสามารถระบายความร้อนได้ดีก็ตาม แต่ปริมาณความร้อนมีมากทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้ช้า

4. อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับปริมาตร หลอด ก. หลอด ข. และหลอด ค. มีอัตราส่วน 3.01 cm^{-1}, 2.12 cm^{-1} และ 1.89 cm^{-1} ตามลำดับ ถ้ามีค่าสูงการระบายความร้อนออกจะเร็ว ดังนั้นอุณหภูมิภายในของน้ำในหลอด ก. จึงเปลี่ยนแปลงได้เร็วมากกว่าหลอด ข. และ หลอด ค. ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในของน้ำในหลอด ข. จะเร็วมากกว่า หลอด ค.

โครงสร้างผิวหนังกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในร่างกายของสัตว์

ผิวหนังเป็นตัวรับและถ่ายเทความร้อนของร่างกายกับอุณหภูมิของอากาศ หรือสิ่งแวดล้อม สัตว์ชั้นต่ำที่มีผิวหนังบางจะรับและถ่ายเทความร้อนได้โดยตรง ส่วนสัตว์ชั้นสูงที่มีเซลล์มากมายซับซ้อน จะมีเส้นเลือดนำความร้อนมาปล่อยออกที่ผิวหนัง ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจึงแตกต่างกันดังนี้

1. สัตว์ที่มีพื้นที่ผิวมากจะระบายความร้อนออกได้เร็วกว่าสัตว์ที่มีพื้นที่ผิวน้อยเมื่อมีปริมาตรเท่ากัน

2. สัตว์ที่มีผิวหนังย่นพับทับหรือรูปร่างแบนบางเป็นโครงสร้างที่ให้พื้นที่ผิวรวมมาก ทำให้สามารถระบายความร้อนออกสู่ภายนอกได้เร็ว เหมาะกับสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

3. ถ้าพื้นที่ผิวมากจะทำให้ระบายความร้อนได้ดีแต่ถ้าสัตว์มีปริมาตรมากด้วยอัตราการลดอุณหภูมิของร่างกายก็จะช้า เพราะปริมาตรมาก จะจุความร้อนไว้มากเช่นกัน

4. ดรรชนีชี้บ่งถึงอัตราการลดอุณหภูมิร่างกายของสัตว์ว่าจะช้าหรือเร็ว ควรใช้สัดส่วนพื้นที่ผิวกับปริมาตรจึงจะถูกต้อง ถ้าสัดส่วนนี้มีค่าสูงก็แสดงว่าอุณหภูมิร่างกายลดลงเปลี่ยนแปลงได้เร็ว

5. สัตว์ที่มีความยาวหรือแบนมาก จะทำให้มีพื้นที่ผิวมากทำให้สามารถระบายความร้อนได้มาก

6. สัตว์ที่มีขนปกคลุมร่างกาย โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและสัตว์ปีก สัตว์ที่อยู่ในเขตหนาวจะมีขนยาว เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ส่วนสัตว์ที่อยู่ในเขตร้อนจะมีขนสั้นเกรียน เพื่อช่วยระบายความร้อนออกได้ง่าย

7. การมีชั้นไขมันใต้ผิวหนัง สัตว์บางชนิดที่อยู่ในเขตหนาวจะมีชั้นไขมันใต้ผิวหนังหนาทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนไม่ให้ความร้อนออกจากร่างกาย เช่น แมวน้ำ ปลาวาฬ

2. กลไกการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย

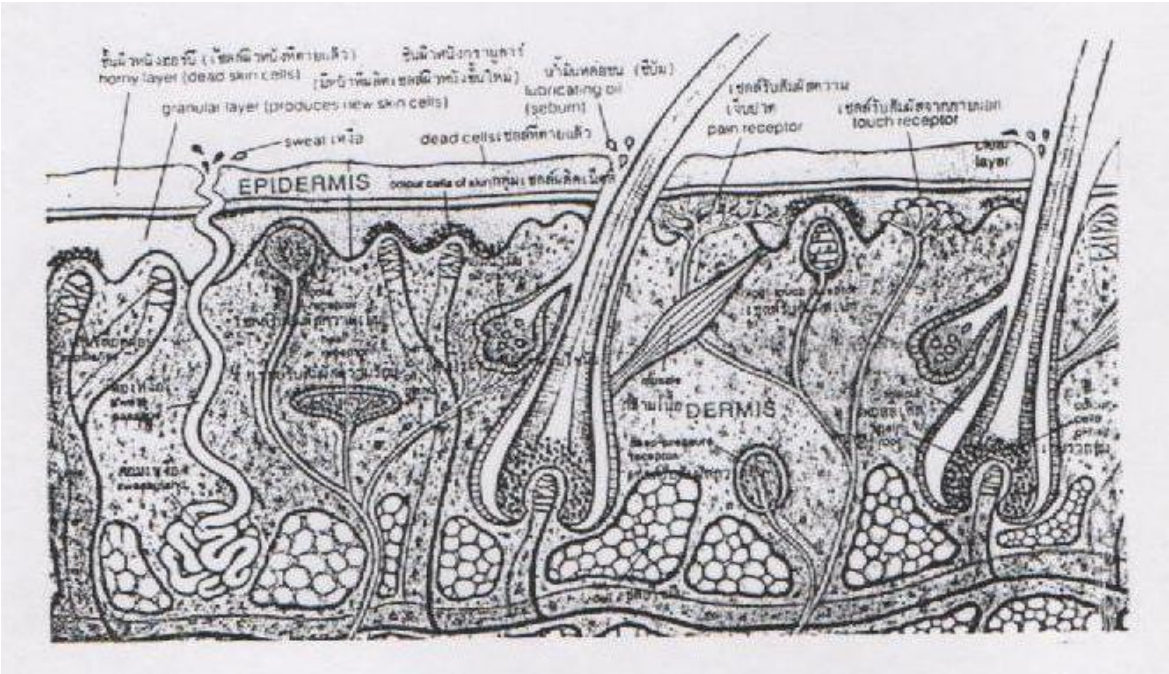
2.1 การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายเมื่ออยู่ในสภาวะอากาศหนาว สัตว์เลือดอุ่นจะมีการเพิ่มอัตราปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย (Metabolism) ให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มความร้อนให้กับร่างกายดังนี้

2.1.1 อุณหภูมิในร่างกายจะกระตุ้นการทำงานของสมองส่วนไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) ซึ่งมีผลทำให้เส้นเลือดที่นำเลือดมาที่ผิวหนังมีขนาดเล็กลง เมื่อเส้นเลือดมีขนาดเล็กลงเลือดที่มาเลี้ยงผิวหนังก็จะมีปริมาณลดลงทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนน้อยลง

2.1.2 ไฮโพทาลามัส จะกระตุ้นเส้นประสาทที่ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อโคนขา (Dermis) ทำให้ขนลุกชันถ้าหนาวมาก ๆ กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ จะหดตัวจนเกิดอาการสั่นได้

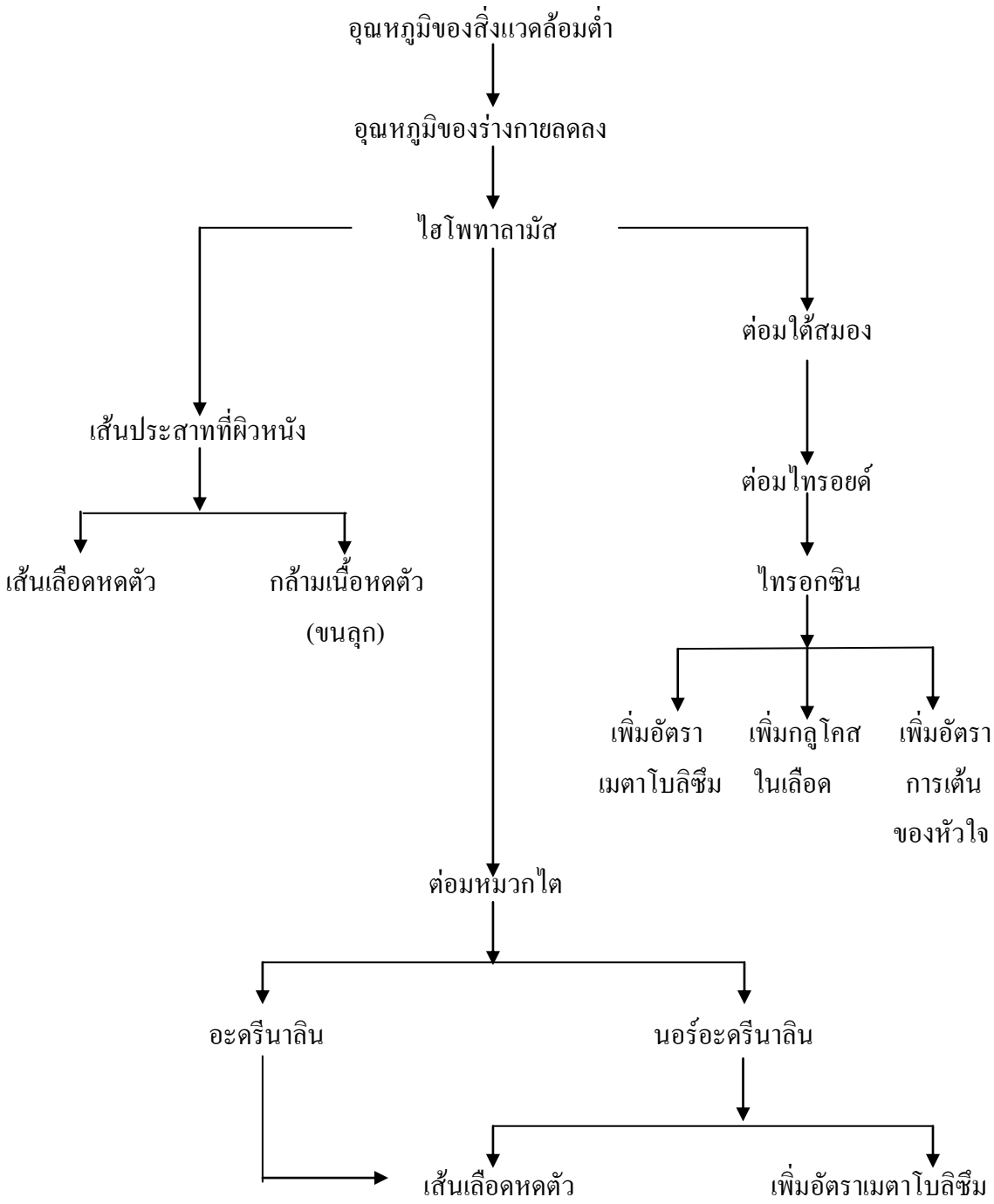
2.1.3 ไฮโพทาลามัสจะกระตุ้นต่อมไทรอยด์ ทำให้สามารถผลิตฮอร์โมนไทรอกซินเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเพิ่มอัตราเมตาโบลิซึม (Metabolism) ให้มากขึ้น

2.1.4 ไฮโพทาลามัส จะกระตุ้นต่อมหมวกไตให้ผลิตฮอร์โมนอะดรีนาลินมากขึ้น มีผลทำให้เส้นเลือดหดตัวและเพิ่มอัตราเมตาโบลิซึม (Metabolism) ตามรูปที่ 2.41 และแผนภูมิที่ 2.4



รูปที่ 2.41 โครงสร้างของผิวหนัง

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 220)



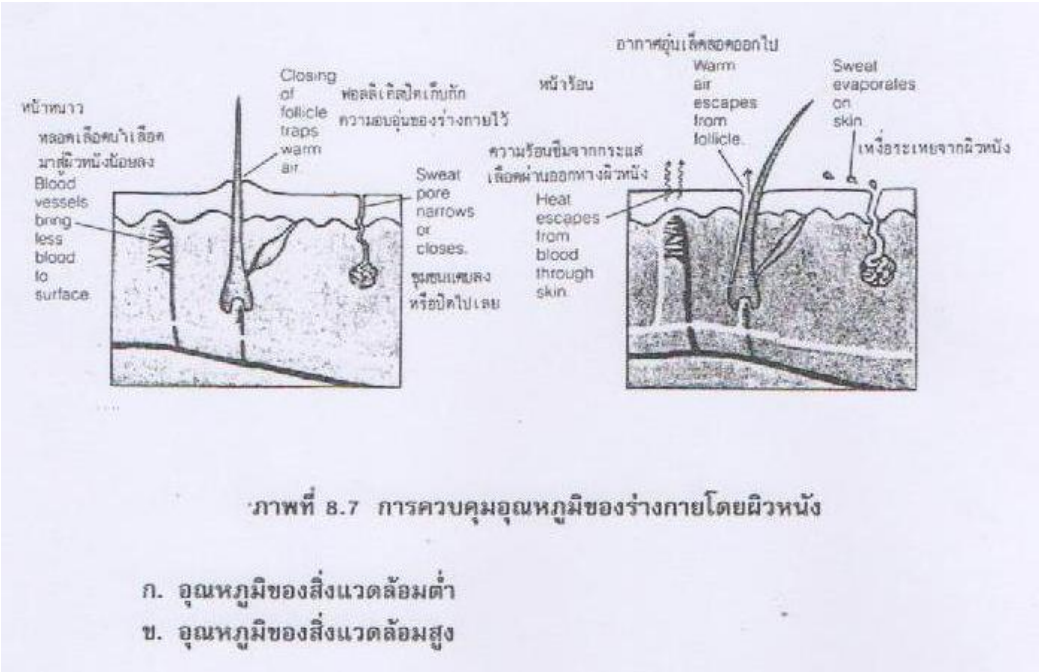
แผนภูมิที่ 2.4 กลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายขณะอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมต่ำ

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 220)

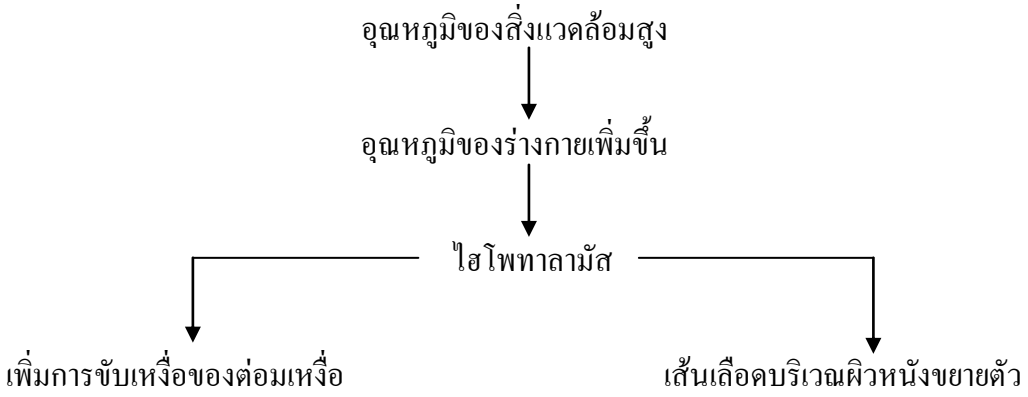
2.2 การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายเมื่ออยู่ในสภาวะอากาศร้อน หรืออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงมากกว่าอุณหภูมิในร่างกาย สัตว์เลือดอุ่นมีวิธีการลดความร้อนให้กับร่างกายดังนี้

2.2.1 ต่อมเหงื่อจะเพิ่มการผลิตเหงื่อและขับเหงื่อออกไปตามผิวหนัง เมื่อเหงื่อของผิวหนังระเหยเหงื่อจะพาความร้อนออกไปด้วยทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดต่ำลง

2.2.2 อุณหภูมิของร่างกายที่เพิ่มขึ้นจะกระตุ้นสมองส่วนไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) ทำให้เส้นเลือดที่ไปยังผิวหนังขยายตัว เลือดมาเลี้ยงผิวหนังเพิ่มมากขึ้น ทำให้ร่างกายระบายความร้อนออกทางผิวหนังเพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 2.42 และแผนภูมิที่ 2.5



รูปที่ 2.42 การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายโดยผิวหนัง
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 221)



แผนภูมิที่ 2.5 กลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายขณะอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูง
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 221)

2.3 สัตว์ที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนมีการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย ดังนี้

2.3.1 การหอบในพวกสุนัข วัว ควาย แพะ และแกะ เมื่ออากาศร้อนมาก ๆ มีอุณหภูมิสูงจะมีการระบายความร้อนออกมาด้วยวิธีการหายใจแรง ๆ และเร็วที่เราเรียกว่า การหอบ จะทำให้น้ำออกมาจากบริเวณลิ้นและเพดานปาก ช่วยพาความร้อนในร่างกายออกมาด้วย ทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดลง

2.3.2 การเลียในพวกแมว กระต่าย หนู จิงโจ้ เมื่ออากาศร้อนมาก ๆ พวกนี้จะเลียขนให้เปียกชื้นและเลียอุ้งเท้าทำให้น้ำลายที่บริเวณอุ้งเท้าที่ไม่มีขนระเหยไป เป็นการระบายความร้อนออกจากร่างกาย

2.3.3 การใช้ถุงลม สัตว์จำพวกนกจะมีถุงลม(Air sac) จำนวนมากที่ติดต่อกับปอดช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกาย

3. การหลบหลีกอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจากสิ่งแวดล้อม

เมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปสัตว์ทั้งหลายจะต้องหาทางหลีกเลี่ยงจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และแสดงด้านพฤติกรรมต่าง ๆ ออกมาได้แก่

3.1 การเปลี่ยนแปลงสถานที่เพื่อที่จะอาศัยอยู่ได้อย่างเหมาะสม

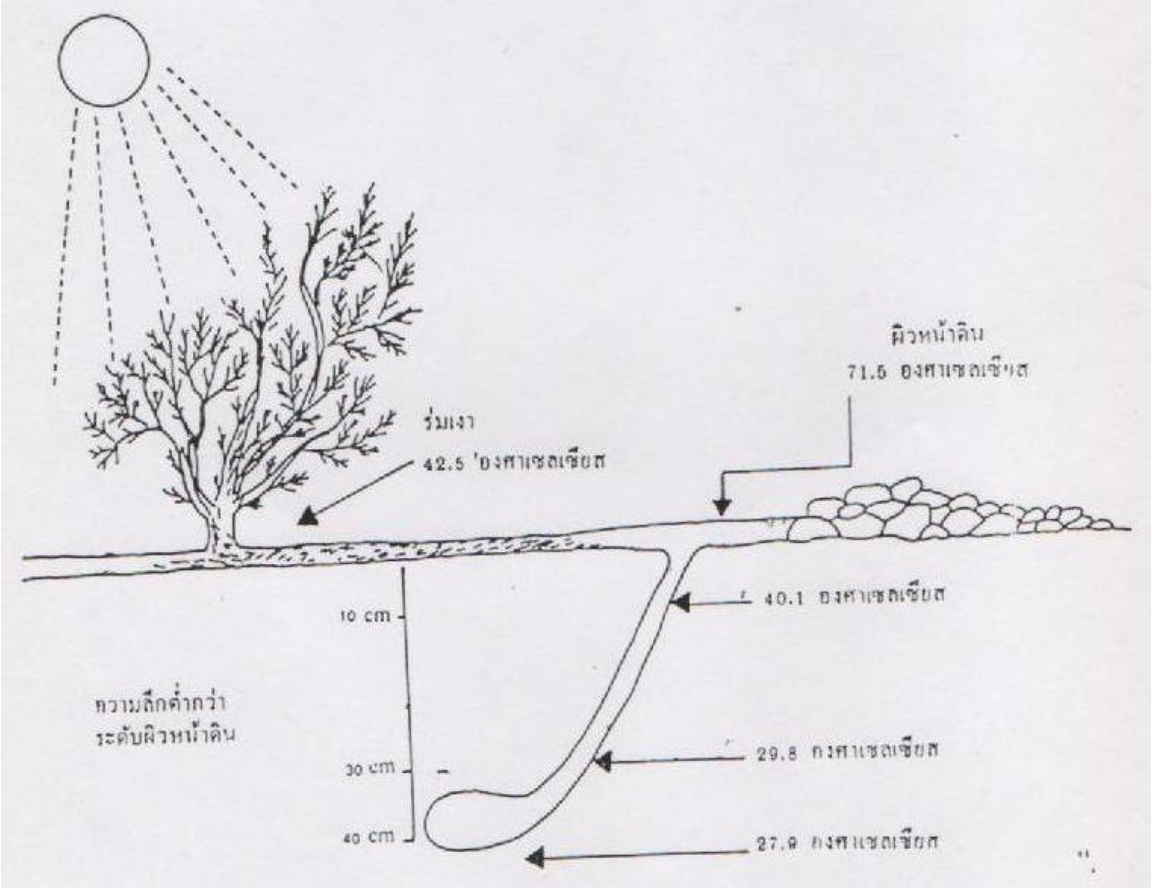
3.1.1 การแช่อยู่ในปลักหรือในน้ำ เช่น ควาย แรด

3.1.2 การขุดรูอยู่หรือขุดรูอยู่ในโพรงไม้

3.1.3 การอาศัยอยู่ในถ้ำ

3.1.4 การอพยพ เช่น กวางอพยพจากบริเวณภูเขาสูงมาข้างล่างในช่วงฤดูหนาว นกอพยพเมื่อถิ่นที่อยู่เดิมอุณหภูมิลดลงต่ำมากไปอยู่บริเวณอื่นที่มีอากาศอบอุ่น เมื่อถึงฤดูใบไม้ผลิถิ่นเดิมอบอุ่นก็อพยพกลับ

3.2 การเลือกเวลาออกหากิน เช่น สัตว์ในทะเลทรายในเวลากลางวันอุณหภูมิสูงมาก ๆ จะหลบลงรู ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอก และออกหากินเวลากลางคืน ซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่ากลางวันตามรูปที่ 2.43



รูปที่ 2.43 อุณหภูมิของทะเลทรายบริเวณในร่ม กลางแจ้ง และใต้ผิวดินระดับต่าง ๆ
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 222)

3.3 การจัดหาที่อยู่อาศัยและเครื่องป้องกันความหนาวเย็นของอากาศ เช่น มนุษย์มีการจัดหาเสื้อผ้าที่เหมาะสมกับฤดูกาล มีเครื่องทำความร้อน เครื่องทำความเย็นภายในบ้านเรือน เป็นต้น เนื่องเพราะร่างกายของมนุษย์ถ้าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอยู่ระหว่าง 27 – 31 องศาเซลเซียส การถ่ายเทความร้อนออกกับการผลิตความร้อนภายในร่างกายจะสมดุลกัน ดังนั้นมนุษย์จึงสามารถอยู่ในสิ่งแวดล้อมนี้ได้อย่างสบาย แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 27 องศาเซลเซียส ร่างกายจะสูญเสียความร้อนไปมากกว่าการผลิตความร้อนภายใน ดังนั้นร่างกายจะต้องผลิตพลังงานความร้อนให้มากขึ้น เพื่อให้อุณหภูมิภายในเป็นปกติในทำนองเดียวกัน ถ้าอุณหภูมิสูงร่างกายจะต้องระบายความร้อนออกมาด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น ขับออกทางเหงื่อเมื่อเหงื่อระเหยไปจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวหนังลดลง การระเหยของเหงื่อนอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายนอกแล้วยังขึ้นอยู่กับระดับความชื้นของอากาศด้วย ถ้าความชื้นในอากาศสูง

เหงื่อจะออกระเหยช้ากว่าความชื้นในอากาศต่ำ ดังนั้นในวันที่มีอากาศร้อนและมีความชื้นสูงเราจึงรู้สึกไม่สบาย เพราะการระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ช้าจึงรู้สึกร้อนอบอ้าว

3.4 การจำศีล เป็นสภาพที่สัตว์บางชนิดซ่อนตัวอยู่นิ่ง ๆไม่เคลื่อนไหวในสภาพสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ระยะนี้ปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย (Metabolism) ของสัตว์จะลดลง อัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการหายใจจะลดลง มีการเผาผลาญอาหารที่สะสมไว้อย่างช้า ๆ มี 2 แบบ คือ

3.4.1 การหนีหนาว (Hibernation) เป็นพฤติกรรมการจำศีลของสัตว์ที่อยู่ในเขตหนาวเมื่ออุณหภูมิต่ำมาก ๆ เช่น หนูบางชนิด ค้างคาว กระรอกแถบขั้วโลก เป็นต้น

3.4.2 การหนีร้อน (Estivation) เป็นพฤติกรรมการจำศีลของสัตว์ที่อยู่ในเขตร้อนเมื่ออุณหภูมิสูงมาก ๆ เช่น พวกแมลง เป็นต้น

3.4.3 การหนีสภาพความแห้งแล้ง เช่น กบจำศีลในประเทศไทย ซึ่งอากาศไม่ร้อนมากไม่ถือว่าเป็นการหนีร้อนแต่หนีสภาพความแห้งแล้ง

3. การรักษาสมดุลของกรด – เบส ในร่างกาย

ของเหลวในร่างกายหรือเซลล์จะมีไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งแตกตัวมาจากกรดชนิดต่าง ๆ เช่น กรดคาร์บอนิกหรือกรดฟอสฟอริกเป็นต้น ถ้าไฮโดรเจนไอออนเข้มข้นมากค่าของ pH จะต่ำแสดงว่าสภาพเป็นกรดสูง แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าของเหลวนั้นมีไฮโดรเจนไอออนเข้มข้นน้อยค่าของ pH จะสูงแสดงว่าสภาพเป็นเบสสูง ดังนั้นค่าความเป็นกรด – เบส ในร่างกายจึงมีความสำคัญเพราะโดยทั่ว ๆไปเอนไซม์(Enzyme) จะทำงานได้เป็นปกติในช่วง pH มีค่า 7 หรือใกล้ ๆ ค่า 7 ซึ่งเป็นสภาวะที่เป็นกลางหรือใกล้เป็นกลาง ดังนั้นค่าความเป็นกรด-เบส ในร่างกายเปลี่ยนแปลงไปมาก ๆมีผลทำให้เอนไซม์(Enzyme) ซึ่งเป็นสารเคมีที่พบในสิ่งมีชีวิตเป็นตัวเร่งการเปลี่ยนแปลงในสารอื่นโดยที่ตัวเองไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่สามารถทำงานได้ซึ่งค่าความเป็นกรด-เบสในร่างกายของคนมีค่าประมาณ 7.35 – 7.45 ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 7.35 เลือดจะมีสภาพเป็นกรด (Acidosis) และถ้าค่า pH สูงกว่า 7.45 เลือดจะมีสภาพเป็นเบส (Alkalosis) ทำให้เกิดอาการชัก

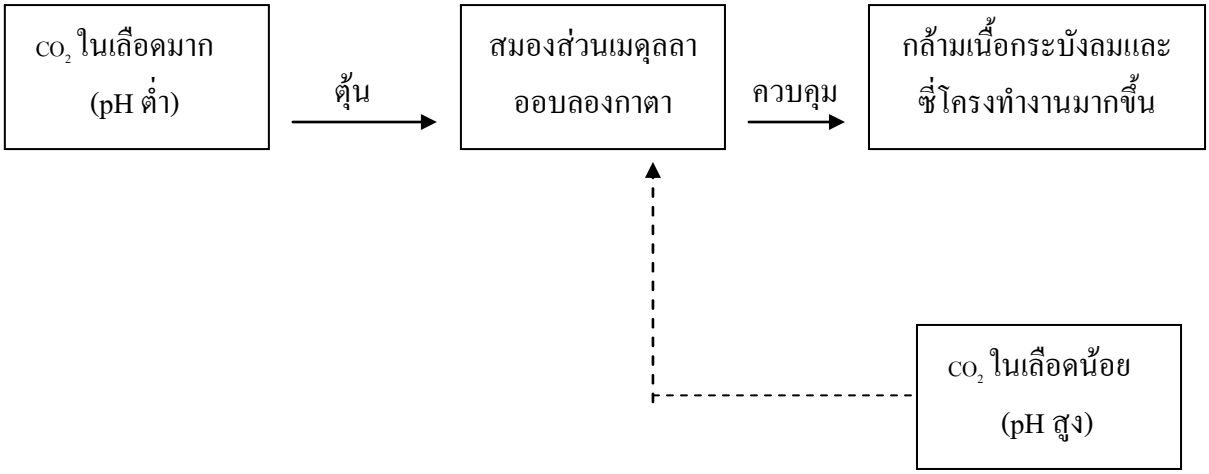
3.1 การรักษาสมดุลของกรด-เบส โดยการหายใจ

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และออกซิเจน (O_2) มีผลต่อความเป็นกรด-เบสของเลือดทั้งสิ้น ถ้าปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดมีมากก็จะไปรวมตัวกับน้ำ (H_2O) และแตกตัวได้ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO^-_3) และไฮโดรเจนไอออน (H^+) ดังสมการ

CO_2 + H_2O ⟶ H_2CO_3 ⟶ HCO^-_3 + H^+

คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ ⟶ กรดคาร์บอนิก ⟶ ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน + ไฮโดรเจนไอออน

จากผลที่เกิดขึ้นทำให้ค่า pH ลดลงเลือดจะมีสภาพเป็นกรดจะไปกระตุ้นสมองส่วนเมดุลลา ออบลองกาตา (Medulla oblongata) ทำให้กล้ามเนื้อกระบังลมและซี่โครงทำงานมากขึ้น เกิดการหายใจเร็วและถี่ขึ้น ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดลดลง ซึ่งจะมีผลไปยับยั้งสมองส่วนเมดุลลา ออบลองกาตา ให้ทำงานน้อยลงทำให้หายใจช้าลง ค่า pH จึงสูงขึ้นสลับไปมาตามแผนภูมิที่ 2.6



แผนภูมิที่ 2.6 การรักษาสมดุลของกรด-เบส โดยการหายใจ
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 226)

3.2 การรักษาสมดุลของกรด-เบส โดยทางไต

ไตเป็นอวัยวะสำคัญช่วยในการรักษาสภาพแวดล้อมในร่างกายให้คงที่ โดยไตทำหน้าที่ขับไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO^-_3) ดังนี้

3.2.1 ขับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ไปยังหลอดไตโดยไปรวมกับแอมโมเนีย (HN_3) เพื่อลดกรดให้กับหลอดไตดังสมการ

$NH_3 + H^+ \longrightarrow NH^+_4$

$NH^+_4 + CI^- \longrightarrow NH_4CI$ มีค่าเป็นกลางออกไปพร้อมกับปัสสาวะ

3.2.2 ขับไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO^-_3) ถ้าหากร่างกายเป็นเบส

3.3 การรักษาสมดุลของกรด-เบส โดยใช้ระบบบัฟเฟอร์ (Buffer System)

ระบบบัฟเฟอร์เป็นระบบทางเคมีที่ทำให้สภาพความเป็นกรด-เบส ของร่างกายคงที่อยู่ได้ โดยจะปรับระดับไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ให้อยู่ในสภาพสมดุลระบบบัฟเฟอร์ที่สำคัญในเลือด คือ

3.3.1 ระบบบัฟเฟอร์โปรตีนอยู่ในร่างกายมี 3 ใน 4 ของบัฟเฟอร์ทั้งหมด ได้แก่ โปรตีนในพลาสมาฮีโมโกลบิน

3.3.2 ระบบบัฟเฟอร์ไฮโดรเจนคาร์บอเนต ประกอบด้วยโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) และกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3)

3.3.3 ระบบบัฟเฟอร์ฟอสเฟต ประกอบด้วยฟอสเฟตไอออน (HPO^-_4) ตามตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การเปรียบเทียบการทำงานของกลไกการรักษาความเป็นกรด-เบส ในร่างกาย

ข้อเปรียบเทียบ	ระบบบัฟเฟอร์	ระบบหายใจ	ไต
1. กลไกการควบคุม	ปฏิกิริยาเคมี	การลดและเพิ่ม CO_2	การขับกรด และเบส
2. ความสามารถในการแก้ความเป็นกรด-เบส	น้อยที่สุด	ปานกลาง	มากที่สุด
3. ความเร็วในการแก้ไข	เป็นวินาที	เป็นนาที	เป็นชั่วโมง
4. ข้อดี	เร็วมากทำให้ค่า pH ของร่างกายเปลี่ยนไปน้อย	ทำงานได้เร็วปานกลาง ช่วยเหลือบัฟเฟอร์	มีกำลังมากแก้ไขได้ดี ปรับ pH เข้าที่ได้
5. ข้อเสีย	มีกำลังน้อย	ไม่สามารถปรับ pH เข้าที่ปกติ	ใช้เวลานาน

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 227)

2.3.12 การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต

ร่างกายของสิ่งมีชีวิตซึ่งประกอบด้วยเซลล์จะมีปฏิกิริยาทางเคมีเป็นจำนวนมากเรียกปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวว่า เมตาโบลิซึม(Metabolism) ผลที่ได้จากเมตาโบลิซึมทำให้เกิดผลผลิตหลายชนิดที่เกิดประโยชน์ต่อเซลล์ของร่างกายและมีผลผลิตส่วนหนึ่งเป็นของเสียที่เซลล์ไม่ต้องการ เนื่องเพราะเป็นอันตรายแก่เซลล์หรือทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึมช้าลงกว่าปกติ ดังนั้นการกำจัดของเสียที่เกิดจากเมตาโบลิซึมดังกล่าว เรียกว่า การขับถ่าย (Excretion) ส่วนการถ่ายอุจจาระที่มาจากการย่อยอาหารไม่หมดจะถูกขับออกมาทางทวารหนักไม่ถือว่าเป็นการขับถ่าย เพราะไม่ได้เกิดจากกระบวนการเมตาโบลิซึม แต่ในอุจจาระอาจมีของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมตาโบลิซึมปนออกมาด้วยคือ น้ำ

ประเภทของเสียในร่างกาย

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มาจากการหายใจระดับเซลล์เกิดจากการสลายคาร์โบไฮเดรต ร่างกายจะกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการหายใจเป็นส่วนใหญ่ ถ้าก๊าซนี้สะสมอยู่ในร่างกายจะไปสร้างกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์ของร่างกาย

2. น้ำและเกลือแร่ ที่มีมากเกินไปร่างกายจะกำจัดส่วนที่เกินความต้องการออกไป เพื่อรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย

3. ของเสีย (Waste) ที่เป็นสารประกอบไนโตรเจน คือ แอมโมเนีย ยูเรีย และกรดยูริก

3.1 แอมโมเนีย (NH_3) เป็นสารที่เป็นพิษต่อร่างกายสูง เป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้ดีมาก เกิดจากการสลายตัวของกรดอะมิโน ซึ่งมาจากสารอาหารพวกโปรตีน การกำจัดสารนี้ต้องใช้น้ำปริมาณมากออกมาในรูปของแอมโมเนียไอออน (NH^+_4) สำหรับสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและปลาสามารถกำจัดแอมโมเนียออกมาได้เช่นเดียวกัน

3.2 ยูเรีย (Urea) เป็นสารที่มีความเป็นพิษน้อยกว่าแอมโมเนีย มีสมบัติละลายน้ำได้ดีเกิดจากการสลายของโปรตีน การกำจัดยูเรียออกจากร่างกายจะใช้น้ำไม่มากอยู่ในรูปของสารละลายมีมากที่สุดในปัสสาวะ สำหรับสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์พวกกระดูกอ่อน และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะขับถ่ายของเสียออกมาในรูปของยูเรีย

3.3 กรดยูริก (Uric acid) เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำเมื่อเกิดการกรองปัสสาวะ กรดยูริกจะตกตะกอนเป็นผลึกและน้ำก็จะถูกดูดซึมกลับสู่เส้นเลือด ทำให้ร่างกายไม่เสียน้ำมาก สำหรับสัตว์เลื้อยคลาน นก และแมลง มีการกำจัดกรดยูริกในลักษณะนี้เช่นกัน ดังนั้นกระบวนการกำจัดยูริกจึงเป็นการสงวนน้ำได้มากที่สุดของร่างกาย

ประโยชน์ของการขับถ่าย (Excretion)

1. การรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย ถ้าร่างกายได้รับน้ำน้อยเกินไปจะทำให้เซลล์เหี่ยวลดขนาดลงจนไม่สามารถทำงานเป็นปกติได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าร่างกายได้รับน้ำมากจนเกินไปจะทำให้เกิดแรงดันเซลล์ขยายตัว ร่างกายเกิดการบวมน้ำ (Edema) ดังนั้นปริมาณน้ำในร่างกายจะต้องมีพอเหมาะจึงจะทำให้การทำงานของเซลล์ดำเนินไปอย่างปกติ

2. รักษาระดับแรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ของเหลวในร่างกายโดยปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของสารละลายร่วมกับสารอื่น เช่น โปรตีนทำให้มีระดับความเข้มข้นของน้ำหล่อเลี้ยงเซลล์เป็นผลทำให้เกิดแรงดันออสโมติกเป็นผลให้น้ำและสารต่าง ๆ แพร่เข้าออกจากเซลล์ได้

3. รักษาระดับความเป็นกรด-เบส ของเลือดให้คงที่ การเปลี่ยนแปลงค่า pH เพียงเล็กน้อยมีผลทำให้ความเป็นกรด-เบส เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 7.35 เลือดจะมีภาวะเป็นกรดเรียกว่า Acidemia หรือ Acidosis และถ้า

ค่า pH สูงกว่า 7.45 เลือดจะมีภาวะเป็นเบส เรียกว่า Alkalemia หรือ Alkalosis ดังนั้นร่างกายจึงมีกลไกทางสรีรวิทยาในการปรับค่า pH ให้เหมาะสมได้แก่ การควบคุมภาวะความเป็นกรด-เบส ด้วยวิธีทางเคมีหรือระบบบัฟเฟอร์ (Buffer) การควบคุมภาวะความเป็นกรด-เบส โดยระบบหายใจ และการควบคุมภาวะความเป็นกรด-เบส โดยการทำงานของหน่วยไต

4. รักษาระดับปริมาณของสารต่าง ๆ ที่เป็นอาหารของเซลล์ที่ใช้ในการสร้างพลังงานและการเจริญเติบโต เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน และกรดไขมัน ซึ่งสารเหล่านี้บางตัวร่างกายจะต้องรักษาไว้ให้คงที่ เพื่อให้ระบบต่าง ๆ ในร่างกายทำงานเป็นปกติ เช่น ระดับน้ำตาลในเลือดของคนถ้ามีน้อยกว่าปกติจะทำให้ระบบประสาทไม่สามารถทำงานได้

5. รักษาระดับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่

6. ขับถ่ายสารพิษและยาต่าง ๆ ที่อยู่ในกระแสเลือด

การขับถ่ายของมนุษย์

การขับถ่ายของมนุษย์ คือ การกำจัดของเสียออกทางไต ซึ่งเรียกว่า ระบบขับถ่ายปัสสาวะ (Urinary system) ไตเป็นอวัยวะขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ชั้นสูงที่มีกระดูกสันหลัง ไตของมนุษย์มี 1 คู่ จะฝังหรือแนบกับพื้นด้านหลังของช่องท้องสองข้างของกระดูกสันหลังอยู่ในระดับเอว มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วยาวประมาณ 10-13 เซนติเมตร กว้าง 6-7 เซนติเมตร หนา 3 เซนติเมตร ไตแต่ละข้างหนักประมาณ 150 กรัม ประกอบด้วย

1. ไต (Kidney) มี 1 คู่
2. ท่อไต (Ureter) มี 2 ท่อ
3. กระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder) มี 1 อัน
4. ท่อปัสสาวะ (Urethra) มี 1 ท่อ

โครงสร้างของไต (Kidney)

ไตมีเลือดผ่านประมาณ1,200 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ไตเป็นอวัยวะที่มีเลือดมาหล่อเลี้ยงมากที่สุด เนื้อไตชั้นนอก (Cortex) จะมีเลือดมาหล่อเลี้ยง 90-92 % และเนื้อไตชั้นใน (Medulla) มีเลือดไปหล่อเลี้ยงประมาณ 7-8 % ถ้าผ่าไตตามยาวจะพบว่ามีเนื้อเยื่อสองชั้นและกรวยไตดังนี้

1. เนื้อไตส่วนนอก (Renal cortex) เป็นเนื้อไตที่อยู่ด้านนอกมีความหนาประมาณ 6-8 มิลลิเมตร อ่อนนุ่มมีสีแดง ลักษณะเป็นจุด ๆ มากมายแต่ละจุดก็คือ หน่วยที่ทำหน้าที่ในการกรองประกอบด้วย

1.1 โกลเมอรูลัส (Glomerulus) เป็นกลุ่มเส้นเลือดฝอยอยู่ภายในโบว์แมนส์แคปซูล (Bowman’s capsule) ผนังของเส้นเลือดฝอยจะแนบชิดกับเยื่อชั้นในของโบว์แมนส์แคปซูล

1.2 โบว์แมนส์แคปซูล (Bowman's capsule) เนื้อไตแต่ละข้างประกอบด้วยหน่วยไต (Nephron) นับล้านหน่วยแต่ละหน่วยเป็นท่อมีปลายข้างหนึ่งเป็นกระเปาะที่ประกอบด้วยเยื่อบาง ๆ สองชั้น ดังนั้นจึงเรียกกระเปาะนี้ว่าโบว์แมนส์แคปซูล

1.3 หลอดไตส่วนต้น (Proximal tubule) จะอยู่ระหว่างเยื่อบางสองชั้นของโบว์แมนส์แคปซูล

1.4 หลอดไตส่วนปลาย (Distal tubule) จะเป็นท่อที่ต่อจากห่วงเฮนเล (Loop of Henle) โดยที่ปลายอีกด้านหนึ่งของท่อจะไปต่อกับท่อรวม (Collecting tubule)

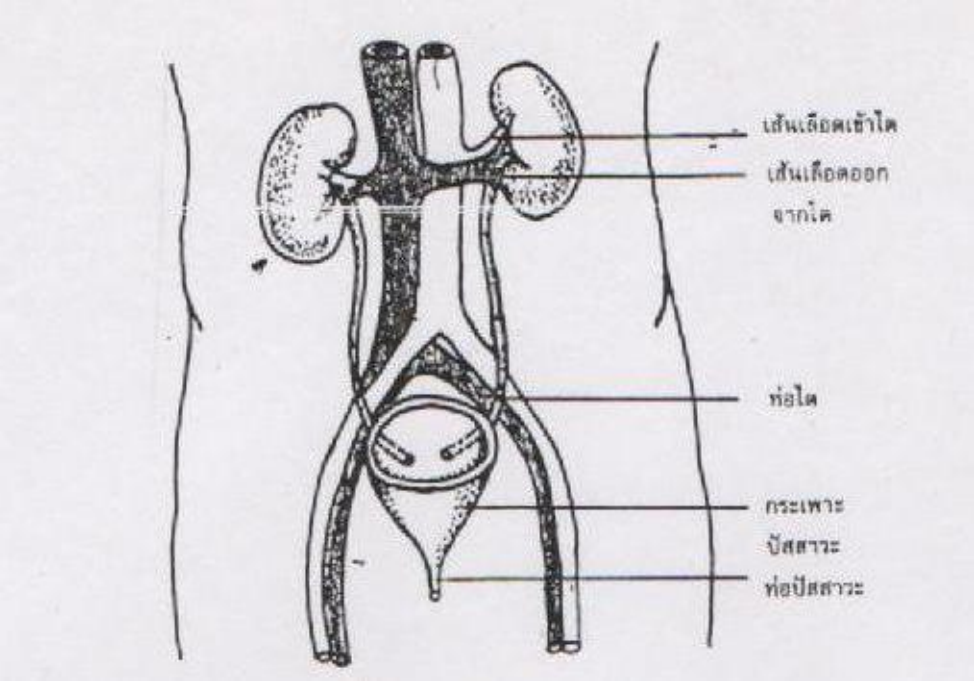
2. เนื้อไตส่วนใน (Renal medulla) เป็นเนื้อไตที่อยู่ด้านในมีสีแดงเจือจางกว่าเนื้อไตส่วนนอก มีลักษณะเป็นเส้น ๆ รูปร่างคล้ายปิรมิด (Pyramid) ประกอบด้วย

2.1 หลอดไตร่วม (Collecting tubule)

2.2 ห่วงเฮนเล (Loop of Henle)

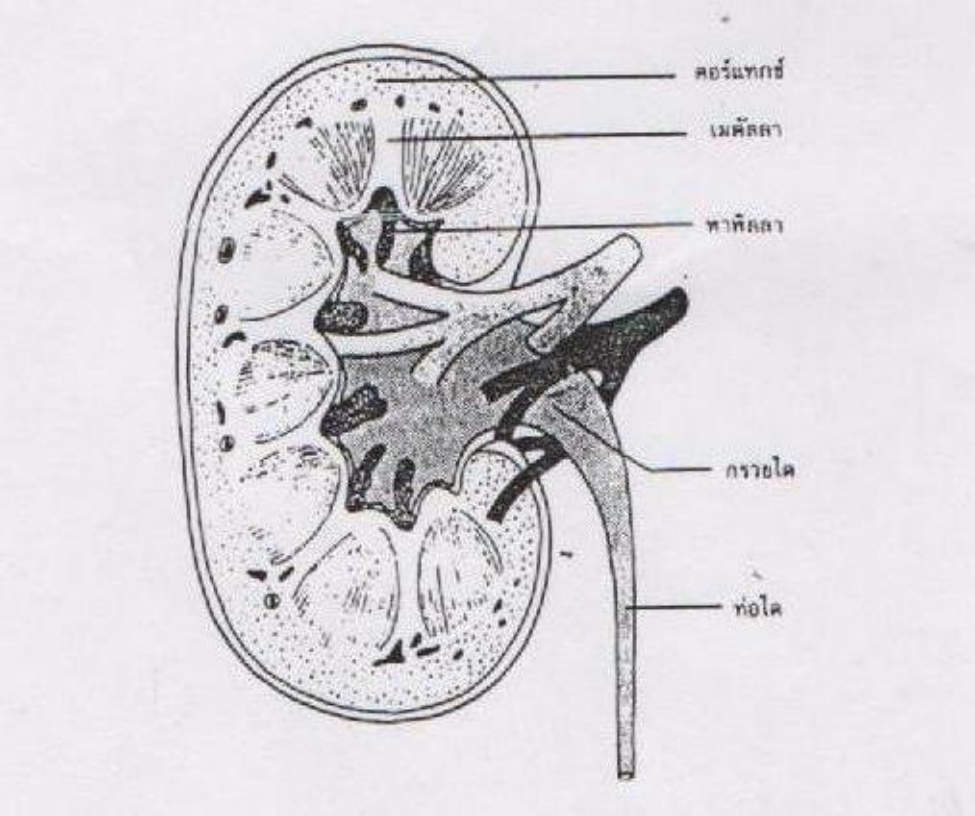
ส่วนของเมดัลลายื่นออกไปจรดกับโพรงที่ติดต่อกับหลอดไต เรียกว่า พาพิลลา (Papilla) และเรียกโพรงนี้ว่า กรวยไต (Pelvis)

3. กรวยไต (Pelvis) เป็นส่วนที่อยู่ตรงส่วนเว้าของไตเป็นที่รวมของน้ำปัสสาวะในไตที่จะส่งปัสสาวะผ่านท่อปัสาสาวะ (Ureter) ไปกระเพาะปัสสาวะ ตามรูปที่ 2.44 และ 2.45



รูปที่ 2.44 ตำแหน่งของไต

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 228)



รูปที่ 2.45 โครงสร้างภายในไต
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 228)

หน่วยไต (Nephron)

หน่วยไตเป็นโครงสร้างที่ใช้สกัดสารต่าง ๆ ออกจากเลือดทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือดและดูดสารที่มีประโยชน์กลับ ไตของคนมีประมาณ 1 ล้านหน่วยต่อไต 1 ข้าง หน่วยไตจะรวมกันเป็นกลุ่มแต่ละหน่วยทำงานอย่างอิสระ หน่วยไตแต่ละหน่วยประกอบด้วย

1. โกลเมอรูลัส (Glomerulus) เป็นกลุ่มของเส้นเลือดฝอยที่พันกันเป็นรูปทรงกลมทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือด

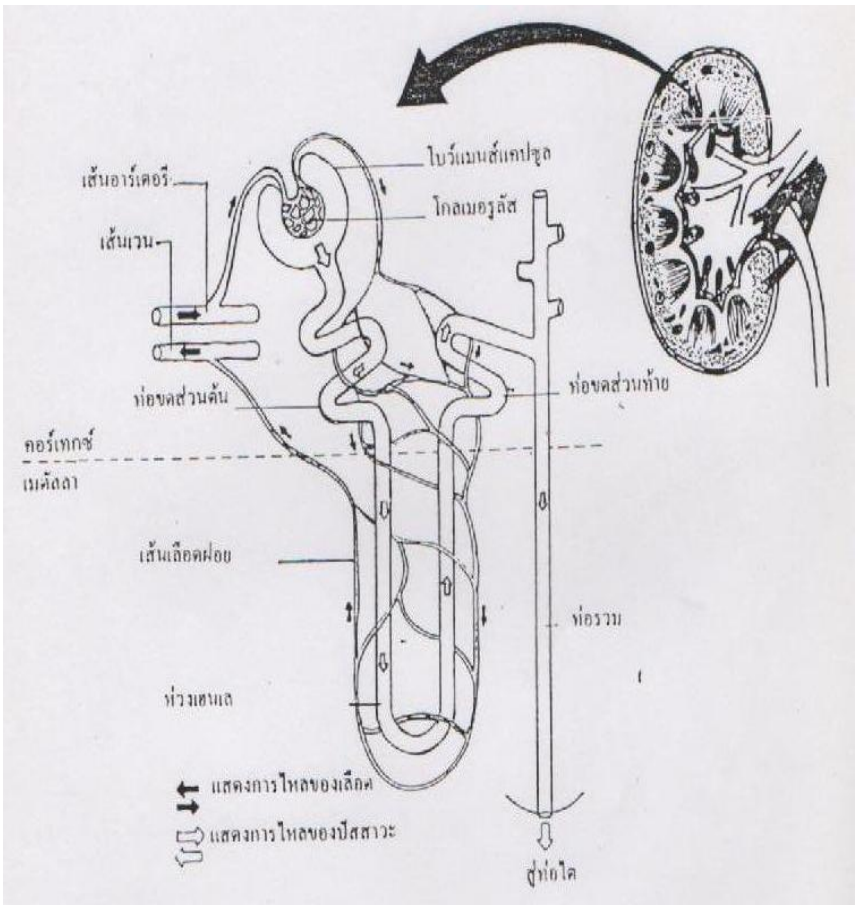
2. โบว์แมนส์แคปซูล (Bowman's capsule) ลักษณะเหมือนถ้วยหุ้มอยู่รอบโกลเมอรูลัส ประกอบด้วยเยื่อบาง ๆ สองชั้นช่องระหว่างเยื่อบาง ๆ เรียกว่า Intracapsular space สารต่าง ๆจากเลือดจะเคลื่อนที่ผ่านผนังเส้นเลือดฝอยของโกลเมอรูลัส และผนังชั้นในของโบว์แมนส์แคปซูลไปยัง Intracapsular space แล้วเคลื่อนที่ไปยังท่อขดส่วนต้น (Poximal convoluted tubule)

3. ท่อของหน่วยไต (Convoluted tubule) มี 3 ส่วนดังนี้

3.1 ท่อขดส่วนต้น (Poximal convoluted tubule) มีลักษณะเป็นท่อขดไปมา อยู่บริเวณคอร์เทกซ์ (Cortex) น้ำปัสสาวะที่ออกมาจากโบว์แมนส์แคปซูล จะไหลมาตามหลอดนี้และไหลไปยังห่วงเฮนเล

3.2 ห่วงเฮนเล (Henle's loop) เป็นหลอดโค้งรูปตัวยู (U)อยู่ต่อจากท่อขดส่วนต้นยื่นไปในชั้นเมดัลลา (Medulla) เป็นท่อหน่วยไตที่มีผนังบางที่สุด เป็นส่วนที่ทำให้ของเหลวที่กรองได้มีแรงดันมาก มีการดูดกลับของเหลวได้ดีที่สุดเป็นส่วนที่ทำให้ปัสสาวะมีความเข้มข้น

3.3 ท่อขดส่วนปลาย (Distal convoluted tubule) เป็นท่อที่ต่อจากห่วงเฮนเล มีลักษณะเป็นท่อขดไปมาอยู่บริเวณคอร์เทกซ์ (Cortex) ท่อขดส่วนปลายจะไปติดต่อกับท่อรวม(Collecting tubule) หลอดไตเหล่านี้หลาย ๆ อันจะพากันมาเปิดเข้าท่อรวมอันเดียวและท่อรวมหลาย ๆ อันก็จะเปิดรวมกันไปยัง Excretory tube ไปเปิดออกที่พาพิลลา (Papilla) ตามรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.46 หน่วยไต

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 230)

การสร้างน้ำปัสสาวะของไต

1. การกรองที่โกลเมอรูลัส (Glomerulus) เลือดจากเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกายมีสารที่เป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการทางเคมีของร่างกายที่เผาผลาญอาหารไปใช้เป็นพลังงานซึ่งเรียกว่า เมตาโบลิซึม (Metabolism) จะไหลเข้าสู่ไตโดยทางเส้นเลือดแดงที่เกี่ยวกับไต (Renal artery) เส้นเลือดนี้จะแตกแขนงนำเลือดเข้าสู่โกลเมอรูลัส และผนังของเส้นเลือดฝอยของโกลเมอรูลัส ทำหน้าที่เป็นเยื่อกรองที่ดีโดยยอมให้สารที่มีโมเลกุลเล็ก ๆ ผ่านไปได้ พร้อมกับน้ำ เช่น กลูโคส เกลือแร่ ยูเรีย ส่วนสารที่มีโมเลกุลใหญ่จะไม่ให้ผ่าน เช่น โปรตีน ไขมัน และเซลล์เม็ดเลือดแดง เมื่อกรองเสร็จแล้วของเหลวจะเข้าสู่โบว์แมนส์แคปซูล เรียกว่า พลาสมาที่กรองได้ (Filtrate) การกรองที่โกลเมอรูลัสจะอาศัยความดันเลือด เพราะความดันเลือดทำให้เลือดไหลไปได้ เลือดที่ไหลในเส้นเลือดเมื่อเข้าสู่เส้นเลือดฝอยความดันเลือดจะสูงขึ้น ประกอบกับเส้นเลือดฝอยมีผนังบางมาก พลาสมา (Plasma) บางส่วนจึงลอดผ่านผนังเส้นเลือดฝอยได้ ในขณะเดียวกันก็อาศัยความดันออสโมติก (Osmotic) ที่เกิดจากปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของสารละลายร่วมกับสารอื่น ทำให้มีระดับความเข้มข้นของน้ำหล่อเลี้ยงเซลล์ทำให้เกิดแรงดันออสโมติกเป็นผลให้น้ำและสารต่าง ๆ แพร่เข้าออกจากเซลล์ได้

ในคนปกติของเหลวจะถูกกรองผ่านโกลเมอรูลัสด้วยอัตราความเร็ว 125cm^3 ต่อนาทีหรือประมาณวันละ 180 ลิตร แต่เมื่อผ่านท่อต่าง ๆ ของหลอดไตจะมีการดูดสารกลับ การไหลของน้ำปัสสาวะจึงอัตราเพียง 1 cm^3 ต่อนาที หรือขับปัสสาวะออกมาวันละ 1,440 cm^3 หรือประมาณ 1 ลิตรครึ่ง

2. กระบวนการดูดกลับที่หน่วยไต (Tubular reabsorption) เป็นการดูดสารบางอย่างที่มีประโยชน์ต่อร่างกายกลับสู่กระแสเลือดการดูดจะอาศัยพลังงานที่มาจากการหายใจ เรียกว่า กระบวนการแอกทีปทรานสปอร์ต (Active transport) การดูดกลับจะดูดที่ท่อหน่วยไตทุกส่วนกลับคืนสู่เส้นเลือดฝอย (Capillaries) ที่ปกคลุมหน่วยไตซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ท่อขดส่วนต้น (Proximal convoluted tubule) ดังนี้

2.1 สารที่มีการดูดกลับเข้าไปหมดได้แก่ กลูโคสและวิตามินซี ซึ่งเป็นหน้าที่ของท่อขดส่วนต้น

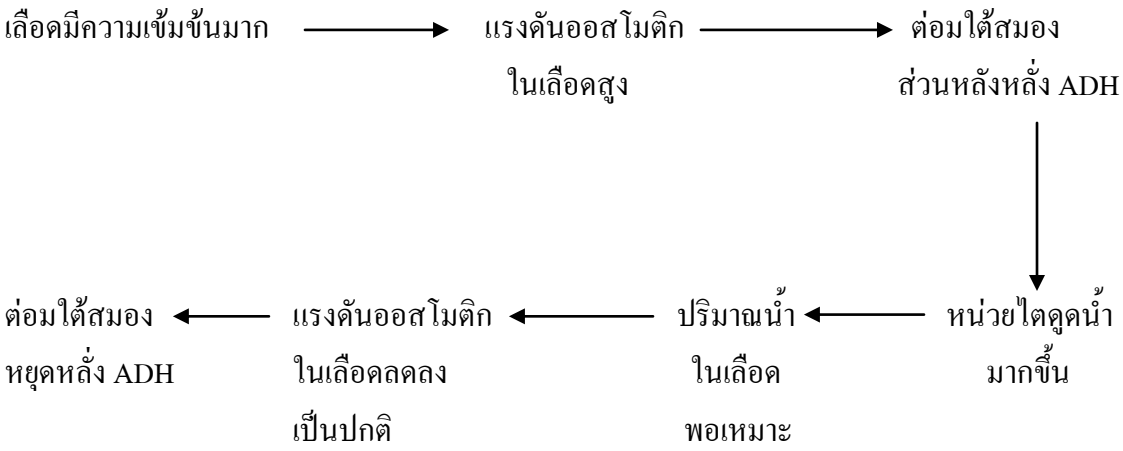
2.2 สารที่มีการดูดกลับเข้าไปไม่หมดแต่มีปริมาณมาก คือ น้ำ กรดยูริก โซเดียม คลอไรด์ กรดอะมิโน วิตามินต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกดูดกลับที่ท่อขดส่วนต้น

2.3 สารที่มีการดูดกลับเป็นส่วนน้อยได้แก่ ยูเรีย ฟอสเฟต ซัลเฟต

2.4 สารที่ไม่มีการดูดกลับเลย เช่น อินซูลิน (Insulin)

การควบคุมการดูดกลับที่ท่อหน่วยไต ในการดูดน้ำกลับเข้าสู่กระแสเลือดบริเวณท่อขดส่วนปลายและท่อรวมจะมีฮอร์โมนชนิดหนึ่ง จากต่อมใต้สมองส่วนท้าย คือ Antidiuretic hormone (ADH) หรือ Vasopressin ซึ่งสร้างจากเซลล์ประสาทชื่อ Neurosecretory ของสมองส่วนที่เรียกว่า ไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) ฮอร์โมน ADH จะหลั่งออกมามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเลือด ถ้าเลือดมีความเข้มข้นมากจะกระตุ้นให้ปล่อยฮอร์โมน ADH ออกมามากกว่าปกติ จะไปกระตุ้นให้รูระหว่างเซลล์

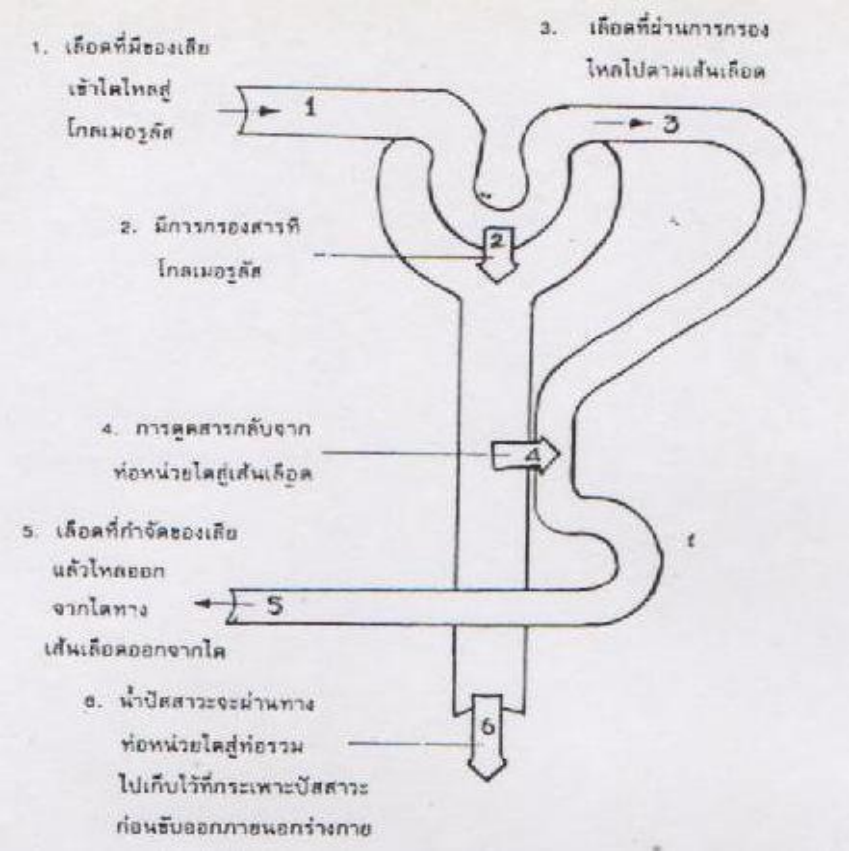
ของผนังท่อขดส่วนปลายและท่อรวมถ่างโตขึ้นจึงดูดน้ำกลับได้มากขึ้น แต่ถ้าร่างกายมีน้ำมากเกินไปก็จะไม่มีอะไรไปกระตุ้นทำให้ ADH น้อยกว่าปกติ ไม่มีการดูดกลับของน้ำปัสสาวะจึงมีมาก ตามแผนภูมิที่ 2.7



แผนภูมิที่ 2.7 การควบคุมการดูดกลับที่ท่อหน่วยไต
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 231)

ถ้าร่างกายมีฮอร์โมน ADH น้อยกว่าปกติทำให้ปัสสาวะมีน้ำอยู่มากกว่าปกติ เรียกว่า โรคเบาจืด (Diabetes insipidus) การดูดกลับของโซเดียมและคลอไรด์ จะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต คือ ฮอร์โมนแอลโดสเตอโรน (Aldersterone) และการดูดกลับของฟอสเฟตจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์ชื่อ ฮอร์โมนพาราทอร์โมน (Parathormone)

3. การหลั่งสารโดยท่อของหน่วยไต (Tubular secretion) คือ การที่ของเหลวรอบท่อหน่วยไตสร้างสารบางอย่างเติมเข้าไปในพลาสมาที่กรองได้ (Filtrate) เช่น โพแทสเซียม ไฮโดรเจนไอออน กรดยูริก ซึ่งมีผลต่อการปรับค่า pH ของน้ำปัสสาวะตามรูปที่ 2.47 และตารางที่ 2.11 ตารางที่ 2.12



รูปที่ 2.47 การทำงานของหน่วยไตแสดงการกรองสารและการดูดสารกลับ
(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 232)

ตารางที่ 2.11 สารที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส

สาร	ปริมาณ (g/100 cm^3)
น้ำ	90 – 93
โปรตีน	10 – 20
ยูเรีย	0.03
กรดยูริก	0.003
แอมโมเนีย	0.1
กลูโคส	0.32
โซเดียม	0.32
คลอไรด์	0.37
ซัลเฟต	0.003

(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 453)

ตารางที่ 2.12 สารในพลาสมาหรือของเหลวที่กรองได้กับน้ำปัสสาวะ

สาร	ของเหลวที่กรองได้ g/ 100 cm^3	น้ำปัสสาวะ g/ 100 cm^3
น้ำ	90 – 93	95
โปรตีน	10 – 20	0
ยูเรีย	0.03	2
กรดยูริก	0.003	0.05
แอมโมเนีย	0.1	0.05
กลูโคส	0.32	0
โซเดียม	0.32	0.6
คลอไรด์	0.37	0.6
ซัลเฟต	0.003	0.15
ฟอสเฟต	0.003	0.12

(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 454)

ข้อมูลจากตารางจะพบว่า สารที่อยู่ในของเหลวที่กรองได้แต่ไม่พบในน้ำปัสสาวะ เพราะถูกดูดกลับหมด เช่น กลูโคส และในขณะเดียวกันก็พบว่าในน้ำปัสสาวะมีสารหลายชนิดที่มีความเข้มข้นมากกว่าในของเหลวที่กรองได้สารต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นของเสียที่ร่างกายต้องการกำจัดออกมาในน้ำปัสสาวะของคน สารยูเรียจึงมีความเข้มข้นมากกว่าของเหลวที่กรองได้ถึง 60 เท่า

ท่อไต (Ureter)

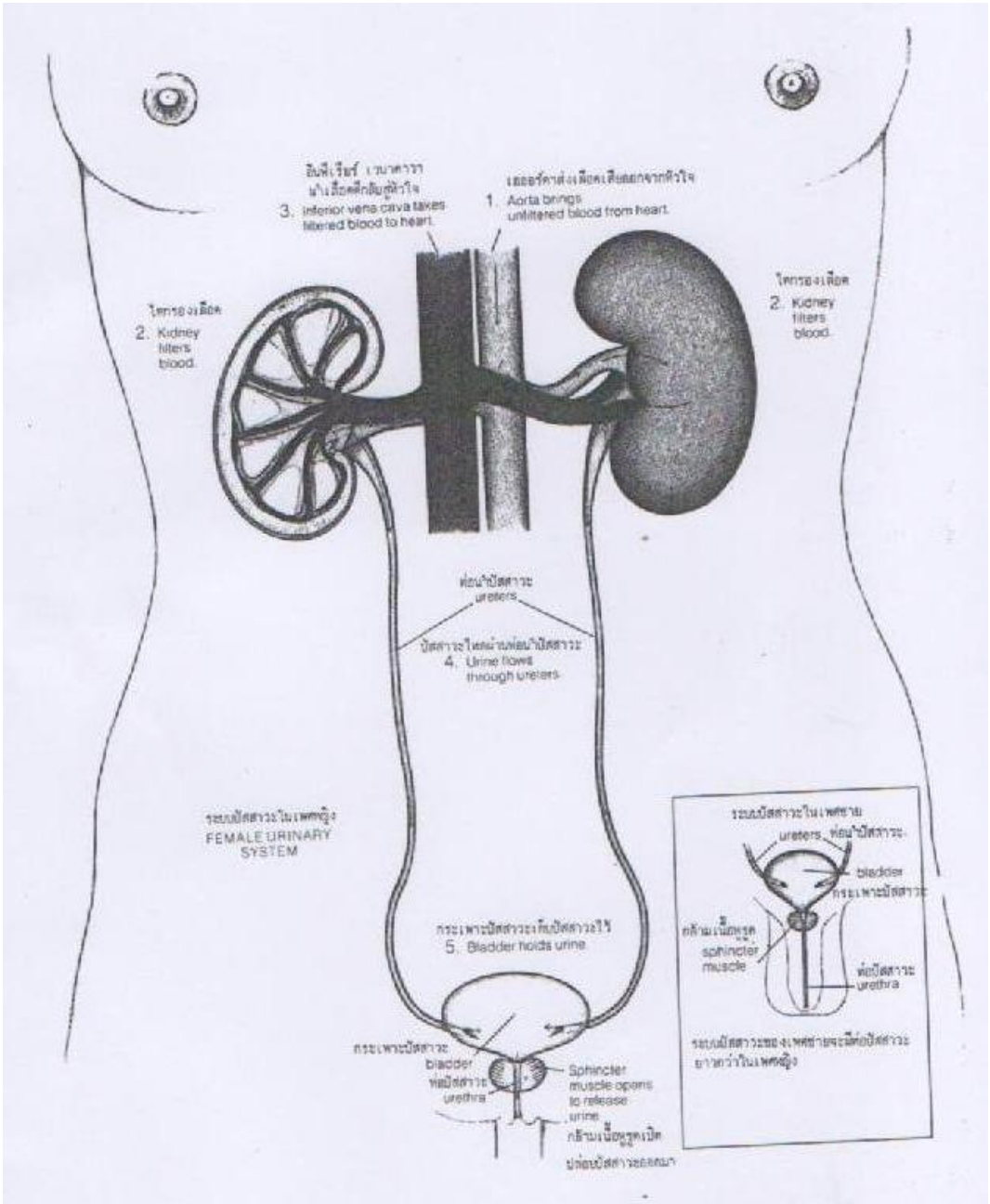
ท่อไตอยู่ต่อจากกรวยไตมี 2 ท่อ สิ้นสุดที่กระเพาะปัสสาวะผนังของท่อไตเป็นกล้ามเนื้อเรียบ มีการหดตัว และคลายตัวเพื่อไล่ปัสสาวะลงสู่กระเพาะปัสสาวะ

กระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder)

กระเพาะปัสสาวะในเพศชายจะอยู่ด้านหน้าไส้ตรงหรือด้านหน้าช่องทวาร (Rectum) ส่วนเพศหญิงจะอยู่ด้านหน้ามดลูก (Uterus) และตอนบนของช่องคลอด (Vagina) เป็นกล้ามเนื้อเรียบมีลักษณะเป็นถุงกลวง หรือเป็นโพรงทำหน้าที่เก็บน้ำปัสสาวะที่ส่งมาจากไต โดยจะเก็บน้ำปัสสาวะได้ประมาณ 200-500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อมีน้ำปัสสาวะมาขังเต็มทำให้ผนังของกระเพาะปัสสาวะตึงหรือยืดออก ลักษณะพองกลมกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบที่ผนังกระเพาะปัสสาวะบีบตัวขับปัสสาวะออกมาจากท่อปัสสาวะ (Urethra)

ท่อปัสสาวะ (Urethra)

ท่อปัสสาวะมี 1 ท่อ เป็นส่วนสุดท้ายของทางเดินน้ำปัสสาวะช่วงตอนที่ต่อกับกระเพาะปัสสาวะจะมีกล้ามเนื้อหูรูดบีบอยู่ ซึ่งเมื่อผนังของกระเพาะปัสสาวะบีบตัวหูรูดนี้จึงจะคลายออก ผนังของกระเพาะปัสสาวะก็จะหดตัวไล่น้ำปัสสาวะออกมาทางท่อปัสสาวะ ในผู้ชายท่อปัสสาวะจะยาวประมาณ 8 นิ้ว และเป็นทางผ่านของน้ำอสุจิด้วย ส่วนในผู้หญิงจะยาวประมาณ 1.5 นิ้ว และจะเปิดสู่ภายนอกโดยตรง ในแต่ละวันร่างกายจะขับถ่ายปัสสาวะออกมา 1 – 1.5 ลิตร ตามรูปที่ 2.48



รูปที่ 2.48 ท่อปัสสาวะของเพศหญิงและเพศชาย

(พจมาน หวังสันติวงศา. ม.ป.ป. : 234)

ความผิดปกติที่เกี่ยวกับการขับถ่ายของไต

ไตเป็นอวัยวะที่สำคัญมากอวัยวะหนึ่งของร่างกาย หากการทำงานของไตผิดปกติก็จะเป็นอันตรายต่อร่างกายถึงแก่ชีวิตได้ โรคเกี่ยวกับไตมีหลายโรคที่รู้จักกันมากมีดังนี้

1. โรคเบาหวาน (Diabetes mellitus)

โรคเบาหวานเกิดจากความผิดปกติของตับอ่อนที่ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin) ที่ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้เป็นปกติ ไตจึงไม่สามารถดูดน้ำตาลเข้าสู่เลือดได้หมด ทำให้ปัสสาวะของคนเป็นโรคเบาหวานมีน้ำตาลเจือปนอยู่ ดังนั้นการตรวจปัสสาวะจึงมีความสำคัญต่อการวินิจฉัยของแพทย์

การรักษา โดยการควบคุมอาหารและการฉีดฮอร์โมนอินซูลิน

2. โรคนิ่ว

โรคนิ่วเกิดขึ้นบริเวณไต ท่อไต และนิ่วในกระเพาะปัสสาวะมีหลายสาเหตุ คือ

1. เกิดจากการตกตะกอนของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำปัสสาวะไม่ละลาย แต่รวมตัวกันเป็นก้อนไปอุดตามทางเดินปัสสาวะ

2. ร่างกายสร้างแร่ธาตุออกมามากเกินไป

3. เกิดจากการอักเสบติดเชื้อทำให้มีการจับตัวของผลึกเป็นก้อนนิ่วได้เร็ว

4. การบริโภคผักใบเขียว เช่น ใบชะพลู ผักโขม มีสารออกซาเลตสูง ทำให้มีการจับตัวตกผลึกได้ง่าย

การรักษาโดยการใช้ยาสลายนิ่ว การผ่าตัดนิ่วออก หรือการใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูง (Ultrasound) สลายนิ่ว

การป้องกัน

1. รับประทานอาหารประเภทโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ ไข่ นม ถั่วต่าง ๆ อาหารเหล่านี้จะมีฟอสฟอรัสที่จะช่วยไม่ให้สารออกซาเลตจับตัวเป็นผลึก

2. ดื่มน้ำสะอาดวันละมาก ๆ อาจทำให้ก้อนนิ่วขนาดเล็กที่มีอยู่ออกมาพร้อมกับน้ำปัสสาวะไม่มีโอกาสได้ตกตะกอน เพราะมีการขับถ่ายเร็ว

3. หลีกเลี่ยงอาหารที่มีออกซาเลตสูง เช่น ใบชะพลู ผักโขม

3. โรคไตวาย

โรคไตวายเป็นโรคที่ไตสูญเสียหน้าที่การทำงานทำให้มีการสะสมของเสียหรือสารพิษซึ่งปกติไตจะขับถ่ายออกมาทางปัสสาวะ มีความผิดปกติในการรักษาสมดุลของน้ำ แร่ธาตุและความเป็นกรด-เบสของสารในร่างกาย สภาวะไตวายหรือไตล้มเหลว (Renal failure) เป็นความผิดปกติของระบบทางเดินปัสสาวะที่รุนแรงมาก จะพบกับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน ความดันเลือดสูง และโรคหัวใจ มี 2 ชนิด คือ

1. ไตวายเฉียบพลัน (Acute renal failure) เกิดจากร่างกายมีการสูญเสียเลือด ปริมาณเลือดลดลงมีฟอสเฟตในเลือดสูง สาเหตุเกิดจากร่างกายไม่สามารถควบคุมส่วนประกอบของ ๆ เหลวในร่างกายได้ การกรองปัสสาวะ การสร้างยูเรียโปรตีน และสร้างครีเอตินีนผิดปกติ ทำให้เลือดมียูเรียไนโตรเจน และครีเอตินีนเพิ่มขึ้น

2. ไตวายเรื้อรัง (Chronic renal failure) เป็นสภาวะที่ไตไม่สามารถทำงานได้ ไตล้มเหลวไม่อาจแก้ไขได้เกิดจากโกลเมอรูลัส (Glomerulus) และท่อของหน่วยไต (Convoluted tubule) ถูกทำลายมากกว่า 80-95 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไตไม่สามารถขับยูเรียและครีเอตินีนได้ ถ้ามีครีเอตินีนในเลือดสูง จะมีอาการเซื่องซึม มือสั่น ชัก น้ำท่วมปอด หอบ หัวใจวาย หมดสติ และยังมีอาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ถ่ายอุจจาระเป็นเลือด

สาเหตุของการเกิดโรคไตวายมาจากการติดเชื้ออย่างรุนแรง หรือการสูญเสียเลือดจำนวนมาก และอาจจะเกิดขึ้นจากการเป็นโรคเบาหวานติดต่อกันเป็นเวลานาน

การรักษา

1. การควบคุมชนิดและปริมาณของอาหาร
2. การดูแลทั่วไปเพื่อป้องกันการติดเชื้อหรือการใช้ยาควบคุมการติดเชื้อ
3. การฟอกเลือดโดยใช้ไตเทียม
4. การผ่าตัดเปลี่ยนไตหรือการปลูกถ่ายไต

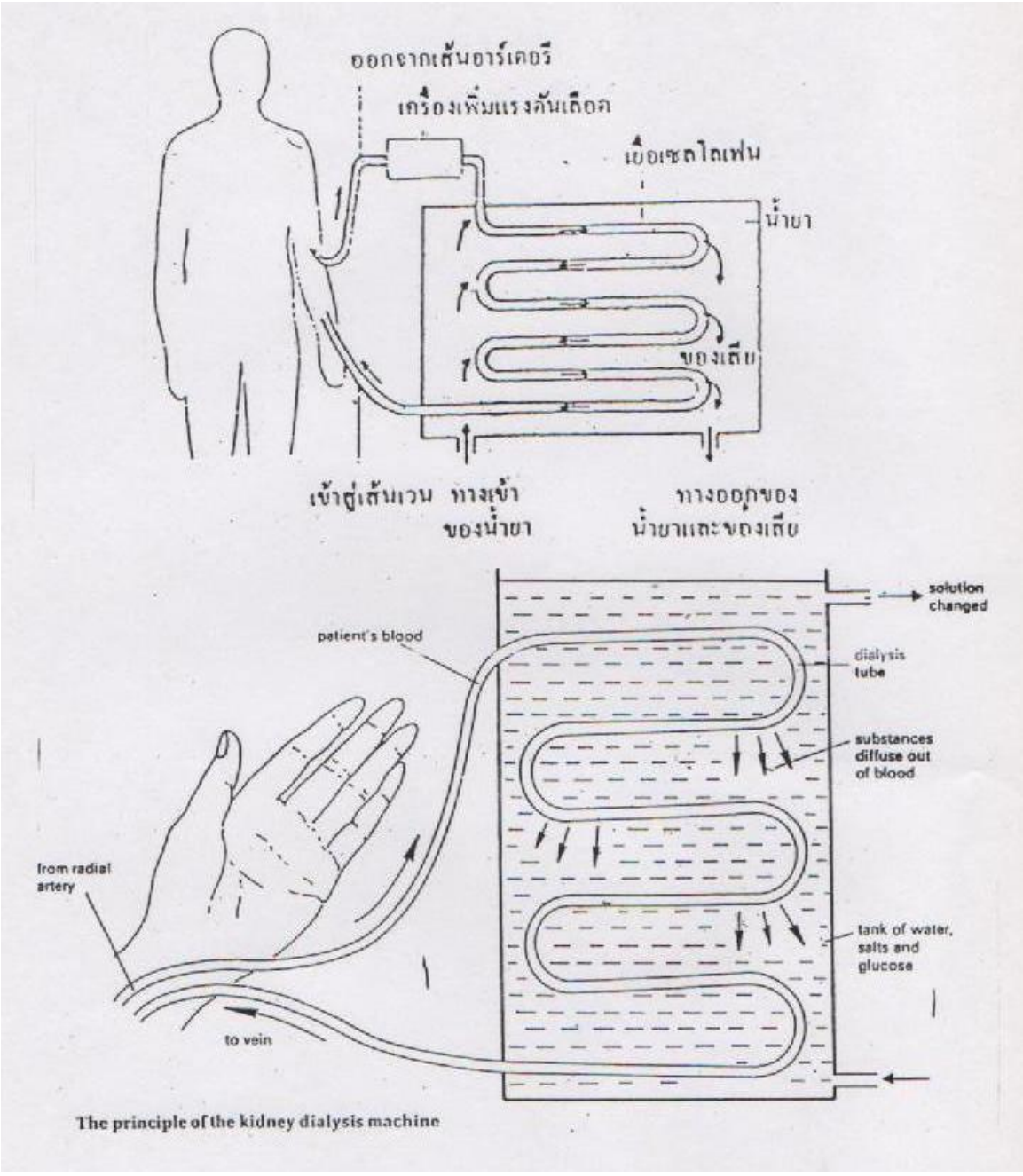
ไตเทียม (Hemodialyzer)

ไตเทียมเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่บางอย่างแทนไตโดยช่วยกรองสารพิษที่เป็นของเสียออกจากเลือดทำให้เลือดบริสุทธิ์ โดยไตเทียมจะนำของเสียออกได้ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของระดับในเลือด ซึ่งผู้ป่วยจะต้องมาทำการกรองของเสียออกจากเลือดหรือฟอกเลือดสัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง ครั้งละ 3 – 6 ชั่วโมง

หลักการทำงานของไตเทียม

การนำเลือดของผู้ป่วยจากเส้นเลือดแดงอาร์เตอรี(Artery) บริเวณแขนไหลเข้าไปในเครื่องไตเทียมโดยผ่านเข้าไปภายในท่อที่มีเยื่อบาง ๆ ที่ประกอบด้วยเยื่อเซลโลเฟน หรือ คิวโปรเพน (Puprophane) ซึ่งปรับปรุงมาจากแผ่นเซลลูโลส เยื่อนี้มีรูเล็ก ๆ ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านเมื่อเลือดไหลมาสัมผัสกับเยื่อเลือกผ่านสารที่มีขนาดเล็กจึงสามารถผ่านเข้าออกได้ ในขณะเดียวกันอีกด้านหนึ่งนอกท่อจะมีน้ำยาที่มีส่วนประกอบต่าง ๆ คล้ายคลึงกับเลือดคนปกติ ประกอบด้วยน้ำ เกลือแร่ และกลูโคส โดยไม่มีของเสียไหลผ่านอยู่รอบ ๆ นอกท่อตลอดเวลา ในระหว่างที่เครื่องไตเทียมทำงานอยู่นั้นของเสียที่มีความเข้มข้นสูงในเลือด จะซึมผ่านรูเล็ก ๆ ที่เยื่อเลือกผ่านออกมาในน้ำยาในระหว่างนี้เครื่องเพิ่มความดันเลือดจะทำหน้าที่ให้ความดันระหว่างเลือดกับน้ำยาแตกต่าง

กันเพื่อให้สามารถเอาของเสียจากเลือดออกมาให้มาก ๆ โดยอาศัยหลักการแพร่ด้วยวิธีออสโมซิสของเสียในเลือดจะลดลงสู่ระดับปกติ หลังจากนั้นเลือดจะไหลกลับเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยทางเส้นเลือดดำเวน (Vein) บริเวณแขน ตามรูปที่ 2.49



รูปที่ 2.49 การทำงานของเครื่องไตเทียม

(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 459 - 460)

การผ่าตัดเปลี่ยนไตหรือการปลูกถ่ายไต

ไตของแต่ละคนจะมี 2 ข้าง ถ้าผู้ป่วยเป็นโรคไตวายเพียงข้างเดียว แพทย์สามารถผ่าไตข้างนั้นออกได้ ไตข้างหนึ่งสามารถทำงานได้ดีเท่ากับ 2 ข้าง โดยไม่มีการผิดปกติใด ๆ เลย เพราะหน่วยไตจะทำหน้าที่โดยปกติไม่ถึงครึ่งของที่มีอยู่ ดังนั้นเมื่อเอาไตออกไปหนึ่งข้างส่วนที่ยังไม่ทำงานก็จะทำงานแทน แต่ถ้าไตวายทั้ง 2 ข้าง ต้องได้รับบริจาคจากบุคคลอื่น

คุณสมบัติของผู้ให้ไต

. 1. ผู้ที่เสียชีวิตใหม่ ๆ อายุไม่เกิน 55 ปี

1.1 ไม่มีโรคติดต่อ

1.2 ไม่เป็นโรคไต

1.3 ไม่เป็นโรคระบบทางเดินปัสสาวะ

1.4 ไม่เป็นโรคมะเร็ง โรคเบาหวาน และความดันเลือดสูง

1.5 เส้นเลือดปกติ

2. ผู้ที่มีชีวิตอยู่อายุไม่เกิน 55 ปี

2.1 ไม่มีโรคประจำตัว

2.2 ไม่มีโรคไตที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม

2.3 เป็นผู้ที่มีจิตใจเข้มแข็ง

2.4 ผู้บริจาคไต คือ พี่น้องลำดับรองลงมา คือ พ่อและแม่

เนื่องเพราะผู้ให้ไตควรมีเนื้อเยื่อเหมือนกับผู้รับมากที่สุด

คุณสมบัติของผู้รับไต

1. อายุผู้ป่วยไม่ควรเกิน 55 ปี เนื่องเพราะผู้ที่มีอายุมากเส้นเลือดมักจะแข็งทำให้การผ่าตัดไม่ได้ผลดี

2. ไม่มีโรคของอวัยวะที่สำคัญอื่น ๆ เช่นโรคหัวใจ โรคปอด โรคตับ และโรคมะเร็ง เนื่องเพราะผู้ที่เป็นโรคอื่นร่วมด้วยอาจเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัด

3. ไม่มีโรคติดเชื้อ เนื่องเพราะหลังจากผ่าตัดจำเป็นต้องใช้ยากดภูมิต้านทานซึ่งทำให้ความสามารถในการต่อต้านเชื้อโรคของร่างกายลดลง

4. เป็นผู้มีจิตใจเข้มแข็งมีความหนักแน่นมั่นคง เนื่องเพราะหลังจากการผ่าตัดอาจมีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นหลายอย่าง จึงต้องมีจิตใจเข้มแข็งเพื่อต่อสู้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ข้อปฏิบัติในการรักษาหลังการผ่าตัดเปลี่ยนไต

1. มารับการตรวจรักษาตามแพทย์นัดอย่างเคร่งครัดสม่ำเสมอ

2. ตรวจเลือดและปัสสาวะทุก 2 – 4 สัปดาห์ เพื่อติดตามการทำงานของไต

3. รับประทานยาอย่างสม่ำเสมอทั้งยากดภูมิต้านทานและยาสำหรับโรคอื่น เช่น ยาความดันเลือดสูงเป็นต้น

4. ถ้ามีอาการผิดปกติต้องรีบรายงานแพทย์ผู้รักษาทันที

ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นหลังการผ่าตัดเปลี่ยนไต

1. ร่างกายต่อต้านมาก ๆ ไม่ยอมรับไตใหม่อาจต้องผ่าตัดเอาไตออกและกลับไปรักษาด้วยไตเทียมแล้วคอยการผ่าตัดเปลี่ยนไตใหม่อีกครั้ง

2. โรคของไตเดิมอาจเกิดที่ไตใหม่อีกครั้ง

3. มีพิษข้างเคียงจากยากดภูมิต้านทาน เช่น เป็นพิษต่อไต หรือระบบประสาทตา เป็นต้น แพทย์ผู้รักษาจะให้คำแนะนำในการแก้พิษข้างเคียงที่เกิดขึ้น

4. โรคติดเชื้อ ผู้ป่วยได้รับยากดภูมิต้านทานจะทำให้เกิดโรคติดเชื้อได้ง่าย ดังนั้นถ้ามีการระบาดของโรคติดเชื้อที่ติดต่อได้ง่าย ผู้ที่ได้รับการผ่าตัดเปลี่ยนไตไม่ควรอยู่ในสถานที่นั้น

2.3.13 การหายใจ (Respiration)

สิ่งมีชีวิตมีการใช้พลังงานเพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ภายในร่างกาย เช่น การสังเคราะห์สาร การนำสารเข้าสู่เซลล์ การสลายสารและการเคลื่อนย้ายสารภายในเซลล์อยู่ตลอดเวลา พลังงานที่ใช้นี้ได้มาจากอาหาร เมื่อได้รับประทานอาหารแล้วอาหารจะเข้าสู่ระบบการย่อยและถูกสลายเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของพลังงาน (Energy) การหายใจเป็นกระบวนการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงานในการดำเนินกิจกรรมทุกชนิดของมนุษย์ สัตว์และพืชที่ได้มาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ที่เกิดขึ้นที่ไมโทคอนเดรีย ซึ่งมีอยู่ในไซโทพลาสซึมของเซลล์แทบทุกชนิดและมีจำนวนแตกต่างกันไปตามชนิดของเซลล์ เช่น เซลล์ที่ต้องใช้พลังงานมากจะมีจำนวนไมโทคอนเดรียมาก ส่วนเซลล์ที่ใช้พลังงานน้อยก็จะมีไมโทคอนเดรียจำนวนน้อยลงไปตามลำดับ จากข้อเท็จจริงนี้จึงเชื่อได้ว่าไมโทคอนเดรีย เป็นแหล่งที่เก็บพลังงานในรูป ATP ให้แก่เซลล์ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะต้องมีเชื้อเพลิง คือ สารอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ไขมัน (Lipid) และโปรตีน (Protein) โดยสารอาหารหลักที่เซลล์นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน ก็คือ คาร์โบไฮเดรตโดยเฉพาะกลูโคสส่วนไขมันและโปรตีนใช้น้อยกว่า นอกจากสารอินทรีย์ดังกล่าวแล้ว การหายใจของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปยังต้องการออกซิเจนเป็นสารที่เข้าร่วมทำปฏิกิริยาเคมีด้วยและผลที่ได้คือ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และพลังงานซึ่งสะสมไว้ในรูป ATP (Adenosine triphosphate) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีพลังงานสูง ซึ่งเซลล์ใช้มากที่สุดเวลาที่เซลล์จะใช้พลังงานในกิจกรรมต่าง ๆ ATP จะสลายตัวปล่อยพลังงานออกมาโดย ATP หนึ่งโมเลกุลจะให้พลังงานเท่ากับ 7.3 กิโลแคลอรี การสร้าง ATP โดยกระบวนหายใจนี้เรียกว่า Oxidation phosphorylation นอกจากนี้ยังได้ของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจากการสลายโปรตีน (Nitrogenous waste) เกิดขึ้น เช่น ยูเรีย กรดยูริก เป็นต้น

ในพวกสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มีวิธีการได้ออกซิเจนโดยออกซิเจนสามารถแพร่เข้าไปในเซล์ได้โดยตรง และคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะแพร่ออกจากเซลล์สวนทางกับออกซิเจน ส่วนในพวกสัตว์ชั้นสูงร่างกายประกอบด้วยอวัยวะที่สลับซับซ้อนมีจำนวนเซลล์มากมาย ร่างกายมีวิธีการที่จะนำออกซิเจนไปให้เซลล์และรับคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์ได้โดยอาศัยระบบ 2 ระบบ สัมพันธ์กัน คือ ระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือด ระบบหายใจทำหน้าที่นำเอาออกซิเจนเข้าและนำคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเลือด ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดทำหน้าที่นำออกซิเจนไปให้เซลล์ทั่วร่างกายโดยไปทางเส้นเลือดแดง ในเวลาเดียวกันก็รับคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์กลับมาทางเส้นเลือดดำ ถ้าขาดระบบใดระบบหนึ่งจะทำให้เซลล์ตายเนื่องจากการขาดออกซิเจน

ความสำคัญของกระบวนการหายใจ

1. กระบวนการหายใจ หรือ ปฏิกิริยาในการสลายอาหารของสิ่งมีชีวิตจะได้พลังงานออกมา
2. กระบวนการที่สิ่งมีชีวิตเปลี่ยนพลังงานเคมีที่มีอยู่ในสารประกอบอินทรีย์ ให้เป็นพลังงานที่จะนำไปใช้ในเซลล์
3. กระบวนการที่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตใช้ออกซิเจนในการสลายอาหารเพื่อผลิตพลังงาน ATP ที่เซลล์จะนำไปใช้ และได้คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นของเสียที่ต้องกำจัด
4. สิ่งที่ใช้ในกระบวนการหายใจ คือ สารอาหารที่เป็นเชื้อเพลิงออกซิเจนและเอนไซม์
5. สิ่งที่ได้จากกระบวนการหายใจ คือ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และพลังงาน ATP

ประเภทของการสลายสารอาหาร

กระบวนการสลายสารอาหารหรือสลายโมเลกุลของอาหารมี 2 แบบ คือ

1. การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน จากการศึกษาทำให้ทราบว่าเป็นกระบวนการสลายโมเลกุลของอาหารภายในเซลล์มีปฏิกิริยาที่ประกอบด้วยขั้นย่อย ๆ หลายขั้นตอนประกอบด้วยการสลายกลูโคส การสลายไขมันและการสลายโปรตีน แต่ละขั้นตอนจะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมา พลังงานจากการสลายโมเลกุลของอาหาร จึงทยอยออกมาโดยไม่ก่ออันตรายแก่เซลล์นั้น และเป็นปฏิกิริยาที่ต้องใช้สารอาหารเป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยมีออกซิเจนที่หายใจเข้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีออกซิเดชั่นผลที่ได้ คือ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และพลังงานสูงซึ่งเก็บสะสมไว้ในรูปของ ATP ประมาณ 36 - 38 ATP ดังสมการ

$$\underset{\text{(กลูโคส)}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{(ออกซิเจน)}}{6O_2} \longrightarrow \underset{\text{(คาร์บอนไดออกไซด์)}}{6CO_2} + \underset{\text{(น้ำ)}}{6H_2O} + \underset{\text{(36 - 38 ATP)}}{\text{พลังงาน}}$$

โดยมีของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น ยูเรียและกรดยูริก

2. การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน จากการศึกษาทำให้ทราบว่าเป็นการสลายโมเลกุลของอาหารในสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ได้แก่ ยีสต์ รา แบคทีเรียบางชนิด พยาธิตัวตืด เมล็ดพืช และกล้ามเนื้อลาย ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อของสัตว์ชั้นสูงในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนก็สามารถสลายสารอาหารได้ดังนี้ คือ

2.1 ยีสต์สามารถสลายโมเลกุลของสารอาหารโดยไม่ใช้ออกซิเจน หรือเรียกว่า กระบวนการหมักแอลกอฮอล์ (Alcoholic fermentation) โดยการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสผลที่ได้ คือ เอทานอล หรือเมทิลแอลกอฮอล์ (Ethylalcohol) คาร์บอนไดออกไซด์และพลังงาน ATP ประมาณ 2 ATP ดังสมการ

$$\underset{\text{(กลูโคส)}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{(เมทิลแอลกอฮอล์)}}{2C_3H_6O_3} + \underset{\text{(2 ATP)}}{\text{พลังงาน}}$$

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่สลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนและแบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นระหว่างการหมักถ้าเติมพ่นออกซิเจนไป ยีสต์จะสลายสารอาหารแบบออกซิเจนผลที่ได้ คือ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานประมาณ 36 – 38 ATP ดังนั้นมนุษย์จึงสามารถใช้ประโยชน์จากการหมักของยีสต์ในอุตสาหกรรมการผลิตสุรา เบียร์ และไวน์ชนิดต่าง ๆ

2.2 กล้ามเนื้อลายโดยปกติเนื้อเยื่อของมนุษย์และสัตว์มีการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน แต่ในกรณีเนื้อเยื่อต้องการพลังงาน ATP จำนวนมากในระยะเวลาสั้น ๆ ในขณะที่ร่างกายออกกำลังกายอย่างหนัก เช่น การวิ่งเร็ว ดังนั้นร่างกายต้องการพลังงานจากการออกซิเดชั่นอาหารสูงมาก แต่พลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจนมีจำกัด เนื่องจากความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอดมีจำกัดเพียง 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อครั้ง พลังงานส่วนเกินที่ร่างกายต้องการขณะออกกำลังกายจึงได้มาจากการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนของเซลล์กล้ามเนื้อลาย โดยการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสผลที่ได้ คือ กรดแลกติก (Lactic acid) และพลังงาน ATP ประมาณ 2 ATP ดังสมการ

$$\underset{\text{(กลูโคส)}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{(กรดแลกติก)}}{2C_3H_6O_3} + \underset{\text{(2 ATP)}}{\text{พลังงาน}}$$

กรดแลกติกเมื่อสะสมอยู่มากจะทำให้กล้ามเนื้อเมื่อยล้า (Fatigue) จนบางครั้งทำให้เกิดตะคริวได้ ดังนั้นกล้ามเนื้อจึงต้องได้รับออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นเพื่อนำมาสลายกรดแลกติกต่อไป จนได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งร่างกายสามารถกำจัดออกจากร่างกายได้ ภายหลังออกกำลังกายจึงต้องหายใจแรงและถี่ต่อไปอีกสักครู่ใหญ่ พวกกรรมกรแบกหามและนักกีฬาที่มีการฝึกฝนมานาน คนพวกนี้สามารถออกกำลังกายอย่างหนักได้เป็นเวลานานกว่าคนทั่ว ๆ ไปมาก เพราะคนเหล่านี้สามารถฝึกการสูดลมหายใจทำให้ได้รับออกซิเจนจำนวนมากเพื่อไปสลายกรดแลกติกได้มากกว่า

การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะให้พลังงานน้อยกว่าการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจนมาก เนื่องจากเป็นกระบวนการการสลายอาหารที่ไม่สมบูรณ์ เพราะแอลกอฮอล์หรือเอทานอลที่ได้เป็นสารที่มีพลังงานศักย์เหลืออยู่หรือแฝงอยู่มากเป็นของเหลวที่ติดไฟได้ สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงเหมาะสำหรับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหรือใช้ในยามจำเป็นเท่านั้น

การวัดอัตราการหายใจ

1. การหายใจ (Respiration) มาจากคำภาษาลาตินว่า Respirare ตามความหมายเดิม หมายถึงการเคลื่อนไหวของปอดเพื่อนำอากาศเข้าและออก จากความหมายนี้เองเมื่อกล่าวถึงการหายใจมักจะนึกถึงการสูดลมหายใจเข้าและออก ดังนั้นการนำเอาออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการหายใจนั้น เพราะว่าออกซิเจนจะไปเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย แล้วจึงรวมกับโปรตรอนในตอนสุดท้ายของปฏิกิริยาการหายใจเรียกกระบวนการนี้ว่า การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration) และในกรณีไม่มีการใช้ออกซิเจนไปเป็นตัวรับอิเล็กตรอนเรียกว่า การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration) ในปัจจุบันนักชีววิทยาอธิบายความหมายของการหายใจว่า

1.1 เป็นการสลายอาหารของสิ่งมีชีวิตแล้วได้พลังงานออกมา

1.2 เป็นการใช้ออกซิเจนในการสลายอาหารเพื่อผลิตพลังงานในรูปที่เซลล์จะนำไปใช้ในเซลล์ได้

1.3 เป็นการเปลี่ยนพลังงานเคมีที่มีอยู่ในสารประกอบอินทรีย์ ให้เป็นพลังงานที่จะนำไปใช้ในเซลล์ได้

1.4 เป็นการสลายสารอาหารที่มีการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเพื่อสังเคราะห์ ATP โดยมีออกซิเจนหรือสารอื่น เช่น ซัลเฟต หรือไนเตรตเป็นตัวนำอิเล็กตรอน

จากความหมายดังกล่าวจะพบว่า นักชีววิทยาบางท่านไม่จัดกระบวนการหมักเป็นการหายใจเพราะไม่มีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

2. ความสัมพันธ์ของการหายใจกับเมตาโบลิซึม

เมตาโบลิซึม(Metabolism) คือ ปฏิกิริยาชีวเคมีทุกชนิดที่เกิดขึ้นในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เพื่อการดำรงชีวิต ดังนั้นระบบต่าง ๆ เช่น การย่อยสารอาหาร การดูดซึมสารอาหาร การขับถ่าย การทำงานของกล้ามเนื้อ การส่งกระแสประสาท ตลอดจนการสร้างพลังงานเพื่อดำเนินกิจกรรมทั้งหลายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการ คือ

2.1 คาตาโบลิซึม (Catabolism) เป็นกระบวนการทำลายสารหรือการสลายสารประกอบอินทรีย์ ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้กลายเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เพื่อให้ได้พลังงานออกมา ได้แก่ การสลายโปรตีน (Protein) ให้เป็นกรดอะมิโน (Amino acid) การสลายไขมัน (Fat) ให้เป็นกรดไขมัน (Fatty acid) และกลีเซอรอล (Glycerol) และการสลายกลูโคสจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน

พร้อมทั้งของเสีย เช่น กรดยูริก (Uric acid) ยูเรีย (Urea) ที่ร่างกายต้องขับถ่าย (Excretion) กำจัดทิ้งไปในกระบวนการหายใจ

2.2 อนาโบลิซึม (Anabolism) เป็นกระบวนการสร้างที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ได้แก่ การนำสารอาหารเข้าไปในเซลล์เพื่อการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอในร่างกาย เช่นการสังเคราะห์โปรตีน (Protein) ไขมัน (Fat) เอนไซม์ (Enzyme) เป็นต้น การสังเคราะห์สารเหล่านี้จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานที่ได้จากกระบวนการหายใจ

จะพบได้ว่าเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้ต้องเกี่ยวข้องกับพลังงานจากการหายใจทั้งการใช้พลังงานและการสร้างพลังงาน นอกจากนี้จะพบว่าปัจจัยใดที่มีอิทธิพลต่อการหายใจย่อมมีอิทธิพลต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมด้วย และเมื่อใดอัตราการหายใจสูงอัตราเมตาโบลิซึมจะสูงด้วย ในทางตรงกันข้ามเมื่อมีอัตราการหายใจต่ำอัตราเมตาโบลิซึมจะต่ำตามด้วย ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าอัตราการหายใจเป็นเครื่องบ่งบอกถึงอัตราเมตาโบลิซึม

3. อัตราการหายใจและการวัดอัตราการหายใจ

สิ่งมีชีวิตต้องการพลังงานสำหรับใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันสิ่งมีชีวิตใดมีความต้องการใช้พลังงานมากย่อมต้องการออกซิเจนมาก เพื่อนำมาสร้างพลังงาน ATP ในทำนองเดียวกันถ้ามีความต้องการใช้พลังงานน้อย ก็ย่อมมีความต้องการใช้ออกซิเจนน้อยตามไปด้วย ดังนั้น อัตราการใช้ออกซิเจนจึงบ่งบอกถึงอัตราการสร้างพลังงาน

อัตราการหายใจ คือ อัตราการสร้างพลังงาน เมื่อสภาพการทำงานของร่างกายเปลี่ยนแปลงไปความต้องการพลังงานก็ย่อมเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย สิ่งใดมีอิทธิพลต่อสภาพการทำงานของร่างกายก็จะมีอิทธิพลต่ออัตราการหายใจ เช่น ขณะออกกำลังกายหรือทำงานที่ต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติ เพราะว่าเมื่อปริมาณการทำงานเพิ่มขึ้น การหายใจก็ต้องเพิ่มขึ้น ดังนั้นการหายใจจึงถี่และแรงกว่าปกติเพื่อให้ได้ออกซิเจนมาใช้ในการสร้างพลังงาน จึงสามารถสรุปได้ว่าอัตราการหายใจ มีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณการทำงาน และอัตราการหายใจจะบอกถึงอัตราการใช้ออกซิเจน อัตราการหายใจนอกจากจะขึ้นอยู่กับการทำงานโดยตรงแล้วยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น

1. วัย เด็กจะมีอัตราการหายใจสูงมากกว่าผู้ใหญ่ เนื่องเพราะเด็กกำลังเจริญเติบโตมีการเคลื่อนไหวมากและออกแรงอยู่ตลอดเวลา

2. เพศ ผู้ชายจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าผู้หญิง เพราะโดยเฉลี่ยแล้วระดับการออกแรงทำงานของผู้ชายสูงกว่า

3. พฤติกรรม ในมนุษย์อัตราการหายใจจะสูงที่สุดในขณะที่ออกกำลังกายและอัตราการหายใจจะต่ำสุดในขณะนอนหลับ

4. ชนิดของสิ่งมีชีวิต นกฮัมมิงในขณะพักมีอัตราการหายใจสูงกว่ามนุษย์ในขณะพักตามตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 อัตราการหายใจของมนุษย์และสัตว์บางชนิดในขณะพัก

ชนิด ของสิ่งมีชีวิต	อัตราการหายใจ ลูกบาศก์มิลลิเมตร ของออกซิเจนต่อ 1 กรัมน้ำหนัก ของสัตว์ต่อ 1 ชั่วโมง
ซีแอนีโมนี	13
ปลาหมึกยักษ์	80
ปลาไหล	128
กบ	150
มนุษย์	200
ปลาหมึก	320
หนู	1,500
นกฮัมมิง	3,500

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 58)

จากตารางสรุปได้ดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันจะมีอัตราการหายใจหรือมีเมตาโบลิซึมแตกต่างกันซึ่งแสดงว่าสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน ต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตมากน้อยแตกต่างกัน

2. สัตว์ต่างชนิดกันจะมีอัตราการหายใจแตกต่างกันออกไปแม้จะอยู่ในขณะทำกิจกรรมเหมือนกัน

3. สัตว์ที่มีการดำรงชีวิตอย่างง่าย ๆ และเกาะนิ่งอยู่กับที่มีอัตราการหายใจที่ต่ำมาก เช่น ซีแอนีโมนี

4. อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตขึ้นอยู่กับระดับการเคลื่อนไหวรวดเร็วหรือเชื่องช้าในการดำรงชีวิตของสัตว์ เช่น ปลาหมึกยักษ์กับปลาหมึก ซึ่งเป็นสัตว์ที่อยู่ในคลาสเดียวกันแต่เนื่องจากปลาหมึกมีการเคลื่อนไหวรวดเร็วกว่า จึงมีอัตราการหายใจสูงกว่าปลาหมึกยักษ์

5. นกฮัมมิง เป็นสัตว์เลือดอุ่นที่มีขนาดเล็กแต่มีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วมาก ความต้องการพลังงานสูง จึงมีอัตราการหายใจสูงมาก

เซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้เป็นผลมาจากเมตาโบลิซึม (Metabolism) เซลล์ที่ใช้พลังงานมากแสดงว่ามีอัตราเมตาโบลิซึมสูงมีอัตราการหายใจสูง และมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูง ทั้งนี้

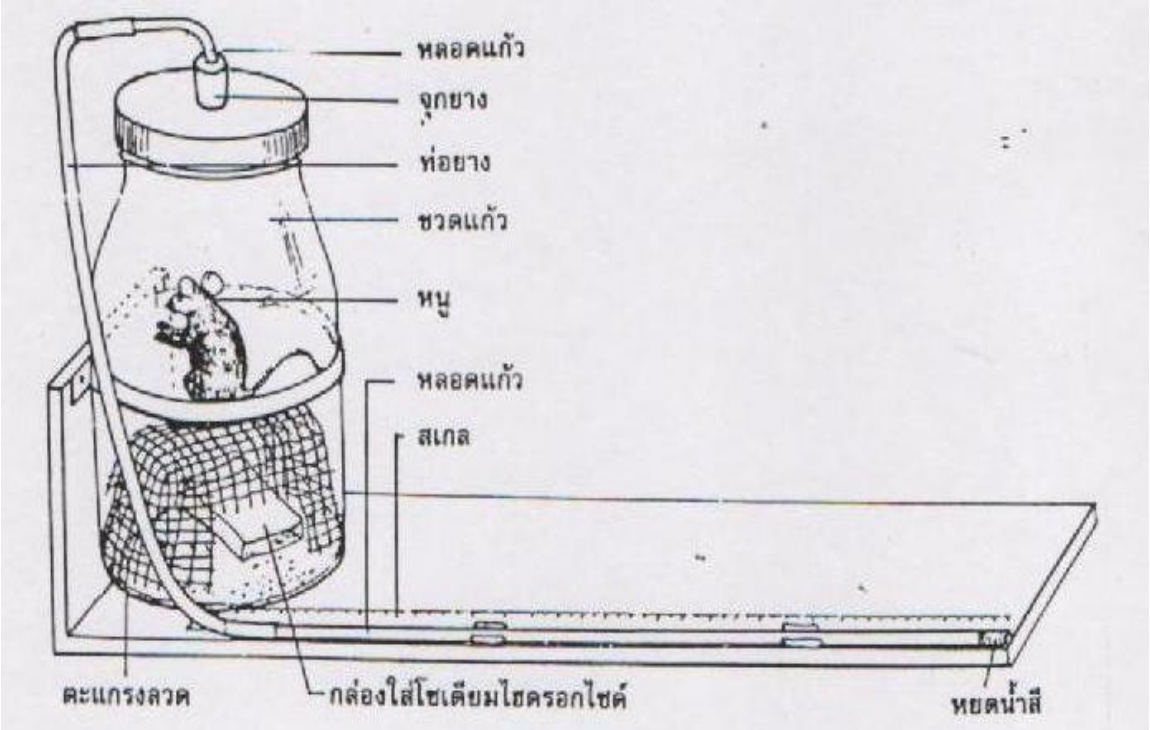
เนื่องจากอัตราการหายใจเป็นเครื่องบอกถึงอัตราการเมตาโบลิซึมและอัตราการหายใจก็เป็นเครื่องบอกถึงอัตราการใช้ออกซิเจน การวัดอัตราเมตาโบลิซึมจึงทำโดยตรงได้ยากจึงเปลี่ยนเป็นการวัดอัตราการหายใจ ซึ่งสามารถวัดได้โดยวัดจากปริมาณของออกซิเจนที่สิ่งมีชีวิตใช้ไปในการหายใจ หรืออัตราการใช้ออกซิเจน

เครื่องมือวัดอัตราการหายใจแบบง่าย ซึ่งสามารถใช้ได้กับสัตว์ขนาดเล็ก เช่น หนู ลูกไก่ ประกอบด้วยขวดฝาปิดสนิท มีท่อต่อกับฝาขวด มีหลอดแก้วบรรจุน้ำสีต่อกับท่อ ภายในขวดใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อดูดคาร์บอนไดออกไซด์ที่สัตว์หายใจออกมา เมื่อปล่อยสัตว์ทดลองไว้ในขวดระยะเวลาหนึ่ง ออกซิเจนที่ถูกใช้ไปโดยสัตว์ทดลองใช้ในการหายใจ จะทำให้น้ำสีเคลื่อนที่เข้ามาเป็นระยะทางหนึ่ง โดยอ่านค่าที่สเกล อัตราการหายใจของสัตว์ก็คือ ปริมาตรของก๊าซออกซิเจนที่ลดลงต่อ 1 หน่วยน้ำหนักใน 1 หน่วยเวลา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{อัตราการใช้ออกซิเจน} = \frac{\P r^2 d}{wt}$$

หน่วยปริมาตร / หน่วยน้ำหนัก / หน่วยเวลา

w	=	น้ำหนักสัตว์ทดลอง
t	=	เวลา
¶	=	3.14
r	=	รัศมีของรูหลอดแก้ว
d	=	ระยะทางเฉลี่ยที่หยดสีเคลื่อนที่ไปจากการทดลอง 2 – 3 ครั้ง ตามรูปที่ 2.50



รูปที่ 2.50 เครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจของสัตว์
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 59)

โครงสร้างและกลไกการหายใจของมนุษย์

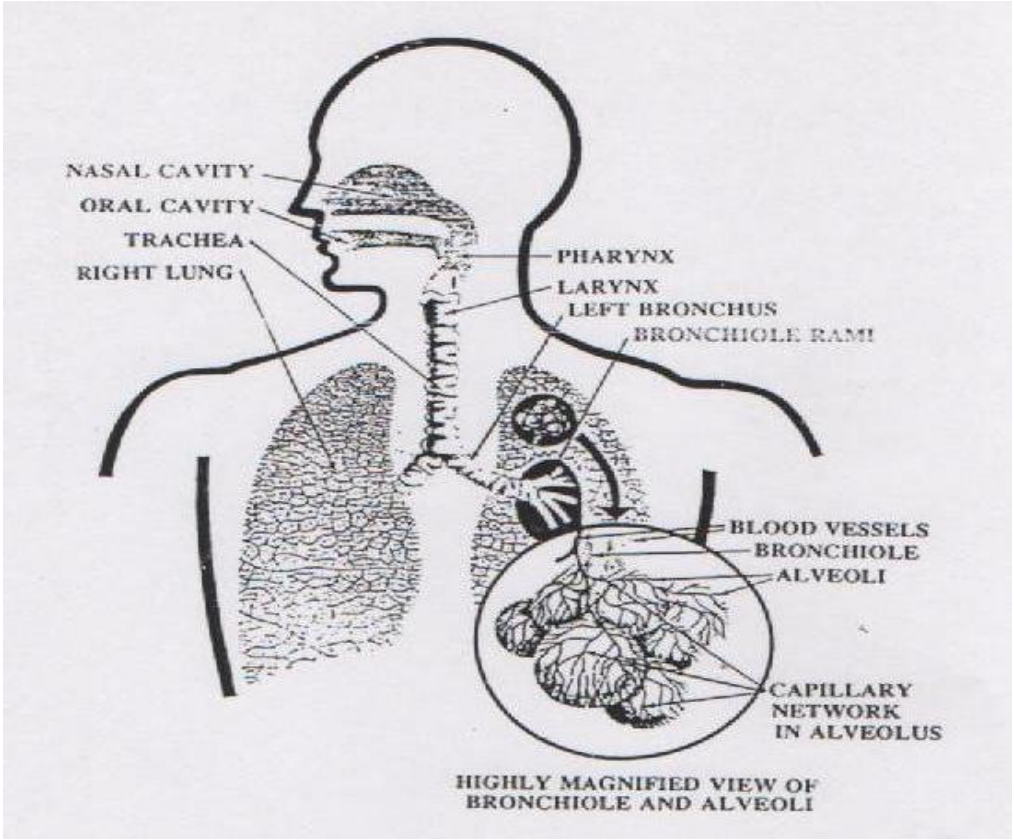
1. โครงสร้างของปอด (Lungs)

ปอดเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซอยู่ภายในช่องอกเหนือกระบังลม (Diaphragm) มีกระดูกซี่โครงโอบล้อมอยู่ซึ่งจะช่วยป้องกันอันตราย ปอดมีอยู่ 2 ข้าง ปอดข้างขวามีลักษณะกว้างและสั้นกว่าข้างซ้ายประมาณ 1 นิ้ว และปอดข้างขวาจะแบ่งเป็น 3 พู ส่วนปอดข้างซ้ายแบ่งออกเป็น 2 พู ปอดมีคุณสมบัติยืดหยุ่นคล้ายฟองน้ำ กล่าวคือ เนื้อเยื่อของปอดสามารถขยายตัวและหดตัวได้ ปอดแต่ละข้างมีเยื่อบาง ๆ 2 ชั้น หุ้มอยู่เรียกว่า เยื่อหุ้มปอด (Pleura) ระหว่างเยื่อหุ้มปอดทั้งสองชั้นเป็นช่องว่างที่มีของเหลวซึ่งสร้างมาจากเยื่อหุ้มปอด ทำหน้าที่ป้องกันการเสียดสีระหว่างเยื่อหุ้ม 2 ชั้น และช่วยให้ปอดเคลื่อนตัวได้ง่ายระหว่างสูดลมหายใจ

ตรงระดับกระดูกซี่โครงซี่แรกซึ่งเป็นบริเวณปลายสุดของหลอดลมคอ (Trachea) จะมีการแยกออกเป็นขั้วปอด (Bronchus) หรือหลอดลม 2 ข้าง ยื่นไปในปอดข้างซ้ายและข้างขวา หลอดลมนี้จะแตกแขนงมากมาย และขนาดแขนงเล็กลงทุกทีจนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร กระจายไปทั่วปอดเรียกว่า หลอดลมฝอยหรือแขนงขั้วปอด (Bronchiole) ทั้งหลอดลมคอ หลอดลมและหลอดลมฝอยตอนต้น ๆ มีกระดูกอ่อนรูปเกือกม้าเรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ เพื่อป้องกันการแฟบจากแรงกดของเนื้อเยื่อรอบ ๆ ส่วนผนังของหลอดลมฝอยจะบางลงตามลำดับ และตอนปลายสุดของแต่ละแขนง

หลอดลมฝอยจะเป็นถุงลมเรียกว่า อัลวีโอลัส (Alveolus) หรืออัลวีโอไล (Alveoli) โดยปอดแต่ละข้างจะมีถุงลมประมาณ 300 ล้านถุง แต่ละถุงมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.25 มิลลิเมตร คิดเป็นพื้นที่ผิวทั้งหมดในการแลกเปลี่ยนก๊าซของถุงลมปอดทั้งสองข้างประมาณ 90 ตารางเมตรหรือประมาณ 40 เท่าของพื้นที่ผิวหนังทั่วร่างกาย บริเวณรอบ ๆ ถุงลมของปอดแต่ละถุงมีเส้นเลือดฝอยห่อหุ้มอยู่ ซึ่งเป็นเส้นเลือดฝอยที่แตกแขนงมาจากพัลโมนารีอาร์เตอรี (Pulmonary artery) และพัลโมนารีเวน (Plumonary vien) และทั้งถุงลมและเส้นเลือดฝอยต่างก็บุด้วยเยื่อบาง ๆ เพียงชั้นเดียว การแลกเปลี่ยนก๊าซจึงเกิดขึ้นที่บริเวณเหล่านี้

ในการแลกเปลี่ยนก๊าซนั้นพัลโนรีอาร์เตอรีจะนำเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ แต่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงจากหัวใจห้องบนขวามาที่ปอด คาร์บอนไดออกไซด์จะแพร่จากเลือดสู่อากาศในถุงลม (Alveolus or Alveoli) และออกซิเจนจะแพร่จากอากาศในถุงลมสู่เลือดในเส้นเลือดฝอย หลังจากนั้นเลือดที่มีออกซิเจนจะไหลกลับคืนทางพัลโมนารีเวนกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายและไหลเข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้าย เพื่อสูบฉีดไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายตามรูปที่ 2.51

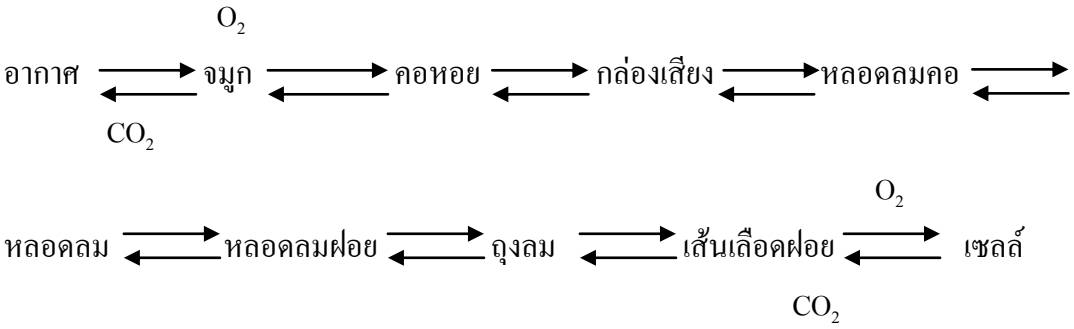


รูปที่ 2.51 โครงสร้างของระบบหายใจของมนุษย์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 70)

2. ทิศทางการลำเลียงก๊าซ

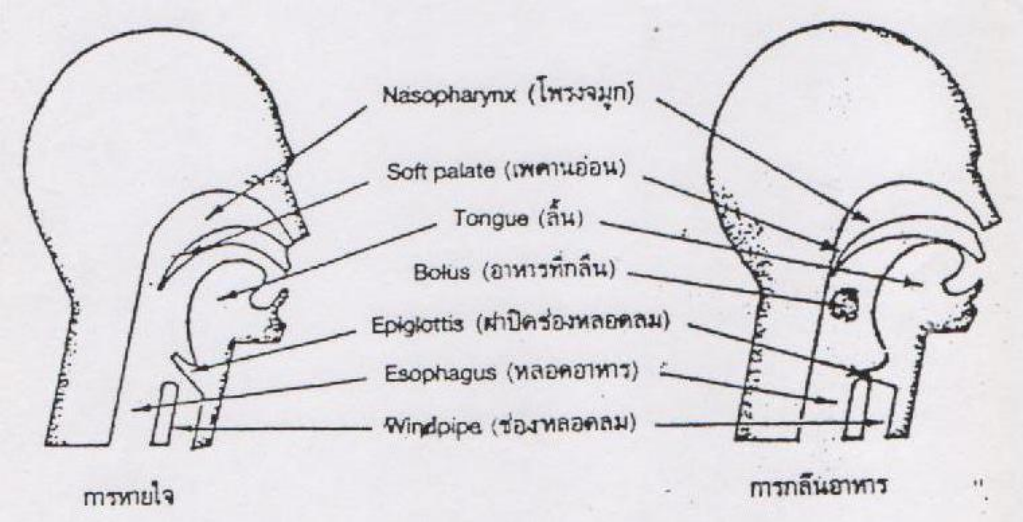
ทิศทางการลำเลียงก๊าซในทางเดินของลมหายใจในมนุษย์มีลำดับขั้นตอนดังนี้



2.1 อากาศผ่านเข้าสู่ร่างกายทางรูจมูกซึ่งติดต่อกับโพรงจมูกภายในโพรงจมูกจะมีขนจมูกเป็นขนเส้นเล็ก ๆ ต่อมน้ำมันที่ช่วยกรองฝุ่นละอองและดักฝุ่นละอองและมีเยื่อเมือก (Mucus membrane) หนาบุอยู่เพื่อทำหน้าที่ปรับอากาศที่ผ่านเข้ามาให้อุ่นขึ้นและมีความชื้นน้อยลง เป็นการปรับอากาศชื้นเป็นอากาศแห้งก่อนที่อากาศเข้าสู่ปอด นอกจากนั้นยังมีทางวกวนให้อากาศไหลเวียนสัมผัสกับเยื่อบุโพรงจมูก ซึ่งจะมีเซลล์รับกลิ่นอยู่

2.2 หลังจากนั้นอากาศจะผ่านเข้าสู่คอหอย (Pharynx) ซึ่งเป็นบริเวณที่พบกันระหว่างช่องอาหารจากปากกับช่องอากาศจากจมูก อากาศจะผ่านคอหอยลงสู่กล่องเสียง (Larynx)

2.3 ที่กล่องเสียงจะมีฝาปิดกล่องเสียงหรือเอปิกลอตทิส (Epiglottis) จะทำหน้าที่เปิดให้อากาศผ่านเข้าไปสู่ปอดส่วนการกลืนอาหาร กลืนน้ำลาย หรือน้ำนั้น ฝาปิดช่องหลอดลมจะทำหน้าที่ปิดช่องหลอดลมไว้กั้นไม่ให้อาหารพลัดเข้าไปในหลอดลมจะได้ไม่สำลัก ส่วนหลอดอาหาร (Esophagus) ก็จะเปิดให้อาหารผ่านไปยังกระเพาะ ดังนั้นทุกครั้งที่กลืนอาหารช่องหลอดลมจะปิดหลอดอาหารจะเปิด แต่ถ้าเป็นการหายใจช่องหลอดลมจะเปิด ตามรูปที่ 2.52



รูปที่ 2.52 การเปรียบเทียบการหายใจและการกลืนอาหารของมนุษย์
(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 49)

2.4 แล้วอากาศจึงเข้าสู่หลอดลมคอ (Trachea) ซึ่งเป็นท่อกลวงมีผนังแข็งและหนาเพราะมีกระดูกอ่อนเรียบเป็นวงรูปเกือกม้าตามความยาวของหลอด ทำให้หลอดลมไม่แฟบจากการกดของเนื้อเยื่อ นอกจากนั้นเนื้อเยื่อบุผิวในหลอดลมคอเป็นพวกที่มีขน (Cilia) อยู่ด้านบนและมีเซลล์ที่หลั่งสารเมือกแทรกอยู่ด้วย เวลาสูดลมหายใจเข้าปอด ฝุ่นละอองที่หลุดเข้ามาก็จะถูกจับไว้ แล้วถูกพัดโบกออกโดยขนไปทางคอหอย และถูกกลืนเข้าไปในทางเดินอาหารหรือออกทางปากเป็นเสมหะ

2.5 ปลายสุดของหลอดลมคอจะแตกแขนงออกไป 2 ข้าง เรียกว่า หลอดลม (Bronchus) ยื่นเข้าไปในปอดแต่ละข้าง

2.6 หลอดลมจะแตกแขนงเล็กลงทุกที่กระจายอยู่ทั่วปอดเรียกว่า หลอดลมฝอย (Bronchiole) เป็นหลอดที่มีขนาดเล็กผนังหลอดจะบางลงตามลำดับและปลายสุดของแขนงแต่ละแขนงเป็นถุงลม (Alveolus = เอกพจน์ หรือ Alveoli = พหูพจน์)

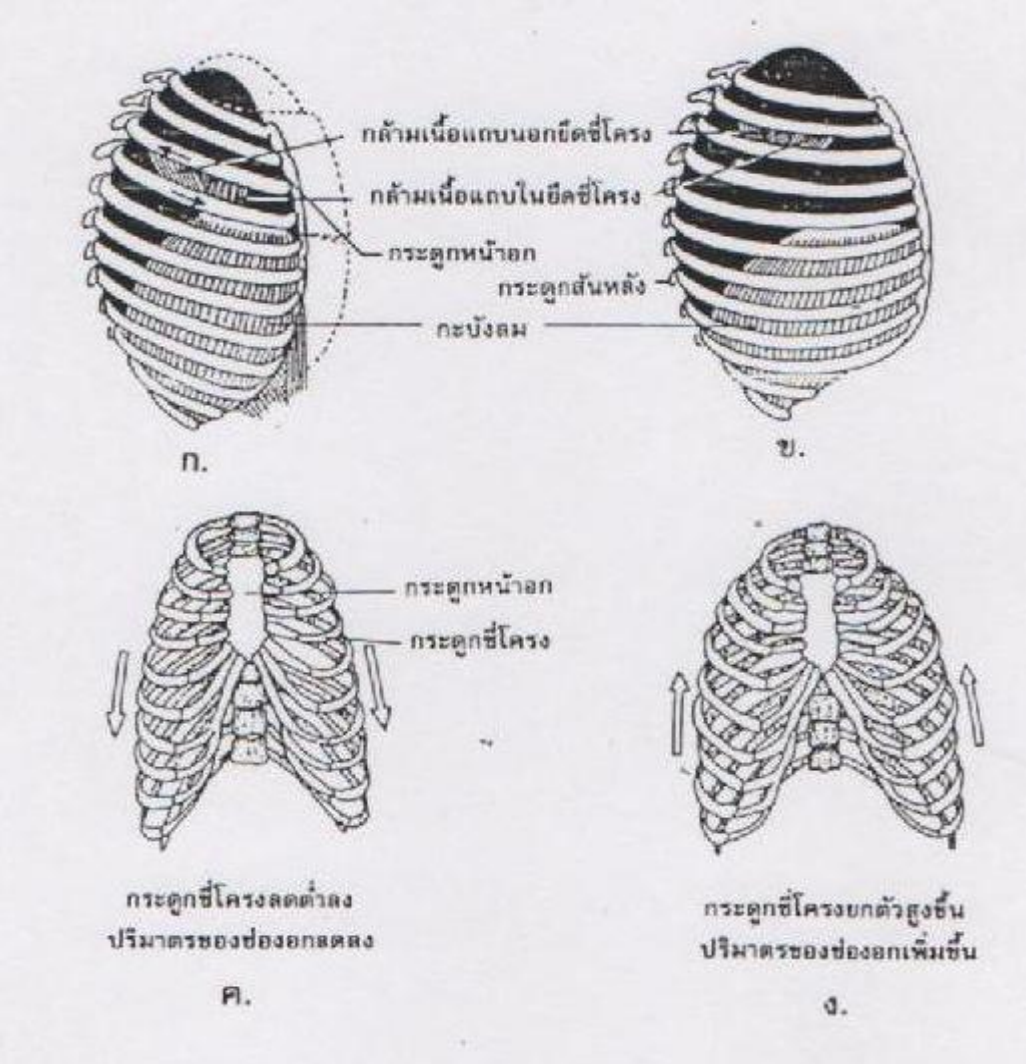
2.7 ถุงลมภายในปอดมีลักษณะเป็นกระเปาะเล็ก ๆ มีผนังบาง ๆ และมีเส้นเลือดฝอยมาเลี้ยงเต็มไปหมด การแลกเปลี่ยนก๊าซจึงเกิดได้ง่าย

3. อากาศเข้าและออกจากขั้วปอด

ร่างกายมีกระบวนการนำอากาศเข้าสู่ปอดและออกจากปอดด้วยวิธีการสูดลมหายใจ (Breathing)ทั้งนี้อากาศจะผ่านเข้าและออกภายในปอดได้โดยอาศัยความแตกต่างของความกดดันของบรรยากาศและความกดดันของอากาศในถุงลมปอด ความกดดันของบรรยากาศปกติที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 760 มิลลิเมตรของปรอทเสมอ ส่วนความกดดันของอากาศในปอดจะเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับการขยายตัวหรือหดตัวของช่องอก แต่เนื่องจากปอดไม่มีกล้ามเนื้อจึงไม่สามารถหดตัวและคลายตัวได้

ด้วยตัวเอง จึงต้องอาศัยอวัยวะที่ช่วยในการหายใจ คือ กระดูกซี่โครง กล้ามเนื้อยึดซี่โครง และกล้ามเนื้อกะบังลม

3.1 กระดูกซี่โครงและกล้ามเนื้อยึดซี่โครง ผนังทรวงอกประกอบด้วยกระดูกซี่โครง (Rib) ที่ต่อกับกระดูกสันหลัง (Vertebral column) มายึดกับกระดูกหน้าอก (Sternum) ซึ่งเป็นกระดูกอ่อน ระหว่างกระดูกซี่โครงมีกล้ามเนื้อสองแถบซ้อนกัน แต่เรียงตัวตามแนวเฉียงกัน กล้ามเนื้อสองแถบนี้ทำหน้าที่ตรงกันข้ามกัน เมื่อกล้ามเนื้อแถบนอกยึดซี่โครงหดตัว ก็จะเป็นเวลาเยวกันกับกล้ามเนื้อแถบในยึดซี่โครงคลายตัว กระดูกซี่โครงจะยกตัวสูงขึ้น กระดูกหน้าอกก็จะสูงขึ้นด้วย ในลักษณะเช่นนี้ทำให้ปริมาตรช่องอกเพิ่มขึ้นและความดันในช่องอกจะลดลง แต่ถ้ากล้ามเนื้อแถบในหดตัวและแถบนอกคลายตัว กระดูกซี่โครงจะลดต่ำลง และกระดูกหน้าอกก็จะลดต่ำลงด้วย ทำให้ปริมาตรช่องอกลดลง และความดันในช่องอกจะลดลง ตามรูปที่ 2.53



รูปที่ 2.53 แสดงการเรียงตัวของกล้ามเนื้อควบคุมการขยายตัว และการหดตัวของช่องอก และการเปลี่ยนแปลงระดับของกระดูกซี่โครง

ก และ ค ขณะหายใจออก

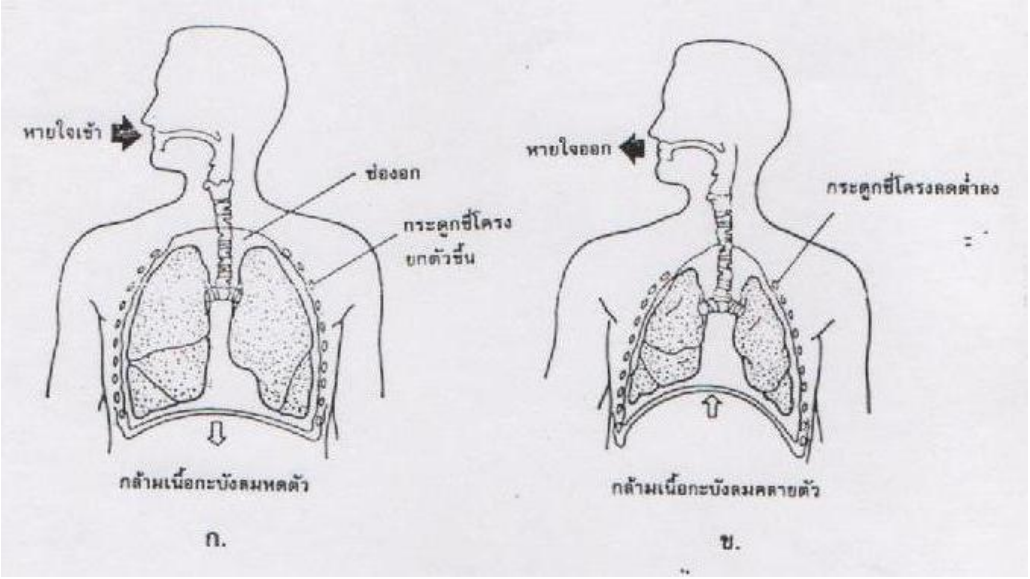
ข และ ง ขณะหายใจเข้า

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 72)

3.2 กล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphram) กล้ามเนื้อกะบังลมเป็นแผ่นกล้ามเนื้อเรียบที่ปกติมีลักษณะโค้งนูนขึ้นคล้ายโดมคั่นระหว่างช่องอกกับช่องท้อง กะบังลมมีส่วนช่วยในการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของช่องอก เมื่อกล้ามเนื้อกะบังลมหดตัวจะทำให้ส่วนโค้งของกะบังลมลดต่ำลง เป็นจังหวะพอดีกับกระดูกซี่โครงและกระดูกหน้าอกยกตัวขึ้น และเมื่อกล้ามเนื้อกะบังลมคลายตัว กะบังลมก็กลับคืนสู่สภาพโค้งนูนดังเดิม กระดูกซี่โครงและกระดูกหน้าอกลดต่ำลง

ดังนั้น เมื่อกล้ามเนื้อแถบนอกยึดซี่โครงหดตัว ในขณะเดียวกันกับกล้ามเนื้อแถบในคลายตัว ทำให้กระดูกซี่โครงและกระดูกหน้าอกยกขึ้นสูง เป็นจังหวะเดียวกับกล้ามเนื้อกะบังลมหดตัว ซึ่งส่วนโค้งของกะบังลมลดต่ำลงเป็นผลทำให้ช่องอกมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ความดันของอากาศภายในปอดจะลดต่ำลง ทำให้ความดันบรรยากาศภายนอกสูงกว่า อากาศจึงเคลื่อนผ่านจมูกและหลอดลมลงสู่ปอด และปอดขยายโตขึ้นนั่นคือ จังหวะของการสูดลมหายใจเข้า (Inspiration)

ส่วนการปล่อยลมหายใจออก (Exspiration) เกิดขึ้นหลังจากสูดลมหายใจเข้าแล้ว กล้ามเนื้อแถบนอกยึดซี่โครงคลายตัว และกล้ามเนื้อแถบในยึดซี่โครงหดตัว เป็นผลทำให้กระดูกซี่โครงและกระดูกหน้าอกลดต่ำลง ในขณะเดียวกันกล้ามเนื้อกะบังลมคลายตัว ลักษณะกะบังลมจะโค้งนูนขึ้นคล้ายโดม จะทำให้ปริมาตรในช่องอกลดลง ความดันอากาศในปอดจะเพิ่มสูงกว่าบรรยากาศภายนอก อากาศจึงเคลื่อนที่ออกจากปอดและปอดจะแฟบลง ทั้งนี้ความกดดันอากาศในปอดและความกดดันบรรยากาศภายนอกมีความแตกต่างกันเพียง 2– 3 มิลลิเมตรปรอท ก็มีผลต่ออากาศในการเคลื่อนที่เข้าและออกจากปอด ตามรูปที่ 2.54



รูปที่ 2.54 การทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม

ก ขณะหายใจเข้า

ข ขณะหายใจออก

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 73)

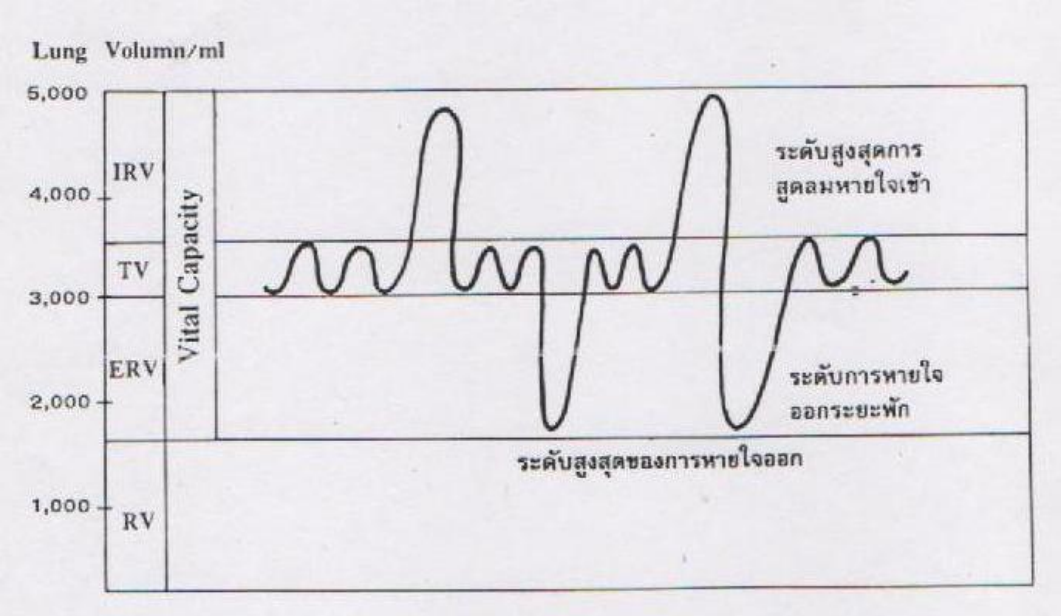
การสูดลมหายใจเข้าและการปล่อยลมหายใจออกที่เกิดจากกล้ามเนื้อกะบังลมเรียกว่า การหายใจส่วนท้อง (Abdominal breathing) ส่วนที่เกิดจากกระดูกซี่โครงและกล้ามเนื้อยึดซี่โครงเรียกว่า การหายใจส่วนอก (Chest breathing) การหายใจส่วนท้องและการหายใจส่วนอกจะทำงานพร้อม ๆ กันและร่วมกันเสมอ ทำให้เกิดการสูดลมหายใจเข้าและออกสลับกันอย่างสม่ำเสมอ ในสภาพปกติผู้ใหญ่จะสูดลมหายใจประมาณ 14 – 18 ครั้งต่อนาที ส่วนในเด็กจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าผู้ใหญ่เล็กน้อย และในขณะร่างกายเหนื่อยเนื่องจากการทำงานหรือเล่นกีฬาอย่างหนัก อัตราการสูดลมหายใจจะสูงกว่าปกติ

ในบางครั้งกล้ามเนื้อยึดซี่โครงและกล้ามเนื้อกะบังลมทำงานไม่สัมพันธ์กันคือ กะบังลมหดตัวในขณะที่กำลังปล่อยลมหายใจออก เป็นผลทำให้เกิดการหายใจเข้าทันทีจึงเกิดอาการที่เรียกว่า อาการสะอึก

4. ความจุของปอด

ตามปกติอากาศผ่านเข้าและออกจากปอดแต่ละครั้งประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรแต่ความจุของปอดมีมากกว่านี้ แต่เราไม่สามารถวัดความจุอันแท้จริงของปอดได้ เพราะปริมาตรอันจำกัดในช่องอกบังคับไว้ ดังนั้นค่าความจุของปอดจึงเป็นค่าลมหายใจเข้าเต็มที่ หรือลมหายใจออกเต็มที่ ซึ่งเมื่อนำมารวมกับปริมาตรของอากาศที่ตกค้างในปอด จึงได้ค่าความจุโดยประมาณของปอดขณะที่อยู่ในร่างกาย

ในคนที่ออกกำลังกายอยู่เสมอเช่นนักกีฬา ซึ่งสามารถสูดลมหายใจเข้าเต็มที่ได้มากกว่าคนทั่วไป เพราะกล้ามเนื้อที่ใช้ในการสูดลมหายใจทำงานได้ดี ปริมาตรของลมหายใจจึงใกล้เคียงกับความจุของปอดมากขึ้น คนกลุ่มนี้จะทำกิจกรรมอยู่ได้นานและเหนื่อยช้ากว่าคนทั่วไป ตามรูปที่ 2.55



รูปที่ 2.55 ความจุของปอดและปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้าและหายใจออก

IRV = ปริมาตรของอากาศที่สูดลมหายใจเข้าเต็มที่

TV = ปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้าออกปกติ

ERV = ปริมาตรของอากาศที่ปล่อยลมหายใจออกเต็มที่

RV = ปริมาตรของอากาศที่เหลืออยู่ในปอด

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 74)

ปริมาตรของอากาศที่ผ่านเข้าและออกจากปอดมีดังนี้

4.1 Tidal volumn (TV) คือ ปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้าและออกตามปกติเฉลี่ยแต่ละครั้งประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร อากาศจำนวนนี้จะเข้าสู่ถุงลม(Alveolus or Alveoli) ประมาณ 350 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนอีก 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะอยู่ตามทางเดินของลมหายใจไม่ได้ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซเลยและพบว่าชายไทยมี Tidal volumn ประมาณ 450 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนหญิงไทยมี Tidal volumn ประมาณ 350 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.2 Inspiratory reserve volumn (IRV) คือ ปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้าเต็มที่ กล่าวคือ ภายหลังจากการสูดลมหายใจเข้าปกติแล้ว เราสามารถที่จะสูดลมหายใจเข้าไปได้อีกให้เต็มที่ จึงเป็นปริมาตรของอากาศที่เพิ่มขึ้นจากการสูดลมหายใจปกติมีปริมาณ 1,000 – 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ดังนั้นอากาศที่หายใจเข้าทั้งหมด Inspiratory capacity

= IRV + TV = 1,500 + 500 = 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.3 Exspiratory reserve volumn (ERV) คือ ปริมาตรของอากาศในการหายใจออกเต็มที่ กล่าวคือ เมื่อมีการปล่อยลมหายใจออกตามปกติแล้ว ยังสามารถหายใจออกอีกจนสุดมีประมาณ 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ดังนั้นอากาศที่หายใจออกทั้งหมด Exspiratory capacity

= ERV + TV = 1,500 + 500 = 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.4 Residual volumn (RV) คือ ปริมาตรของอากาศที่เหลือหรือที่ค้างอยู่ในปอดมีประมาณ 1,000 – 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งอากาศที่เหลือนี้มิใช่อากาศดั้งเดิม เพราะทุกครั้งที่อากาศผ่านเข้าและผ่านออกจะมีการผสมกับอากาศเดิมตลอดเวลา

อากาศที่ตกค้างในปอดนี้มีประโยชน์ทางด้านนิติเวช ใช้ในการพิสูจน์ว่าคนจมน้ำตายหรือถูกฆ่าตายแล้วทิ้งลงน้ำ เนื่องจากปอดของคนจมน้ำตายจะไม่มีอากาศตกค้างอยู่ในปอด เพราะมีน้ำเข้าไปแทนที่อยู่จนเต็มเมื่อนำปอดไปทดสอบปรากฏว่าปอดจมน้ำ เช่นเดียวกับปอดของทารกที่อยู่ในครรภ์ของมารดาจะยังไม่ทำงาน แต่จะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซโดยผ่านทางรก (Placenta) ดังนั้นเมื่อนำปอดทารกไปลอยน้ำจะพบว่าจมน้ำ เพราะไม่มีอากาศภายใน ส่วนคนที่ถูกฆ่าตายแล้วถูกนำไปทิ้งในน้ำเพื่ออำพรางคดี ในปอดยังมีอากาศตกค้างอยู่เมื่อนำไปทดสอบปรากฏว่าปอดลอยน้ำ

4.5 Vital capacity คือ ปริมาตรของอากาศทั้งหมดที่หายใจตามปกติเป็นการหายใจเข้าจนเต็มที่แล้วก็หายใจออกจนเต็มที่ (TV + IRV + ERV) ถือเป็นความจุของปอดมีประมาณ 3,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร อากาศจำนวนนี้อาจมากน้อยตามเพศ ขนาดของร่างกาย ความสูง น้ำหนักตัว อาชีพ และท่าทางของร่างกาย เช่น

4.5.1 ท่ายืนจะมี Vital capacity มากที่สุดประมาณ 4,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.5.2 ท่านั่งจะมี Vital capacity ประมาณ 4,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.5.3 ท่านอนมี Vital capacity ประมาณ 3,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

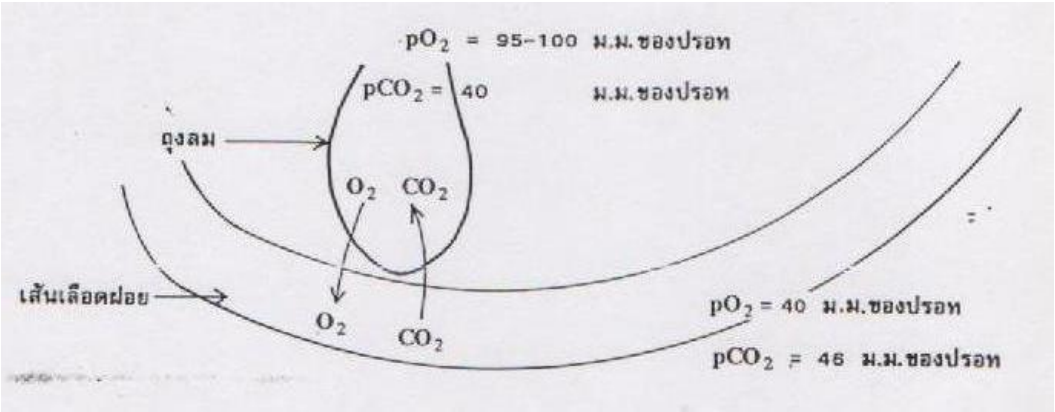
4.6 Total lung capacity คือ ความจุทั้งหมดของปอด ซึ่งเป็นปริมาตรของอากาศที่ได้จาก Vital capacity รวมกับ Residual volumn (RV) มีค่าประมาณ 4,500 – 5,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

5. การแลกเปลี่ยนก๊าซในร่างกาย

การแลกเปลี่ยนก๊าซในร่างกายเกิดได้โดยอาศัยหลักการแพร่ของก๊าซจากบริเวณที่มีความหนาแน่นของโมเลกุลของก๊าซสูงไปสู่บริเวณที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า การแลกเปลี่ยนก๊าซในร่างกายของคนเราเกิดขึ้น 2 แห่ง คือ

5.1 การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างปอดกับเส้นเลือด เป็นการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างในถุงลม (Alveolu or Alveoli) กับเส้นเลือดฝอยที่แผ่หุ้มถุงลม โดยมีทิศทางที่ก๊าซจะเคลื่อนที่ไป ถูกกำหนดด้วยความแตกต่างของความดันระหว่างถุงลมกับเส้นเลือดฝอย อากาศที่ผ่านเข้าสู่ถุงลมจะมีความหนาแน่นของโมเลกุลของออกซิเจนสูงสุด ซึ่งมีค่าความดันออกซิเจน (pO_2) ประมาณ 95 – 100 มิลลิเมตรปรอท ส่วนในเส้นเลือดฝอยรอบ ๆ ถุงลมเป็นเส้นเลือดที่ไหลจากร่างกายกลับเข้าไปในปอด จะมีความหนาแน่นของโมเลกุลของออกซิเจนน้อย มีค่าความดันออกซิเจน (pO_2) ประมาณ 40 มิลลิเมตรปรอท

ดังนั้นค่าความดันออกซิเจนในถุงลมจะสูงกว่าในเลือด โมเลกุลของออกซิเจนจะแพร่จากถุงลมเข้าไปในเส้นเลือดฝอยรอบ ๆ ถุงลม และรวมตัวกับฮีโมโกลบินหรือเฮโมโกลบิน (Hemoglobin or Haemoglobin : Hb ที่ผิวของเม็ดเลือดแดงกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin : HbO_2) ซึ่งมีสีเลือดสด เลือดที่มีออกซีฮีโมโกลบินนี้จะถูกส่งเข้าสู่หัวใจและสูบฉีดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ทั่วร่างกาย ในขณะที่มีการแพร่ของออกซิเจนนั้น คาร์บอนไดออกไซด์จากเส้นเลือดฝอยซึ่งมีค่าความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ (pCO_2) ประมาณ 46 มิลลิเมตรของปรอท สูงกว่าในถุงลมซึ่งมีความดันคาร์บอนไดออกไซด์ (pCO_2) ประมาณ 40 มิลลิเมตรปรอท จึงเกิดการแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์จากเส้นเลือดฝอยเข้าสู่ถุงลม ตามรูปที่ 2.56



รูปที่ 2.56 การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างถุงลมกับเส้นเลือดฝอยรอบ ๆ ถุงลม
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 76)

5.2 การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างเส้นเลือดกับเนื้อเยื่อ เมื่อออกซิเจนจากถุงลมแพร่เข้าสู่เส้นเลือดฝอยรอบ ๆ ถุงลม และจะรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) แล้วลำเลียงออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย และที่เนื้อเยื่อออกซีฮีโมโกลบินจะสลายให้ออกซิเจนและฮีโมโกลบิน ออกซิเจนจะแพร่เข้าสู่เซลล์ทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อได้รับออกซิเจน ดังสมการ

$$\underset{\text{(ฮีโมโกลบิน)}}{Hb} + \underset{\text{(ออกซิเจน)}}{O_2} \rightleftharpoons \underset{\text{(ออกซีฮีโมโกลบิน)}}{HbO_2}$$

ในขณะที่เนื้อเยื่อรับออกซิเจนนั้น คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในเซลล์ก็จะแพร่เข้าสู่เส้นเลือด คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกลำเลียงไปในเส้นเลือดได้ 3 วิธี คือ

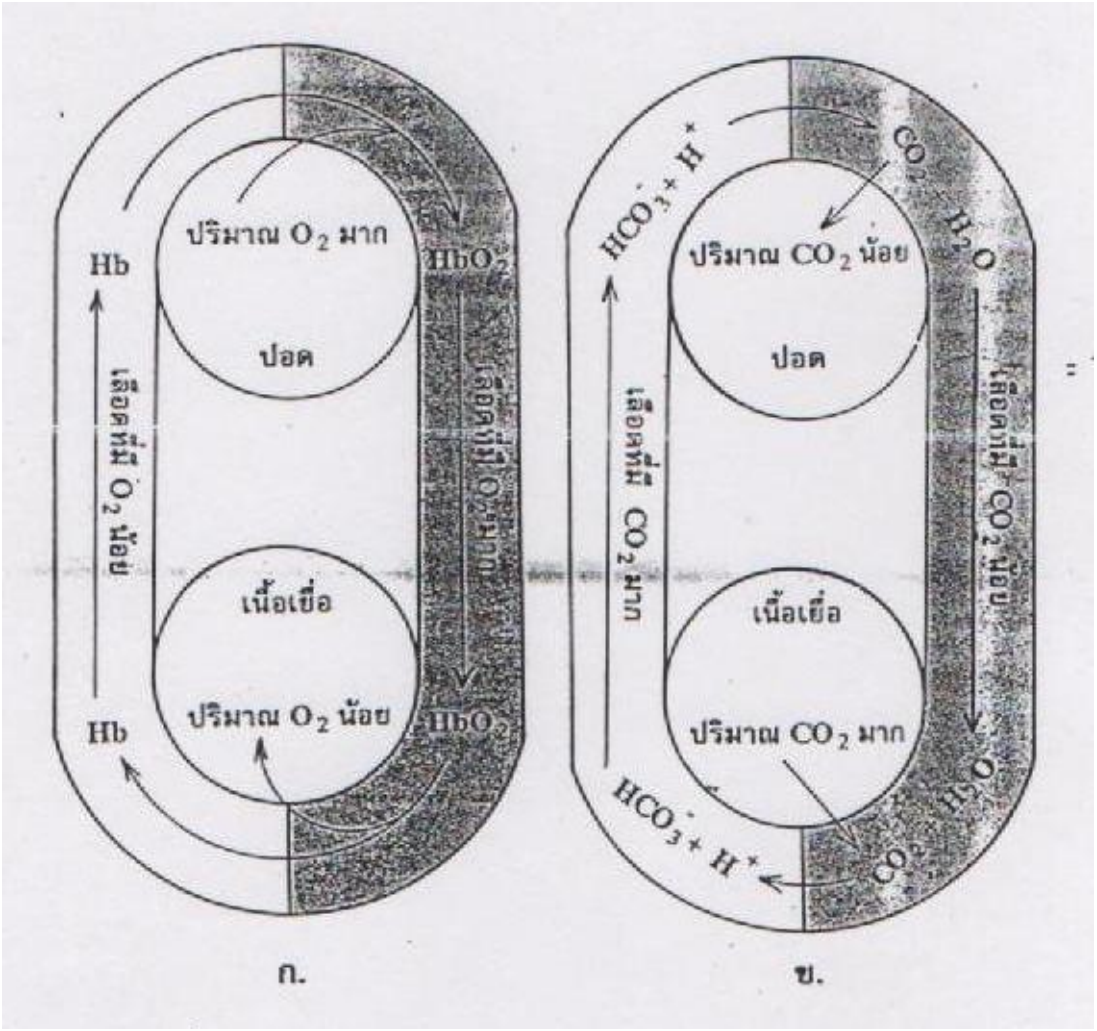
5.2.1 คาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่ประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ จะทำปฏิกิริยาน้ำในเลือด (Plasma) เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (Carbonic acid : H_2CO_3) แล้วแตกตัวออกโดยอาศัยเอนไซม์คาร์บอนิกแอนไฮเดรส (Carbonic anhydrase) ได้ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO^-_3) และไฮโดรเจนไอออน (H^+) เมื่อเลือดที่มีไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนมาก ก็จะไหลเข้าหัวใจและจะถูกสูบฉีดไปยังเส้นเลือดฝอยรอบถุงลมในปอด ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนและไฮโดรเจนไอออนจะรวมตัวกันเป็นกรดคาร์บอนิกแล้วจึงสลายตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำในเซลล์เม็ดเลือดแดงเป็นผลให้ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเส้นเลือดฝอยสูงกว่า คาร์บอนไดออกไซด์ในถุงลมจึงเกิดการแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์จากเส้นเลือดฝอยเข้าสู่ถุงลมในปอด ดังสมการ

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO^-_3$$

5.2.2 คาร์บอนไดออกไซด์อีก 30 เปอร์เซ็นต์ จะถูกลำเลียงไปในกระแสเลือดโดยรวมกับฮีโมโกลบินเกิดเป็นสารประกอบชื่อคาร์บามิโนฮีโมโกลบิน (Carbaminohemoglobin : $HHbCO_2$ หรือ HHbNHCOOH) และสามารถแตกตัวให้คาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนมาที่ปอดเช่นเดียวกัน ดังสมการ

$$Hb + CO_2 \rightleftharpoons HHbNHCOOH$$

5.2.3 คาร์บอนไดออกไซด์อีกประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือจะละลายอยู่ในเลือด ตามรูปที่ 2.57



รูปที่ 2.57 สรุปการแลกเปลี่ยนก๊าซ

ก ออกซิเจน ข คาร์บอนไดออกไซด์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 77)

จากการพิจารณาในด้านความหนาแน่นของก๊าซตามบริเวณต่าง ๆ ของร่างกายพบว่า

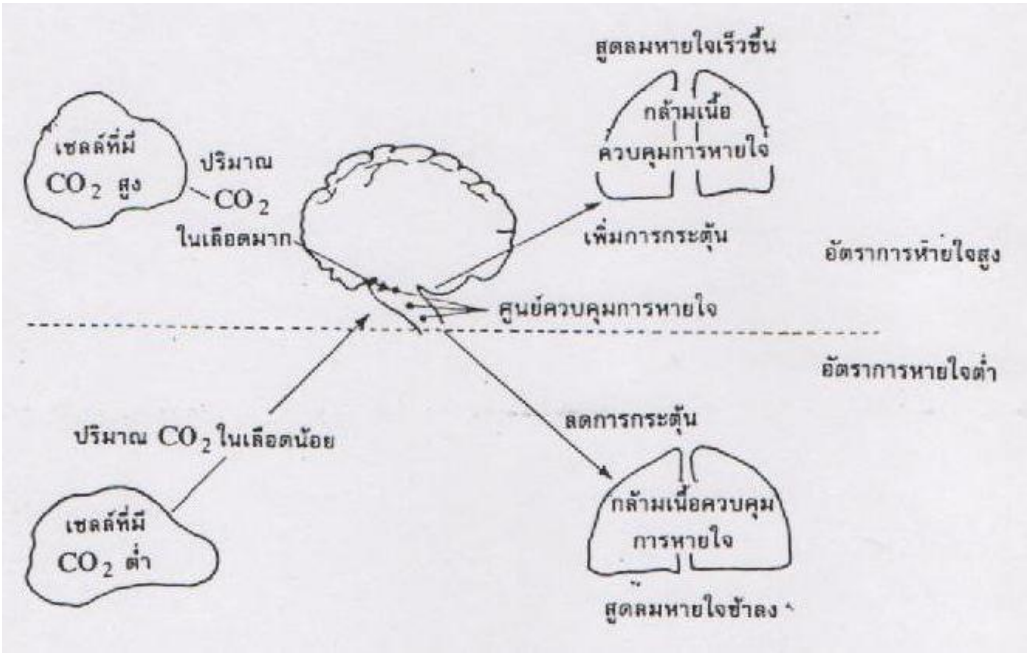
1. บริเวณที่มีความหนาแน่นของออกซิเจนสูงที่สุดในร่างกาย คือ ปอดหรือถุงลมในปอดส่วนต่ำสุดคือ เนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย

2. บริเวณที่มีความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดในร่างกายคือ กล้ามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ส่วนต่ำสุด คือ ปอดหรือถุงลมในปอด

6. ศูนย์ควบคุมการสูดลมหายใจ

การสูดลมหายใจเข้าออกตามปกติเป็นไปโดยอัตโนมัติ นอกเหนืออำนาจจิตใจ เช่นเดียวกับการทำงานของอวัยวะภายในต่าง ๆ และการทำงานของหัวใจ แต่อย่างไรก็ตามการสูดลมหายใจยังอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติ โดยศูนย์กลางควบคุมกระบวนการหายใจอยู่ในสมองส่วนท้าย (Hind brain) ที่เรียกว่า สมองส่วนเมดุลลาออบลองกาทา (Medulla oblongata) ศูนย์นี้มีความไวมากต่อปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือปริมาณไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO^-_3) และไฮโดรเจนไอออน (H^+)

เมื่อในเลือดมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก ศูนย์ควบคุมการสูดลมหายใจจะถูกกระตุ้นให้ส่งกระแสประสาทไปกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการสูดลมหายใจได้แก่ กล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครง กล้ามเนื้อกะบังลมให้หดตัวและคลายตัวเร็วขึ้น อัตราการหายใจจึงเพิ่มขึ้นทำให้อากาศผ่านเข้าสู่ปอดมากขึ้นโดยที่ออกซิเจนถูกลำเลียงไปสู่เซลล์เพิ่มขึ้นในขณะเดียวกันคาร์บอนไดออกไซด์ถูกกำจัดออกมาพร้อมกับลมหายใจออกแต่เมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดต่ำ ศูนย์ควบคุมการสูดลมหายใจถูกยับยั้งหรือถูกกระตุ้นน้อยลง กล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงและกล้ามเนื้อกะบังลมถูกกระตุ้นน้อยลงตามไปด้วยจึงมีการหดตัวคลายตัวช้าลงเป็นผลให้การสูดลมหายใจช้าและอัตราการหายใจต่ำตามรูปที่ 2.58



รูปที่ 2.58 การควบคุมและการสูดลมหายใจ

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 78)

7. สิ่งที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและการแลกเปลี่ยนก๊าซ

7.1 สภาพมลภาวะของอากาศ

ปัจจุบันคุณภาพของอากาศในกรุงเทพมหานครและจังหวัดใหญ่ ๆ ที่เป็นศูนย์กลางของความเจริญทางด้านอุตสาหกรรม การเพิ่มจำนวนของยานยนต์ต่าง ๆ ทำให้สภาวะอากาศเสื่อมโทรมมีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มาก และเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สารที่เกิดขึ้นอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เป็นก๊าซ ของเหลว หรืออนุภาคของแข็ง ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ อนุภาคของโลหะหลัก เช่น สารปรอท ตะกั่ว ควันหรือไอจากสารปรอท สารตะกั่ว ฝุ่นละออง เป็นต้น

7.1.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ควันบุหรี่ ควันเขม่าจากท่อไอเสียรถยนต์และเครื่องจักร เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เมื่อสูดลมหายใจเข้าไปจะรวมกับฮีโมโกลบินของเซลล์เม็ดเลือดแดงตรงตำแหน่งของออกซิเจนได้และสามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้ดีกว่าและเร็วกว่าออกซิเจนถึง 200 – 250 เท่า และได้เป็นสารประกอบที่เรียกว่า คาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxyhemoglobin) ซึ่งเป็นสารถาวร ดังนั้นถ้าในบรรยากาศมีคาร์บอนมอนอกไซด์มาก ๆ จะทำให้ออกซิเจนรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้น้อย เลือดจึงลำเลียงออกซิเจนได้น้อยลง หัวใจจึงต้องสูบฉีดเลือดให้ เร็วขึ้น เพื่อให้เลือดผ่านปอดมากขึ้นจะได้มีโอกาสลำเลียงออกซิเจนได้มากขึ้น และเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้หัวใจและปอดทำงานหนักขึ้น

จากผลการศึกษาพบว่าถ้าร่างกายได้รับมากเกิน 4 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดอาการเจ็บป่วย เช่น ปวดศีรษะ มึนงง คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย ถ้าได้รับก๊าซนี้แม้จะเป็นจำนวนน้อย แต่ถ้าเป็นเวลานาน จะทำให้จิตใจและประสาทผิดปกติ อ่อนเพลียไม่มีแรง ความจำเสื่อม เบื่ออาหาร หูอื้อ ถ้าได้รับก๊าซนี้จำนวนมากติดต่อกันอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้

7.1.2 อนุภาคของโลหะหนัก เช่น ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม แมงกานีส ซิลิกา เป็นต้น ปัจจุบันคนในเมืองใหญ่ ๆ กำลังประสบปัญหามลภาวะของอากาศซึ่งรุนแรงขึ้นทุกวัน แหล่งสำคัญของมลภาวะของอากาศมาจากการจราจรที่หนาแน่น และยานพาหนะปล่อยควันและก๊าซที่เป็นพิษต่าง ๆ สู่บรรยากาศมากมายทำให้คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้รับเกินกว่ามาตรฐาน ผลจากการศึกษาของชมรมต่อต้านควันพิษ พบว่าสารตะกั่วที่สะสมในร่างกายคนไทยบางกลุ่มเกินกว่ามาตรฐาน เช่น ประชาชนที่อาศัยอยู่ริมถนนที่มีการจราจรคับคั่ง ผู้โดยสารรถเมล์ คนขับแท็กซี่ ตำรวจจราจร มีค่าเฉลี่ยของสารตะกั่วอยู่ในเส้นเลือดเท่ากับ 54.4 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ในขณะที่ค่ามาตรฐานของสารตะกั่วในเลือดของผู้ใหญ่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรและยังพบว่าปริมาณสารตะกั่วในเลือดของเด็กในกรุงเทพมหานครสูงเป็น 3 เท่าของเด็กในประเทศที่เจริญแล้ว

ไอของสารตะกั่วเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์ที่มีสารตะกั่วเป็นองค์ประกอบแล้วปล่อยมาทางท่อไอเสีย นอกจากนี้สารตะกั่วยังใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทำแบตเตอรี่ ยาฆ่าแมลง พลาสติก สี สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ทางบริโภค โดยปะปนในอาหาร ทางระบบหายใจ และทางผิวหนัง

ในทางระบบหายใจ เมื่อตะกั่วเข้าสู่ถุงลมจะสะสมอยู่จนกว่าจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดโดยละลายในส่วนที่เป็นของเหลว ซึ่งเม็ดเลือดขาวจะทำลายสารตะกั่วได้ถ้าหากได้รับปริมาณน้อย แต่ที่ยากแก่การกำจัด คือ พบโลหะตะกั่วที่ทำให้เกิดความระคายเคืองกับปอด และสร้างเนื้อเยื่อพังผืดของปอดเพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่แลกเปลี่ยนก๊าซลดลงได้

พิษของสารตะกั่วมีผลกระทบต่อร่างกายดังนี้

1. ในเด็ก ถ้าในเลือดมีระดับสารตะกั่วมากกว่า 5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไป จะมีการเจริญเติบโตของร่างกายลดลง ระดับสติปัญญาต่ำลงและมีแนวโน้มของการเป็นปัญญาอ่อนมากขึ้น เด็กบางคนจะมีความผิดปกติในการรับฟัง การพูด และระบบประสาทถูกทำลายอย่างรุนแรงในระยะยาว

2. ในหญิงมีครรภ์ ถ้าในเลือดมีระดับสารตะกั่วมากกว่า 7 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไป มักจะแท้งบุตรหรือคลอดก่อนกำหนด

3. ในผู้ใหญ่ ถ้าในเลือดมีระดับสารตะกั่วมากกว่า 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไป จะมีสภาวะสมองเสื่อมเร็วกว่าปกติ ความจำเสื่อม มีโรคหัวใจหรือโรคความดันโลหิตสูง และหากมีสารตะกั่วถึง 50 – 70 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จะมีอาการโลหิตจางและมีอาการของพิษตะกั่วต่อระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย เช่น เป็นลมชัก อาการชาปลายมือปลายเท้า

อนุภาคของโลหะหนักอีกชนิดหนึ่ง คือ สารปรอทซึ่งใช้กันมากในอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์ทางเคมี กระดาษ และการผลิตเครื่องสำอางปรอทมีความดันไอสูง สามารถกลายเป็นไอได้ในอุณหภูมิปกติ ไอปรอทที่ปะปนอยู่ในอากาศจะเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ เมื่อสูดลมหายใจเอาอากาศที่มีปรอทปะปนอยู่มากจะทำให้เกิดอาการหนาวสั่น เป็นไข้ แน่นหน้าอก และอาจถึงตายได้ถ้าสูดลมหายใจเอาไอปรอทเข้าไปโดยตรงมาก ๆ

7.2 โรคที่เกี่ยวกับปอดและทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซเป็นไปได้ไม่ดี

7.2.1 วัณโรคปอด (Tubercle) เกิดจากเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่า Mycobacterium tuberculosis วัณโรคปอดอาจเกิดที่เนื้อเยื่อปอด หลอดลม หลอดลมฝอย หรือเยื่อหุ้มปอด โดยจะทำให้ปอดอักเสบและมีการทำลายเนื้อเยื่อปอดจนเกิดใยพังผืดมาแทนที่เนื้อเยื่อ ทำให้เกิดการไอและถ้าไอมาก ๆ จะทำให้เส้นเลือดในปอดแตกเข้าไปในถุงลมและหลอดลม เป็นผลให้ไอออกมาเป็นเลือดปนเสมหะ

7.2.2 โรคถุงลมโป่งพอง (Emphysema) เป็นโรคที่เกี่ยวกับพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซในปอดลดลง เนื่องจากการสูดอากาศที่มีสารพิษ เช่น ควันบุหรี่ ควันจากโรงงาน ควันจากท่อไอเสียรถยนต์เป็นเวลานาน ทำให้ปอดเกิดการติดเชื้อมีการทำลายผนังถุงลม ผนังของถุงลมขาดความยืดหยุ่น และผนังทะลุถึง

กันหมด นอกจากนั้นขั้วปอดเกิดการหดตัวอากาศเคลื่อนเข้าสู่ปอดได้ยาก ดังนั้นอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น หัวใจทำงานหนักจนอาจทำให้หัวใจวายได้ในที่สุด

ในคนที่สูบบุหรี่มาก ๆ อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งปอดได้ง่ายกว่าคนที่ไม่สูบบุหรี่ นอกจากนี้ควันบุหรี่จะทำให้เกิดการระคายเคืองของท่อทางเดินอากาศจนเกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอากาศอักเสบเรื้อรังได้

7.2.3 โรคปอดบวม (Pneumonia) เกิดจากเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่า Diplococous pneumoniae เข้าไปในหลอดลมทำให้เกิดการอักเสบ มีน้ำเหลืองและเมือกเต็มถุงลมและหลอดลมฝอย ทำให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลง และมีอาการไอแห้ง ๆ ต่อมาจะมีเสมหะมูกเหนียว ๆ ออกมา ถ้าเป็นมาก ๆ เสมหะจะมีสีอิฐปนออกมา และมีอาการตัวเขียวเนื่องจากการขาดออกซิเจน

7.3 สภาพความกดดันของอากาศ

7.3.1 สภาพความกดดันของอากาศต่ำในที่สูง เมื่อขึ้นไปในที่สูง ๆ แล้วจะรู้สึกอึดอัดหายใจไม่สะดวก ที่เป็นเช่นนี้เพราะในที่สูงขึ้นไปนั้นความกดดันอากาศยิ่งลดลง โดยเฉพาะความดันของออกซิเจน (pO_2) ในบรรยากาศลดลงอย่างมาก ทำให้ความดันของออกซิเจนระหว่างปอดกับเส้นเลือดไม่แตกต่างกันมากนัก เป็นผลทำให้ออกซิเจนไม่สามารถแพร่เข้าสู่เลือดได้ตามปกติ จึงมีอาการเวียนศีรษะ สมองทำงานช้า คลื่นไส้ และหมดสติในที่สุด ดังนั้นมนุษย์จึงอาศัยอยู่ในที่สูงโดยไม่มีออกซิเจนช่วยได้ไม่เกิน 6,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล ที่ซึ่งความกดอากาศจะลดลงเหลือ 350 มิลลิเมตรของปรอท ความดันในส่วนของออกซิเจนเหลือเพียง 75 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งทำให้เลือดอิ่มตัวด้วยออกซิเจนได้เพียง 70 เปอร์เซนต์เท่านั้น

สำหรับคนที่อาศัยอยู่ในที่สูง ๆ ร่างกายจะต้องมีการปรับตัว โดยมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น คือ หายใจแรงและลึก และพบว่าในเลือดจะมีเม็ดเลือดแดงมากกว่าคนที่อาศัยอยู่ในที่ต่ำ ๆ เป็นผลทำให้ได้รับออกซิเจนเพิ่มขึ้น และคาร์บอนไดออกไซด์ถูกขับออกมาได้มากเหลือในเลือดน้อยกว่าปกติ ทำให้เลือดมีค่า pH สูงขึ้น

7.3.2 สภาพความกดดันของอากาศสูงในที่ต่ำจากระดับน้ำทะเล ความกดดันของอากาศเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ลึกลงไปโดยเพิ่มขึ้น 1 บรรยากาศต่อความลึก 10 เมตร จากระดับน้ำทะเล ดังนั้นเพื่อมิให้เกิดอันตรายแก่ปอด นักดำน้ำที่ดำลงไปลึกมาก ๆ จึงนำถังอากาศที่มีความกดดันสูงลงไปหายใจใต้น้ำ ปัญหาที่เกิดขึ้นตามมาสำหรับผู้ที่หายใจภายใต้ความกดดันสูงเป็นเวลานาน คือ จะมีก๊าซไนโตรเจนจำนวนมากกว่าปกติหลายเท่าในร่างกาย ถ้านักดำน้ำลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำอย่างรวดเร็วจะเกิดฟองก๊าซไนโตรเจนจำนวนมากในร่างกายทำให้เกิดความเจ็บปวด ปวดศีรษะ อัมพาต และหมดสติถึงตายได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันอาการดังกล่าว นักดำน้ำจะต้องขึ้นสู่ผิวน้ำอย่างช้า ๆ และหยุดพักที่ระดับความลึกต่าง ๆ เป็นระยะ ๆ เพื่อให้มีการขับก๊าซไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเลือดค่อย ๆ ขับออกทางปอด

รงควัตถุที่สำคัญในกระบวนการหายใจ

ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกลำเลียงไปยังเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกายได้ ต้องอาศัยระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งมีรงควัตถุเป็นสารที่สามารถรวมตัวกับก๊าซได้ดี ได้แก่

1. ฮีโมโกลบินหรือเฮโมโกลบิน (Hemoglobin or Haemoglobin)
2. ฮีโมไซยานินหรือเฮโมไซยานิน (Hemocyanin or Haemocyanin)
3. ฮีโมอีริทริน หรือ เฮโมอีริทริน (Hemoerythrin or Haemoerythrin)
4. คลอโรครูโอนิน (Chlorocruonin)

1. ฮีโมโกลบินหรือเฮโมโกลบิน

ฮีโมโกลบินเป็นรงควัตถุสีแดงที่อยู่ภายในเม็ดเลือดแดงของมนุษย์และสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังทั่วไปรวมทั้งปลิงทะเล ส่วนในไส้เดือนดิน ปลิงดูดเลือด และทากบก จะพบอยู่ในน้ำเลือด (Plasma) ฮีโมโกลบินแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยโกลบิน (Globin) ซึ่งเป็นโปรตีน 1 อะตอม และฮีม (Heme) ซึ่งเป็นสารที่มีเหล็ก (Fe^{+2}) เป็นองค์ประกอบ 4 อะตอม ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนมาเกาะติดอยู่เรียกว่า Deoxygented hemoglobin แต่เมื่อรวมตัวกับออกซิเจนแล้วเรียกว่า ออกซีฮีโมโกลบินหรือออกซีเฮโมโกลบิน (Oxyhemoglobin or Oxyhaemoglobin) และพบว่าออกซิเจนเกือบทั้งหมดประมาณ 95 – 97 เปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในกระแสเลือดจะจับอยู่กับฮีโมโกลบิน ส่วนที่เหลือประมาณ 3 – 5 เปอร์เซ็นต์จะละลายอยู่ในน้ำเลือด (Plasma) นอกจากนั้นฮีโมโกลบินยังสามารถรวมตัวกับคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยที่คาร์บอนไดออกไซด์รวมตัวกับฮีโมโกลบินจะเกิดสารประกอบที่เรียกว่า คาร์บามิโนฮีโมโกลบินหรือคาร์บามิโนเฮโมโกลบิน (Carbaminohemoglobin or Carbaminohaemoglobin : $HHbCO_2$) ซึ่งจะแตกตัวให้คาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนมาที่ปอด ส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งสามารถจับหรือรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้ดีกว่าออกซิเจนถึง 200 – 250 เท่าเกิดเป็นสารประกอบที่ถาวรที่เรียกว่า คาร์บอกซีฮีโมโกลบิน หรือคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน (Carboxyhemoglobin or Carboxyhaemoglobin) ทำให้ฮีโมโกลบินไม่สามารถไปจับออกซิเจนได้อีก ดังนั้นถ้าเราอยู่ในอากาศที่มีคาร์บอนมอนอกไซด์มาก ร่างกายจะขาดออกซิเจนจนเป็นอันตรายถึงตายได้ เพราะก๊าซพิษนี้จะแย่งที่ออกซิเจนจับฮีโมโกลบินเสียหมด

เนื่องจากฮีโมโกลบินเป็นสารที่สามารถรวมตัวกับก๊าซต่าง ๆ ได้ดี ถ้าไม่มีฮีโมโกลบินเลือด 100 มิลลิลิตร จะมีออกซิเจนละลายอยู่ได้เพียง 0.25 มิลลิลิตร และคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ได้ 2.7 มิลลิลิตร แต่การรวมตัวก๊าซทั้งสองกับฮีโมโกลบินทำให้เลือด 100 มิลลิลิตรมีออกซิเจนเพิ่มขึ้นได้ถึง 20 มิลลิลิตร และคาร์บอนไดออกไซด์ 50 – 60 มิลลิลิตร

2. ฮีโมไซยานิน หรือเฮโมไซยานิน

ฮีโมไซยานินเป็นรงควัตถุที่อยู่ในน้ำเลือด (Plasma) และจะมีสีน้ำเงินอ่อน ๆ เมื่อรวมตัวกับออกซิเจน ประกอบด้วยโปรตีนและทองแดง (Cu^{+2}) ซึ่งจะพบในสัตว์น้ำพวกครัสเตเซียน เช่น กุ้ง ปู กั้ง พวกหอยบางชนิด เช่น ลิ่นทะเล หอยฝาเดียว และพวกหมึกทะเลหรือปลาหมึก

3. ฮีโมอีริทริน หรือเฮโมอีริทริน

ฮีโมอีริทรินเป็นรงควัตถุที่มีสีแดงพบในเม็ดเลือด มีโครงสร้างคล้ายฮีโม โกลบินประกอบด้วยเหล็กและโปรตีนแต่ไม่ใช่โปรตีนชนิดที่เรียกว่า Porphyrin พบในสัตว์พวกหอยปากเป็ด หอยแครง

4. คลอโรครูโอนิน

คลอโรครูโอนินเป็นรงควัตถุที่มีองค์ประกอบของเหล็กและโปรตีนชนิดที่เรียกว่า Porphyrin คล้ายกับฮีโมโกลบินมักพบในส่วนของน้ำเลือด (Plasma) ของสัตว์พวกดาวทะเลชนิดต่าง ๆ

2.3.14 การสืบพันธุ์ของมนุษย์

การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด วิธีการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด (Species) จะแตกต่างกันโดยบางชนิดจะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ บางชนิดจะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และยังมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามประเภทของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดก็เพื่อเพิ่มผลผลิตชีวิตใหม่ของแต่ละชนิดขึ้นมาแทนที่พ่อแม่ให้มีรุ่นลูกซึ่งมีสมบัติเหมือนตัวเอง ดำรงพันธุ์ต่อไปในโลกเพื่อป้องกันการสูญพันธุ์

การสืบพันธุ์ของมนุษย์เป็นการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เป็นการผลิตสิ่งมีชีวิตที่จะต้องมีการรวมนิวเคียสของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Male gamete) หรืออสุจิกับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (Female gamete) หรือไข่ การรวมนิวเคียสนี้เรียกว่า การปฏิสนธิ (Fertilization) ผลที่ได้จากการรวมหรือการปฏิสนธิจะได้เซลล์ใหม่เรียกว่าไซโกต (Zygote) โดยทั่วไปแล้วจะมีอสุจิเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่มีโอกาสเข้าไปผสมกับเซลล์ไข่ โดยที่ส่วนหัวของสเปิร์ม (Sperm) ซึ่งมีนิวเคียสจะเข้าผสมกับนิวเคียสของเซลล์ไข่ (Egg) ทั้งนี้เนื่องจากไข่มีกลไกในการสร้างสารเคมีป้องกันไม่ให้ตัวอสุจิอื่น ๆ ผ่านเข้าไปได้อีกในทันทีที่ตัวอสุจิตัวแรกเข้าไปสัมผัสกับเยื่อหุ้มเซลล์ไข่ การปฏิสนธิของมนุษย์เป็นการปฏิสนธิภายใน (Enternal fertilization) หมายถึง การที่เซลล์ไข่และตัวอสุจิมาผสมกันภายในร่างกายของเพศเมีย เป็นการปฏิสนธิที่เกิดขึ้นภายในอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย โดยเพศผู้จะปล่อยตัวอสุจิเข้าไปภายในทางเดินระบบสืบพันธุ์ของเพศเมีย แล้วเกิดการปฏิสนธิขึ้นภายในได้เป็นไซโกต และเจริญพัฒนาเป็นตัวอ่อนที่สมบูรณ์ภายในตัวแม่โดยอาศัยอาหารจากแม่แล้วคลอดออกมาเป็นตัวเรียกว่าวิวิพารัส (Viviparous) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. ระบบสืบพันธุ์เพศชาย

1.1 อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายประกอบด้วย

1.1.1 อัณฑะ (Testis) และถุงอัณฑะ (Scrotum or Scrotal sac)

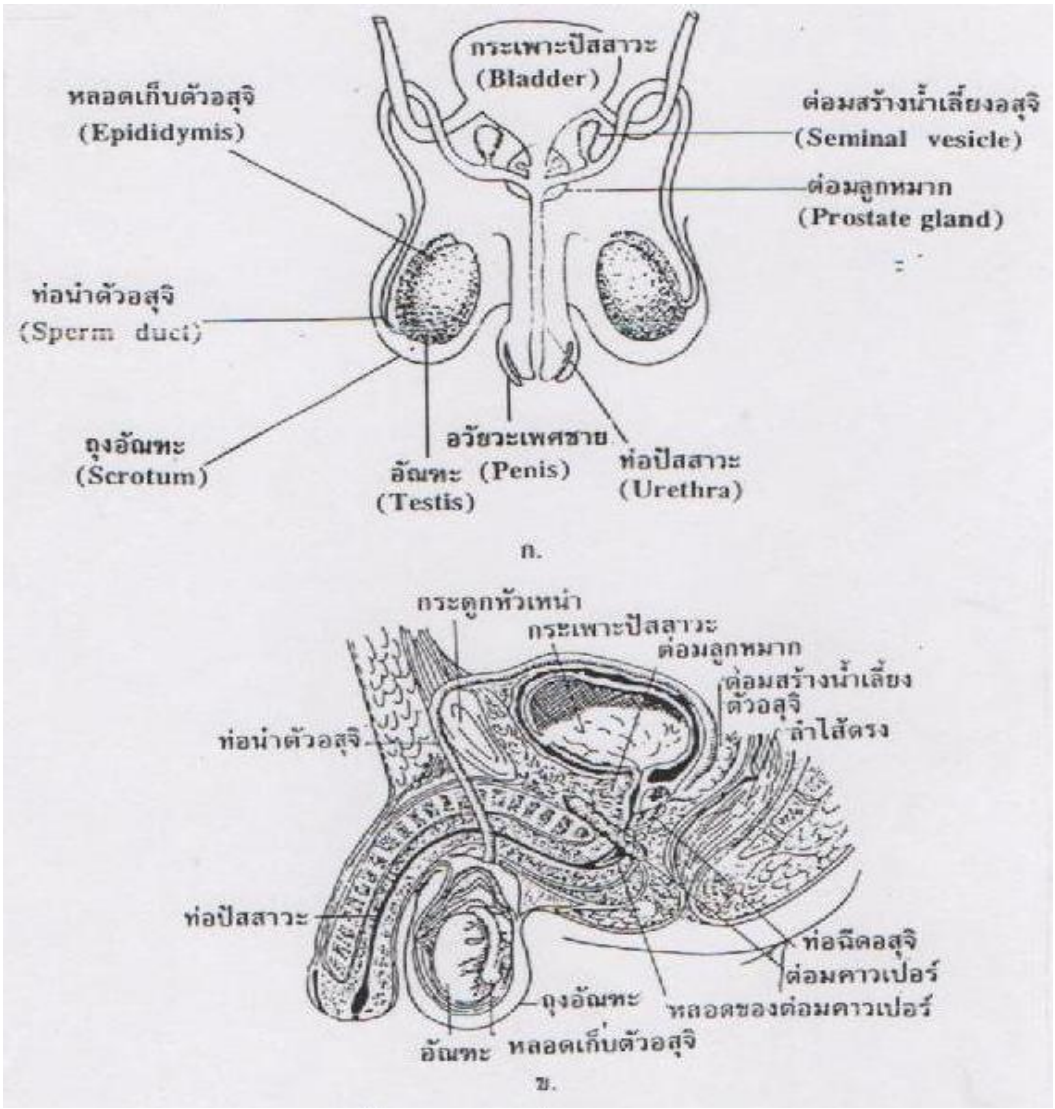
1.1.2 หลอดสร้างตัวอสุจิ (Seminiferous tubules) และท่อนำตัวอสุจิ (Vas deferens or Sperm duct)

1.1.3 ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ (Seminal vesicle)

1.1.4 ต่อมลูกหมาก (Prostate gland)

1.1.5 ต่อมคาวเปอร์ (Cowper's gland)

1.1.6 อวัยวะเพศชาย (Penis) ตามรูปที่ 2.59



รูปที่ 2.59 อวัยวะสืบพันธุ์เพศชาย

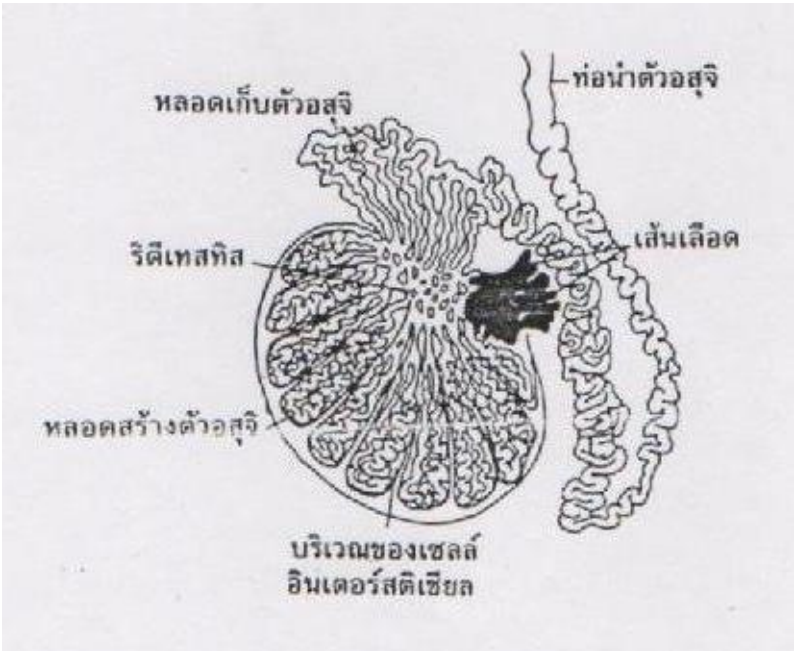
ก. ด้านหน้า ข. ด้านข้าง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 72)

1.1.1 อัณฑะ (Testis) และถุงอัณฑะ (Scrotum or Scrotal sac)

อัณฑะมีลักษณะรูปร่างคล้ายไข่ไก่ฟองเล็ก ๆ ยาวประมาณ 3 – 4 เซนติเมตร หนาประมาณ 2 – 3 เซนติเมตร และหนักประมาณ 50 กรัม อัณฑะมี 2 ข้างและมีขนาดใกล้เคียงกัน แต่ละอันอยู่ในถุงอัณฑะและมีเยื่อยึดลูกอัณฑะติดกับผนังลำตัว ในขณะที่ยังอยู่ในครรภ์มารดาอัณฑะของทารกจะอยู่ในช่องท้อง ต่อมาลูกอัณฑะจะเคลื่อนลงมาอยู่ในถุงอัณฑะเมื่อใกล้คลอดแต่มีบางรายจะเคลื่อนลงมาภายหลังคลอด

อัณฑะจะอยู่ภายในถุงอัณฑะ ซึ่งเป็นส่วนของผิวหนังที่ยื่นออกมาจากหน้าท้อง ทำหน้าที่ห่อหุ้มอัณฑะ และปรับอุณหภูมิภายในถุงอัณฑะระหว่าง 32 – 34 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิภายในช่องท้องประมาณ 3 – 5 องศาเซลเซียส อันเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตตัวอสุจิ (Sperm) ถ้าเกิดความผิดปกติอัณฑะไม่เคลื่อนที่ลงมาทั้งสองข้างจะทำให้เป็นหมัน เพราะไม่สามารถผลิตตัวอสุจิเนื่องจากอุณหภูมิสูงเกินไป แต่ยังสามารถสร้างฮอร์โมนเพศได้ตามปกติ ในบางคนอัณฑะจะเคลื่อนลงมาอยู่ในถุงอัณฑะเพียงข้างเดียว เรียกว่า ทองแดง ดังนั้นจึงมีการสร้างตัวอสุจิจากอัณฑะเพียงข้างเดียวในกรณีลักษณะเช่นนี้มักจะเป็นหมัน ตามรูปที่ 2.60



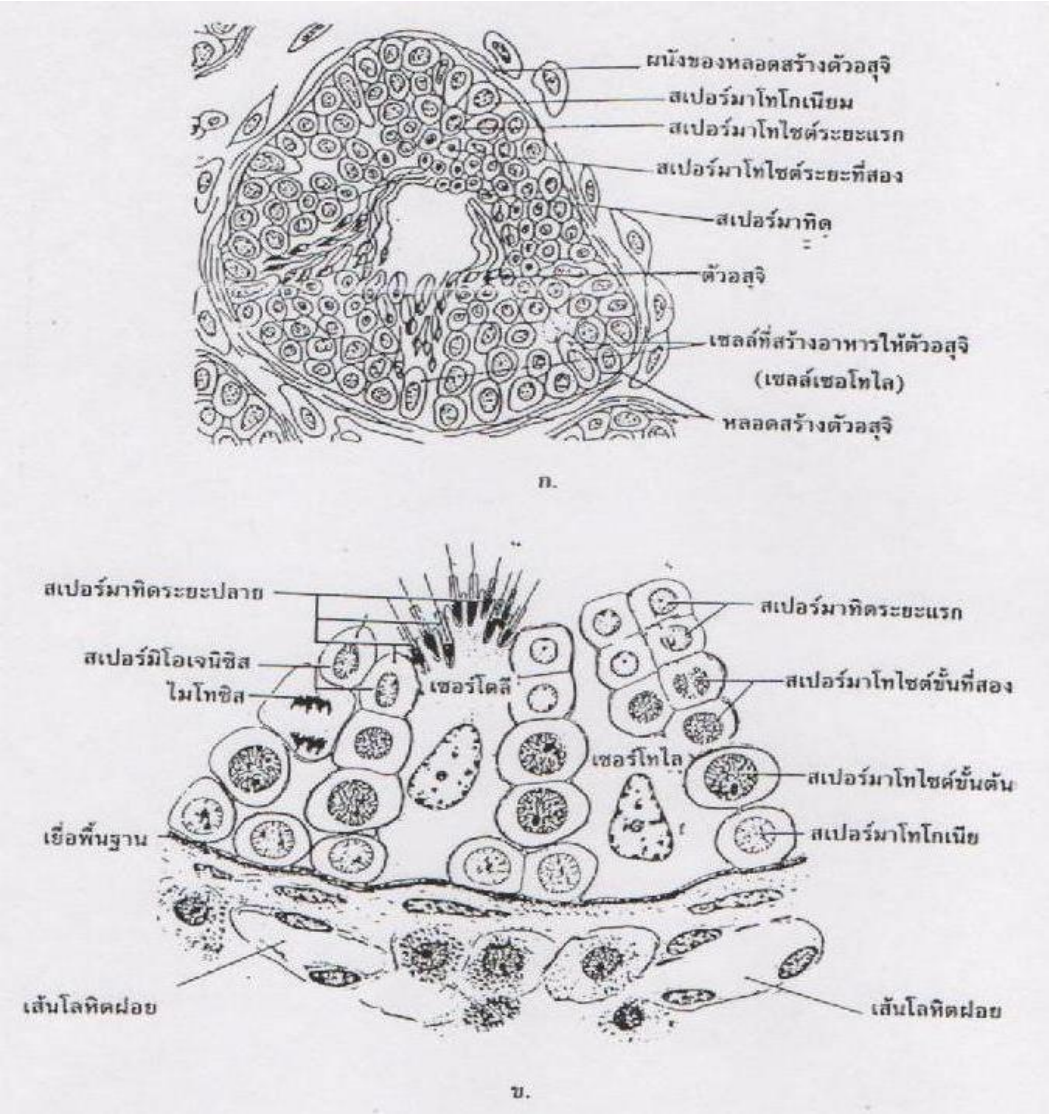
รูปที่ 2.60 โครงสร้างของอัณฑะ

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 73)

1.1.2 หลอดสร้างตัวอสุจิ (Seminiferous tubules) และท่อนำตัวอสุจิ (Vas deferens)

ภายในอัณฑะแต่ละข้างประกอบด้วยหลอดสร้างตัวอสุจิและเนื้อเยื่ออินเตอร์สติเชียล (Interstitial tissue)

1. หลอดสร้างตัวอสุจิเป็นหลอดเล็ก ๆ ที่ขดเรียงกันอยู่ภายในอัณฑะ ทำหน้าที่ผลิตตัวอสุจิโดยที่ผนังเซลล์ของหลอดสร้างตัวอสุจิประกอบด้วยกลุ่มเซลล์สเปอร์มาโทโกเนียม (Spermatogonium) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงหลายขั้นตอนจนได้เป็นตัวอสุจิหรือสเปิร์ม (Sperm) และยังมีเซลล์เซอร์โทไล (Sertoli cell) หรือเซลล์อาหารเป็นเซลล์ที่อยู่รอบข้างเซลล์ที่ทำหน้าที่แบ่งตัวสร้างเป็นตัวอสุจิ (Spermatogonium) โดยมีหน้าที่ให้อาหารแก่สเปอร์มาทิดในอัณฑะ จนกระทั่งเปลี่ยนไปเป็นตัวอสุจิ แล้วปล่อยตัวอสุจิออกมาทางท่อเล็ก ๆ สั้น ๆ เรียกว่า รีตีเทสทิส (Retetestis) ผ่านเข้าไปพักอยู่ในหลอดเก็บตัวอสุจิ (Epididymis) ที่บริเวณขั้วอัณฑะซึ่งเป็นหลอดเล็กยาวประมาณ 24,800 มิลลิเมตรขดไปมา หลอดเก็บตัวอสุจิจะทำหน้าที่เป็นแหล่งพักตัวอสุจิที่เพิ่งสร้างขึ้นมาจนกว่าตัวอสุจิจะเจริญแข็งแรงพร้อมที่จะผสมกับไข่ และมีการสร้างสารบางชนิดที่ทำให้ตัวอสุจิเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น ตามรูปที่ 2.61



รูปที่ 2.61 ก โครงสร้างภายในของหลอดสร้างตัวอสุจิ

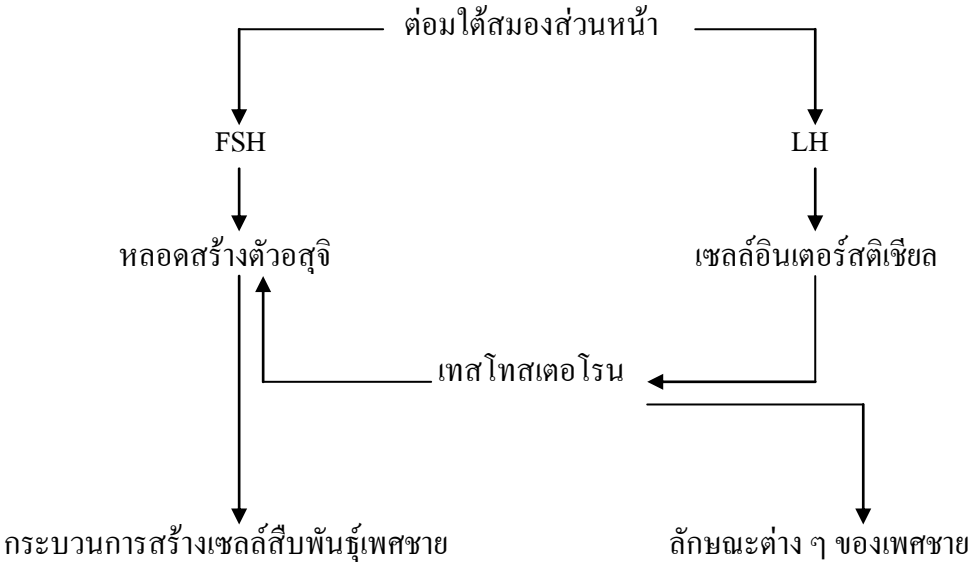
ข ภาพขยายของผนังหลอดสร้างตัวอสุจิแสดงขั้นตอนต่าง ๆ ของเซลล์สืบพันธุ์ขณะแบ่งตัวและการปรับสภาพไปเป็นเซลล์อสุจิที่สมบูรณ์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 74)

2. เนื้อเยื่ออินเตอร์สติเชียล (Interstitial tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยกลุ่มของเซลล์อินเตอร์สติเชียลหรือเซลล์เลย์ดิก (Leydig cell) ซึ่งแทรกอยู่ระหว่างหลอดสร้างตัวอสุจิทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนเพศชาย (Androgens) ที่สำคัญคือ ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone) ฮอร์โมนนี้จะเป็นตัวกระตุ้นลักษณะต่าง ๆ ของเพศชาย (Secondary sex characteristic) เช่น เสียงห้าว ลูกกระเดือกแหลม มีหนวดขึ้นบริเวณริมฝีปาก มีขนขึ้นบริเวณหน้าแข้ง รักแร้ และหัวเหน่า กระดูกไหล่กว้าง มีกล้ามเนื้อเป็นมัด ๆ เป็นต้น นอกจากนั้นยังกระตุ้นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ เช่น ต่อมลูกหมาก (Prostate gland) และต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ (Seminal vesicle) ให้ผลิตน้ำอสุจิ (Semen)

เซลล์ในหลอดสร้างตัวอสุจิจะถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนฟอลลิเคิล สติมิวเลติงฮอร์โมน (Follicle Stimulating Hormone : FSH) และลูทิไนซิงฮอร์โมน (Luteinizing Hormone : LH) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า เมื่อเด็กชายย่างเข้าสู่วัยรุ่น ฮอร์โมน FSH จะมีผลกระตุ้นการเจริญของหลอดสร้างตัวอสุจิ และกระตุ้นการสร้างตัวอสุจิ โดยทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมน LH และเทสโทสเตอโรน ในขณะเดียวกันฮอร์โมน LH จะกระตุ้นกลุ่มเซลล์อินเตอร์สติเชียลในอัณฑะให้หลั่งฮอร์โมนเพศชาย แอนโดรเจน (Androgens) พวกเทสโทสเตอโรนออกมาทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมน FSH ในการกระตุ้นการสร้างตัวอสุจิตามแผนภูมิที่ 2.8

แผนภูมิที่ 2.8 การควบคุมของต่อมใต้สมองส่วนหน้า



(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 75)

จากหลอดเก็บตัวอสุจิ (Epididymis) จะติดต่อกับท่อนำตัวอสุจิ (Vas deferens) ซึ่งเป็นท่อยาววกขึ้นไปเหนือขอบกระดูกเชิงกราน ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของสเปิร์ม (Sperm) ที่จะเปิดเข้าสู่ท่อร่วมกับต่อมสร้างน้ำเลี้ยงตัวอสุจิ ตอนปลายของท่อนำตัวอสุจิจะเป็นท่อฉีดตัวอสุจิ (Ejaculatory duct) ซึ่งติดต่อกับท่อปัสสาวะ (Urethra) และมีกล้ามเนื้อแข็งแรงทำหน้าที่ฉีดน้ำอสุจิ (Semen) ผ่านเข้าไปในท่อปัสสาวะเมื่อเกิดการหลั่งน้ำอสุจิ

1.1.3 ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ (Seminal vesicle)

ภายในอุ้งเชิงกรานระหว่างกระเพาะปัสสาวะ (Bladder) กับลำไส้ตรง (Rectum) มีต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิทำหน้าที่สร้างอาหารให้แก่ตัวอสุจิ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลฟรักโทส (Fructose) โปรตีนโกลบูลิน (Globulin) และวิตามินซี นอกจากนี้ยังมีสารอื่น ๆ ที่ช่วยในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ เพื่อช่วยให้อสุจิเคลื่อนที่ไปปฏิสนธิได้ง่ายขึ้น รวมแล้วเรียกว่า น้ำเลี้ยงตัวอสุจิ (Seminal fluid)

1.1.4 ต่อมลูกหมาก (Prostate gland)

ต่อมลูกหมากเป็นโครงสร้างที่อยู่ล้อมรอบตอนต้นของท่อปัสสาวะและท่อฉีดอสุจิ ต่อมนี้มีหน้าที่หลั่งสารที่เป็นเบสอย่างอ่อน และสารที่ทำให้ตัวอสุจิแข็งแรงและว่องไว โดยเข้าไปปนกับน้ำเลี้ยงตัวอสุจิ ความเป็นเบสจะไปลดความเป็นกรดในท่อปัสสาวะ ทั้งนี้เนื่องจากเพศชายจะใช้ท่อปัสสาวะในการหลั่งน้ำอสุจิด้วย และลดความเป็นกรดในช่องคลอดของเพศหญิง

ต่อมลูกหมากเมื่อแรกเกิดจะมีขนาดเท่าปลายนิ้วก้อยและมีขนาดโตเพิ่มขึ้นตามวัย จะเจริญและโตเต็มที่เมื่ออายุ 30 ปี หลังจากนั้นขนาดจะคงที่อยู่จนอายุ 45 ปี ในผู้สูงอายุเนื้อเยื่อด้านในสุดของต่อมลูกหมากที่อยู่รอบ ๆ ท่อปัสสาวะจะเริ่มเปลี่ยนแปลงโตขึ้นทีละน้อยและโตไปจนตลอดอายุ 60 ปี บางคนต่อมลูกหมากจะมีขนาดโตมากจนไปเบียดท่อปัสสาวะทำให้ปัสสาวะขัด ปัสสาวะไม่ออก ต้องผ่าตัดต่อมออก แต่บางคนอายุมากว่า 80 ปี ต่อมลูกหมากยังโตไม่มากจนไม่มีอาการอะไรเลย

1.1.5 ต่อมคาวเปอร์ (Cowper’s gland)

ใต้ต่อมลูกหมากลงไปเป็นกระเปาะเล็ก ๆ ของต่อมคาวเปอร์สองต่อม ทำหน้าที่หลั่งสารที่เป็นของเหลวใส ๆ ไปหล่อลื่นท่อปัสสาวะ ในขณะเกิดการกระตุ้นทางเพศเพื่อช่วยให้อสุจิเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น

1.1.6 อวัยวะเพศชาย (Penis)

อวัยวะเพศชายเป็นกล้ามเนื้อที่หดตัวและพองตัวได้คล้ายฟองน้ำในเวลาปกติกล้ามเนื้อจะอ่อนและงอตัวอยู่ แต่เวลาถูกกระตุ้นจะแข็งตัวขึ้นเพราะมีเลือดเข้าไปคั่งมาก ภายในอวัยวะเพศจะมีท่อปัสสาวะอยู่ จะทำหน้าที่เป็นทางผ่านของน้ำอสุจิและน้ำปัสสาวะออกนอกร่างกาย

1.2 น้ำอสุจิ (Semen)

สารที่เพศชายหลั่งออกมาตอนร่วมเพศแต่ละครั้งเรียกว่าน้ำอสุจิ หรือซีเมน (Semen) น้ำอสุจิที่หลั่งออกมาแต่ละครั้งเป็นสารที่ประกอบด้วย

1.2.1 ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิประมาณ 75 – 80 เปอร์เซ็นต์

1.2.2 ต่อมลูกหมากประมาณ 15 – 20 เปอร์เซ็นต์

1.2.3 หลอดเก็บตัวอสุจิและอัณฑะประมาณ 2 – 5 เปอร์เซ็นต์

1.2.4 ต่อมคาวเปอร์จะสร้างสารเมือก (Mucus) เพื่อหล่อลื่นซึ่งมีปริมาณน้อยมาก

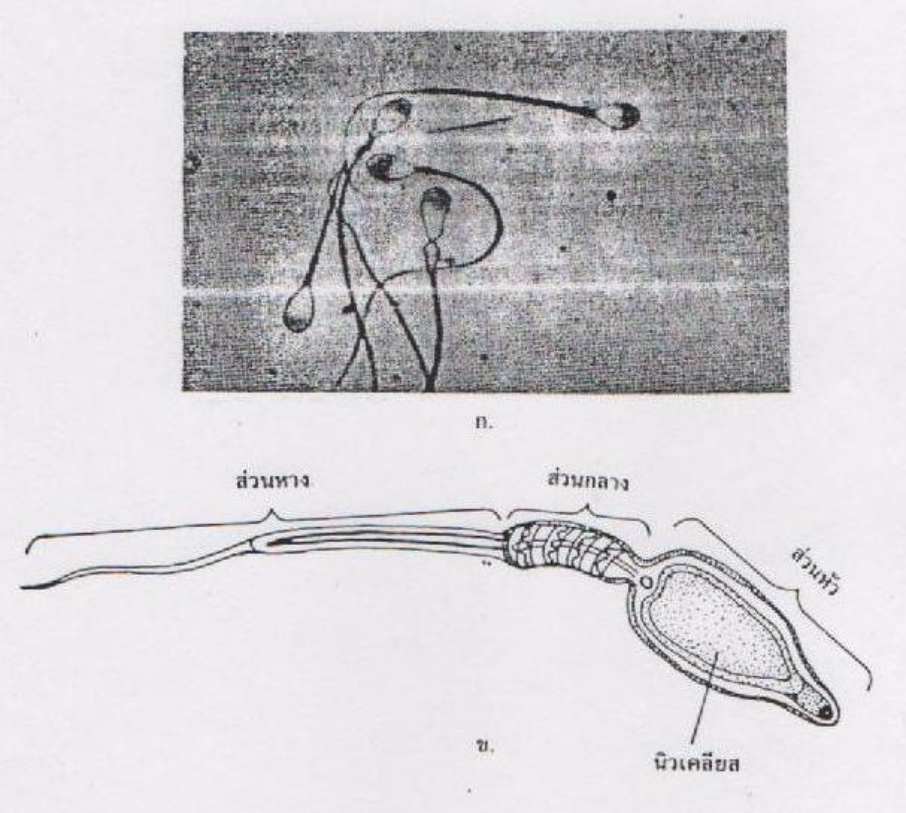
โดยเฉลี่ยแล้วผู้ชายจะหลั่งน้ำอสุจิออกมาประมาณครั้งละ 2 – 7 ลูกบาศก์เซนติเมตรในการร่วมเพศแต่ละครั้ง และคนปกติจะมีตัวอสุจิ 70 ล้านตัวต่อซีเมน (Semen) 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผู้ชายที่มีจำนวนตัวอสุจิต่ำกว่า 30 ล้านตัวต่อซีเมน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือตัวอสุจิมีรูปร่างผิดปกติจะมีผลทำให้เป็นหมัน (Sterility) ได้

หน้าที่สำคัญของน้ำอสุจิ

1. เป็นของเหลวที่ช่วยให้ตัวอสุจิมีชีวิตอยู่ได้ เพราะถ้ามีแต่ตัวอสุจิโดยไม่มีน้ำอสุจิ จะทำให้ตัวอสุจิแห้งตายภายในช่องคลอดโดยไม่มีโอกาสเกิดการปฏิสนธิ
2. ทำให้ตัวอสุจิเคลื่อนไหวได้รวดเร็วเป็นสิ่งช่วยในการเกิดการปฏิสนธิ
3. เป็นอาหารของตัวอสุจิ

1.3 ตัวอสุจิ (Sperm)

ตัวอสุจิมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีลักษณะคล้ายลูกอ๊อด ประกอบด้วยส่วนหัวและส่วนหาง ตั้งแต่เริ่มสร้างจนตายจะอยู่ในหลอดเก็บตัวอสุจิ (Epididymis) และในท่อนำตัวอสุจิ (Vas deferens) ได้นานถึง 40 วัน ตัวอสุจิสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 12 มิลลิเมตรใน 1 นาที ทำให้ตัวอสุจิสามารถเดินทางเข้าไปผสมกับไข่ได้ภายในเวลาหนึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมงครึ่ง และจะมีชีวิตอยู่ในมดลูกหรือท่อนำไข่ประมาณ 2 วัน หรือ 48 ชั่วโมง ตามรูปที่ 2.62



รูปที่ 2.62 ก และ ข โครงสร้างของตัวอสุจิของมนุษย์
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 77)

2. ระบบสืบพันธ์เพศหญิง

2.1 อวัยวะสืบพันธุ์เพศหญิงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.1.1 อวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก (External genital gland) เป็นอวัยวะส่วนที่มองเห็นได้จากภายนอก ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

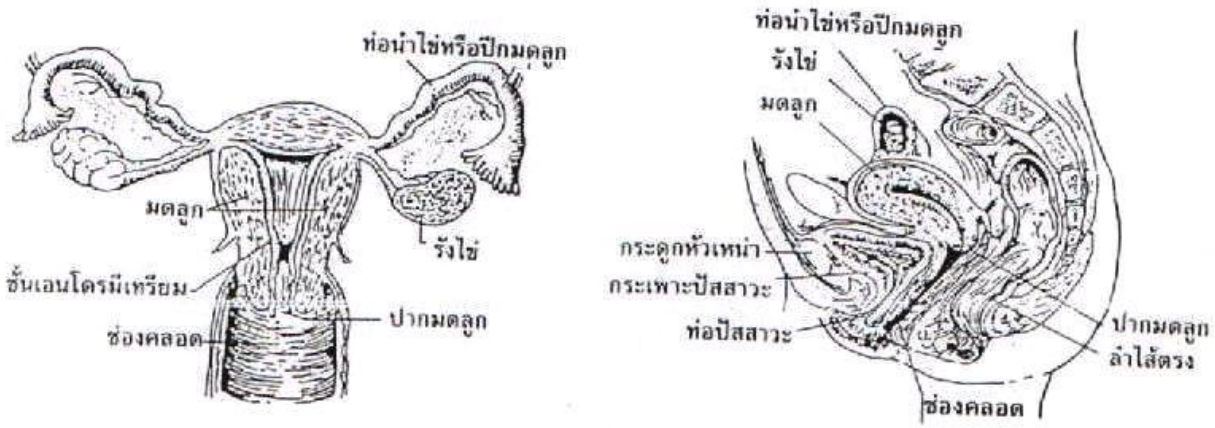
1. แคมนอก (Labia majora) มีลักษณะเป็นกลีบเนื้อนูนด้านนอกข้างละอันปกติแคมทั้งสองข้างนี้จะอยู่ติดกันและปิดอวัยวะสืบพันธุ์ได้หมด แต่ในคนที่มีบุตรแล้วแคมอาจจะแยกห่างออกไปบ้าง การอยู่ติดกันและปิดอวัยวะสืบพันธุ์ของแคมนี้เพราะจะเป็นด่านแรกที่ป้องกันการติดเชื้อจากภายนอกเข้าสู่ช่องคลอด แคมนอกนี้เทียบเท่ากับถุงอัณฑะในเพศชาย

2. แคมใน (Labia minora) มีลักษณะเป็นกลีบเนื้อนูนอยู่ด้านในของแคมนอกและถูกแคมนอกปิดทับอยู่ แคมในทั้งสองข้างจะอยู่ติดกันและปิดอวัยวะสืบพันธุ์เช่นเดียวกับแคมนอก

3. คลีทอริส (Clitoris) เป็นส่วนที่ปรากฏอยู่ทางส่วนบนของแคมใน มีเส้นเลือดและเส้นประสาทในบริเวณนี้มากมายและสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดได้เมื่อมีความรู้สึกทางเพศ ซึ่งเทียบเท่ากับอวัยวะเพศชาย (Penis)

4. เยื่อพรหมจารี (Hymen) เป็นเยื่อบาง ๆ อยู่รอบ ๆ ปากช่องคลอด (Vagina) และมีความยืดหยุ่น ปกติเยื่อนี้จะเหลือเป็นเพียงขอบบาง ๆ โดยตรงกลางจะเป็นรูเปิด เพื่อให้เลือดประจำเดือนไหลออกมาได้เมื่อย่างเข้าสู่วัยสาว แต่จะมีน้อยรายที่เยื่อนี้ปิดสนิทจนไม่มีรูเปิดเลย (Imperforated hymen) จะทำให้มีอาการปวดท้องมากทุกเดือน เมื่อมีประจำเดือนและมีเลือดคั่งในช่องคลอดและโพรงมดลูก ต้องทำการผ่าตัดเยื่อพรหมจารีเพื่อให้เลือดประจำเดือนไหลผ่านออกมาได้ เยื่อพรหมจารีนี้จะฉีกขาดหายไปได้ด้วยผลหลายอย่าง เช่น การเล่นกีฬาบางประเภทที่ใช้ขาทั้งสองข้างมาก การทำงาน หรือการร่วมเพศ เป็นต้น

2.1.2 อวัยวะสืบพันธุ์ภายใน (Internal genital gland) เป็นอวัยวะส่วนที่มองไม่เห็นจากภายนอก ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.63



รูปที่ 2.63 อวัยวะสืบพันธุ์ภายในเพศหญิง
ก ด้านหน้า ข ด้านข้าง
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 78)

1. ช่องคลอด (Vagina) ช่องคลอดเป็นช่องที่ติดต่อระหว่างปากมดลูก (Cervix) กับอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก มีกระเพาะปัสสาวะและท่อปัสสาวะอยู่ทางด้านหน้า ส่วนทางด้านหลังเป็นทวารหนัก ช่องคลอดมีรูปร่างคล้ายท่อมีความลึกประมาณ 7 – 8 เซนติเมตร และทางผนังด้านหน้าจะสั้นกว่าด้านหลังประมาณ 2 – 3 เซนติเมตร ผนังช่องคลอดประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบตามขวาง เนื้อเยื่อ และเยื่อบุผนังช่องคลอด ซึ่งมีการหลุดสลายตัวเกิดระดูขาวปกติในช่องคลอดในหญิงสาวที่ไม่เคยผ่านการยืดขยายของช่องคลอดหรือการคลอดลูก จะมีลักษณะเป็นรอยย่นตามขวาง (Rugae) ภายหลังการคลอดลูกรอยย่นเหล่านี้จะลดลงหรือหายไป จะเห็นได้ชัดเจนในวัยชรา

สำหรับผนังช่องคลอดสามารถยืดหยุ่นได้ มีเส้นเลือดและเส้นประสาทมาเลี้ยงมากมาย แต่ไม่มีต่อมอยู่เลย ส่วนเมือกต่าง ๆ ที่ทำให้ช่องคลอดชุ่มชื้นนั้นมาจากต่อมของปากมดลูกและบริเวณปากช่องคลอด นอกจากนั้นในช่องคลอดยังมีแบคทีเรีย (Doderline bacilli) ซึ่งเมื่อผสมกับเยื่อบุผนังช่องคลอด

ที่ลอกหลุดออกมาโดยธรรมชาติ ก็จะมีปฏิกิริยาเปลี่ยนไปทำให้เกิดภาวะเป็นกรดอ่อน ๆ สภาวะเช่นนี้สามารถป้องกันติดเชื้อบางชนิดได้

ช่องคลอดจะมีขนาดเล็กมากในเด็ก เพราะไม่มีหน้าที่อะไรและจะโตขึ้นเมื่อย่างเข้าสู่วัยสาว จะโตเต็มที่ในระยะคลอด ช่องนี้ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของเลือดประจำเดือน เป็นทางผ่านของตัวอสุจิเข้าภายในและเป็นทางผ่านของทารกตอนคลอด

2. มดลูก (Uterus) มดลูกเป็นอวัยวะที่อยู่ด้านหลังกระเพาะปัสสาวะ และอยู่ด้านหน้าของทวารหนัก มีลักษณะเป็นก้อนเนื้อขนาดกำปั้นมือเล็ก ๆ รูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมเอาหัวลงหรือคล้ายผลชมพู่ยาวประมาณ 6 – 8 เซนติเมตร กว้าง 4 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร ภายในเป็นโพรงสามเหลี่ยมแคบ ๆ เรียกว่า โพรงมดลูก (Uterine cavity) มดลูกจะติดต่อกับท่อนำไข่ (Follopian tube or Oviduct) และตอนล่างที่ติดต่อกับช่องคลอดจะแคบเข้าหากันเป็นปากมดลูก (Cervix) เมื่อตั้งครรภ์ขนาดของมดลูกจะขยายเปลี่ยนแปลงได้ถึง 1,000 เท่า และจะกลับเข้าสู่สภาพเดิมภายหลังคลอดภายใน 45 วัน ส่วนในวัยหมดประจำเดือนขนาดมดลูกจะเหี่ยวเล็กลงได้

มดลูกของมนุษย์ประกอบด้วยผนัง 3 ชั้น คือ

2.1 ชั้นนอกสุด เรียกว่า ซีโรซา (Serosa) หรือ เพริมีเทรียม (Perimetrium) เป็นชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันบาง ๆ คลุมอยู่

2.2 ชั้นกลาง เรียกว่า ไมโอมีเทรียม (Myometrium) เป็นกล้ามเนื้อเรียบและหนา ซึ่งมีลักษณะพิเศษเรียงสลับกันเพื่อประโยชน์ในการบีบตัวของมดลูก ดังนั้นมดลูกจึงมีความยืดหยุ่นสูง สามารถขยายตัวได้หลายเท่าเวลาตั้งครรภ์ และยังสามารถบีบตัวให้ทารกคลอดออกได้ซึ่งเป็นผลจากการกระตุ้นของฮอร์โมนออกซีโทซิน (Oxytocin)

2.3 ชั้นในสุด เรียกว่า เอนโดมีเทรียม (Endometrium) เป็นเนื้อเยื่อชั้นในที่มีความสำคัญมาก ลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีต่อมและเส้นเลือดฝอยจำนวนมาก ผนังชั้นนี้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทุกรอบเดือนตามผลของฮอร์โมนจากรังไข่ และจะมีความหนามากที่สุดตอนก่อนมีประจำเดือน ถ้าไข่ไม่ได้รับการผสมก็จะฝ่อไป มีการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน ทำให้เยื่อบุมดลูกถูกทำลายและมีการฉีกขาดของเนื้อเยื่อชั้นในนี้ ตลอดจนเส้นเลือดฝอยทำให้มีเลือดไหลออกมาเป็นเลือดประจำเดือน (Mense) หลังจากนั้นเดือนต่อไปก็มีการเจริญขึ้นมาใหม่

ถ้าไข่ได้รับการผสมก็จะมาฝังตัวในชั้นนี้ดังนั้นในระหว่างตั้งครรภ์ เยื่อชั้นนี้จะเจริญหนาขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า เพื่อที่จะรองรับไข่ที่ผสมแล้ว และมีการสร้างรก (Placenta) เพื่อเป็นแหล่งแลกเปลี่ยนก๊าซและส่งอาหารให้แก่ตัวอ่อน เรียกว่า เอ็มบริโอ (Embryo)

หน้าที่ของมดลูก

1. ทำให้เกิดเลือดประจำเดือน
2. สร้างเยื่อบุมดลูกไว้สำหรับให้ไข่ที่ผสมแล้วมาฝังตัวและเจริญเติบโตจนครบกำหนดคลอด
3. เป็นทางผ่านของตัวอสุจิเข้าไปปฏิสนธิในท่อนำไข่หรือปีกมดลูก
4. เป็นอวัยวะส่วนที่จะผลักดันให้ทารกคลอดออกมาได้

3. ท่อนำไข่หรือปีกมดลูก (Follopian tube or Oviduct) เป็นท่อที่ยื่นออกจากตัวมดลูกไปทางด้านข้างทางซ้ายและขวายาวประมาณ 6 -7 เซนติเมตร ท่อนำไข่แบ่งออกเป็นหลายส่วนแต่ส่วนที่ชิดติดกับตัวมดลูกจะแคบที่สุดและค่อย ๆ กว้างออกไปตอนปลายสุดจะบานออกไปคล้ายปากแตร และอยู่ชิดกับรังไข่ สำหรับผนังของท่อนำไข่เป็นกล้ามเนื้อเรียบด้านในมีขนละเอียดอ่อน (Cilia) คอยพัดโบกตลอดเวลาเพื่อให้ไข่เดินทางเข้าสู่โพรงมดลูก

ท่อนำไข่นี้เป็นทางเดินของไข่สุกเต็มที่ ซึ่งถูกปล่อยจากรังไข่ไปยังมดลูก และเป็นที่ ๆ เกิดการผสมพันธุ์หรือการปฏิสนธิ (Fertilization) ระหว่างไข่กับอสุจิด้วยเหตุนี้การทำหมันในเพศหญิงจึงตัดหรือผูกท่อนำไข่ทั้งสองข้าง เพื่อป้องกันมิให้ตัวอสุจิผสมกับไข่นั้นเอง ไข่ที่ผสมแล้วจะเดินทางไปตามท่อนำไข่และไปฝังตัวที่เยื่อบุมดลูกใช้เวลาเดินทางประมาณ 8 – 10 วัน และเจริญเติบโตต่อไปภายในโพรงมดลูกจนกว่าคลอดใช้เวลาประมาณ 280 วันหรือ 9 เดือน

4. รังไข่ (Ovary) รังไข่มีอยู่ 2 ข้างของมดลูกข้างละหนึ่งอันอยู่ในอุ้งเชิงกรานมีเอ็นยึดติดกับมดลูกด้านหน้า และด้านหลังกับผนังช่องท้อง รังไข่แต่ละข้างมีขนาดโตเท่ากับหัวแม่มือมีความยาวประมาณ 2 – 3 เซนติเมตร หนาประมาณ 1 เซนติเมตร และน้ำหนักประมาณ 2 – 3 กรัม รังไข่แต่ละข้างจะผลัดกันผลิตไข่ออกมาทุกเดือน และยังผลิตฮอร์โมนเพศหญิงที่สำคัญ 2 ชนิด คือ อีสโทรเจน (Estrogens) และโพรเจสเทอโรน (Progesterone) ซึ่งฮอร์โมนนี้อาศัยกระแสเลือดเป็นทางลำเลียงไปควบคุมการทำงานของอวัยวะเพศ

ภายในรังไข่ของเด็กหญิงแรกเกิดจะประกอบด้วยไข่ที่ยังไม่เจริญเต็มที่เรียกว่าโอโอไซต์ (Oocyte) อยู่ประมาณ 2 ล้านเซลล์ โอโอไซต์นี้จะมีกลุ่มเซลล์เรียกว่า ฟอลลิเคิลเซลล์ (Follicle cell) หุ้มในลักษณะคล้ายกับถุงหุ้ม โอโอไซต์และฟอลลิเคิลเซลล์ เรียกรวมกันว่า ฟอลลิเคิล (Follicle) จำนวนโอโอไซต์จะลดลงตามวัยและเมื่อถึงวัยหมดประจำเดือน (Menopause) ก็ไม่มีโอโอไซต์ที่สามารถเจริญเติบโตและตกไข่เหลืออยู่เลย นอกจากนี้ยังพบว่าแต่ละคนจะมีโอโอไซต์ประมาณ 400 เซลล์เท่านั้นที่เจริญเป็นเซลล์ไข่ได้

หน้าที่ของรังไข่

1. สร้างเซลล์ไข่หรือโอโอไซต์ และเกิดไข่สุกตกจากรังไข่
2. สร้างฮอร์โมนเพศหญิงคือ อีสโทรเจน (Estrogens) และโพรเจสเทอโรน (Progesterone) เป็นฮอร์โมนกระตุ้นลักษณะต่าง ๆ ของเพศหญิง

2.2 การเปลี่ยนวัยของเพศหญิง

2.2.1 หญิงที่เข้าสู่วัยสาว (Puberly) มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นดังนี้

1. เมื่อย่างเข้าสู่วัยสาวหรือวัยเจริญพันธุ์ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior pituitary gland) จะผลิตฮอร์โมนที่สำคัญ คือ ฟอลลิเคิล สติมิวเลติงฮอร์โมน (Follicle Stimulating Hormone : FSH) และลูทิไนซิงฮอร์โมน (Luteinizing Hormone : LH) ไปกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในรังไข่ เป็นวงจรทุก ๆ เดือนโดย FSH จะไปกระตุ้นกลุ่มเซลล์สร้างไข่ระยะแรก (Primary follicle) ให้เจริญเติบโตขึ้นด้วยการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) ซึ่งเป็นกระบวนการแบ่งนิวเคียสเพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว หรือสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์บางชนิด และเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกาย (Somatic cell) ในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ทำให้ร่างกายเจริญเติบโต เช่น ในพืชบริเวณปลายยอดพืช ปลายรากพืช ในมนุษย์บริเวณร่างกายขณะมีบาดแผล จะเกิดการแบ่งเซลล์มาเชื่อมแผลให้ติดกัน หรือการเจริญของไซโกต (Zygote) ภายหลังการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์เป็นต้น

ในกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสพบว่า พวกโปรคารีโอด (Prokaryote) มีสภาพเป็นเซลล์เดียว ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคียส ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และยูคารีโอด (Eukaryote) มีสภาพเป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ มีเยื่อหุ้มนิวเคียส สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวได้แก่ อะมีบา ยีสต์ และสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ ได้แก่ มนุษย์ สัตว์ พืช เห็ดรา สาหร่าย โปรโตซัว จะมีกระบวนการแบ่งเซลล์ที่แตกต่างกันออกไป จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นต่อเนื่องกันหลายขั้นตอนจากเซลล์แม่ (Mother cell) หนึ่งเซลล์จะได้เซลล์ลูก (Daughter) สองเซลล์ โดยแต่ละเซลล์ลูกมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2n เหมือนกับเซลล์แม่ทุกประการ ทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ หลังจากนั้นไซโทพลาสซึมจึงแบ่งตามหลัง

จากนั้นโอโอไซต์ระยะแรก (Primary oocyte) จะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) ซึ่งเป็นกระบวนการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์(Sex cell or Germ cell) ที่มีจำนวนโครโมโซมเพียงครึ่งหนึ่งของจำนวนโครโมโซมที่มีอยู่ในเซลล์ร่างกาย (Somatic cell) ถ้าจำนวนโครโมโซมในนิวเคียสทั้งหมดของเซลล์ร่างกายที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์สืบพันธุ์เท่ากับ 2n เรียกว่า ดิพลอยด์ (Diploid) พบว่าเมื่อมีการแบ่งแบบไมโอซิสแล้วจะมีโครโมโซมลดลงจากเดิมครึ่งหนึ่งเท่ากับ n เรียกว่าแฮพลอยด์ (Haploid) เช่นในเซลล์ของมนุษย์จะมีโครโมโซมที่เหมือนกัน 2 ชุด คือ 23 คู่ หรือ 46 โครโมโซม ดังนั้น 2n ของมนุษย์ คือ 2 ชุด เรียกว่า เซลล์ดิพลอยด์ (Diploid cell) เมื่อเซลล์ที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์สืบพันธุ์แบ่งเซลล์แบบไมโอซิสแล้วจะได้เซลล์สืบพันธุ์ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น n เท่ากับ 23 โครโมโ ซึ่งเป็นโครโมโซมชุดเดียว เรียกว่าเซลล์แฮพลอยด์ (Haploid cell)

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสนี้ เป็นวิธีการที่มักพบในอวัยวะเพศของสิ่งมีชีวิตชั้นสูงเช่น มนุษย์ โดยที่มีการลดจำนวนโครโมโซมลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่ ต่อจากนั้นจะเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ที่ใช้ในการผสมพันธุ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 เพศ และการผสมพันธุ์ระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้กับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียได้เป็นเซลล์เดียว ถ้าโครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์ทั้ง 2 ชนิด ไม่ลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่งเสียก่อนแล้ว เซลล์ที่ได้ใหม่จะมีจำนวนโครโมโซมเป็น 2 เท่าของเซลล์เดิมเรื่อยไป แต่จากการศึกษาพบว่า

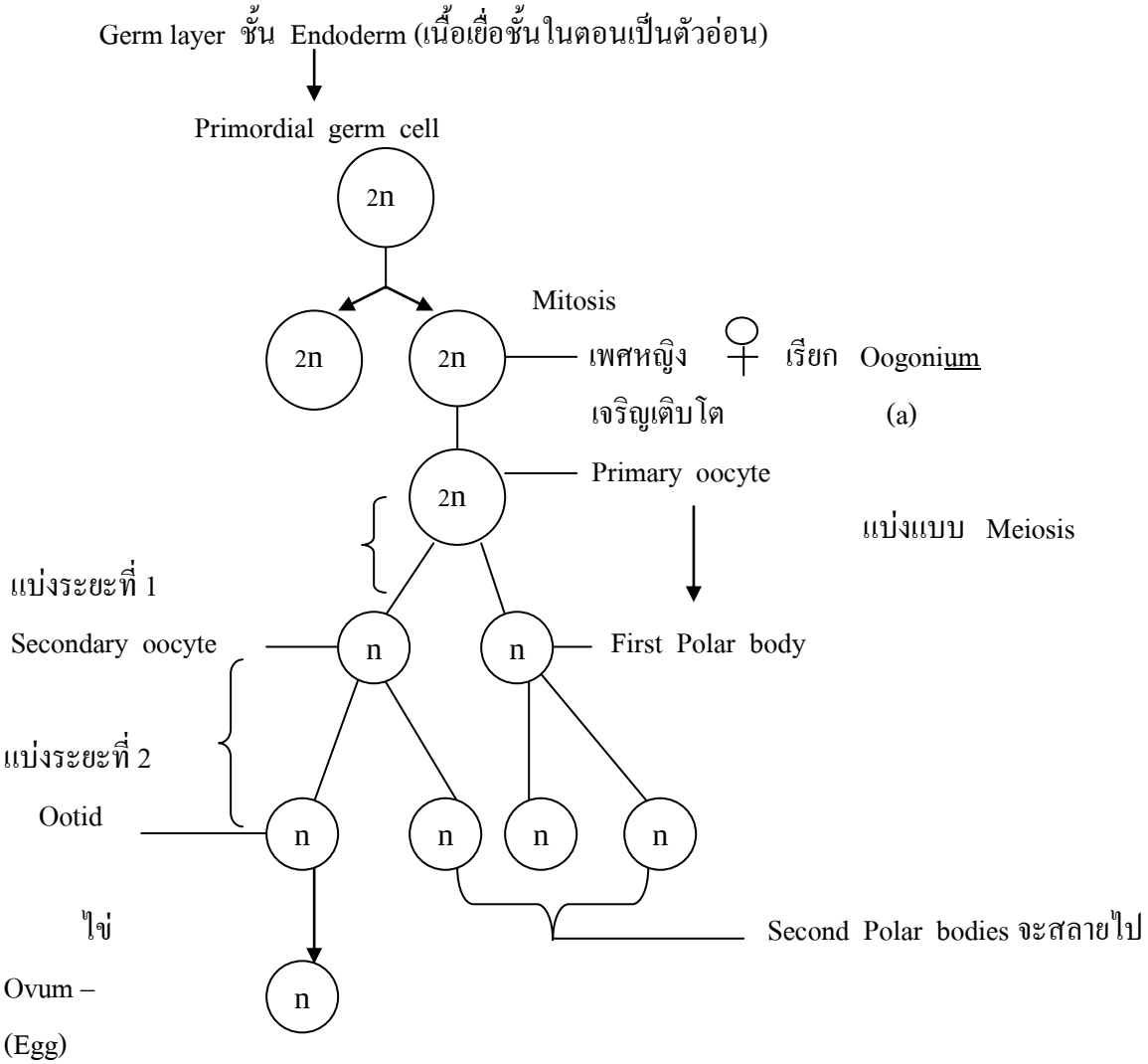
สิ่งมีชีวิตทุกรุ่นในแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมคงที่ทุกรุ่น ดังนั้น จำเป็นต้องมีการลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่งเสมอ เพื่อเซลล์ที่ได้ใหม่จะมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสประกอบการแบ่งนิวเคียสถึง 2 ครั้งต่อเนื่องกันดังนี้

1.1 การแบ่งครั้งแรก (First meiotic division) เรียกว่า ไมโอซิสครั้งที่ 1 (Meiosis I) ผลจากการแบ่งเซลล์ตั้งต้นจำนวนหนึ่งเซลล์ทำให้ได้เซลล์ใหม่สองเซลล์ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งของเซลล์ตั้งต้นคือ จาก 2n เหลือเท่ากับ n

1.2 การแบ่งครั้งที่สอง (Second meiotic division) เรียกว่า ไมโอซิสครั้งที่ 2 (Meiosis II) ผลการแบ่งเซลล์นี้จะได้เซลล์ใหม่ทั้งหมด 4 เซลล์ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิม คือ n ไม่มีการลดจำนวนโครโมโซมลงไปอีกซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย ตามแผนภูมิที่ 2.9

แผนภูมิที่ 2.9 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์

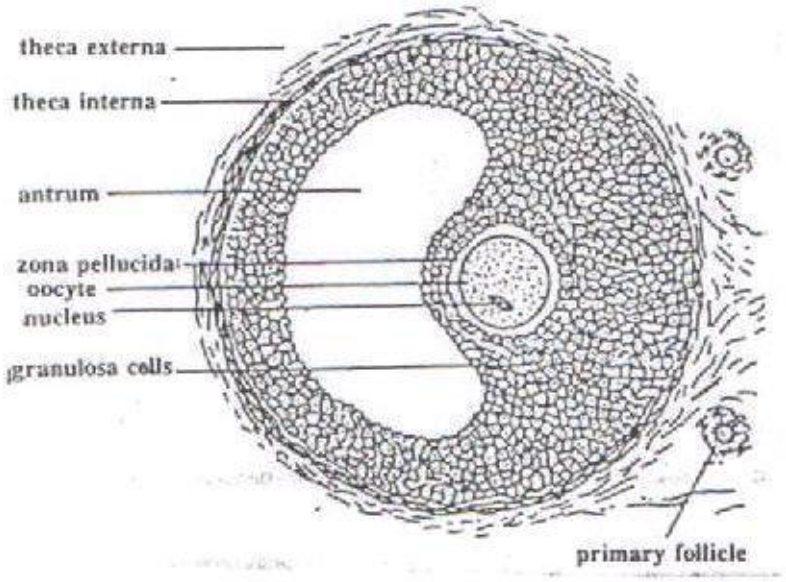


(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 61)

เมื่อ FSH ไปกระตุ้นกลุ่มเซลล์สร้างไข่ระยะแรกให้เจริญเติบโตด้วยการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) และแบบไมโอซิส (Meiosis) จนกระทั่งกลายเป็นฟลอลิเคิล (Follicle) ที่เจริญเต็มที่แล้วจะมีขนาดใหญ่กว่าเดิมมาก มีช่องว่างซึ่งบรรจุสารเหลวอยู่ภายใน ไข่จะถูกดันมาอยู่ที่ริมฟอลลิเคิลแล้ว ฟอลลิเคิลเคลื่อนตัวมาอยู่ที่ผิวของรังไข่พร้อมที่จะแตกและหลุดออกจากรังไข่ ฟลอลิเคิลที่เจริญเต็มที่นี้เรียกว่า กราเฟียนฟอลลิเคิล (Graafian follicle) ในขณะเดียวกัน FSH ทำงานร่วมกับ LH กระตุ้นกราเฟียนฟอลลิเคิลให้มีการสร้างและหลั่งฮอร์โมนอีสโทรเจน (Estrogens) ซึ่งเป็นสารสเตอรอยด์ไปกระตุ้นเซลล์บุผนังมดลูกให้เจริญเติบโต เตรียมรับการฝังตัวของไข่

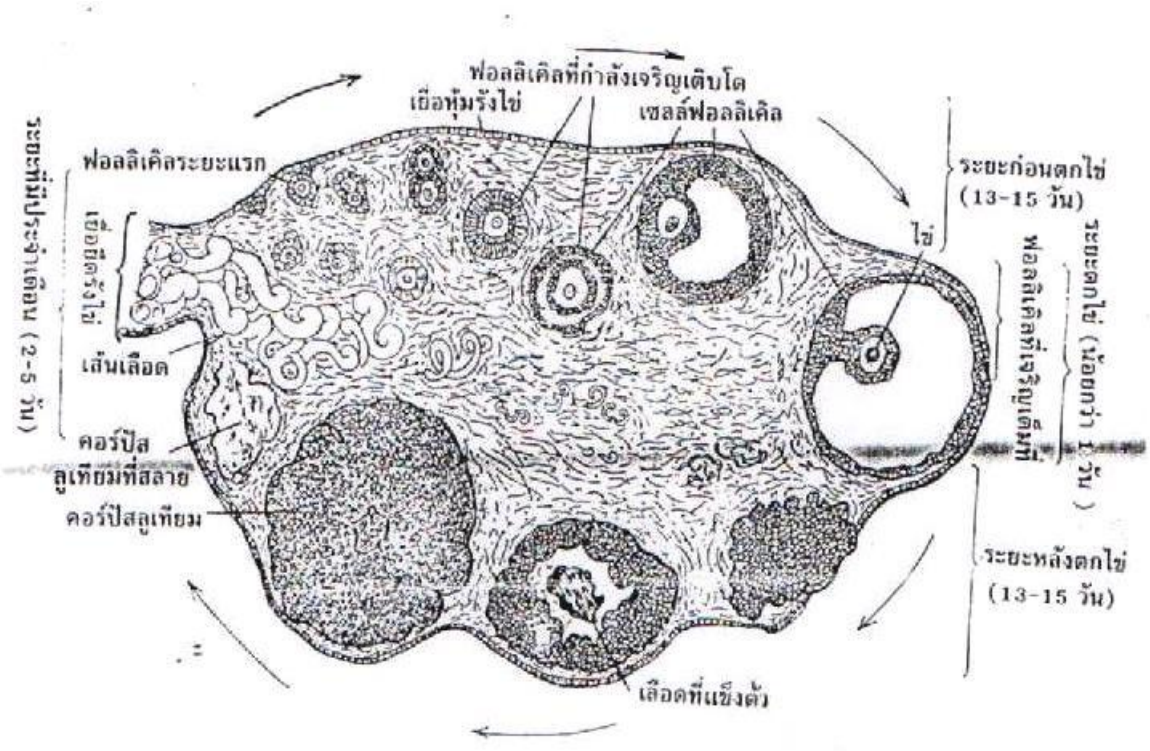
2. เมื่อฮอร์โมน LH มีปริมาณสูงขึ้นจะไปกระตุ้นให้ผนังของกราเฟียนฟอลลิเคิลแตกออก ทำให้เซลล์ไข่หลุดออกมาและเซลล์ไข่ที่ตกออกมาจากรังไข่จะเข้าไปในปีกมดลูกหรือท่อนำไข่เรียกกระบวนการนี้ว่า การตกไข่ (Ovulation) เซลล์ไข่ที่ตกจากรังไข่นี้ยังเป็นโอโอไซต์ (Oocyte) ระยะที่สองอยู่และมีชีวิตได้เพียง 24 ชั่วโมง ภายหลังการตกไข่ที่จะมีสมบัติในการผสมพันธุ์ได้ ถ้าไม่ได้รับการผสมจะสลายตัว การตกไข่จะเกิดขึ้นในวันกึ่งกลางของรอบเดือน คือประมาณวันที่ 14 ของรอบเดือน เมื่อคิดให้รอบเดือนครั้งหนึ่งกินเวลา 28 วัน โดยปกติไข่จะตกเดือนละหนึ่งฟองเท่านั้น จากรังไข่ข้างซ้ายและขวาสลับกัน แต่ในรายที่ผิดปกติอาจจะเกิดการตกไข่มากกว่าหนึ่งฟองก็ได้ อันมีผลทำให้เกิดลูกฝาแฝด

3. หลังจากเกิดกระบวนการตกไข่แล้วฮอร์โมน LH จะกระตุ้นเซลล์ที่ฟอลลิเคิลให้กลายเป็นเนื้อเยื่อสีเหลืองเรียกว่า คอร์ปัสลูเทียม Corpus luteum) ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน (Progesterone) ฮอร์โมนนี้ถ้ามีมากจะไประงับการเจริญของฟอลลิเคิลและการตกไข่ของรอบเดือนต่อไป และจะทำงานร่วมกับอีสโทรเจน ในการกระตุ้นให้มีการเจริญของผนังชั้นในของมดลูก เพื่อเตรียมรอรับการฝังตัวของไข่ที่ถูกปฏิสนธิแล้ว ถ้าไข่ไม่ถูกผสมหรือไม่เกิดการปฏิสนธิ ก็จะเกิดการสลายตัวของไข่ภายใน 24 ชั่วโมงและคอร์ปัสลูเทียม จะสร้างฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนอยู่ได้ราว 10 – 14 วัน จากนั้นจะเสื่อมสลายกลายเป็นแผลซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาแทนที่เรียกว่า คอร์ปัสอัลบิแคนส์ (Corpus albicans) ทำให้ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนที่ควบคุมความหนาของผนังมดลูกได้ ผนังมดลูกด้านในจึงสลายและหลุดลอกออกมาทางช่องคลอด เรียกว่า การมีประจำเดือนหรือมีระดู (Menstruation) และเริ่มเข้าสู่การเปลี่ยนแปลงรอบใหม่ ตามรูปที่ 2.64 และ 2.65



รูปที่ 2.64 กลุ่มเซลล์สร้างไข่ระยะแรกและลักษณะของกราเฟียนฟอลลิเคิล

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 81)



รูปที่ 2.65 รังไข่ของมนุษย์ตัดตามขวางแสดงการเปลี่ยนแปลงของฟลอลิเคิลในระยะต่าง ๆ

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 82)

4. การมีประจำเดือน (Menstruation)

4.1 การมีประจำเดือน หมายถึง การที่มีเลือดออกจากภายในโพรงมดลูกทุกรอบเดือนเกิดเนื่องจากมีการสลายตัวของเยื่อบุมดลูกชั้นในหรือเอนโดรมีเทียม (Endometrium) ซึ่งมีเส้นเลือดฝอยอยู่เป็นจำนวนมากแล้วขับออกทางช่องคลอด

4.2 ส่วนประกอบของเลือดประจำเดือน (Mense) ส่วนใหญ่ คือ เลือด เนื้อเยื่อที่หลุดออกและสารที่ต่อมภายในมดลูกสร้างขึ้น

4.3 เลือดประจำเดือนในแต่ละรอบเดือนมีจำนวนประมาณ 100 – 200 c.c.

4.4 ช่วงเวลาของการมีประจำเดือนจะกินเวลา 3 – 5 วัน ไม่ควรน้อยกว่า +1 วัน และไม่ควรเกินกว่า 7 วัน

4.5 ในระหว่างที่มีประจำเดือนจะมีเลือดมาเลี้ยงบริเวณอุ้งเชิงกรา (Pelvic organs) จึงอาจมีอาการปวดท้องเล็กน้อย (Prementrual Pain หรือ Dysmenorrbea) ปวดเมื่อยตามตัว ใจเต้น เหงื่อออก นอนไม่หลับ ท้องอืดเฟ้อ ปัสสาวะบ่อย หงุดหงิด เป็นต้น

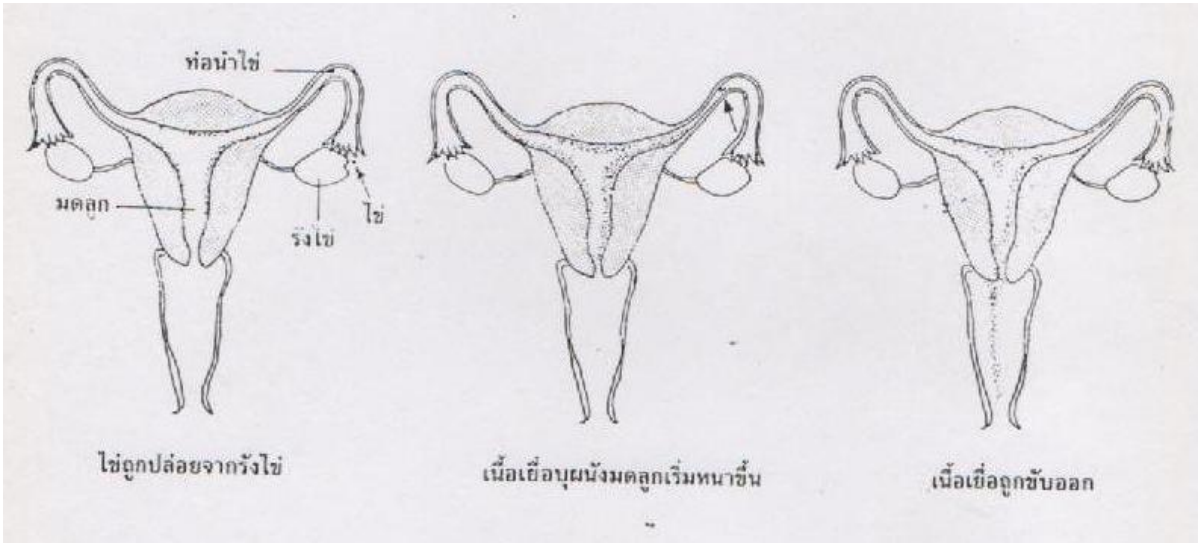
4.6 เด็กหญิงอายุประมาณ 12 – 15 ปีขึ้นไป จะเริ่มมีประจำเดือนทุก ๆ เดือน หรือทุกรอบ 28 – 30 วัน และจะมีเรื่อยไปจนกระทั่งอายุประมาณ 44 - 50 ปี ซึ่งเป็นวัยที่ไม่มีการตกไข่ เรียกว่า วัยหมดประจำเดือน (Menopause) นอกจากเมื่อมีการตั้งครรภ์เกิดขึ้นจะไม่มีประจำเดือน

4.7 รอบประจำเดือนเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเยื่อบุมดลูกในรอบเดือน ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ

4.7.1 ระยะโลหิตออก (Menstrual phase) คือ ระยะที่มีเลือดออกเกิดจากการสลายตัวของเยื่อบุมดลูก ทั้งนี้ก็เพราะระดับฮอร์โมนอีสโทรเจน และโพรเจสเทอโรนในร่างกายลดอย่างรวดเร็ว คอร์ปัสลูเทียมจะสลายกลายเป็นคอร์ปัสอัลบิแคนส์ และเลือดจะหยุดโดยการหดตัวของมดลูกและแผลจะหายโดยมีเยื่อบุมดลูกเจริญขึ้นมาใหม่ ระยะนี้กินเวลา 3 – 5 วันอย่างมากไม่เกิน 7 วัน แต่ถ้าไข่ถูกผสมและไปฝังตัวที่มดลูกแล้วคอร์ปัสลูเทียมก็จะไม่สลายฮอร์โมนอีสโทรเจน และโพรเจสเทอโรนก็ไม่ลดลง เยื่อบุมดลูกก็ไม่มีการลอกตัวจึงไม่มีเลือดออกเกิดขึ้น

4.7.2 ระยะเยื่อบุมดลูกเจริญ (Proliferative or Preovulatory phase) คือ ระยะที่เยื่อบุมดลูกเจริญงอกงามขึ้น ต่อมต่าง ๆ ก็จะเจริญเติบโตเต็มที่ ระยะนี้เกิดขึ้นหลังจากการที่ระดับฮอร์โมนอีสโทรเจนและโพรเจสเทอโรนลดลงอย่างรวดเร็ว ก็มีผลโดยตรงต่อต่อมใต้สมองให้สร้าง FSH ออกมาเพิ่มขึ้น เกิดมีการเจริญเติบโตของไข่ ซึ่งจะสร้างฮอร์โมนอีสโทรเจนออกมา ทำให้เยื่อบุมดลูกมีการเจริญเติบโตขึ้นอีกโดยปกติประมาณ 2 อาทิตย์ นับจากสตรีเริ่มมีรอบเดือน เมื่อฮอร์โมนอีสโทรเจนมีจำนวนสูงที่สุดทำให้ระงับไม่ให้มีการหลั่ง FSH ออกมาพร้อมกับมีการหลั่ง LH เป็นจำนวนมากทำให้เกิดการตกไข่ขึ้น ประมาณวันที่ 14 ของรอบเดือน

4.7.3 ระยะที่ต่อมในเยื่อบุมดลูกทำงานมากขึ้น(Secretory or Postovulatory phase) คือ ระยะที่เกิดภายหลังที่มีการตกไข่ กราเฟียน ฟอลลิเคิลก็จะเปลี่ยนไปเป็นคอร์ปัสลูเทียม และมีการสร้างฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนออกมา ซึ่งจะทำให้เยื่อบุมดลูกชั้นในหนาขึ้นอีก และต่อมต่าง ๆ จะเริ่มทำงานเต็มที่เพื่อเตรียมพร้อมที่จะให้ไข่ที่ได้ผสมแล้วฝังตัว ถ้าไข่ไม่ถูกผสมพันธุ์ไข่ก็จะตายไป คอร์ปัสลูเทียมจะฝ่อและเยื่อบุมดลูกที่เจริญหนาขึ้นก็จะสลายตัว กิดมีเลือดออกเป็นประจำเดือน ตามรูปที่ 2.66



รูปที่ 2.66 การเคลื่อนที่ของไข่และการเปลี่ยนแปลงของผนังมดลูก
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 83 - 84)

5. ถ้าไข่ที่ตกจากรังไข่ได้รับการผสมหรือได้รับการปฏิสนธิ ก็จะเคลื่อนตัวตามท่อไข่ และมีการฝังตัวที่ผนังมดลูกประมาณ 7 วัน หรือหนึ่งสัปดาห์หลังการปฏิสนธิ ในช่วงนี้ฮอร์โมน LH จะกระตุ้นให้คอร์ปัสลูเทียมสร้างและหลั่งฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน ซึ่งทำให้เยื่อบุมดลูกด้านในเจริญหนาขึ้น เตรียมพร้อมสำหรับการฝังตัวของไข่ที่ผสมแล้ว มีเส้นเลือดมาเลี้ยงที่ผนังมดลูกเพิ่มขึ้นและมีการเจริญของต่อมน้ำนม จึงนับว่าฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนเป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการตั้งครรภ์

6. การปฏิสนธิ (Fertilization)

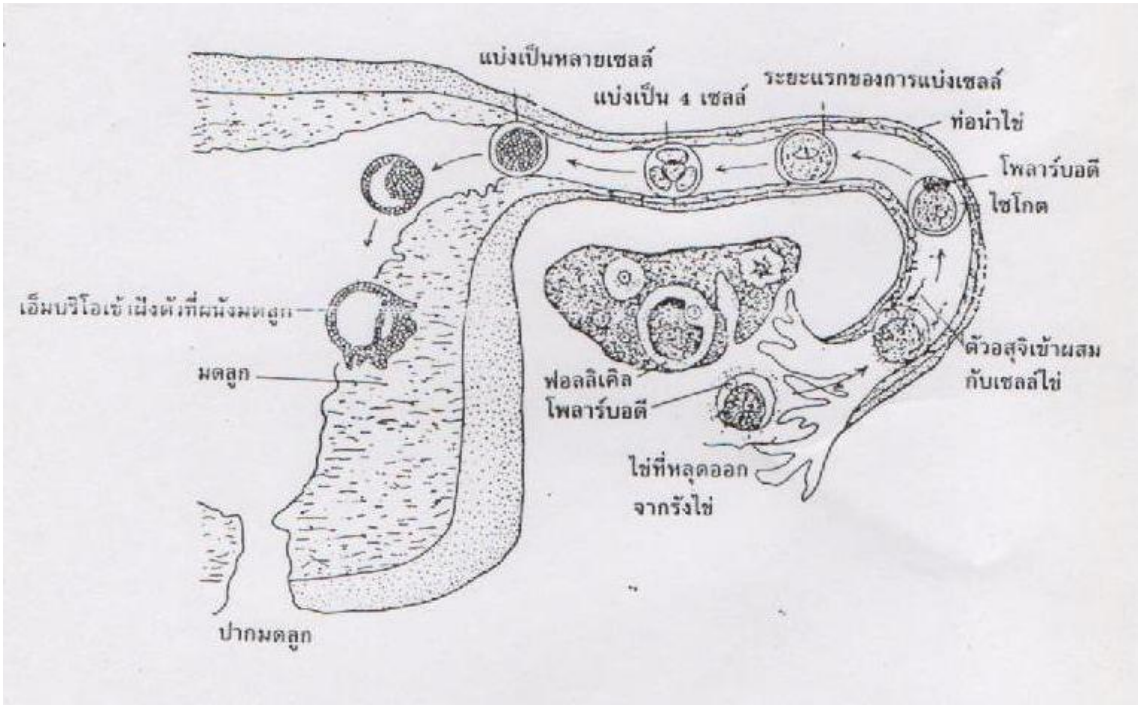
6.1 การปฏิสนธิ หมายถึง การรวมกันของนิวเคียสของเซลล์ไข่และนิวเคียสของสเปิร์มเกิดเป็นเซลล์เดียวเรียกว่า ไซโกต (Zygote) มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2n

6.2 เซลล์ไข่ของมนุษย์นอกจากจะมีเยื่อหุ้มเซลล์ไข่แล้ว ยังมีสารเคลือบเซลล์ไข่ที่สร้างมาจากฟอลลิเคิลเซลล์ห่อหุ้มป้องกันอันตรายให้แก่เซลล์ไข่ แต่สารนี้จะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากตัวอสุจิหลังปฏิสนธิแล้วสารเคลือบเซลล์ไข่นี้ยังคงหุ้มเซลล์ไข่อยู่ และจะแตกออกให้ตัวอ่อนหรือเอ็มบริโอ (Embryo) ฝังตัวกับผนังมดลูก

6.3 การปฏิสนธิจะเกิดขึ้นส่วนต้นของท่อนำไข่ หรือปีกมดลูกเมื่อตัวอสุจิเจาะที่ผิวเยื่อหุ้มไข่เข้าไปในไข่ นิวเคียสของตัวอสุจิจึงเข้าไปผสมหรือปฏิสนธิกับนิวเคียสของเซลล์ไข่เป็นไซโกตมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2n

6.4 โดยทั่วไปแล้วจะมีอสุจิเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่มีโอกาสเข้าไปผสมกับเซลล์ไข่ เพราะเซลล์ไข่มีกลไกในการสร้างสารเคมีป้องกันไม่ให้ตัวอสุจิอื่น ๆ ผ่านเข้าไปได้อีก ในทันทีที่ตัวอสุจิตัวแรกเข้าไปสัมผัสกับเยื่อหุ้มเซลล์ไข่

6.5 ภายหลังการปฏิสนธิแล้วเอ็มบริโอ (Embryo) หรือตัวอ่อนจะมีการเจริญทีละน้อย และในเวลาเดียวกันตัวอ่อนก็ค่อย ๆ เคลื่อนที่ผ่านท่อนำไข่เข้าไปฝังตัวในมดลูก โดยใช้เวลาประมาณหนึ่งสัปดาห์หรือ 7 วัน ภายหลังการปฏิสนธิ ตามรูปที่ 2.67



รูปที่ 2.67 การเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ไข่ที่ถูกผสมแล้ว
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 85)

7. การตั้งครรภ์ (Pregnancy)

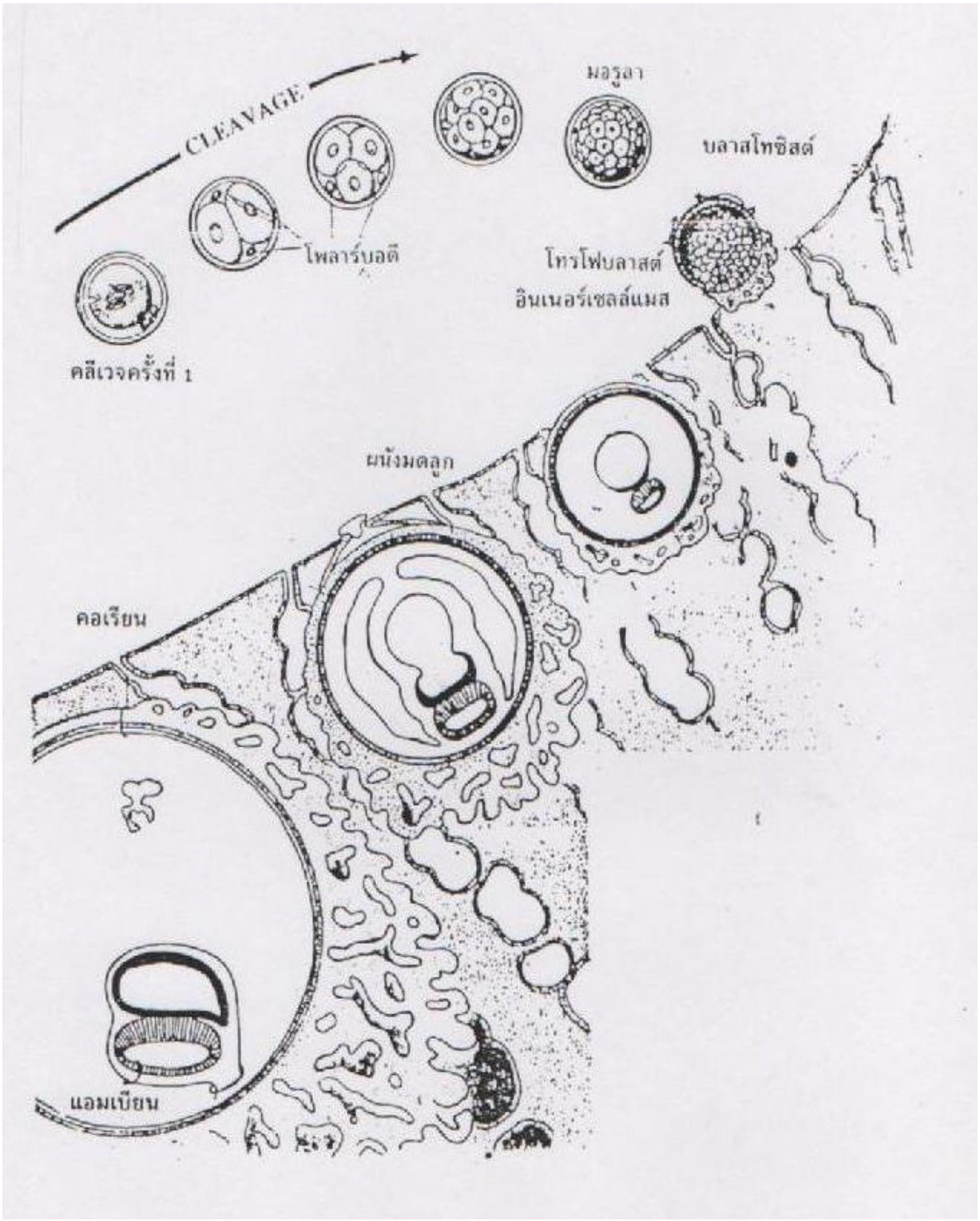
7.1 ภายหลังการปฏิสนธิเป็นไซโกต (Zygote) แล้วจะมีการแบ่งตัวของไซโกตอยู่ตลอดเวลา ขณะที่เคลื่อนตัวไปตามท่อนำไข่ (Oviduct) หรือปีกมดลูก (Fallopian tube) โดยไซโกตจะมีการแบ่งตัวแบบไมโทซิส (Mitosis) ในระยะคลีเวจ (Clevage) จนได้เป็นกลุ่มเซลล์กลุ่มเล็กขนาดเกือบเท่า ๆ กัน เอ็มบริโอระยะนี้เรียกว่ามอรูลา (Morula) หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นเอ็มบริโอระยะบลาสทูลา (Blastula) หรือบลาสโทซิส (Blastocyst) ซึ่งจะเคลื่อนตัวเข้าไปฝังตัวที่ผนังมดลูกที่เตรียมพร้อมแล้วใช้เวลาประมาณหนึ่งสัปดาห์หรือ 7 วันหลังการปฏิสนธิหลังจากเอ็มบริโอฝังตัวในผนังมดลูกของแม่แล้ว เซลล์รอบ ๆ เอ็มบริโอจะเจริญแทรกเข้าไปในเนื้อเยื่อมดลูกทางด้านที่ฝังเข้าไป จนกระทั่งถึงชั้นของมดลูกที่มีเส้นเลือดอยู่มากมาย บริเวณที่เนื้อเยื่อรอบเอ็มบริโอมาพบกับแหล่งเส้นเลือดของแม่นี้เราเรียกว่า รก (Placenta) ในขณะที่มีการเกิดรกนี้ ส่วนอื่น ๆ ของเอ็มบริโอก็เจริญไปเรื่อย ๆ โดยมีการสร้างถุงน้ำคร่ำ (Amniotic or Amniotic sac) รอบ ๆ เอ็มบริโอและมีสายที่หุ้มรอบเส้นเลือดใหญ่สำหรับติดต่อระหว่างเอ็มบริโอกับรกสายนี้ เรียกว่าสายสะดือ (Umbilical cord) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะไม่มีการปะปนกันระหว่างเลือดของเอ็มบริโอและของแม่ เอ็มบริโอของมนุษย์มีโครงสร้างที่เรียกว่า ถุงไข่แดง (Yolk sac) มีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

7.1.1 ถุงน้ำคร่ำ (Amnion or Amniotic sac) เป็นเยื่อบาง ๆ หุ้มเอ็มบริโอไว้ ภายในมีของเหลวบรรจุอยู่เรียกว่า น้ำคร่ำ (Amniotic fluid) ทำหน้าที่ป้องกันการกระทบกระเทือนให้กับเอ็มบริโอ

7.1.2 ถุงไข่แดง (Yolk sac) มีขนาดเล็กทำหน้าที่สร้างเม็ดเลือดแดงให้แก่ทารกในระยะแรก ๆ เท่านั้น

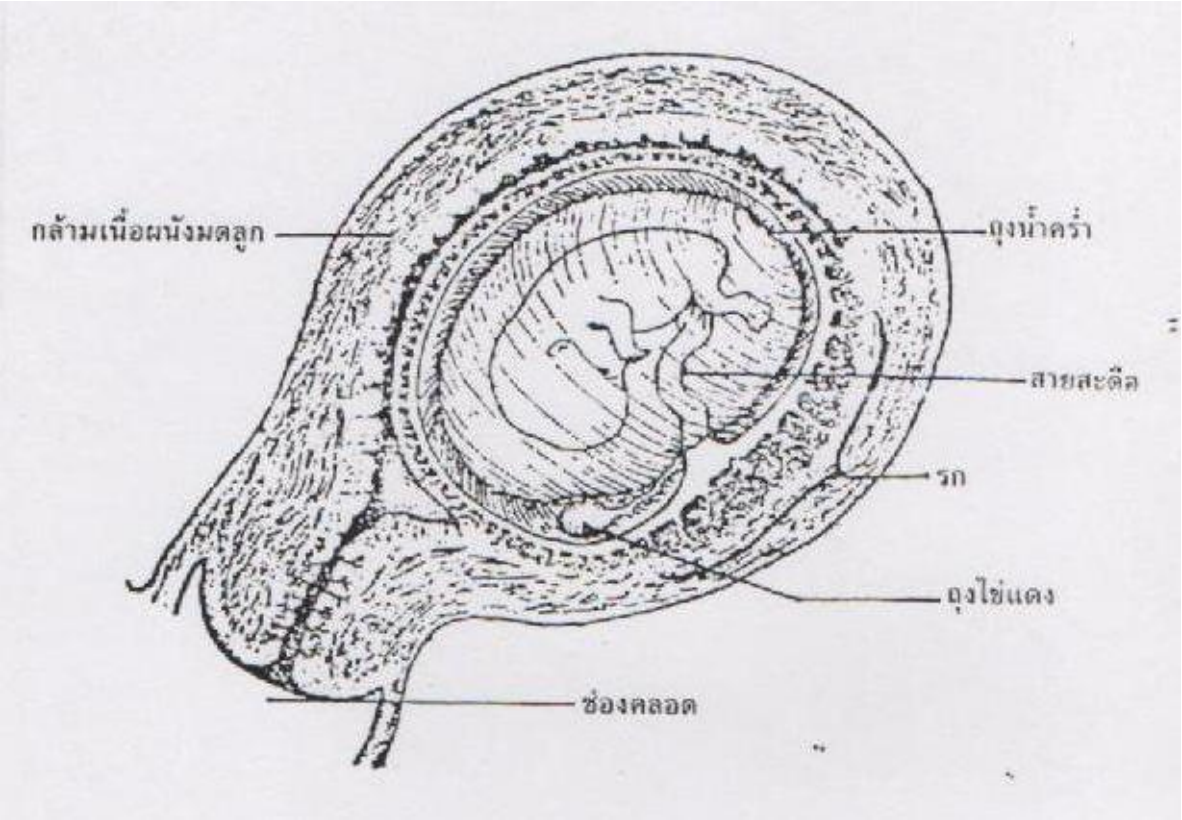
7.1.3 คอเรียน (Chorion) เป็นเยื่อหุ้มรอบเอ็มบริโอ

7.1.4 รก (Placenta) เป็นส่วนที่เป็นทางติดต่อระหว่างเอ็มบริโอกับผนังมดลูกของแม่ เพื่อเป็นทางแลกเปลี่ยนก๊าซ รับสารอาหาร และขับถ่ายของเสียโดยวิธีการแพร่ (Diffusion) ตามรูปที่ 2.68 และ 2.69



รูปที่ 2.68 การแบ่งตัวของไซโกตและการฝังตัวที่ผนังมดลูก

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 86)



รูปที่ 2.69 โครงสร้างของทารกในครรภ์อายุ 8 สัปดาห์
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 87)

7.2 เมื่อทารกเจริญเติบโตเต็มที่ประมาณ 9 เดือน หรือ 280 วันต่อมใต้สมองส่วนท้ายของแม่จะหลั่งฮอร์โมนออกซีโทซิน (Oxytocin) ออกมากระตุ้นให้กล้ามเนื้อมดลูกบีบตัว ทำให้ถุงน้ำคร่ำแตกและรกหลุดออก นอกจากนี้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อหน้าท้องอันมีผลช่วยให้ทารกเคลื่อนออกจากมดลูก หรือคลอดออกมาทางช่องคลอด

7.3 อาการของการตั้งครรภ์

7.3.1 ขาดประจำเดือน (Amenorrhea)

7.3.2 อาการแพ้ท้อง เช่น คลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ น้ำลายออกมากกว่าปกติ บางครั้งมีอารมณ์อ่อนไหวกว่าปกติ โกรธง่าย ใจน้อย

7.3.3 ปัสสาวะบ่อย แต่ไม่แสบหรือขัด

7.3.4 มีการเจริญขึ้นของต่อมน้ำนม สำหรับการสร้างน้ำนมได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมนโพรแลกติน (Prolactin) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า

7.3.5 การดิ้นของทารก จะสังเกตทารกดิ้นได้ในราวเดือนที่ 4 ของการตั้งครรภ์

7.4 การตั้งครรภ์นอกมดลูกหรือท้องนอกมดลูก คือ การที่ไข่เมื่อถูกผสมแล้วไม่เคลื่อนไปฝังตัวที่มดลูก แต่กลับเจริญอยู่ที่ท่อนำไข่และมีขนาดโตขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระยะหนึ่งก็ดันท่อนำไข่ให้แตก ทำให้เกิดมีเลือดตกในช่องท้องและมีอาการปวดอย่างรุนแรง ต้องได้รับการผ่าตัดทันทีมิฉะนั้นอาจถึงแก่ความตายได้

7.5 การตรวจสอบการตั้งครรภ์

ถ้าหากมีการตั้งครรภ์ รก (Placenta) ที่เกิดขึ้นสามารถสร้างฮอร์โมนได้กล่าวคือ ในสี่เดือนแรกของการตั้งครรภ์ รกจะหลั่งฮอร์โมน HCG (Human Chorionic Gonadotrophin)ซึ่งจะถูกขับออกมาพร้อมกับปัสสาวะ ในปริมาณที่สามารถตรวจวัดได้ภายใน 8 – 12 วันหลังจากการตกไข่ และระดับ HCG จะสูงขึ้นถึงระดับสูงสุดในช่วง 6 – 7 สัปดาห์แรกของการตั้งครรภ์ จึงมีการใช้ฮอร์โมน HCG เป็นดัชนีอันหนึ่งในการตรวจสอบว่ามีการตั้งครรภ์หรือไม่

8. การแท้ง (Abortion)

8.1 การแท้ง หมายถึง การสิ้นสุดของการตั้งครรภ์ในระยะก่อนที่ทารกจะสามารถมีชีวิตอยู่ได้

8.2 สาเหตุของการแท้ง แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ

8.2.1 มีความผิดปกติของไข่ที่ถูกผสมแล้ว ทำให้การเจริญเติบโตผิดปกติจนไม่สามารถจะมีชีวิตต่อไปได้ ซึ่งอาจเกิดจากความผิดปกติของไข่หรือของสเปิร์มหรือทั้งสองอย่างก็ได้

8.2.2 ความผิดปกติจากสิ่งแวดล้อมในตัวแม่ เช่น ทางระบบฮอร์โมน ทางโภชนาการ มีการติดเชื้อร้ายแรง หรือมีโรคเรื้อรังระหว่างตั้งครรภ์ ตัวแม่มีความผิดปกติของระบบอวัยวะสืบพันธุ์ การได้รับบาดเจ็บทั้งทางกายและทางใจ การได้รับยาและสารเคมีบางชนิด การได้รับรังสี เป็นต้น

8.3 อาการแท้ง อาการส่วนใหญ่ จะมีเลือดออกทางช่องคลอดและมีอาการปวดท้องน้อยคล้ายปวดประจำเดือน เลือดอาจจะออกเพียงเล็กน้อย หรือออกมากจนผู้ป่วยเป็นลมหมดสติได้ ในรายที่ไปทำแท้งโดยผิดกฎหมาย จะพบมีอาการแทรกซ้อนได้มากมาย เพราะมีการติดเชื้อร้ายแรง เช่น มีไข้สู มีโลหิตเป็นพิษ เยื่อบุช่องท้องอักเสบ มดลูกทะลุ เนื้อเน่าตาย ไตล้มเหลว และบาดทะยัก เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตทั้งสิ้น

9. การเกิดฝาแฝด

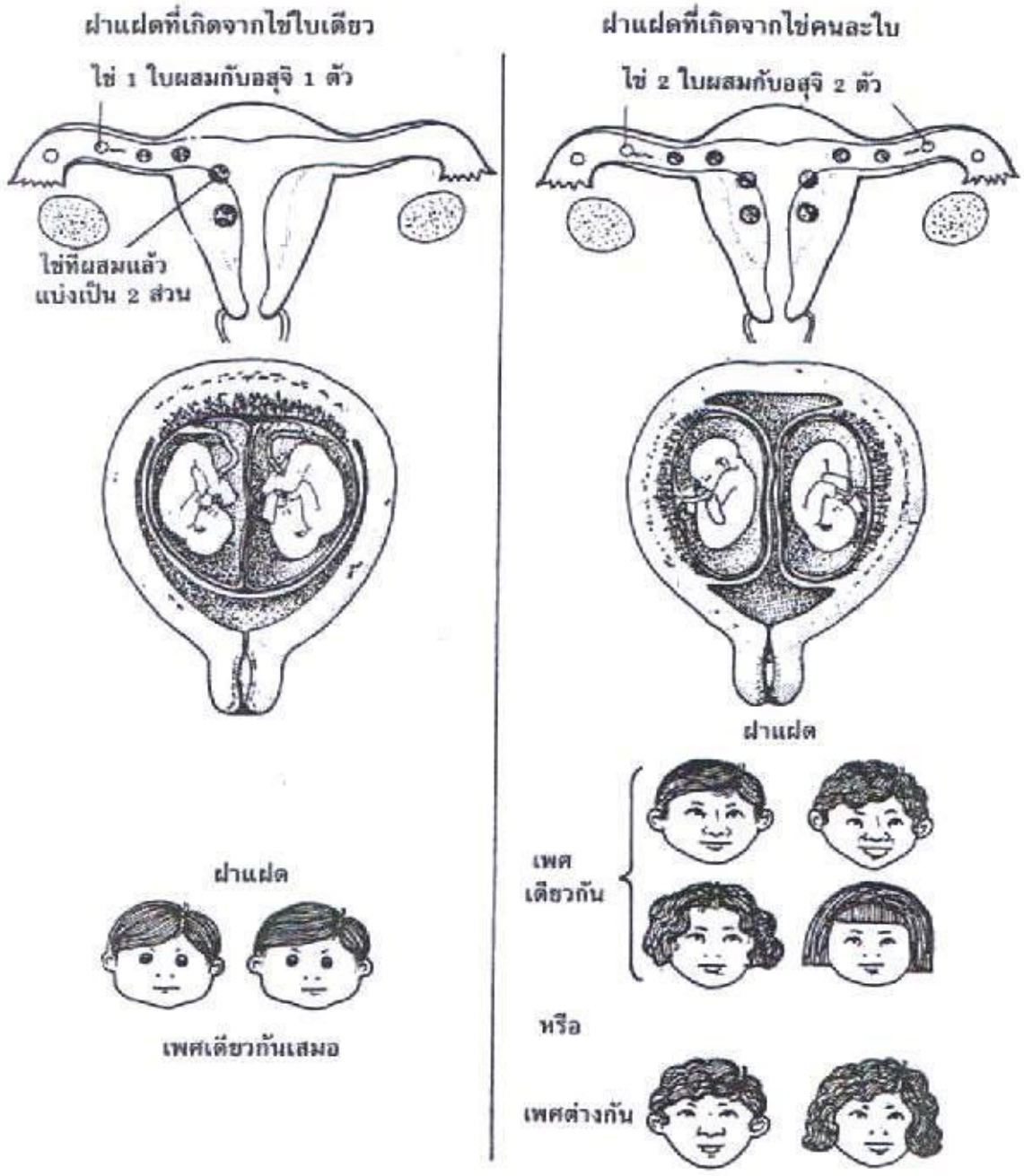
ฝาแฝด (Twins) มีอยู่ 2 ประเภท คือ

9.1 ฝาแฝดเหมือน หรือฝาแฝดแท้ (Identical twins) เป็นฝาแฝดที่เกิดจากเซลล์ไข่ 1 เซลล์ และเซลล์อสุจิ 1 เซลล์

ในบางกรณีเมื่อเซลล์อสุจิเข้าผสมกับเซลล์ไข่ได้เป็นไซโกตแล้ว เซลล์ไซโกตอาจแยกออกเป็น 2 เซลล์ แต่ละเซลล์จะเจริญพัฒนาไปเป็นเอ็มบริโออยู่ภายในครรภ์มารดา จึงเกิดเป็นทารกฝาแฝดที่เกิดจากไซโกตเซลล์เดียว ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการและมีเพศเดียวกันเสมอ ถ้าหากมีร่างกายบางส่วนยังติดกันอยู่ เนื่องจากเซลล์ไซโกตแบ่งตัวแล้วแยกกันไม่สนิท อาจเรียกว่า ฝาแฝดสยาม (Siamese twins) เช่น ฝาแฝดอิน-จัน ฝาแฝดนภิศ-ปริศนา ฝาแฝดทิวา-ราตรี เป็นต้น

9.2 ฝาแฝดคล้าย (Fraternal twins) เป็นฝาแฝดที่เกิดจากเซลล์ไข่มากกว่า 1 เซลล์ และเซลล์อสุจิมากกว่า 1 เซลล์

ในบางครั้งเซลล์ไข่อาจจะเกิดการตกไข่พร้อมกัน 2 เซลล์หรือมากกว่าแต่ละเซลล์มีอสุจิเข้าผสมเกิดเป็นไซโกตที่เจริญพัฒนาเป็นเอ็มบริโอและทารกแฝดได้เช่นกัน ในกรณีนี้ทารกจะมีลักษณะต่าง ๆ รวมถึงอาจมีเพศเหมือนกันหรือแตกต่างกันก็ได้ โดยร่างกายจะไม่ติดกัน เนื่องจากเกิดการปฏิสนธิแยกกัน เป็นฝาแฝดที่เกิดจากไซโกตต่างกัน ตามรูปที่ 2.70



รูปที่ 2.70 การเกิดฝาแฝด

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 86 - 89)

2.2.2 หญิงวัยหมดประจำเดือน (Menopause period) เป็นวัยที่อวัยวะสืบพันธุ์หมดความสามารถที่จะสืบพันธุ์ได้ เมื่อสตรีเข้าวัย 44 – 50 ปีแล้วนั้นประจำเดือนจะเริ่มหยุด และจะเป็นการหมดประจำเดือนตลอดไป บางรายจะหมดเร็ว บางรายจะหมดช้าหรือจะหมดเมื่ออายุกว่า 50 ปีไปเล็กน้อยก็ได้ ในสตรีไทยนั้นมีอายุเฉลี่ยประมาณ 47 ปี ที่จะเริ่มหมดประจำเดือน ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับสุขภาพและพลานามัยทั่วไปของแต่ละคนด้วย

ในช่วงวัยนี้รังไข่จะเริ่มทำหน้าที่น้อยลงเอง ทำให้ปริมาณฮอร์โมนเพศอีสโทรเจนลดลงด้วย มีผลต่อร่างกายและจิตใจ โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับระบบอวัยวะสืบพันธุ์ ทำให้เกิดอาการต่าง ๆ ขึ้นได้มากบ้างน้อยบ้างต่างกัน เรียกว่า อาการหมดประจำเดือน (Menopasal syndrome) การเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดอาการต่าง ๆ พอสรุปได้ดังนี้

1. ประจำเดือนเริ่มเปลี่ยนแปลง จะมีปริมาณน้อยลงมาช้าและห่างออกไปทุกที หรือบางเดือนจะขาดหายไป

2. อวัยวะสืบพันธุ์จะเริ่มแห้งเหี่ยวและไม่มีการตกไข่ ทั้งนี้เนื่องจากร่างกายขาดฮอร์โมนอีสโทรเจน

3. มีอาการทางร่างกายทั่ว ๆ ไป เช่น อาการร้อนวูบวาบมากบ้างน้อยบ้างเกิดตามบริเวณ หน้า คอ หรือตามตัว ซึ่งเป็นผลจากการขยายตัวของหลอดเลือด บางรายอาจมีเหงื่อออกมากและหนาวสั่น ซึ่งเป็นผลตามมาหลังอาการร้อนวูบวาบ เพราะเกิดหลอดเลือดตีบตัว บางคนอาจรู้สึกใจสั่น หัวใจเต้นเร็ว มือเท้าสั่น รู้สึกชาตามผิวหนังหรือคันตามตัว ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ท้องอืดเฟ้ออาหารไม่ย่อย เป็นต้น อาการต่าง ๆ เหล่านี้จะกินเวลานาน 2 – 3 ปี

4. มีอาการเปลี่ยนแปลงทางจิตใจ มักมีใจคอหงุดหงิด ฉุนเฉียว ใจน้อย โกรธง่าย อารมณ์แปรปรวน ตื่นเต้น ตกใจง่าย ในบางรายอาจมีอาการทางจิต

5. บางรายอาจมีเลือดออกกระปริดกระปรอย หรือเลือดออกมากกว่าปกติธรรมดา ซึ่งอาจเป็นเพราะเยื่อบุมดลูกหนา หรือมดลูกอักเสบ หรือมะเร็งของปากมดลูก

2.2.3 ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์

1. ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า คือ ฮอร์โมนโกนาโดโทรฟิน (Gonadotrophin) ซึ่งประกอบด้วยฮอร์โมนสำคัญสองชนิด และโพรแลกติน

1.1 ฟอลลิเคิล สติมิวเลติงฮอร์โมน (Follicle Stimulating Hormone หรือ FSH) ทำหน้าที่

1.1.1 กระตุ้นให้ฟอลลิเคิลของรังไข่เจริญเติบโตขึ้น

1.1.2 ทำงานร่วมกับฮอร์โมน LH กระตุ้นให้มีการสร้างและหลั่งฮอร์โมนอีสโทรเจนจากกราเฟียน ฟอลลิเคิล (ฟอลลิเคิลที่เจริญเต็มที่แล้ว)

1.1.3 กระตุ้นการเจริญเติบโตของอัณฑะและกระตุ้นเนื้อเยื่อสืบพันธุ์ (Germinal epithelium) ภายในหลอดสร้างตัวอสุจิ (Seminiferous tubule) ของลูกอัณฑะให้สร้างตัวอสุจิ (Spermatogenesis)

1.2 ลูทิไนซิงฮอร์โมน (Luteinizing Hormone หรือ LH) ทำหน้าที่

1.2.1 กระตุ้นให้มีกระบวนการตกไข่

1.2.2 ทำให้ฟอลลิเคิลซึ่งเคยมีไข่อยู่แต่เดิมเปลี่ยนเป็นคอร์ปัสลูเทียม

1.2.3 ทำงานร่วมกับ FSH ในการกระตุ้นฟอลลิเคิลให้มีหลั่งฮอร์โมนอีสโทรเจนจากกราเฟียน ฟอลลิเคิลให้มากขึ้นกว่าเดิม

1.2.4 กระตุ้นเซลล์อินเตอร์สติเชียลในอัณฑะให้สร้างและหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน

1.2.5 ทำงานร่วมกับ FSH และเทสโทสเตอโรน ช่วยกระตุ้นการสร้างตัวอสุจิในอัณฑะให้เจริญเป็นตัวที่สมบูรณ์

1.3 โพรแลกติน (Prolactin) ทำหน้าที่กระตุ้นต่อมน้ำนมให้สร้างน้ำนมเพื่อเลี้ยงลูกอ่อนหลังคลอด

2. ฮอร์โมนจากรังไข่ มี 2 ชนิด คือ

2.1 อีสโทรเจน (Estrogens) สร้างจากกลุ่มเซลล์ฟอลลิเคิลในรังไข่ (กราเฟียน ฟอลลิเคิล) ทำหน้าที่

2.1.1 ทำให้มีการเจริญเติบโตของระบบการสืบพันธุ์

2.1.2 ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของเพศหญิง (Secondary sex characteristic) เช่น ลักษณะการมีเสียงเล็กแหลม สะโพกผาย การขยายใหญ่ของอวัยวะเพศและเต้านม การมีขนขึ้นตามอวัยวะเพศ รักแร้

2.1.3 ควบคุมการเปลี่ยนแปลงที่รังไข่และเยื่อบุมดลูก ทำให้เยื่อบุมดลูกเจริญขึ้นเพื่อเตรียมรับไข่ที่ได้รับการผสมมาฝังตัว

2.1.4 ทำให้กล้ามเนื้อมีความกระชับตัวมากขึ้น มดลูกจะหดตัวบ่อยแต่การหดตัวไม่แรง

2.2 โพรเจสเทอโรน (Progesterone) สร้างมาจากคอร์ปัสลูเทียม ทำหน้าที่

2.2.1 กระตุ้นให้เยื่อบุมดลูกด้านใน (Endometrium) เจริญและหนาขึ้น เตรียมพร้อมที่จะรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ (ทำงานร่วมกับอีสโทรเจน)

2.2.2 ทำให้การกระชับตัวของมดลูกลดลง (เตรียมพร้อมการตั้งครรภ์)

2.2.3 กระตุ้นต่อมน้ำนมให้ขยายตัวและเตรียมสร้างน้ำนม

2.2.4 ถ้ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะไปยับยั้งการหลั่ง FSH และ LH ทำให้ไม่มีการเจริญเติบโตของฟอลลิเคิลอันใหม่เกิดขึ้น เป็นการป้องกันการตกไข่ซ้ำสอง

3. ฮอร์โมนจากอัณฑะ

3.1 เทสโทสเตอโรน (Testosterone) สร้างจากอินเตอร์สติเชียลเซลล์ ทำหน้าที่

ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของเพศชาย (Secondary sex characteristic) เช่น เสียงแตก การมีหนวดขึ้นบริเวณริมฝีปากบน การมีขนขึ้นตามอวัยวะเพศ รักแร้ และหน้าแข้ง กระดูกหัวไหล่กว้าง และกล้ามเนื้อตามแขนขาเติบโตแข็งแรงมากกว่าเพศหญิง

4. ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง คือ ออกซีโทซิน (Oxytocin) ทำหน้าที่

4.1 กระตุ้นให้กล้ามเนื้อมดลูกบีบตัวขณะคลอดและกลับคืนเข้าสู่สภาพปกติ

4.2 กระตุ้นเซลล์กล้ามเนื้อรอบ ๆ ต่อมน้ำนมให้หดตัวขับน้ำนมออกมาเลี้ยงลูกอ่อน

5. การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนในช่วงต่าง ๆ

5.1 ในขณะที่รังไข่มีกระบวนการตกไข่ (Ovulation) จะมีปริมาณฮอร์โมน LH และอีสโทรเจนสูง

5.2 ระหว่างมีประจำเดือนจะมีปริมาณอีสโทรเจนและโพรเจสเทอโรนต่ำ

5.3 ฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนจะสูงที่สุดในช่วงที่ผนังมดลูกเจริญหนาขึ้น

2.2.4 ภาวะการมีบุตรยากหรือการเป็นหมัน

โดยทั่วไปแล้วหากระบบสืบพันธุ์ไม่มีความผิดปกติใด ๆ เซลล์อสุจิและเซลล์ไข่ก็จะรวมกันเกิดการปฏิสนธิได้ไซโกตและเจริญเติบโตต่อไปจนกระทั่งเป็นทารก แต่ในความเป็นจริงก็พบว่ามีคู่สมรสเป็นจำนวนมากที่ไม่สามารถมีลูกได้

1. ปัญหาการมีบุตรยาก

ปัญหาการมีบุตรยากนั้น เกิดได้จากทั้งฝ่ายหญิงและชายในอัตราส่วนที่เท่ากันฝ่ายละ 40 % ส่วนอีก 20 % เป็นปัญหาร่วมกันรวมจนถึงปัญหาอื่น ๆ ที่อธิบายไม่ได้

2. สาเหตุของภาวะการมีบุตรยาก

2.1 สาเหตุที่เกิดจากฝ่ายชาย

2.1.1 มีการสร้างตัวอสุจิที่ผิดปกติ การผิดปกติได้แก่ มีจำนวนตัวอสุจิน้อยไป โดยปกติการหลั่งน้ำอสุจิแต่ละครั้งจะได้น้ำอสุจิประมาณ 3 ลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งจะมีตัวอสุจิประมาณ 300 – 500 ล้านตัว ถ้าในน้ำอสุจิมีตัวอสุจิต่ำกว่า 30 ล้านตัวต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถือได้ว่ามีตัวอสุจิน้อยไปรูปร่างตัวอสุจิผิดปกติเป็นจำนวนมาก ไม่มีการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิ หรือมีการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิน้อยผิดธรรมดา เป็นต้น ความผิดปกตินี้อาจมีสาเหตุมาจาก

1. การอักเสบที่ลูกอัณฑะ เช่น เป็นคางทูมแล้วมีการอักเสบที่ลูกอัณฑะ หรือการติดเชื้อหนองใน เป็นต้น

2. การกระทบกระเทือนบริเวณลูกอัณฑะ ทำให้เกิดเป็นแผลบริเวณนั้น

3. การผิดปกติเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ ทำให้ร่างกายขาดฮอร์โมนบางอย่าง เช่น ขาดฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน

4. ลูกอัณฑะมีภาวะหรือสิ่งแวดล้อมที่ผิดปกติ เช่น มีเส้นเลือดขอดที่ลูกอัณฑะเป็นจำนวนมาก มีน้ำในถุงหุ้มลูกอัณฑะ หรือการใช้กางเกงในรัดเกินไป

5. สาเหตุทั่ว ๆ ไป เช่น ถูกรังสีมากเกินไป โรคภัยไข้เจ็บเรื้อรัง ขาดอาหาร โลหิตจาง การติดยาเสพติด เหล้า หรือบุหรี่ ตลอดจนสภาวะความเครียด

2.1.2 มีความผิดปกติเกี่ยวกับทางผ่านของตัวอสุจิ เช่น ท่อทางเดินของตัวอสุจิตีบหรือตัน ทำให้ตัวอสุจิไม่สามารถผ่านออกสู่ภายนอกได้

2.1.3 มีความผิดปกติในน้ำอสุจิ คือ ความเป็นกรด–เบสของน้ำอสุจิผิดไป หรือส่วนประกอบของน้ำอสุจิผิดปกติ ซึ่งจะมีผลทำให้ตัวอสุจิเคลื่อนไหวได้ไม่ดีหรือตายได้

2.2 สาเหตุที่เกิดจากฝ่ายหญิง

2.2.1 มีอวัยวะเพศผิดปกติมาแต่กำเนิด เช่น ไม่มีช่องคลอด ไม่มีท่อนำไข่ ไม่มีมดลูก หรือไม่มีรังไข่ เป็นต้น

2.2.2 ช่องคลอดหรือท่อนำไข่ ตีบ ตัน มีผนังกั้นหรือมีก้อนเนื้องอกหรือเป็นแผล ภาวะเช่นนี้ทำให้ตัวอสุจิไม่สามารถเดินทางไปพบกับไข่ได้

2.2.3 การอักเสบของช่องคลอดหรือปากมดลูก เนื่องจากการติดเชื้อ เช่น แบคทีเรีย ราพยาธิ และไวรัส ทำให้สภาวะภายในช่องคลอดหรือปากมดลูกเปลี่ยนแปลงอันจะทำให้อสุจิตายได้

2.2.4 เกิดจากมดลูกและเยื่อบุมดลูกผิดปกติ เช่น

1. เนื้องอกที่กล้ามเนื้อมดลูก เนื้องอกที่คอมดลูก
2. การอักเสบที่ตัวมดลูกและคอมดลูก
3. การทำงานของเยื่อบุมดลูกผิดปกติ ส่วนใหญ่เกิดจากการขาดฮอร์โมนอาจทำให้ไม่มีไข่ตก หรือสภาพไม่เหมาะสมที่จะให้ไข่ที่ผสมแล้วมาฝังตัว

2.2.5 เกิดจากการที่ฝ่ายหญิงสร้างภูมิคุ้มกันต่อต้านอสุจิ (Sperm antibody) ซึ่งอาจมีในมดลูก คอมดลูก ช่องคลอด ตลอดจนในกระแสเลือด ทำให้ตัวอสุจิตายไม่เคลื่อนไหว หรือเกาะกลุ่มกันจึงเข้าไปผสมกับเซลล์ไข่ไม่ได้

2.2.6 สาเหตุอื่น ๆ เช่น โรคภัยไข้เจ็บ ขาดอาหาร เป็นต้น

นอกจากนั้นการเป็นโรคติดต่อที่เกิดจากเพศสัมพันธุ์ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทั้งฝ่ายหญิงและชายเป็นเรื้อรังนาน ๆ ทำให้ไม่สามารถมีบุตรได้เช่นกัน โรคติดต่อที่เกิดจากเพศสัมพันธุ์มีหลายโรค เช่น โรคเอดส์ ซิฟิลิส โรคหนองใน ฯลฯ นอกจากไม่สามารถมีบุตรได้แล้วยังอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

2.2.5 ทารกในหลอดแก้ว

ในปัจจุบันมีคู่สมรสจำนวนมากไม่สามารถมีบุตรได้ เนื่องจากความผิดปกติบางอย่างทำให้เกิดภาวะการมีบุตรยาก นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามช่วยเหลือคู่สามีภรรยาที่ต้องการจะมีบุตรโดยได้ทำการศึกษาทดลองจากจินตนาการที่จะให้มีการปฏิสนธิภายนอกร่างกายแทนที่จะเกิดขึ้นภายในตัวแม่ จากความพยายามของนักวิทยาศาสตร์ที่จะศึกษาทดลองและใช้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้า จนทำให้สามารถสร้างทารกในหลอดแก้วได้เป็นผลสำเร็จ

ทารกในหลอดแก้วเกิดขึ้นได้จากการนำเซลล์ไข่ที่สุกเต็มที่ออกจากฝ่ายหญิงมาผสมกับตัวอสุจิของฝ่ายชายในหลอดทดลอง เพื่อให้เกิดการปฏิสนธิ หลังจากปฏิสนธิแล้วจะเลี้ยงเอ็มบริโอในน้ำยาและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จนกว่าไซโกตจะแบ่งเซลล์จนถึงระยะเอ็มบริโอได้เป็น 8 เซลล์แล้ว จึงนำเอ็มบริโอเข้าสู่โพรงมดลูกของผู้เป็นแม่ เพื่อให้เอ็มบริโอฝังตัวในมดลูกและเจริญตามธรรมชาติในมดลูกต่อไป วิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ต้องอยู่ในการดูแลของแพทย์โดยตลอดจนกว่าจะครบกำหนดคลอด เมื่อทารกคลอดออกมาแล้วจะเหมือนกับทารกทั่ว ๆ ไปทั้งร่างกาย จิตใจ สมอง ตลอดจนโครโมโซม

การทำทารกในหลอดแก้วไม่ใช่เรื่องง่าย แต่ละขั้นตอนมีความละเอียดอ่อนซับซ้อนมาก นับตั้งแต่การกระตุ้นให้ไข่ตก วิธีการที่จะนำไข่ออกมาผสมกับอสุจิ การเลี้ยงเอ็มบริโอระยะที่เหมาะสมของเอ็มบริโอที่จะนำกลับเข้าไปในมดลูกของแม่ และการเตรียมมดลูกของแม่ให้พร้อมที่จะรับเอ็มบริโอที่จะนำไปไว้ในมดลูกของแม่ จึงมีอัตราการล้มเหลวสูงถึง 90-95 % นั่นคือ ความหวังในการจะได้ลูกมีเพียงร้อยละ 5-10 % เท่านั้น และจะต้องปฏิบัติตนตามคำสั่งของแพทย์อย่างเคร่งครัดและใกล้ชิด มิฉะนั้นจะประสบความล้มเหลวสูงขึ้น ประกอบกับจะต้องมีค่าใช้จ่ายสูง แพทย์จึงเลือกทำให้เฉพาะกรณีผู้มีบุตรยากเนื่องจากตัวอสุจิไม่สามารถเข้าไปผสมกับเซลล์ไข่ได้ อันมีสาเหตุมาจากท่อนำไข่ตีบตัน หรือสภาวะในท่อนำไข่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผสมของไข่ (ซึ่งแพทย์ให้การรักษาทางยา หรือการผ่าตัดด้วยวิธีจุลศัลยกรรมไม่ได้) นอกจากนั้นผู้ที่เข้าทำทารกในหลอดแก้วจะต้องเป็นผู้ที่มีสุขภาพสมบูรณ์ทุกระบบ ตามปกติการทำทารกในหลอดแก้วแต่ละคน จะทำได้กี่ครั้งนั้นแล้วแต่สภาพของผู้ที่เข้าทำ ถ้าพยายามทำให้ 2-3 ครั้งแล้วแต่ไม่สำเร็จก็จะประเมินผลเพื่อพิจารณาว่าจะทำต่อไปหรือไม่

การตั้งครรภ์ทารกในหลอดแก้วมีโอกาสแท้งได้ร้อยละ30 และมักจะมีการแท้งเกิดขึ้นภายใน 3 เดือนแรก เพราะมารดามักจะมีอายุมากโดยเฉพาะผู้ที่มีอายุเกิน 35 ปี สำหรับโอกาสการตั้งครรภ์แฝดมีมากกว่าการตั้งครรภ์ปกติถึง 10 เท่า หรือประมาณร้อยล 12 ทั้งนี้เพราะกระบวนการทำทารกในหลอดแก้ว จะมีการนำเอ็มบริโอเข้าสู่มดลูกของแม่มากกว่า 1 อาจจะเป็น 2, 3 หรือ 4 ส่วนการคลอดนั้นทารกในหลอดแก้วมีโอกาสคลอดท่าผิดปกติถึงร้อยละ 14 (ปกติจะมีเพียงร้อยละ 3) ทำให้ต้องผ่าท้องคลอดสูงถึงร้อยละ 56

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิควิธีการใหม่ ๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ที่เข้าทำทารกในหลอดแก้ว เช่น

1. การตรวจดูรูปร่างของทารกในครรภ์ โดยตรวจด้วยเครื่องอัลตราซาวด์สามารถแลเห็นได้อย่างชัดเจนทั้งศีรษะ ลำคอ ตับ หัวใจ ไต กระเพาะ แขนขา ไขสันหลัง เป็นต้น ซึ่งหากพบล่วงหน้าว่าผิดปกติก็อาจไม่ให้มีการคลอดเกิดขึ้น

2. การตรวจดูโครโมโซมของทารกในครรภ์ โดยวิธีการดูดน้ำคร่ำที่อยู่รอบตัวทารกซึ่งจะมีเซลล์ของทารกที่ลอกหลุดออกมาแล้วนำมาทำการเพาะเซลล์เพื่อศึกษาดูโครโมโซมของทารกในครรภ์ว่าจะปกติหรือไม่

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 90 - 95)

2.3.15 การเจริญเติบโตของมนุษย์

1. การเจริญเติบโตของมนุษย์ในระยะตัวอ่อนหรือเอ็มบริโอ (Embryo) มีขั้นตอนการเจริญเติบโตดังนี้

1.1 สัปดาห์แรกของการเจริญเติบโต

1.1.1 ไข่ได้รับการปฏิสนธิจากตัวอสุจิกลายเป็นไซโกต (Zygote) ที่ท่อนำไข่หรือปีกมดลูกส่วนต้น จากนั้นไข่ที่ผสมแล้วจะแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็วผ่านระยะที่มี 2, 4 และ 8 เซลล์ตามลำดับ จนกระทั่งได้เป็นกลุ่มเซลล์ที่ประกอบด้วยเซลล์กลม ๆ เล็ก ๆ ขนาดเกือบเท่ากัน ลักษณะคล้ายผลน้อยหน่าเรียกเอ็มบริโอระยะนี้ว่า มอรูลา (Morula)

1.1.2 มอรูลาจะขยายขนาดและมีช่องกลวงเกิดขึ้นภายในระยะนี้เรียกว่า บลาสโทซิสต์ (Blastocyst) ซึ่งเทียบได้กับบลาสทูลา (Blastula) ของสัตว์ชนิดอื่น ๆ

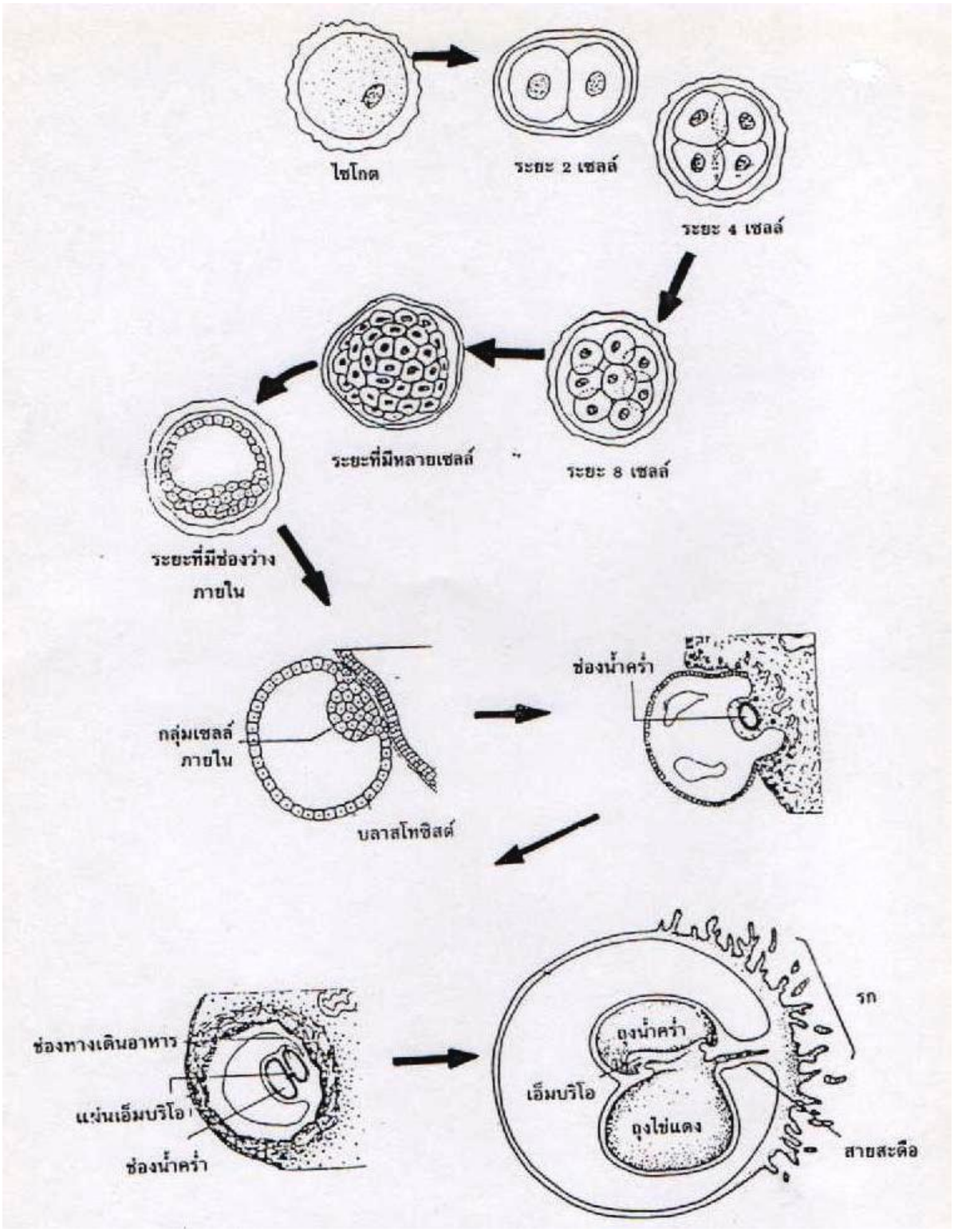
1.1.3 ในขณะที่เอ็มบริโอมีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เอ็มบริโอก็จะเคลื่อนที่มาตามท่อนำไข่ และเริ่มฝังตัวในผนังมดลูกเมื่ออายุได้ประมาณ 7 วัน และบลาสโทซิสต์จะฝังตัวติดในผนังมดลูกเมื่ออายุได้ 9 วัน

1.2 การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 2

1.2.1 บลาสโทซิสต์มีขนาดใหญ่ขึ้นและแบ่งได้เป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณรอบนอกสุดเรียกว่าโทรโฟบลาสต์ (Trophoblast) ที่เชื่อมติดกับเยื่อมดลูกเจริญกลายเป็นรก (Placenta) ซึ่งเป็นอวัยวะทำหน้าที่เป็นตัวกลางเพื่อแลกเปลี่ยนสารอาหาร ก๊าซ และของเสียระหว่างเอ็มบริโอกับเลือดของแม่ ส่วนบริเวณด้านใน (Inner cell mass) ติดอยู่ทางด้านบนของช่องบลาสโทซิสต์ จะเจริญกลายเป็นถุงกลวง 2 ถุง คือ ถุงน้ำคร่ำ (Amnion) และถุงไข่แดง (Yolk sac) ผนังของถุงน้ำคร่ำที่ติดกับผนังของถุงไข่แดงเรียกว่า แผ่นเอ็มบริโอ (Embryonic disc) เป็นส่วนที่กลายเป็นเอ็มบริโอต่อไป

1.2.2 เอ็มบริโอในระยะนี้จึงเป็นเพียงแผ่นเซลล์สองชั้น ชั้นบนที่เป็นส่วนของผนังถุงน้ำคร่ำ เรียกว่า เอกโทเดิร์ม(Ectoderm)ชั้นล่างซึ่งเป็นส่วนของผนังถุงไข่แดงเรียกว่า เอนโดเดิร์ม (Endoderm)

1.2.3 เมื่อเอ็มบริโออายุได้ 2 สัปดาห์ จะมีความยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร มีการเจริญของเนื้อเยื่อเริ่มแรกเกิดขึ้น ตามรูปที่ 2.71



รูปที่ 2.71 การเจริญเติบโตของเอ็มบริโอระยะแรก และการฝังตัวของเอ็มบริโอมนุษย์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 215 - 216)

1.3 การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 3

1.3.1 มีการเกิดของแผ่นเซลล์มีโซเดิร์ม (Mesoderm) เป็นแผ่นเซลล์แผ่นที่ 3 ที่แทรกอยู่ระหว่างเอกโทเดิร์มและเอนโดเดิร์ม โดยเซลล์มีโซเดิร์มมีกำเนิดมาจากเซลล์เอกโทเดิร์มที่แบ่งตัวแล้วแทรกลงไประหว่างแผ่นเอกโทเดิร์มและเอนโดเดิร์ม

1.3.2 ในสัปดาห์ที่ 3 นี้เริ่มปรากฏของร่องรอยของระบบและอวัยวะขึ้นซึ่งได้แก่ ระบบประสาท หัวใจ มีลักษณะเป็นท่อและเริ่มต้นเป็นจังหวะ

1.3.3 เอ็มบริโอระยะนี้มีความยาวประมาณ 2.3 มิลลิเมตร

1.4 การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 4

1.4.1 จะเริ่มมีอวัยวะต่าง ๆ เจริญเพิ่มขึ้น แขน และขา เริ่มปรากฏชัดเจน

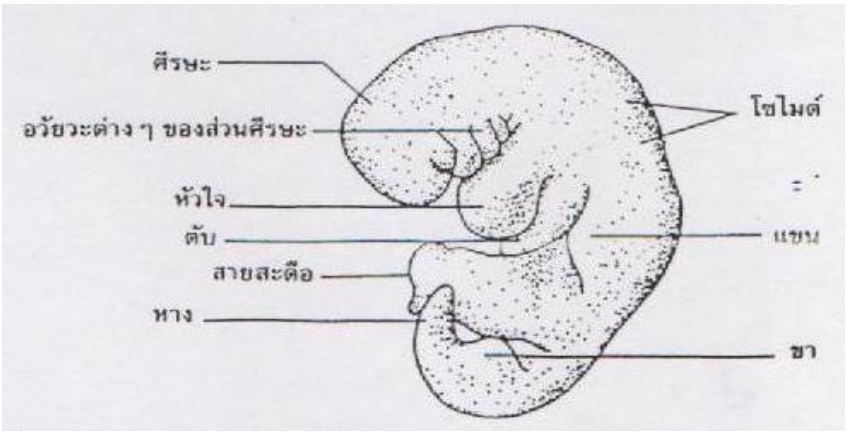
1.4.2 ในช่วงนี้พบว่าหลอดประสาทหรือนิวรัลทิวย์ (Neural tube) เกิดขึ้นจากการม้วนตัวของแผ่นเอกโทเดิร์มที่อยู่ตามแนวสันหลังของแผ่นเอ็มบริโอ หลอดนี้จะเจริญกลายเป็นระบบประสาทกลางได้แก่ สมองและไขสันหลัง

1.4.3 แผ่นเซลล์เอกโทเดิร์ม มีโซเดิร์มและเอนโดเดิร์ม เริ่มมีการเจริญพัฒนาไปเป็นอวัยวะในระบบต่าง ๆ ดังนี้

1. เอกโทเดิร์ม (Ectoderm) เจริญเปลี่ยนแปลงเป็นระบบประสาทเป็นระบบแรกสุดที่เจริญพัฒนาขึ้นมาก่อนระบบอื่น ๆ เลนซ์ตา และเป็นผิวหนังที่ห่อหุ้มร่างกาย

2. มีโซเดิร์ม (Mesoderm) เจริญเปลี่ยนแปลงเป็นระบบกล้ามเนื้อ อวัยวะสืบพันธุ์ อวัยวะขับถ่าย เส้นเลือด กระดูก เลือด และเยื่อยึดอวัยวะ

3. เอนโดเดิร์ม (Endoderm) เจริญเปลี่ยนแปลงเป็นทางเดินอาหาร ทางเดินลมหายใจ ตับ ตับอ่อน เซลล์สร้างเซลล์สืบพันธุ์ และไพรเมอเดียลเจิร์มเซลล์ (Primordial germ cell) ตามรูปที่ 2.72



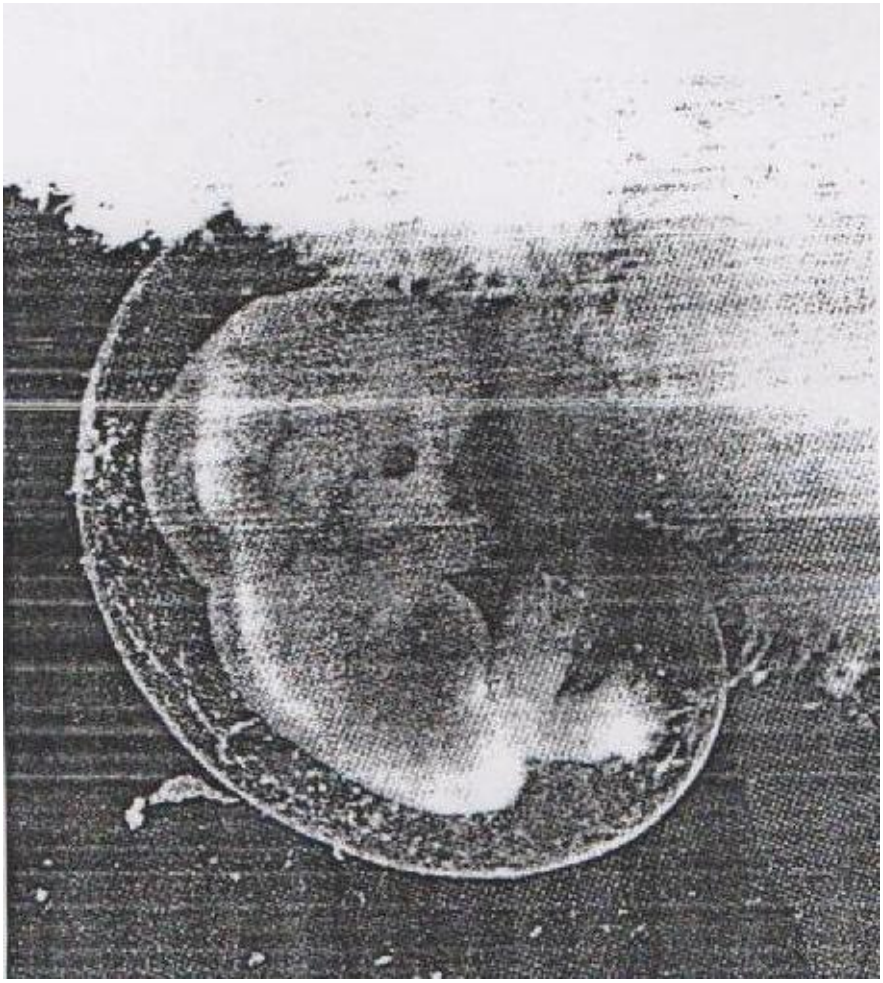
รูปที่ 2.72 การเจริญของตัวอ่อนเมื่อมีอายุไประมาณ 4 สัปดาห์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 217)

1.5 การเจริญเติบโตในระหว่างสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 8

1.5.1 ระยะนี้เป็นระยะที่อวัยวะต่าง ๆ ของเอ็มบริโอปรากฏครบถ้วน แต่ยังมีรูปร่างไม่เหมือนทารก หลอดประสาท (Neural tube) กลายไปเป็นสมองและไขสันหลัง ทางเดินอาหารเป็นหลอดยาวจากปากถึงทวารหนัก การเจริญเติบโตของระบบเส้นเลือดสมบูรณ์ และเริ่มมีการไหลเวียนของเลือด แขน ขา หู ตา และอวัยวะภายนอกปรากฏเห็นได้ชัด

1.5.2 อวัยวะต่าง ๆ จะเจริญเติบโต และมีอวัยวะครบเมื่ออายุได้ 8 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะสิ้นสุดของเอ็มบริโอ ตามรูปที่ 2.73



รูปที่ 2.73 ลักษณะของเอ็มบริโอของมนุษย์ที่ฝังตัวที่ผนังมดลูก
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 218)

2. การเจริญเติบโตของมนุษย์ระยะฟีตัส

การเจริญเติบโตของมนุษย์ระยะฟีตัส (Fetus) มีขั้นตอนการเจริญเติบโตดังนี้

2.1 เป็นการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอในระหว่างสัปดาห์ที่ 9 จนกระทั่งคลอด ระยะนี้มีรูปร่างคล้ายทารกซึ่งเรียกว่า ฟีตัส (Fetus)

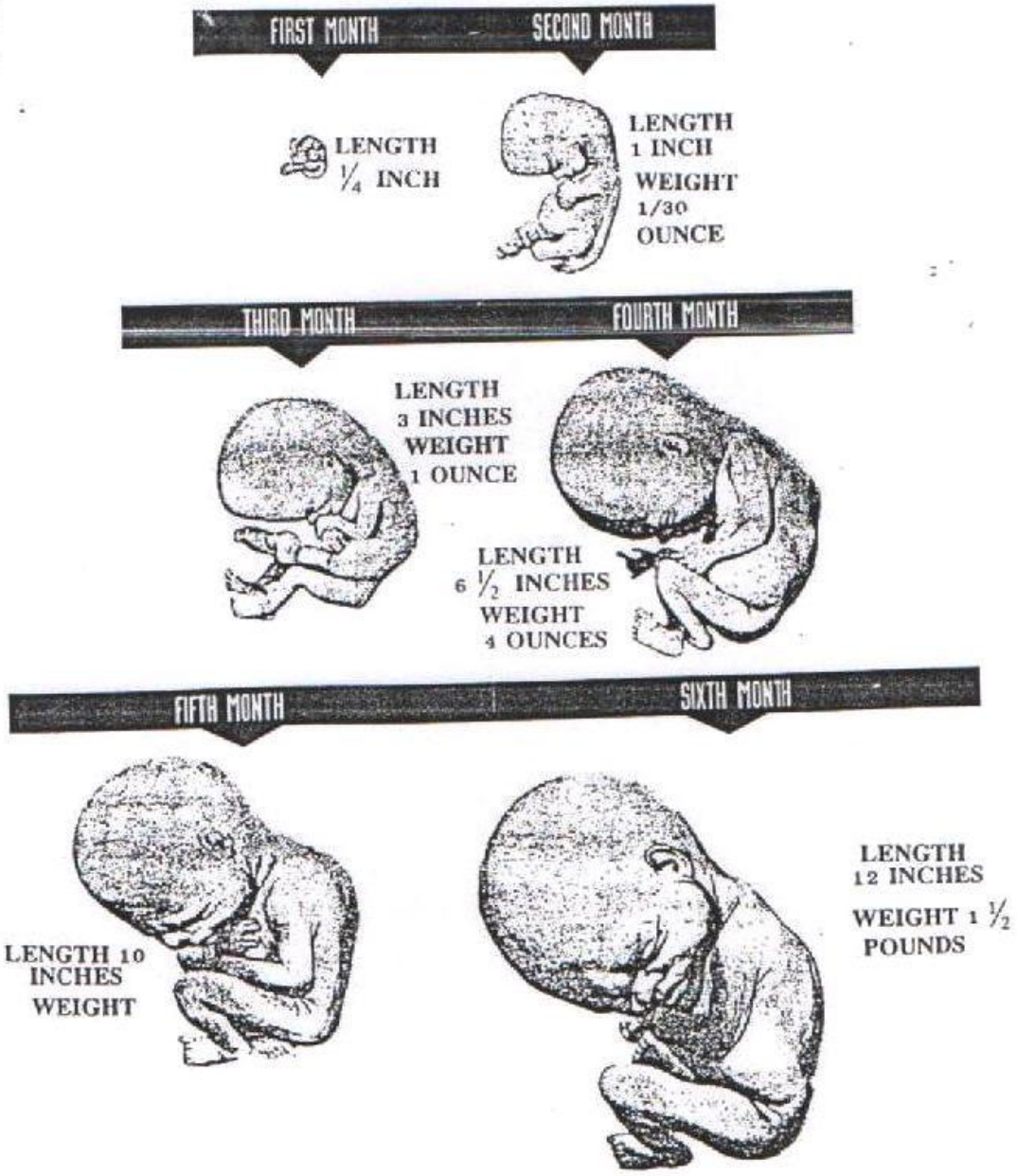
2.2 ระยะฟีตัส เป็นตอนที่อวัยวะต่าง ๆ ที่เริ่มปรากฏในระยะเอ็มบริโอมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกับลักษณะของอวัยวะในเด็กคลอดแล้ว

2.3 ฟีตัสในช่วง 3 เดือน จะเริ่มเกิดนิ้ว นิ้วเท้า สามารถแยกเพศได้ ฟีตัสมีความยาวประมาณ 9 เซนติเมตร

2.4 ในช่วงเดือนที่ 4 – 5 ฟีตัสจะมีขนาดโตขึ้นเรื่อย ๆ มีการเคลื่อนไหวมากขึ้น มีการเจริญของกระดูก มีผม และขน ฟีตัสในระยะนี้ยาวประมาณ 25 เซนติเมตร

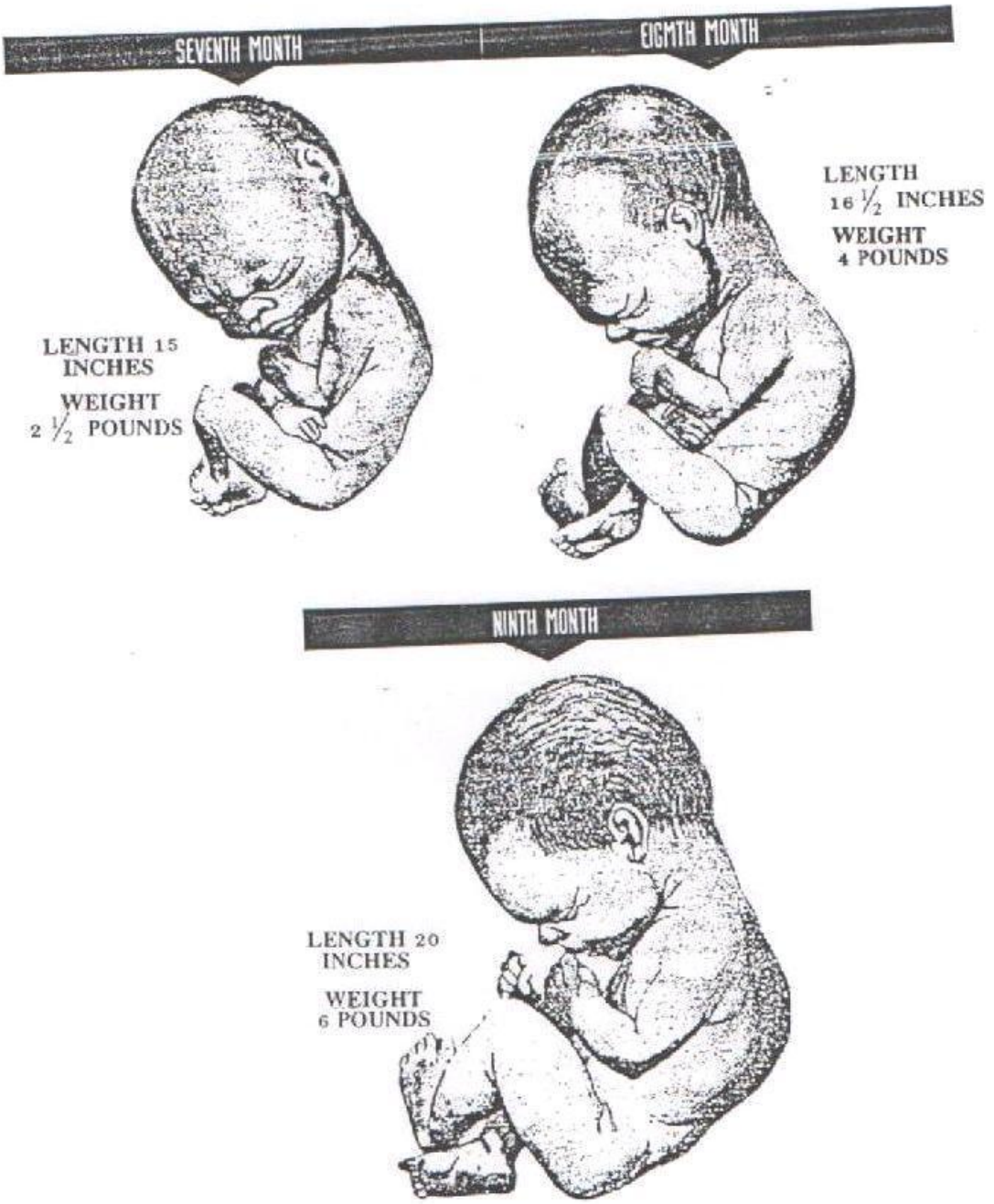
2.5 ฟีตัสในเดือนที่ 6 ผิวหนังปรากฏมีรอยย่น ศีรษะโต และมีน้ำหนักประมาณ 680 กรัม ความยาวจะเพิ่มถึง 30 เซนติเมตร

2.6 ในช่วง 3 เดือนสุดท้าย (เดือนที่ 7 – 9) พบว่าฟีตัสมีขนาดโตเพิ่มมากขึ้น มีไขมันใต้ผิวหนัง ทำให้ผิวหนังดูตึงขึ้น ระยะนี้เป็นระยะที่มีระบบประสาทเจริญมาก มีน้ำหนักประมาณ 2,500 – 3,000 กรัม ความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร ตามรูปที่ 2.74



รูปที่ 2.74 การเปลี่ยนแปลงขนาดของร่างกายขณะเจริญเติบโตในครรภ์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 219 - 220)



รูปที่ 2.74 การเปลี่ยนแปลงขนาดของร่างกายขณะเจริญเติบโตในครรภ์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 219 - 220)

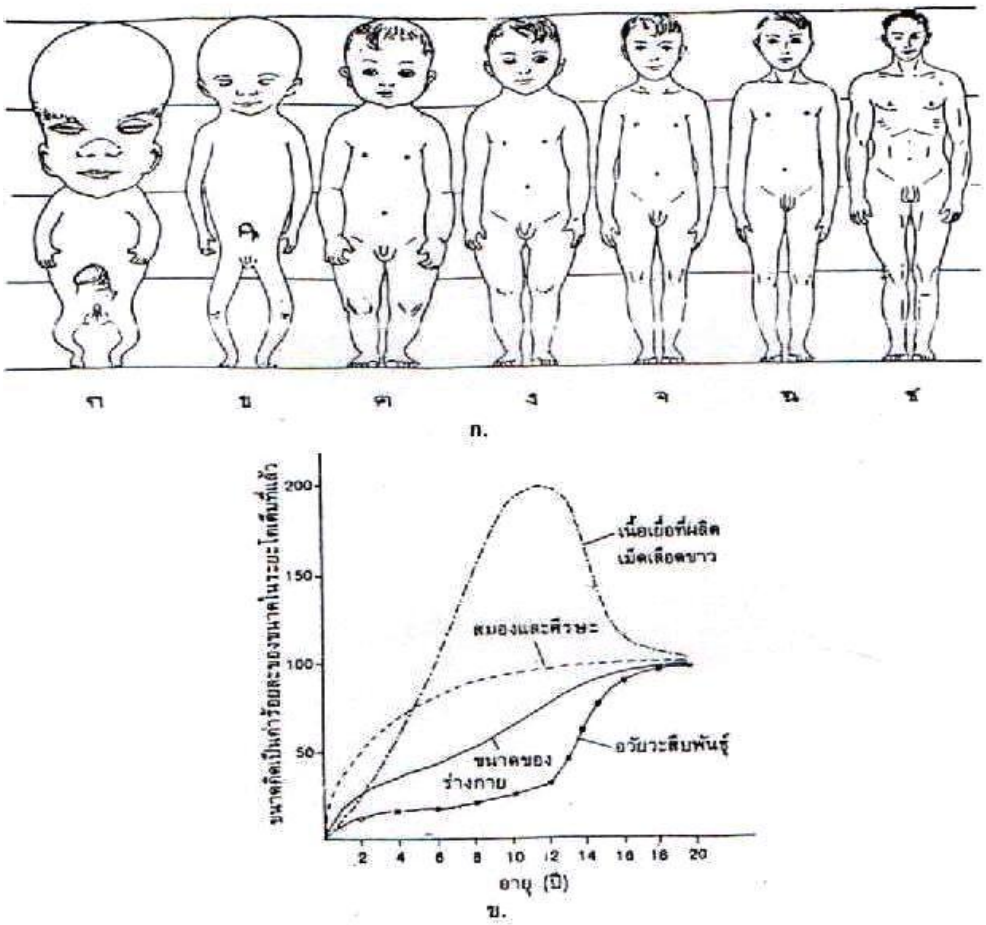
3. การเจริญเติบโตของมนุษย์ระยะหลังคลอด

การเจริญเติบโตของมนุษย์ระยะหลังคลอดมีอัตราการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ในช่วงระยะของการตั้งครรภ์กินเวลาประมาณ 280 วัน นับจากวันที่มีประจำเดือนครั้งสุดท้าย โดยส่วนใหญ่ส่วนศีรษะของทารกจะออกมาก่อน หลังจากคลอดออกมาประมาณ 1 นาที ทารกจะเริ่มหายใจและติดตามด้วยเสียงร้อง

3.2 ถ้ามีการคลอดหลังจากอยู่ในท้องได้เพียง 6 เดือน อาจเลี้ยงรอดชีวิตได้แต่ต้องเลี้ยงไว้ในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิในร่างกายของแม่ และมีเครื่องช่วยหายใจด้วย

3.3 ช่วงระยะนี้พบว่าส่วนใหญ่จะเป็นการเพิ่มความสูงและน้ำหนักของร่างกาย ซึ่งอัตราส่วนการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 2.75



รูปที่ 2.75 อัตราส่วนการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่เท่ากัน

ก การเปรียบเทียบสัดส่วนของร่างกายเมื่อเจริญเติบโตในระยะเวลาต่าง ๆ

ข กราฟแสดงการเจริญเติบโตของโครงสร้างบางชนิดของมนุษย์ในระยะหลังคลอด

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 221)

จากรูปจะพบว่าสมองและศีรษะมีการเจริญเติบโตในตอนแรกมาก แต่ในระยะหลังจะมีการเจริญเติบโตน้อย ในขณะที่อยู่ในระยะฟีตัส (Fetus) จะมีส่วนหัวใหญ่ แต่ส่วนขาจะสั้น แต่เมื่อคลอดออกมาแล้วส่วนขาก็เริ่มขยายยาวขึ้น เมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นส่วนขาก็จะค่อย ๆ ยาวขึ้น ทำให้อัตราส่วนของขาและลำตัวใกล้เคียงกันมากและได้สัดส่วนกันด้วย ดังนั้นในระยะหลังคลอดศีรษะจะมีอัตราการเพิ่มขนาดน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับขาและลำตัวโดยเฉพาะขาจะมีอัตราการเพิ่มขนาดมากที่สุด

4. โครงสร้างของเอ็มบริโอของมนุษย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๆ ดังนี้

4.1 ถุงไข่แดง (Yolk sac)

4.1.1 มีขนาดเล็กมาก เพราะไม่มีไข่แดงบรรจุอยู่และไม่ได้ให้อาหารแก่เอ็มบริโอ

4.1.2 ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงให้แก่ทารก

4.2 ถุงน้ำคร่ำ (Amnion)

4.2.1 เป็นเยื่อหุ้มชั้นในสุด มีลักษณะบางใส ภายในช่องว่างมีน้ำคร่ำ (Amniotic fluid) บรรจุอยู่ซึ่งน้ำคร่ำนี้จะป้องกันไม่ให้เอ็มบริโอติดถุงน้ำคร่ำ

4.2.2 ช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนให้กับเอ็มบริโอ

4.2.3 ปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับเอ็มบริโอ

4.2.4 ช่วยให้เอ็มบริโอเคลื่อนไหวและเปลี่ยนทิศทางได้สะดวก

4.2.5 ในขณะคลอด เมื่อถุงน้ำคร่ำแตกน้ำคร่ำจะช่วยหล่อลื่นช่องทางที่ทารกจะคลอด

4.3 รก (Placenta)

4.3.1 เป็นบริเวณติดต่อกับแม่เพื่อรับอาหาร แลกเปลี่ยนก๊าซและของเสีย สารที่จะแลกเปลี่ยนกันใช้หลักการแพร่ ระหว่างเส้นเลือดฝอยด้วยกันเอง

4.3.2 เป็นเนื้อเยื่อ ที่มีเส้นเลือดฝอยของแม่กับเอ็มบริโอมาพบกัน แต่เส้นเลือดของแม่กับลูกไม่ได้เชื่อมต่อกัน ดังนั้นเลือดจึงผสมกันไม่ได้

4.4 สายสะดือ (Umbilical cord)

4.4.1 เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างเอ็มบริโอกับรก

4.4.2 มีลักษณะเป็นสายยาวประมาณ 50 – 60 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร บิดเป็นเกลียวเกาะอยู่ตรงกลางรก ภายในประกอบด้วยเส้นเลือด 3 เส้น เป็นเส้นเลือดอาร์เตอรี (Umbilical artery) 2 เส้น เส้นเลือดเวน (Umbilical vein) 1 เส้น และ แอลแลนทอยส์ ซึ่งตอนหลังจะเหี่ยวลีบไปดังนี้

1. เส้นเลือดอาร์เตอรี มีหน้าที่รับเลือดจากเส้นเลือดเออร์ตา (Aorta) ซึ่งอยู่ทางด้านหลังของเอ็มบริโอ (Embryo) อย่างไรก็ตามเส้นเลือดทั้งสองเส้นเป็นเส้นเลือดที่มีออกซิเจนต่ำ จึงต้องนำเลือดไปแลกเปลี่ยนก๊าซที่รก (Placenta) เพราะปอดของเอ็มบริโอยังไม่ทำงาน

2. เส้นเลือดเวน มีหน้าที่รับเลือดที่แลกเปลี่ยนก๊าซที่รกแล้วมาเข้าสู่หัวใจของเอ็มบริโอ จึงเป็นเส้นเลือดที่มีออกซิเจนสูง

4.5 แอลแลนทอยส์ (Allantois)

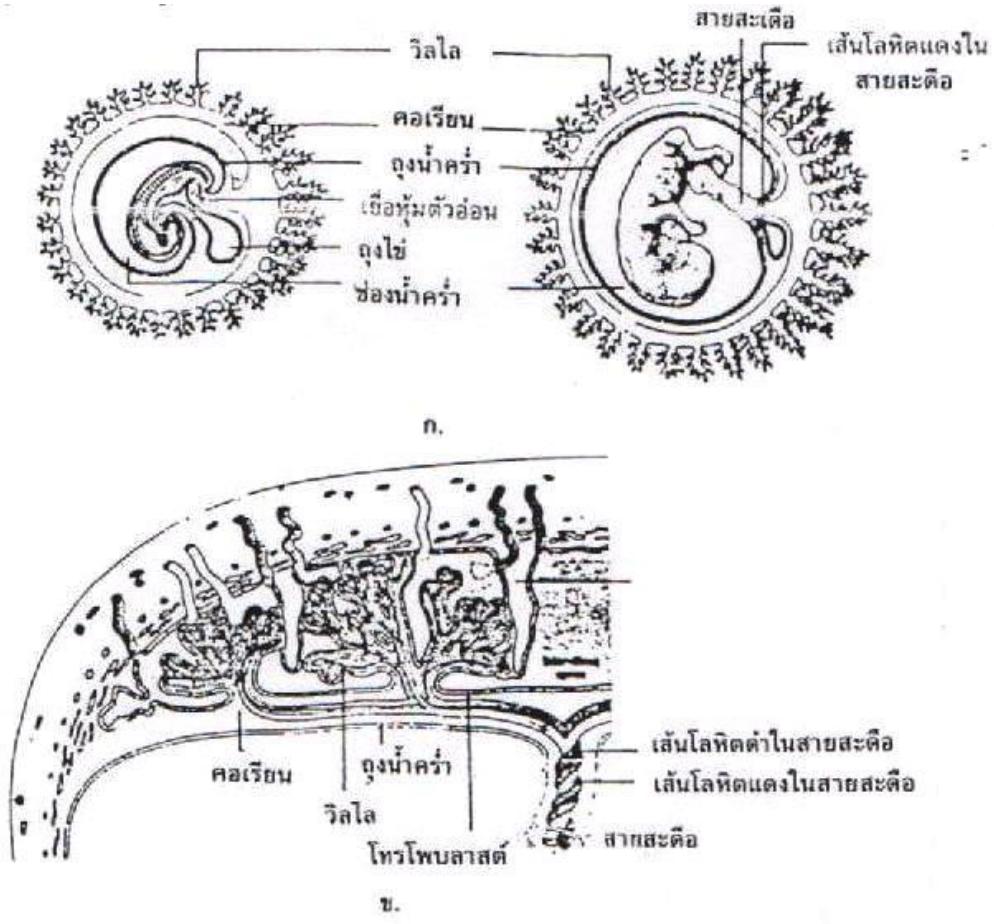
4.5.1 ในเอ็มบริโอของมนุษย์แอลแลนทอยส์ไม่ได้ทำหน้าที่เก็บสะสมของเสียเหมือนพวกสัตว์ปีกและสัตว์เลื้อยคลาน

4.5.2 ของเสียและก๊าซสามารถผ่านแอลแลนทอยส์เข้าสู่รกได้

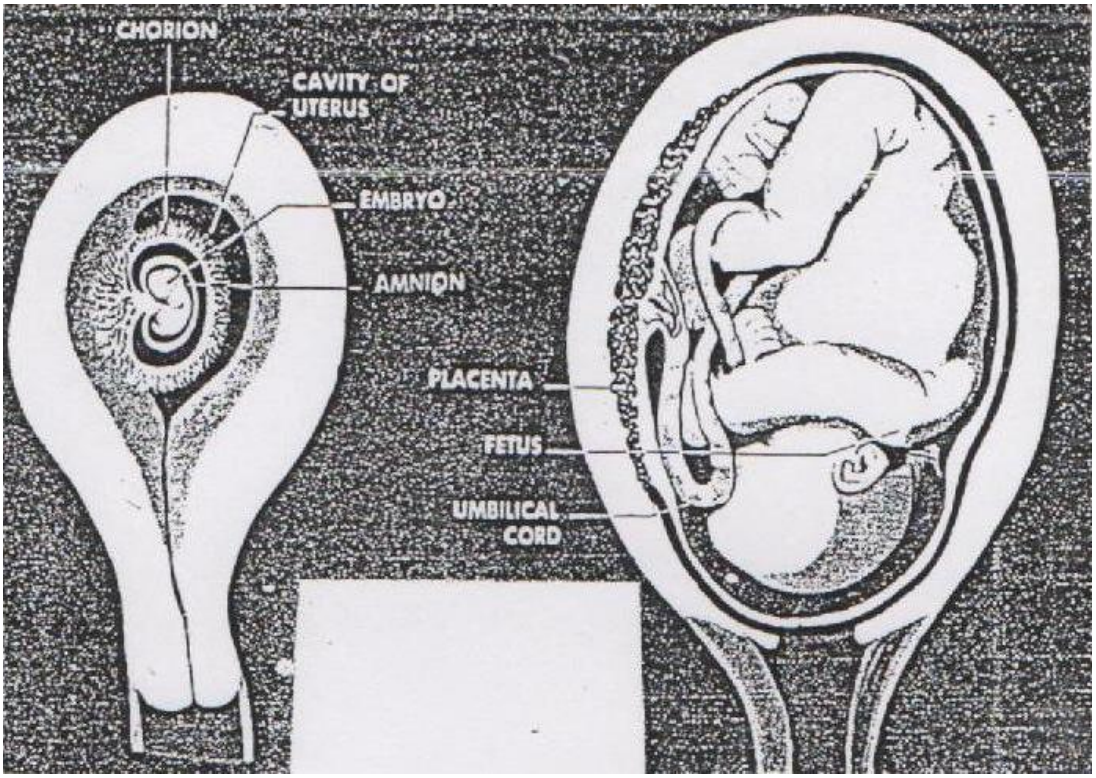
4.5.3 ผนังของแอลแลนทอยส์สามารถสร้างเส้นเลือดได้ในช่วง 2 เดือนแรกของการเจริญเติบโต ซึ่งภายหลังจะเป็นเส้นเลือดในสายสะดือ

4.6 คอเรียน (Chorion)

4.6.1 เป็นเยื่อหุ้มรอบเอ็มบริโอ บางส่วนของคอเรียนจะยื่นเข้าไปในผนังมดลูกและเนื้อเยื่อบางส่วนของผนังมดลูกที่ยื่นเข้ามาในคอเรียน ทำให้เนื้อเยื่อของมดลูกกับคอเรียนประสานกันอย่างสนิท ตามรูปที่ 2.76 และ 2.77



รูปที่ 2.76 ก โครงสร้างของเอ็มบริโอ
ข การไหลเวียนของโลหิตและเส้นโลหิตในรก
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 222 - 223)



รูปที่ 2.77 ลักษณะและโครงสร้างต่าง ๆ ของเอ็มบริโอขณะอยู่ในครรภ์ของแม่
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 224)

5. สภาวะบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์

5.1 สภาวะโภชนาการของหญิงมีครรภ์ เนื่องจากเซลล์ไข่ของคนนั้นมีไข่แดงปริมาณน้อยมาก เอ็มบริโอและฟีตัสจึงได้รับอาหารจากแม่โดยผ่านทางรก ผู้ที่เป็นแม่จึงต้องบริโภคอาหารให้ครบถ้วนและพอเพียงต่อความต้องการ เช่น

5.1.1 บริโภคอาหารที่มีสารอาหารครบ และมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการในสภาพตั้งครรภ์ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามิน โดยเฉพาะโปรตีนที่มีกรดอะมีโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ความต้องการโปรตีนของหญิงมีครรภ์จะมากกว่าปกติในระยะ 3 เดือนก่อนคลอด ถ้าขาดโปรตีนในช่วง 3 เดือนนี้ จะทำให้การเจริญของระบบประสาทของทารกผิดปกติ นอกจากนี้ยังมีความต้องการอาหารที่มีแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นด้วย ด้วยเหตุนี้หญิงมีครรภ์ที่มีนิสัยการบริโภคไม่ถูกต้อง เช่น ไม่บริโภคผัก เนื้อสัตว์ หรือมีความเชื่อที่ผิด ๆ เกี่ยวกับเรื่องอาหารก็อาจมีผลทำให้ทารกที่เกิดมาไม่สมบูรณ์ หรือมีระดับสติปัญญาต่ำกว่าปกติ

5.2 พลังงานที่ได้รับจากอาหารมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักของหญิงมีครรภ์ การเพิ่มน้ำหนักตั้งแต่ตั้งครรภ์จนถึงคลอดไม่ควรเพิ่มมากกว่าร้อยละ 25 ของน้ำหนักเดิมก่อนตั้งครรภ์แต่ถ้ามีน้ำหนักลดลงหรือไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อตั้งครรภ์ได้ 6 เดือน น้ำหนักของทารกจะน้อยกว่าปกติและมีโอกาสที่จะคลอดก่อนกำหนดได้ ดังนั้นหญิงมีครรภ์จึงควรได้รับพลังงานจากอาหารวันละประมาณ 2,300 กิโลแคลอรี

5.3 สภาวะที่หญิงมีครรภ์ได้รับสารเคมีต่าง ๆ เชื้อโรค รังสี ตลอดจนก๊าซพิษต่าง ๆ อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของทารกได้ ตัวอย่างเช่น

5.3.1 หญิงมีครรภ์ในระยะต้น (ระยะ 2 เดือนแรก) หากได้รับสารเทอราโทเจน (Teratogens) จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอวัยวะผิดปกติ เช่น ยากล่อมประสาทพวกทาลิโดไมด์ (Thalidomide) เป็นต้น

5.3.2 สารต่าง ๆ ที่ได้จากการดื่มสุรา และการสูบบุหรี่ อาจมีผลต่อการเจริญของอวัยวะผิดปกติได้และอาจก่อให้เกิดอาการแท้ง

5.3.3 หญิงที่ตั้งครรภ์ในระยะต้น ๆ หากได้รับเชื้อหัดเยอรมัน จะทำให้การเจริญเติบโตของหัวใจ เลนส์ตา หูส่วนใน และสมองของเอ็มบริโอผิดปกติได้

5.3.4 การได้รับรังสีเอกซ์ (X-rays) มากเกินไป อาจจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอได้

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 224 - 225)

2.3.16 ระบบประสาทของมนุษย์

กระบวนการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายของสัตว์ชั้นสูงทั่วไปและมนุษย์จะสามารถทำงานได้โดยปกตินั้น ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบประสาท (Nervous system) และระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine system) สร้างฮอร์โมนขึ้นมาทำหน้าที่ควบคุมและติดต่อประสานการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายเข้าด้วยกันซึ่งเรียกรวมกันว่าระบบประสานงาน (Co – ordinating system) ระบบประสาทนี้มีเฉพาะในสัตว์และมนุษย์ เพื่อรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือตัวกระตุ้น (Stimulus) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมภายในและสิ่งแวดล้อมภายนอก ความสามารถนี้มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการอยู่รอด เช่น การเข้าถึงแหล่งอาหาร การหลบหลีกอันตรายต่าง ๆ การกำจัดศัตรู การสื่อสาร การสืบพันธุ์ ฯลฯ ความสามารถในการรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดลักษณะโครงสร้างของร่างกาย และวิถีการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ

ระบบประสาทของสัตว์มีวิวัฒนาการโดยเริ่มจากระบบประสาทที่มีเซลล์กระจายอยู่ทั่วร่างกาย มาเป็นแบบที่มีการรวมตัวของเซลล์ประสาทเป็นอวัยวะ และพัฒนาศูนย์ควบคุมของระบบประสาทให้อยู่ที่หัว ดังนั้นสัตว์ที่มีวิวัฒนาการสูงขึ้นจะมีจำนวนเซลล์ประสาทภายในร่างกายเพิ่มมากขึ้นตามลำดับและมีการเปลี่ยนตำแหน่งจากระบบประสาทที่อยู่ทางด้านท้อง (Ventral) มาอยู่ทางด้านหลัง (Dorsal) สำหรับมนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีระบบประสาทที่พัฒนามาก จะมีศูนย์ควบคุมการทำงานอยู่ที่ระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งประกอบด้วยสมอง (Brain) และไขสันหลัง (Spinal cord) อวัยวะส่วนนี้ประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมาก เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์นั้นจะประกอบด้วยตัวเซลล์และใยประสาทที่แยกออกจากตัวเซลล์ (Cell processes) มีปมประสาทและเส้นประสาทแยกออกจากสมองและไขสันหลัง

1. เซลล์ประสาท (Neuron or Nerve cell)

1.1 โครงสร้างของเซลล์ประสาท

เซลล์ประสาทเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของระบบประสาทที่สามารถทำงานได้ เจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อชั้นเอกโทเดิร์ม (Ectoderm) มีลักษณะแตกต่างจากเซลล์อื่น ๆ ในร่างกายและมีขนาดรูปร่างต่าง ๆ กันแต่ละเซลล์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวเซลล์ (Cell body or Perikaryou) และส่วนของไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ที่ยื่นเป็นแขนงออกไปจากตัวเซลล์ซึ่งเรียกว่าใยประสาท (Nerve fiber)

1.1.1 ตัวเซลล์ (Cell body or Perikaryonu) มีลักษณะรูปร่างหลายแบบ เช่น กลม รี หรือเป็นเหลี่ยม ขนาดของตัวเซลล์มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4-25 ไมโครเมตร ประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่กลางเซลล์และไซโตพลาสซึม รวมทั้งออร์แกแนลชนิดต่าง ๆ เหมือนเซลล์ทั่วไป เช่น ไมโทคอนเดรีย กอลจิคอมเพลกซ์ ไรโบโซม ร่างแหเอนโดพลาซึม ไลโซโซม เป็นต้น และพบว่ามีบางบริเวณในไซโตพลาสซึมของเซลล์ประสาทมีลักษณะจำเพาะและไม่พบในเซลล์อื่นๆเรียกว่า นิสเซินบอดี (Nissl body) ซึ่งเป็นส่วนของไซโต พลาสซึมที่มีลักษณะซับซ้อนของกรดนิวคลีอิคและโปรตีน (Ribonucleoprotein) และร่างแหเอนโดพลาซึมกับไรโบโซม ซึ่งทำหน้าที่สร้างโปรตีนจำเพาะบางชนิดที่ใช้ในการทำงานของเซลล์ประสาท

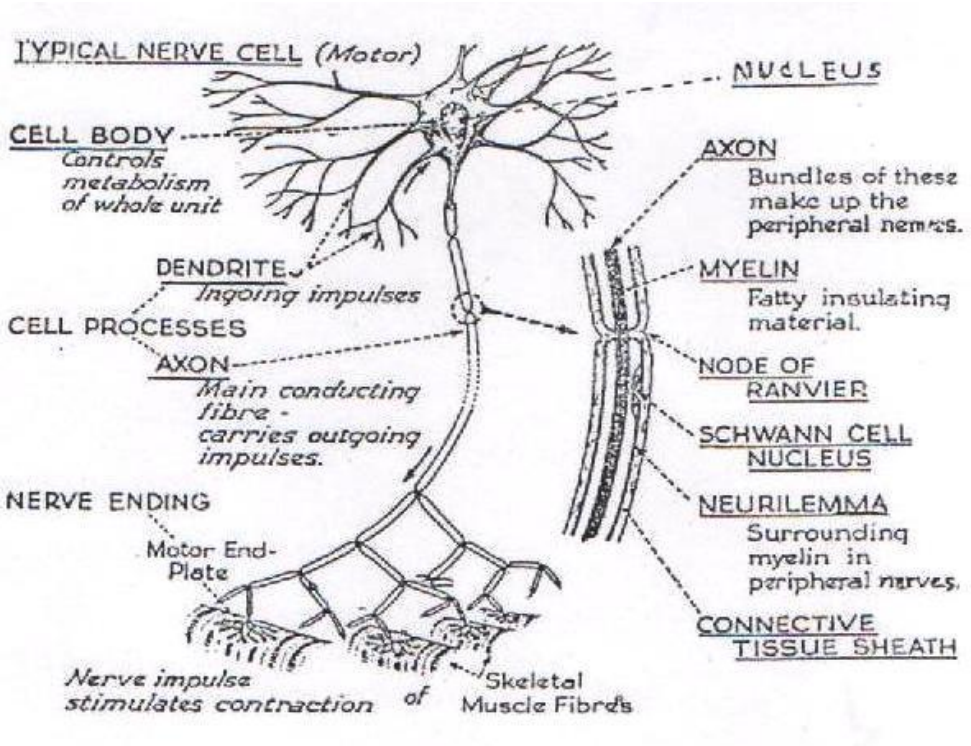
1.1.2 ใยประสาท (Nerve fiber) เป็นส่วนของไซโตพลาสซึมของเซลล์ที่ยื่นออกจากตัวเซลล์มีลักษณะเป็นแขนงเล็ก ๆ มีความยาวต่าง ๆ กัน ตามตำแหน่งที่อยู่และหน้าที่ใยประสาทตามทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เดนไดรต์ (Dendrite) คือส่วนที่ยื่นออกจากตัวเซลล์เป็นใยเดียวหรือหลายใยเป็นเส้นสั้น ๆ ทำหน้าที่รับกระแสประสาทเข้าสู่ตัวเซลล์

2. แอกซอน (Axon) คือส่วนที่ยื่นออกจากตัวเซลล์เพียงใยเดียวเท่านั้น แอกซอนเส้นที่ยาว ๆ จะมีเยื่อของเซลล์ชวาน (Schwann cell) เรียกว่าใยไมอีลิน (Myelin sheath) หุ้มอยู่ทำหน้าที่

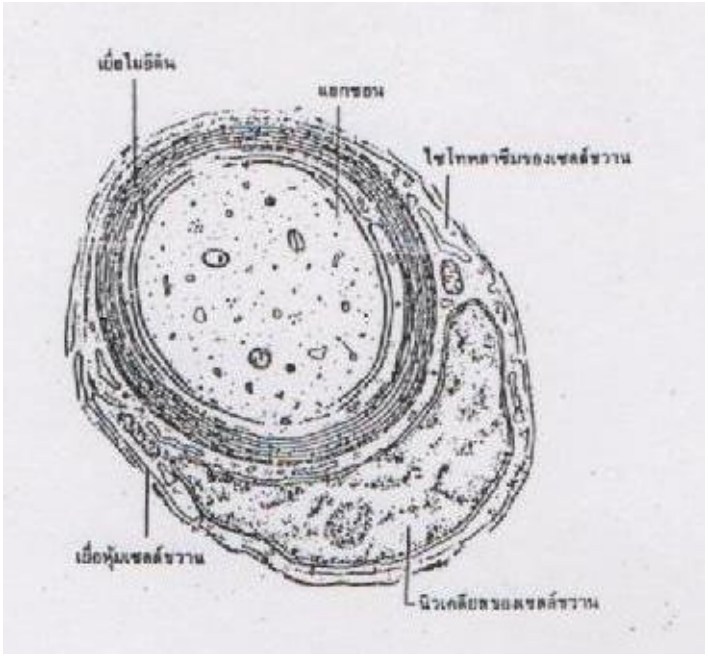
ส่งกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์ แอกซอนอาจมีเยื่อไมอีลินหุ้มอยู่หรือไม่มีก็ได้ แต่ถ้าแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะมีเปลือกหุ้ม 2 ชั้น ชั้นนอกเรียกว่านิวริเล็มมา (Neurilemma) ส่วนชั้นในเป็นแผ่นเยื่อไมอีลิน (Myelin sheath)

จากการศึกษาโครงสร้างของเยื่อไมอีลิน พบว่าประกอบด้วยสารประเภทไขมัน (Phospholipid) และโปรตีน ซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี และจากการศึกษาวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนก็พบว่าเซลล์ชวานติดต่อกับเยื่อไมอีลิน และยังคงมีส่วนบาง ๆ ที่ติดต่อถึงกันอยู่แสดงว่าเยื่อไมอีลินเกิดจากเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ชวานที่พันรอบแอกซอนซ้อนกันแน่นหลายชั้นทำให้เห็นเป็นปลอกหนา เนื่องจากแอกซอนมีความยาวจึงต้องมีเซลล์ชวาน (Schwann cell) หุ้มต่อกันหลายเซลล์ ตรงบริเวณรอยต่อของเซลล์ชวานแต่ละเซลล์เรียกว่า โนดออฟแรนเวียร์ (Node of ranvier) จึงเป็นบริเวณที่ไม่มีเยื่อไมอีลิน ช่วงห่างของโนดออฟเรนเวียร์และความหนาของแผ่นเยื่อไมอีลินแปรผันตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแอกซอน กล่าวคือ แอกซอนที่มีขนาดใหญ่จะมีแผ่นเยื่อไมอีลินหนา และช่วงห่างของโนดออฟแรนเวียร์กว้างตามรูปที่ 2.78 และ 2.79



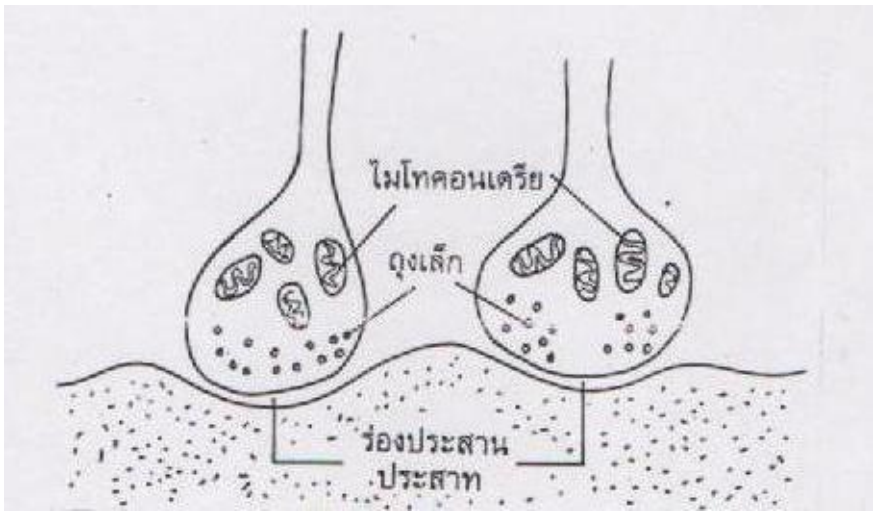
รูป 2.78 โครงสร้างของเซลล์ประสาท

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 8)



รูปที่ 2.79 ภาคตัดขวางของแอกซอนบริเวณที่มีเซลล์ชวานหุ้ม
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 9)

นอกจากแอกซอนจะมีเยื่อไมอีลินหุ้มอยู่ที่ปลายของแอกซอนแล้วยังมีลักษณะพิเศษ กล่าวคือ บริเวณปลายแอกซอนจะพองออกมีลักษณะคล้ายถุงภายในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นถุงเล็ก ๆ ซึ่งภายในบรรจุสารเคมี เรียกว่าสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) และมีไมโทคอนเดรีย เป็นจำนวนมาก ตามรูปที่ 2.80

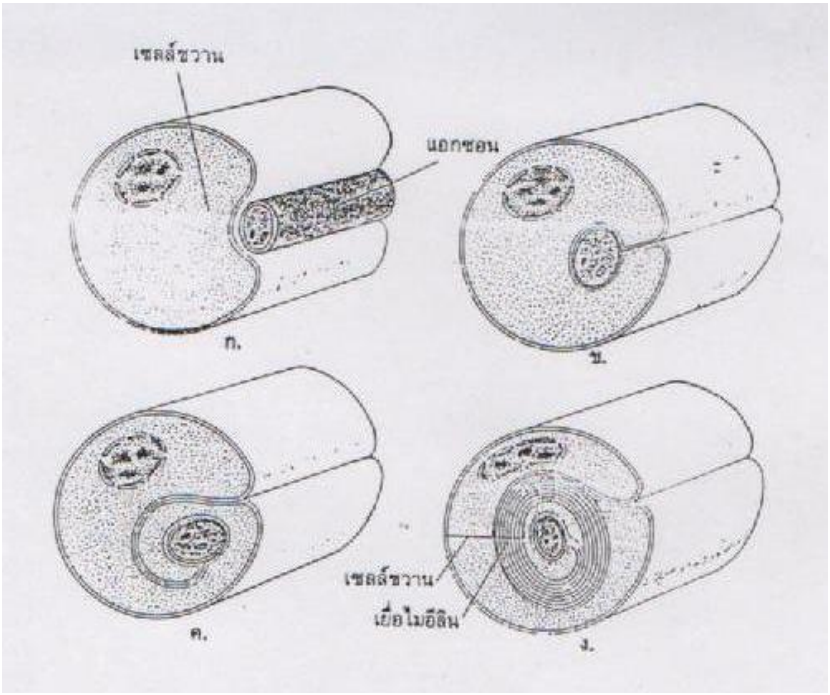


รูปที่ 2.80 ส่วนปลายของแอกซอนที่พองออกต่อกับส่วนเดนไดรต์ของอีกเซลล์หนึ่ง
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 9)

1.2 การเกิดเยื่อไมอีลินหุ้มแอกซอน

ในขณะที่ยังเป็นตัวอ่อนหรือเอ็มบริโอ (Embryo) ในครรภ์ของแม่เซลล์ประสาทยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ ใยประสาทเส้นที่ยาว ๆ ยังไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มมีแต่เซลล์ชวาน การนำกระแสประสาทจึงยังไม่ดีและไม่รวดเร็วต่อมาส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ชวานจะม้วนตัวหลาย ๆ ครั้งหุ้มแอกซอน ดังนั้นเยื่อไมอีลินก็คือเยื่อหุ้มเซลล์ชวานนั้นเอง

สัตว์และมนุษย์เมื่อโตเต็มที่แล้วจะมีทั้งเซลล์ประสาทที่มีเยื่อไมอีลินและไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม เซลล์ประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม (Myelinated neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่สามารถส่งกระแสประสาทได้อย่างรวดเร็ว ตามปกติกระแสประสาทในแอกซอนที่หุ้มด้วยเยื่อไมอีลินจะเคลื่อนที่ได้ถึง 120 เมตรต่อวินาที เช่น เซลล์ประสาทรับความรู้สึกเกี่ยวกับการทรงตัว หรือเซลล์ประสาทสั่งการที่จะต้องบงการให้เซลล์ของกล้ามเนื้อหดตัวอย่างรวดเร็วเพื่อการทรงตัวหรือเคลื่อนไหว ส่วนเซลล์ประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม (Unmyelinated neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่ส่งกระแสหรือสั่งการที่มีอัตราเคลื่อนที่ของกระแสประสาทช้า กล่าวคือ แอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มกระแสประสาทจะมีความเร็วเพียง 12 เมตรต่อวินาที เช่นเซลล์ของระบบประสาทซิมพาเทติกซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะ เช่น ปอด หัวใจ กระเพาะอาหารให้ทำงานอยู่ตลอดเวลา ตามรูปที่ 2.81



รูปที่ 2.81 การเกิดเยื่อไมอีลิน

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 10)

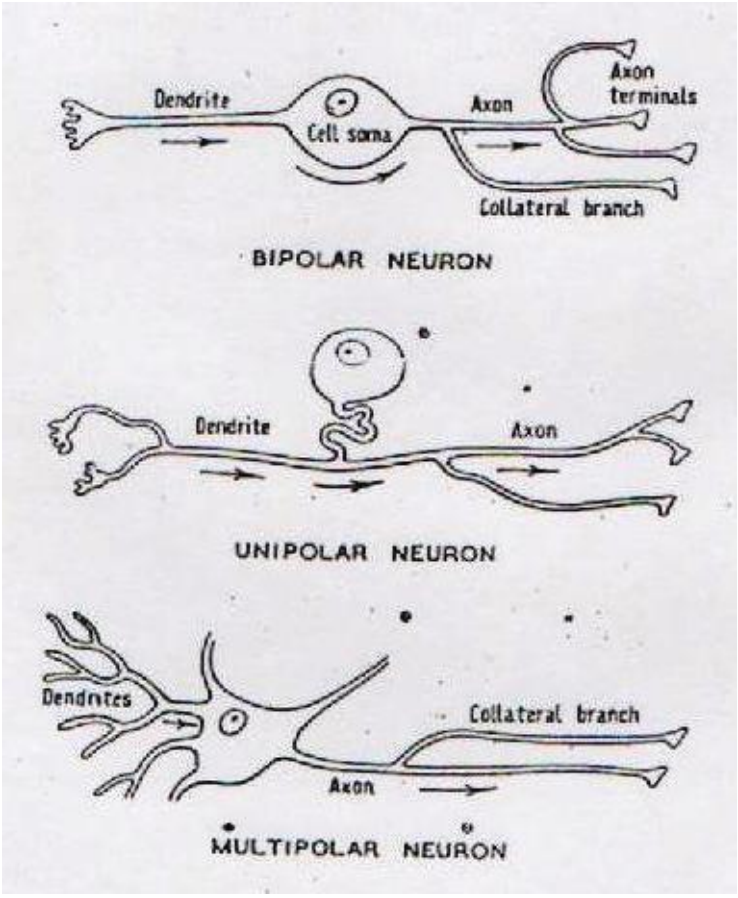
1.3 ชนิดของเซลล์ประสาท

เซลล์ประสาทมีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันรวมทั้งหน้าที่ก็แตกต่างกันด้วย ถ้าพิจารณาจากรูปร่างตรงตำแหน่งที่จำนวนใยประสาทแยกออกจากตัวเซลล์สามารถจำแนกออกได้ 3 ประเภท คือ

1.3.1 เซลล์ประสาทขั้วเดียว (Unipolar neuron) คือเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทแยกออกจากตัวเซลล์เพียงเส้นเดียวแล้ว จึงแยกออกไปทำหน้าที่เป็นแอกซอนและเดนไดรต์ ซึ่งมักจะมีเดนไดรต์ยาวกว่าแอกซอน ในสัตว์ชั้นสูงและมนุษย์จะพบเซลล์ประเภทนี้ได้บริเวณปมประสาทด้านบนของไขสันหลัง (Dorsal root ganglia of spinal cord)

1.3.2 เซลล์ประสาทสองขั้ว (Bipolar neuron) คือเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทแยกออกจากตัวเซลล์สองเส้น เส้นหนึ่งทำหน้าที่เป็นแอกซอน และอีกเส้นหนึ่งทำหน้าที่เป็นเดนไดรต์ทั้งแอกซอนและเดนไดรต์จะมีความยาวใกล้เคียงกัน เซลล์ประสาทประเภทนี้ส่วนใหญ่ทำหน้าที่ในการรับรู้ความรู้สึก เช่นเซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่พบในเรตินา (Retina) ของตา ที่คอเคลีย (Cochlea) ภายในหูและเยื่อบุรับกลิ่น (Olfactory membrane) ที่จมูก

1.3.3 เซลล์ประสาทหลายขั้ว (Multipolar neuron) คือเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทแยกออกจากตัวเซลล์มากกว่าสองเส้นขึ้นไปหรือมีหลายเส้นนั้นเอง โดยมีเส้นยาวเส้นหนึ่งทำหน้าที่เป็นแอกซอนและเส้นสั้นที่เหลือทั้งหมดทำหน้าที่เป็นเดนไดรต์ เซลล์ประสาทประเภทนี้จะพบในระบบประสาทกลาง (Central nervous system = CNS) เป็นส่วนใหญ่ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะที่อยู่ในอำนาจจิตใจซึ่ง ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย (Striated muscle or skeletal muscle) เช่น กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อขา และกล้ามเนื้อลำตัว ระบบประสาทกลางนี้ประกอบด้วยสมอง (Brain) ไขสันหลัง (Spinal cord) เส้นประสาทสมอง (Cranial nerve = CN) และเส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal nerve = SN) เส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลังรวมกันเรียกว่าระบบประสาทรอบนอก (Peripheral nervous system = PNS) ตามรูปที่ 2.82



รูปที่ 2.82 การจำแนกชนิดของเซลล์ประสาทตามลักษณะใยประสาทที่ยื่นออกจากตัวเซลล์และการรับส่งกระแสประสาทตามทิศทางในเครื่องหมายลูกศร
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 11)

โดยทั่วไปเซลล์ประสาทขั้วเดียวหรือสองขั้วจะทำหน้าที่เป็นเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory neuron) นำกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึก เช่น ความรู้สึกบริเวณผิวหนังเข้าไขสันหลังและสมอง ส่วนเซลล์ประสาทหลายขั้วทำหน้าที่เป็นเซลล์ประสาทสั่งการ (Mortor neuron) รับคำสั่งจากสมองหรือไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติการ ซึ่งได้แก่ กล้ามเนื้อยึดกระดูก เป็นต้น บางเซลล์ก็ทำหน้าที่เป็นเซลล์ประสาทประสานงาน (Association neuron) ดังนั้น ถ้าพิจารณาตามหน้าที่การทำงานสามารถจำแนกออกได้ 3 ประเภท คือ

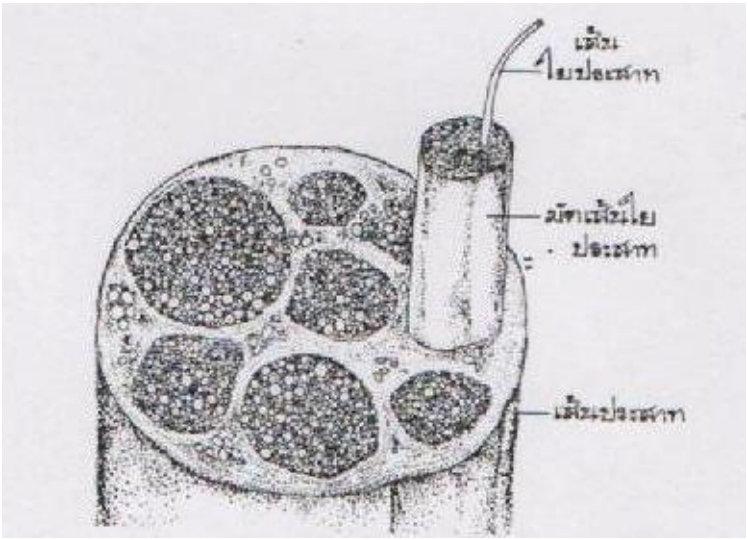
1. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีเดนไดรต์ต่ออยู่กับอวัยวะรับสัมผัสหรือหน่วยรับความรู้สึก (Sensory receptor) เช่น ตา หู จมูก ผิวหนัง และมีแอกซอนต่ออยู่กับเซลล์ประสาทอื่น ทำหน้าที่ส่งกระแสความรู้สึกเข้าสู่สมองหรือไขสันหลัง

2. เซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีเดนไดรต์ต่ออยู่กับเซลล์ประสาทอื่นและมีแอกซอนต่ออยู่กับหน่วยปฏิบัติการซึ่งได้แก่กล้ามเนื้อยึดกระดูก ต่อมมีท่อ ต่อมไร้ท่อ เป็นต้น

ทำหน้าที่รับคำสั่งจากสมองหรือไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติการ (Effector organs) เพื่อควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ

3. เซลล์ประสาทประสานงาน (Association neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีเดนไดรต์ ต่อกับแอกซอนของเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และมีแอกซอนต่อกับเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทสั่งการทำหน้าที่ประสานเชื่อมโยงกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และ เซลล์ประสาทสั่งการซึ่งพบอยู่ในระบบประสาทกลาง

จากการศึกษาพบว่าตัวเซลล์และใยประสาทของเซลล์ประสาทอยู่ภายในสมองและไขสันหลัง ตัวเซลล์ของเซลล์ประสาทรับความรู้สึกจะอยู่ที่สมองและปมประสาท และตัวเซลล์ของเซลล์ประสาทสั่งการจะอยู่ที่สมองและไขสันหลัง ส่วนใยประสาทของเซลล์รับความรู้สึกและเซลล์ประสาท สั่งการจะอยู่รวมกันเป็นมัดและมัดใยประสาทหลาย ๆ มัดรวมกันเป็นเส้นประสาท ตามรูปที่ 2.83



รูปที่ 2.83 โครงสร้างของเส้นประสาทตัดตามขวาง
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 12)

2. การทำงานของเซลล์ประสาท

การทำงานของเซลล์ประสาทเป็นการนำกระแสประสาท (Nerve impulse) หรือเป็นการส่งสัญญาณประสาทที่มีการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemical reaction) ทุกส่วนของเซลล์ประสาทมีสมบัติเป็นแหล่งกำเนิดของกระแสประสาทเกิดกระแสประสาทเมื่อได้รับสิ่งกระตุ้น สิ่งกระตุ้นอยู่ในรูปพลังงาน เช่น อุณหภูมิ หรือกระแสประสาท ตลอดจนสารเคมี จะไปกระตุ้นให้เซลล์ประสาทและมีการถ่ายทอดกระแสประสาทไปตามใยประสาทต่าง ๆ ทั่วทั้งเซลล์ประสาท และสู่ใยประสาทอื่น ๆ โดยผ่านไซแนปส์ (Synapse)

กระแสประสาทเมื่อเกิดแล้วจะเกิดโดยตลอดในอัตราที่สม่ำเสมอไม่สูญหายไป กล่าวคือ ถ้ากระตุ้นแรงเพียงพอก็จะเกิดการนำกระแสประสาทโดยตลอด ถ้าหากแรงไม่มากพอ ซึ่งต่ำกว่าระดับเธรชโฮลด์ (Threshold level) ก็จะไม่มีการนำกระแสประสาทเกิดขึ้น แต่ถ้าหากกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่มีความแรงมาก ๆ ก็ไม่ทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทั้งนี้เพราะการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทต้องอาศัยพลังงานจากกระบวนเมตาโบลิซึม (Metabolism) ของเซลล์ประสาทโดยตรงไม่ได้อาศัยพลังงานจากสิ่งเร้า

2.1 การเกิดกระแสประสาท (Nerve impulse)นับตั้งแต่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่า ระบบประสาทประกอบด้วยเส้นประสาทเกี่ยวโยงกันกับอวัยวะและส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ก็ได้มีการตั้งสมมุติฐานต่าง ๆ นานา เช่น ระบบประสาททำงานได้โดยส่งสัญญาณความรู้สึกที่ได้รับจากอวัยวะสัมผัสไปตามเส้นประสาท เซลล์ประสาททุกชนิดมีหน้าที่นำกระแสประสาท เป็นต้น ตลอดจนมีการศึกษาการเกิดกระแสประสาทและการเคลื่อนที่ของกระแสประสาท

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองโดยการนำเส้นประสาทที่ประกอบด้วยแอกซอนภายในจำนวนหลายเส้น มากระตุ้นปลายข้างหนึ่งของเส้นประสาทด้วยสัญญาณจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้สัญญาณที่ความเข้ม (Intensity) ปริมาณต่าง ๆ กัน และสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าที่วัดได้จากเส้นประสาท จะพบว่า

2.1.1 ถ้าใช้สัญญาณที่มีความเข้มต่ำเกินไป จะไม่พบว่ามีการตอบสนองหรือมีการเปลี่ยนอย่างไรเลย ความเข้มขนาดนี้เรียกว่า Subthreshold intensity หมายความว่า สัญญาณที่กระตุ้นมีความแรงน้อยเกินกว่าความไวของการรับที่เส้นประสาทแม้แต่แอกซอนเพียงหนึ่งเส้นจะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้

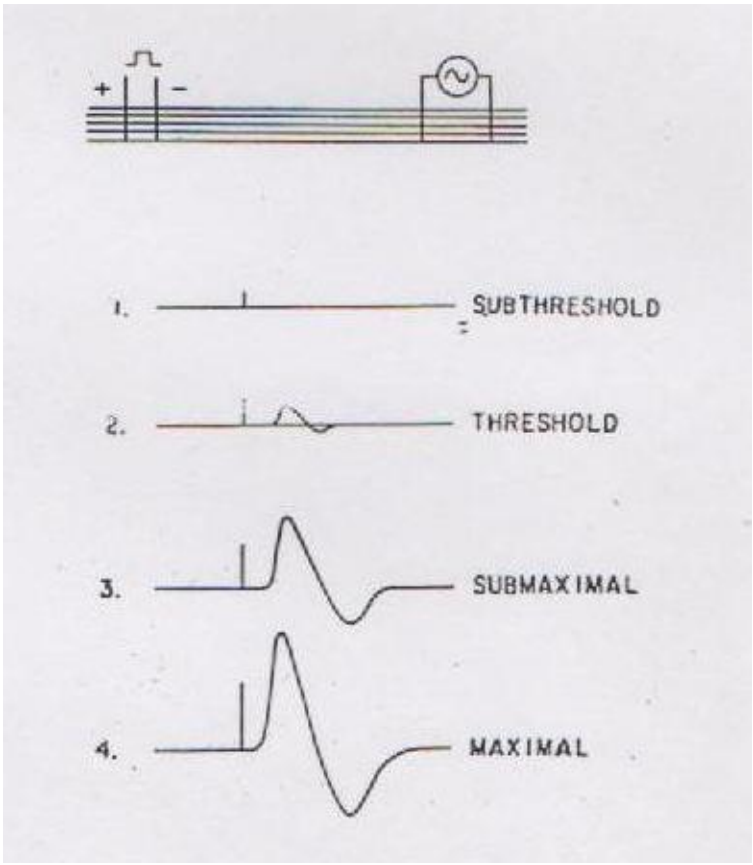
2.1.2 เมื่อเพิ่มความเข้มของสัญญาณที่ใช้กระตุ้นเพิ่มต่อไป จะเริ่มสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง ค่าความเข้มน้อยที่สุดที่ใช้กระตุ้นแล้วก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเส้นประสาท เรียกว่า Threshold intensity หมายความว่าเป็นความเข้มที่ทำให้เส้นแอกซอนในเส้นประสาทจำนวนน้อย ๆ จำนวนหนึ่งที่ไวต่อการกระตุ้นสูงเริ่มทำงานได้

2.1.3 ถ้าหากเพิ่มความเข้มของตัวกระตุ้นต่อไปอีก จะเห็นว่าขนาดของสัญญาณที่วัดได้หรือการเปลี่ยนแปลงเพิ่มตามไปด้วย ซึ่งเรียกค่าที่เกิน Threshold ไปนี้ว่า Submaximal intensity แสดงว่า สัญญาณกระตุ้นที่มีความเข้มมากขึ้นทำให้เส้นแอกซอนอื่นในเส้นประสาทที่มีความไวน้อยลงค่อย ๆ ถูกกระตุ้นพร้อม ๆ กันมากขึ้น

2.1.4 เมื่อเพิ่มความเข้มของสัญญาณจนถึงจุดหนึ่ง ถ้าเพิ่มค่าความเข้มต่อไปก็จะไม่พบการเพิ่มของขนาดสัญญาณประสาทที่วัดได้อีกต่อไป ค่าความเข้มนี้เรียกว่า Maximal intensity หมายความว่า ที่ค่าความเข้มนี้เส้นแอกซอนทุกเส้นในเส้นประสาทที่ถูกกระตุ้นได้ถูกกระตุ้นให้ทำงานพร้อมกันหมดแล้ว และให้การตอบสนองที่เต็มที่อยู่แล้ว จึงไม่อาจเพิ่มขนาดของสัญญาณที่วัดได้ต่อไป

การวัดสัญญาณแบบนี้จะใช้ตัวนำไฟฟ้า เรียกว่า อิเล็กโทรด (Electrode) ไปต่อเข้ากับผิวภายนอกของเส้นประสาท เป็นการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดบนผิวการเปลี่ยนแปลงที่เป็นคลื่นที่เกิดขึ้นภายหลังที่เกิดการกระตุ้นนี้ เรียกว่า แอคชันโพเทนเชียล (Action potential)

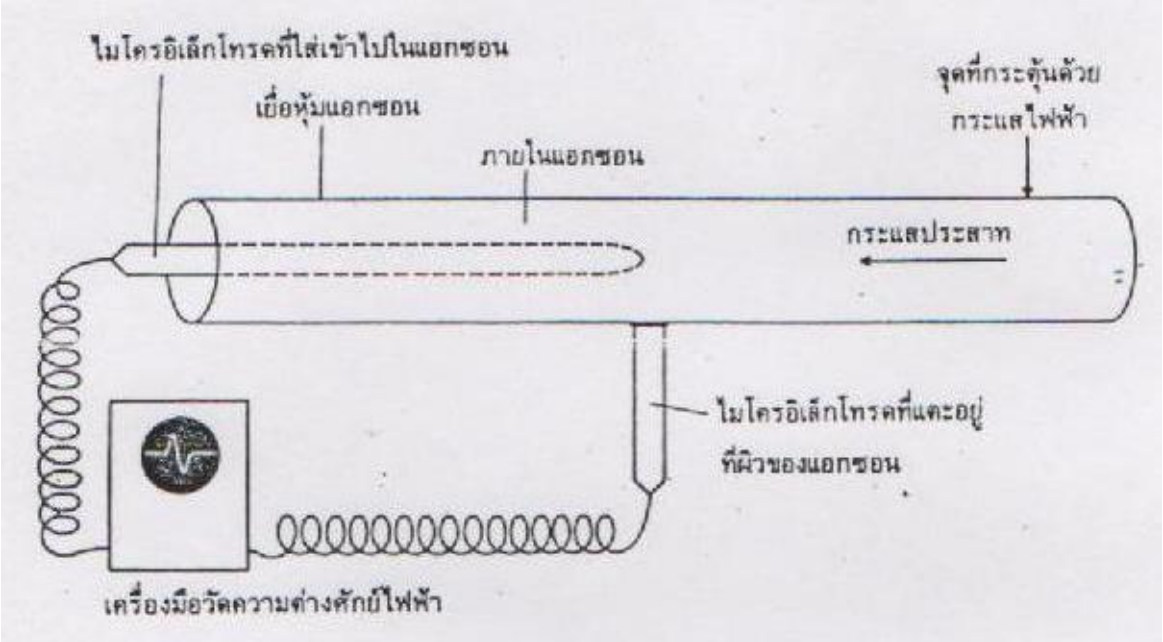
ดังนั้นความต่างศักย์ไฟฟ้า (Eiectrical potential difference) ระหว่างภายในและภายนอกของเซลล์ประสาทมีส่วนทำให้เกิดกระแสประสาท (Nerve impulse) ที่มีลักษณะเป็นคลื่นไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปในเซลล์ประสาทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ตามรูปที่ 2.84



รูปที่ 2.84 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าที่วัดได้จากเส้นประสาทที่มีแอกซอนหลายเส้นรวมกันอยู่เมื่อถูกกระตุ้นด้วยตัวกระตุ้นไฟฟ้า (Electrical stimuli) ที่มีความเข้มขนาดต่าง ๆ กัน
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 13 - 14)

2.2 การศึกษาที่ช่วยให้เข้าใจเรื่องนี้ได้ดียิ่งขึ้น เป็นผลจากการทดลองของฮอดจ์กิน (A.L. Hodgkin) และฮักซเลย์ (A.F. Huxley) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าไมโครอิเล็กโทรด (Microelectrode) ได้ทำการทดลองโดยสอดปลายข้างหนึ่งของไมโครอิเล็กโทรดเข้าไปในแอกซอนของเซลล์ประสาทของหมึก

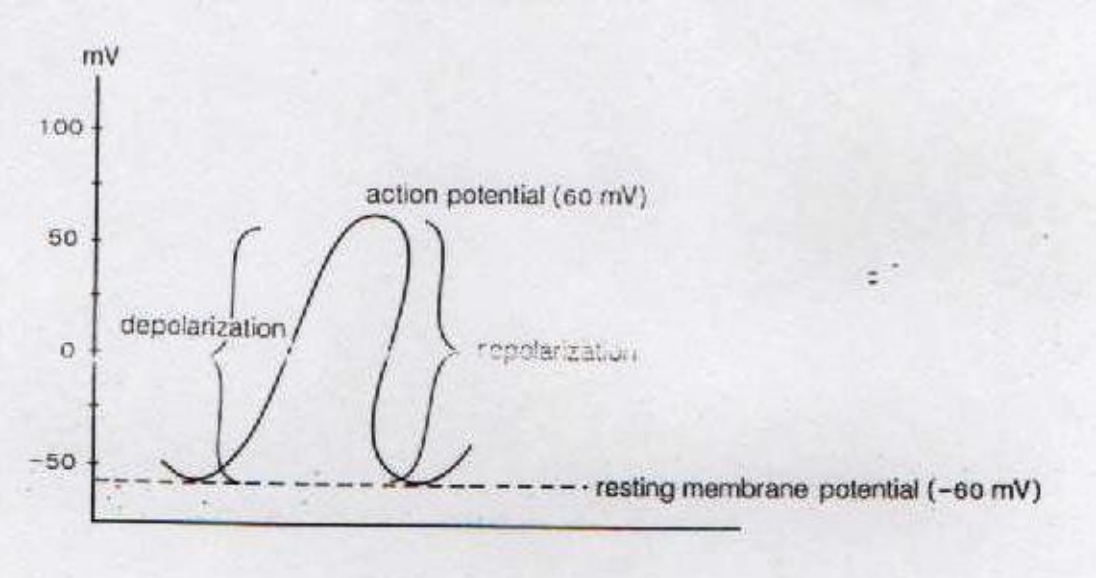
ซึ่งเป็นแอกซอนที่มีขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับเครื่องวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (Cathode ray oscilloscope หรือ CRO) ตามรูปที่ 2.85



รูปที่ 2.85 การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกและภายในของเส้นประสาทหมึก
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 15)

การทดลองโดยวิธีนี้ สามารถวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ประสาทของหมึกได้ว่ามีค่าเป็น -60 มิลลิโวลต์ (mV) แต่เมื่อมีการกระตุ้นที่จุดหนึ่งบนแอกซอนค่าความต่างศักย์จะเปลี่ยนเป็น 60 มิลลิโวลต์ แล้วค่าจะเปลี่ยนกลับมาเป็น -60 มิลลิโวลต์ตามเดิม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ประสาท พบว่า ในภาวะปกติขณะยังไม่ถูกกระตุ้น หรือไม่มีกระแสประสาทเคลื่อนที่ผ่าน สามารถวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ประสาทได้ค่าประมาณ -60 มิลลิโวลต์ (mV) ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในภาวะนี้ เรียกว่า เรสติงเมมเบรนโพเทนเชียล (Resting membrane potential) หรือ โพลาไรเซชัน (Polarization) เมื่อมีการกระตุ้นที่จุดหนึ่งบนแอกซอน ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะสูงขึ้นตามลำดับจนเป็น 60 มิลลิโวลต์ ระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้าในลักษณะที่สลับกับภาวะปกติ เรียกว่า ดีโพลาไรเซชัน (Depolarization) และเรียกค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (60 mV) นี้ว่า แอคชัน โพเทนเชียล (Action potential) แอคชันโพเทนเชียลนี้มีขนาดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเพิ่มค่าความเข้มของตัวกระตุ้น ต่อมาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนในที่สุดเป็น -60 mV หรือ เรสติงเมมเบรนโพเทนเชียลตามเดิม ระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงขั้วของไฟฟ้าในลักษณะกลับมาเหมือนภาวะปกติ เรียกว่า รีโพลาไรเซชัน (Repolarization) ตามรูปที่ 2.86



รูปที่ 2.86 การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าในเซลล์ประสาทก่อนและหลังการกระตุ้น (พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 16)

2.3 การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในเซลล์ประสาท

2.3.1 ภาวะปกติขณะเซลล์ประสาทยังไม่ถูกกระตุ้น

1. เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทมีสมบัติในการกั้นประจุไฟฟ้าได้ ทำให้ปริมาณประจุไฟฟ้าที่ผิวด้านนอกและผิวด้านในแตกต่างกัน โดยพบว่าในภาวะปกติขณะยังไม่ถูกกระตุ้นหรือไม่มีกระแสประสาทเคลื่อนที่ผ่าน สารละลายภายนอกและภายในเซลล์ประสาทมีประจุไฟฟ้าแตกต่างกัน โดยภายนอกเซลล์ประสาทมีประจุบวกและภายในเซลล์ประสาทมีประจุไฟฟ้าลบ ทั้งนี้เนื่องจากกระจายของไอออนไม่เท่ากันของโซเดียมและโพแทสเซียม โดยสารละลายภายนอกเซลล์มีโซเดียมไอออน (Na^+) สูงกว่าในเซลล์ ส่วนภายในเซลล์จะมีโพแทสเซียมไอออน (K^+) สูงกว่านอกเซลล์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าในระยะนี้ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าระยะพัก (resting potential หรือ resting membrane potential) มีค่าประมาณ -60 mV

2. ในภาวะที่ไม่มีเคลื่อนที่ของกระแสประสาท เซลล์ประสาทมี K^+ภายในเซลล์มากกว่าภายนอกเซลล์ และมี Na^+ ภายนอกเซลล์มากกว่าภายในเซลล์ ไอออนทั้งสองชนิดนี้มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดและขนาดของความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ การเกิดความแตกต่างของความเข้มข้นของไอออนดังกล่าวนี้ เกิดขึ้นได้โดยอาศัยกระบวนการแอกทีฟทราน สปอร์ต (active transport)

3. เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทในระยะที่ไม่มีการกระตุ้นจะยอมให้ K^+ ที่มีความเข้มข้นสูงจากภายในเซลล์ผ่านออกมาภายนอกเซลล์ ในขณะเดียวกัน Na^+ ที่มีความเข้มข้นสูงจากภายนอกเซลล์ก็สามารถผ่านเข้าไปภายในเซลล์

4. แต่ในภาวะอยู่นิ่งหรือไม่มีการกระตุ้นนั้น เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทยอมให้ K^+ ผ่านได้มากกว่า Na^+ ดังนั้นในภาวะที่ไม่มีการกระตุ้นหรือไม่มีการเคลื่อนที่ของกระแสประสาท จึงมี K^+ แพร่ออกมาจากภายในเซลล์มากกว่า Na^+ แพร่จากภายนอกเข้าไปภายในเซลล์

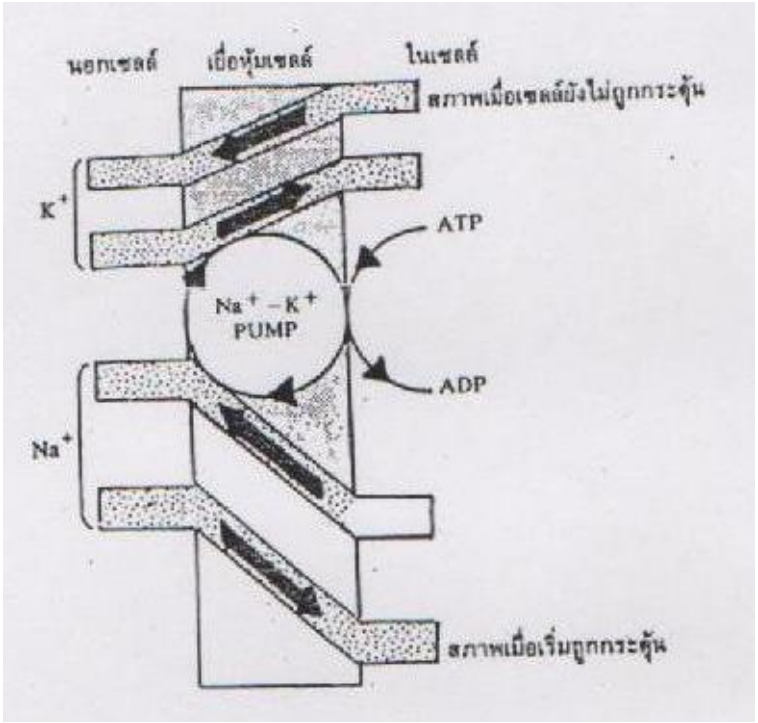
5. ด้วยเหตุนี้เซลล์จะต้องมีกระบวนการดำรงความเข้มข้นของไอออนที่ต่างกันนี้ไว้ โดยเยื่อหุ้มเซลล์จะส่ง Na^+ ออกไปนอกเซลล์ตลอดเวลา ขณะเดียวกันจะถึง K^+ ให้สะสมอยู่ภายในเซลล์ เรียกกระบวนการนี้ว่า โซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม (Sodium Potassium Pump หรือ $Na^+ - K^+$ pump)

6. $Na^+ - K^+$ pump เป็นกระบวนการการเคลื่อนที่ของสารเข้าและออกจากเซลล์ โดยสารจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสารนั้นน้อยไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารนั้นมาก โดยใช้พลังงานจาก ATP

7. ในเยื่อหุ้มเซลล์ทุกชนิดโดยเฉพาะของเซลล์ประสาทมีเอนไซม์ที่ฝังอยู่ทั่วไปในเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีความสามารถทำให้โซเดียมไอออนและโพแทสเซียมไอออนเข้าร่วมปฏิกิริยา การที่โซเดียมไอออนส่งผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกไปนอกเซลล์และนำโพแทสเซียมไอออนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์นั้น มีเอนไซม์ชื่อ $Na^+ - K^+$ activated A T Pase ทำให้ ATP แตกตัวเป็น ADP + Pi + พลังงาน พลังงานที่ปล่อยออกมานี้จะนำไปใช้ในกระบวนการแอกทีฟทรานสปอร์ต เพื่อให้เกิดโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม

8. แม้ว่า K^+ จะถูกดึงให้สะสมอยู่ภายในเซลล์ก็ตาม เมื่อรวมประจุไฟฟ้าแล้วภายนอกเซลล์จะมีประจุบวกมากกว่าภายในเซลล์ ทั้งนี้เพราะภายในเซลล์นอกจากจะมี K^+ อยู่มากกว่าภายนอกแล้ว ยังมีอินทรียสารต่าง ๆ ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่และไม่สามารถผ่านออกไปนอกเซลล์ได้อยู่จำนวนมากด้วย เช่น โปรตีน และกรดนิวคลีอิกต่าง ๆ สารเหล่านี้มีประจุลบ จึงทำให้ผิวภายในเซลล์มีประจุลบสูงกว่าผิวภายนอกเซลล์

9. ความเข้มข้นของ Na^+ และ K^+ ที่แตกต่างกันระหว่างผิวนอกและภายในเซลล์ยังมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของไอออนชนิดอื่น ๆ ด้วยตัวอย่าง เช่น ความเข้มข้นของ $C1^-$ ในสภาพปกติเยื่อหุ้มเซลล์จะยอมให้ $C1^-$ แพร่ผ่านได้อย่างอิสระแต่เนื่องจากภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นของ Na^+ สูงมากและมีประจุเป็นบวก จะจับหรือรวมตัวกับ $C1^-$ ซึ่งเป็นประจุลบ ในขณะที่ภายในเซลล์มีไอออนประจุลบซึ่งแพร่ออกมาจากเซลล์ได้ยาก เพราะมีโมเลกุลขนาดใหญ่จะคอยผลัก $C1^-$ ให้เข้าสู่เซลล์ได้ยากทำให้ผิวด้านนอกมีความเข้มข้นของ $C1^-$ สูงกว่าภายในเซลล์ประสาท ตามรูปที่ 2.87



รูปที่ 2.87 โซเดียมโพแทสเซียมปั๊ม
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 17 - 18)

2.3.2 ภาวะมีสิ่งเร้ามากระตุ้นเซลล์ประสาท

1. เส้นประสาทแต่ละเส้นมีความไวต่อการกระตุ้นไม่เท่ากัน ทำให้มันมีความไว (Sensitivity) ต่อการกระตุ้นโดยตัวกระตุ้นต่าง ๆ ไม่เท่ากัน เส้นประสาทบางชนิดต้องใช้ตัวกระตุ้นที่มีความเข้มสูง (High intensity) และต้องกระตุ้นเป็นเวลานานกว่าที่จะทำงานให้สัญญาณประสาทตอบสนองออกมา ในขณะที่เส้นประสาทชนิดอื่น ๆ อาจจะมีความไวสูงกว่า และต้องการตัวกระตุ้นที่มีความเข้มเพียงเล็กน้อยและช่วงเวลากระตุ้นสั้น ๆ

2. เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นเซลล์ประสาทจนถึงระดับที่ตอบสนองได้ (Threshold level) จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทจุดที่ถูกกระตุ้นเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ไปชั่วคราว กล่าวคือ ในภาวะที่ไม่ถูกกระตุ้น เยื่อหุ้มเซลล์จะมีการส่ง Na^+ ออกจากเซลล์ตลอดเวลา เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นเยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้ Na^+ จากภายนอกเซลล์แพร่เข้าไปภายในเซลล์ประสาทได้ง่ายและหยุดการส่ง Na^+ ออกไปนอกเซลล์ (กระบวนการโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊มหยุดชะงัก)ใช้เวลาประมาณ 1/100 วินาที ซึ่งมีผลทำให้ผิวภายในเซลล์ประสาทตรงที่ Na^+ ผ่านเข้าไปเกิดการเปลี่ยนแปลงขั้วของไฟฟ้าเป็นประจุบวก และผิวภายนอกเซลล์ที่สูญเสีย Na^+ จะเปลี่ยนเป็นประจุลบในทันที (เกิดดีโพลาไรเซชัน)

3. สภาพที่เกิดการเปลี่ยนขั้วของไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงจาก -60 mV เป็น 60 mV ขั้วไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่นี้เรียกว่า แอคชันโพเทนเชียล (Action potential) ทันทีที่บริเวณหนึ่งมีศักย์ไฟฟ้าต่างจากบริเวณถัดไป จะกระตุ้นหรือเหนี่ยวนำให้เยื่อหุ้มเซลล์จุดถัดไปเกิดการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้าภายในเซลล์จุดใหม่เรื่อย ๆ ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ เป็นการเคลื่อนที่ของกระแสประสาท อันเป็นการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าและเคมี (Electrochemical reaction) นั่นเอง

2.3.3 ภาวะที่กลับเข้าสู่สภาพปกติ

1. เมื่อ Na^+ ผ่านเข้าไปในเซลล์ได้สักครู่หนึ่ง (เกิดดีโพลาไรเซชันถึงขั้นสูงสุดแล้ว) เยื่อหุ้มเซลล์ก็จะไม่ยอมให้ Na^+ ผ่านเพิ่มเข้าไปอีก แต่จะยอมให้ K^+ ผ่านออกไปภายนอกเซลล์ได้โดยง่ายใช้เวลาประมาณ 2/100 วินาที ทำให้เซลล์สูญเสียประจุบวกและผิวด้านในเยื่อหุ้มเซลล์เป็นประจุลบอีกครั้งหนึ่ง (เกิดรีโพลาไรเซชัน)

2. ต่อจากนั้นก็จะเกิดกระบวนการโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊มทำให้ Na^+ ที่ผ่านเข้าไปในเซลล์ถูกขับออกไป และดึง K^+ กลับเข้ามาในเซลล์ดังเดิม เพื่อให้เซลล์กลับคืนสู่สภาพปกติสามารถนำกระแสประสาทต่อไปได้อีก นักวิทยาศาสตร์พบว่าถ้าไม่มีการนำ Na^+ และ K^+ กลับที่ดังเดิมใยประสาทก็จะไม่สามารถทำหน้าที่นำกระแสประสาทได้อีก

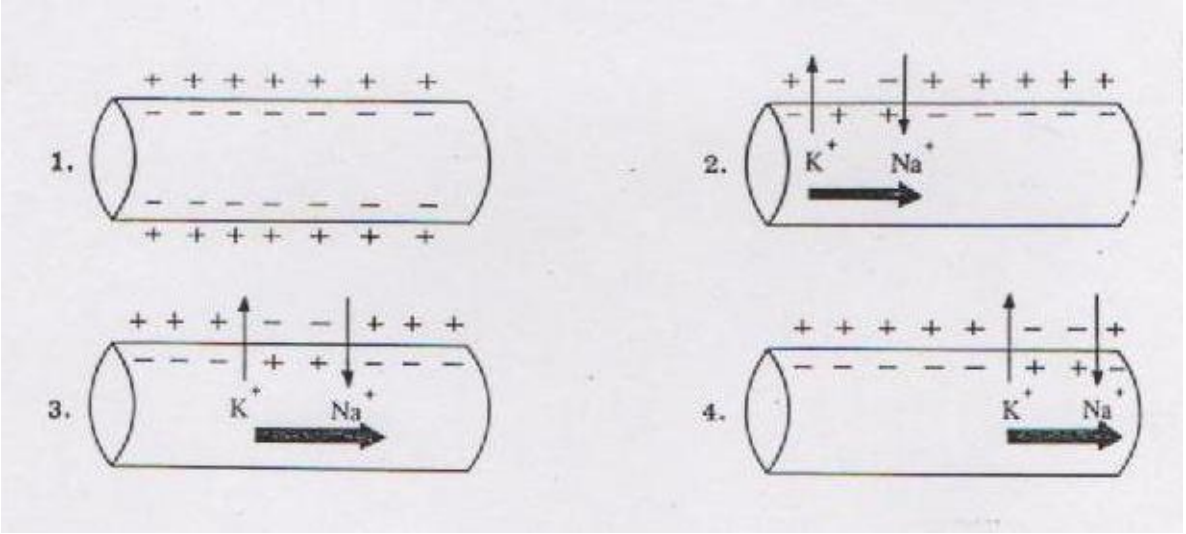
3. การคืนเข้าสู่สภาวะปกติต้องอาศัยช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วกินเวลาเพียงเสี้ยววินาที ดังนั้นการกระตุ้นกระชั้นชิดเกินกว่าช่วงเวลาดังกล่าวก็จะไม่มีกระแสประสาทเกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามใยประสาทบางเส้นอาจคืนเข้าสู่ภาวะปกติได้รวดเร็วมาก และพร้อมที่จะเริ่มนำกระแสประสาทต่อไป ดังนั้นการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในใยประสาทจึงคล้ายกับการเคลื่อนที่เป็นระลอก ๆ

4. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์ประสาทนั้นรวดเร็วมาก และการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในเซลล์ประสาทจะเกิดต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จากจุดที่ถูกกระตุ้นไปตลอดจนถึงปลายแอกซอน โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้าภายในจุดใหม่ (จุดถัดไป) ในขณะจุดเดิมนั้นจะกลับคืนสู่สภาพเดิม จุดใหม่ก็เหนี่ยวนำจุดถัดไปเรื่อย ๆ ทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่ต่อไปจนถึงปลายแอกซอน

5. การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในใยประสาทที่มีเยื่อไม- อีลินหุ้มนั้นจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าใยประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม เพราะบริเวณที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะเป็นฉนวนการเปลี่ยนแปลงประจุจะเกิดขึ้นได้ที่บริเวณโนดออฟแรนเวียร์เท่านั้น ดังนั้นการแลกเปลี่ยนประจุจึงแลกเปลี่ยนแบบกระโดดจากโนดออฟแรนเวียร์หนึ่งไปยังโนดออฟแรนเวียร์ถัดไปตามความยาวของแอกซอน ซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนประจุช่วงที่ยาวกว่าใยประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอี ลินหุ้ม ทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่ได้เร็ว

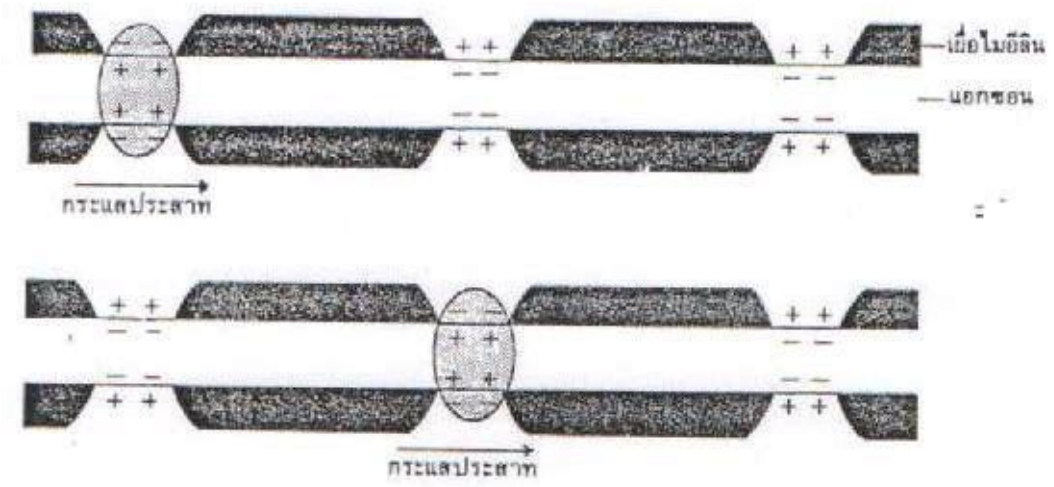
6. เซลล์ที่มีแอกซอนขนาดใหญ่ และมีโนดออฟแรนเวียร์ห่างกันมากก็ยิ่งสามารถนำกระแสประสาทได้รวดยิ่งขึ้นอาจจะเร็วกว่าพวกไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มถึง 20 เท่า (มีการนำกระแสประสาทแบบไม่ต่อเนื่อง)

7. กระแสประสาทมีการเคลื่อนที่เป็นระลอก ๆ กระแสประสาทแต่ละระลอกภายในเซลล์ประสาทแต่ละชนิดจะมีความเร็วคงที่ แต่อาจแตกต่างกันในแง่ของความกระชั้นหรือความถี่ของกระแสประสาท และระยะเวลานานของการกระตุ้นของสิ่งเร้า นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างกันในแง่ของจำนวน และชนิดของหน่วยรับความรู้สึก ตลอดจนศูนย์รับความรู้สึกในสมองซึ่งช่วยให้รับรู้ชนิดของสิ่งเร้าได้อีกด้วย ตามรูปที่ 2.88 และ 2.89



รูปที่ 2.88 การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทภายในเซลล์ประสาท

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 19 - 20)



รูปที่ 2.89 การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 21)

2.4 การถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง

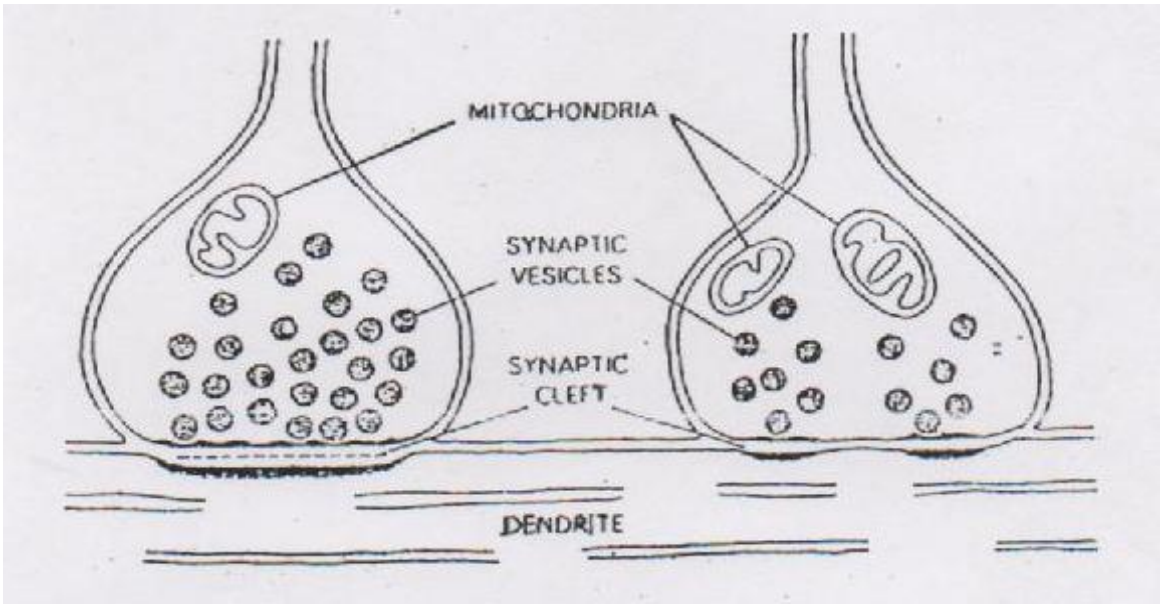
ในการนำกระแสประสาท(Nerve impulse) จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งของร่างกาย ย่อมจะมีการส่งกระแสประสาทผ่านเซลล์ประสาทมากกว่าหนึ่งเซลล์ โดยมีการส่งกระแสประสาทจากแอกซอน (Axon) ของเซลล์หนึ่งข้ามไปยังเดนไดรต์ (Dendrite) ของอีกเซลล์หนึ่ง แต่เนื่องจากเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์นั้นไม่ได้เชื่อมติดกัน ปลายของแอกซอนและเดนไดรต์จึงไม่ติดต่อถึงกันแต่จะอยู่ใกล้ชิดกันมาก และมีช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท หรือบริเวณที่ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทเซลล์หนึ่งอยู่ใกล้ชิดกับเดนไดรต์หรือตัวเซลล์ของเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง เรียกว่า ไซแนปส์ (Synapse)

ไซแนปส์มีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. ไซแนปส์ไฟฟ้า (Electrical synapse) เป็นบริเวณหรือช่องไซแนปส์ที่มีขนาดเล็กมากกระแสประสาทสามารถผ่านข้ามไปได้โดยไม่จำเป็นที่จะต้องอาศัยสื่อใด ๆ พบน้อยมาก เช่น บริเวณปลายกล้ามเนื้อเรียบ

2. ไซแนปส์เคมี (Chemical synapse)เป็นบริเวณหรือช่องไซแนปส์ที่กระแสประสาทไม่สามารถผ่านได้ ต้องอาศัยสารสื่อประสาทไปกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาท

จากการศึกษาพบว่า บริเวณปลายแอกซอนเซลล์ประสาทจะพองออกเป็นกระเปาะเรียกว่า ปุ่มไซแนปส์ (Synaptic knob) ภายในประกอบด้วยไซโตพลาสซึมซึ่งมีส่วนสำคัญ ๆ ที่พบเป็นจำนวนมากก็คือ ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ทำหน้าที่ให้พลังงานในการส่งกระแสประสาท และยังมีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นถุงเล็ก ๆ (Synaptic vesicle) มากมายภายในถุงเล็ก ๆ เหล่านี้บรรจุสารเคมีเรียกว่า สารสื่อประสาท(Neurotransmitter) ตามรูปที่ 2.90

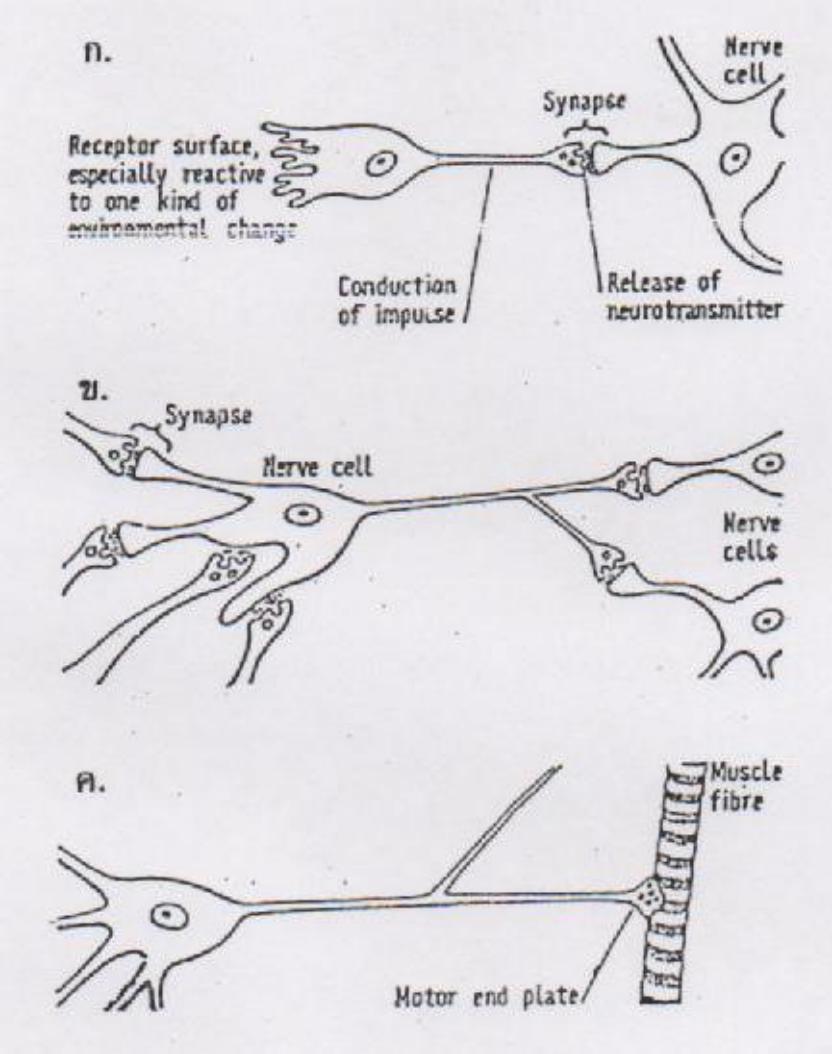


รูปที่ 2.90 โครงสร้างปลายประสาทของไซแนปส์ชนิดไซแนปส์เคมี

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 22 - 23)

สารสื่อประสาท (Neurotransmitter) เป็นสารที่สร้างจากปลายแอกซอนของเซลล์ประสาท (เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์) ส่งข้ามไซแนปส์ไปยังเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง (เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์) ซึ่งสารนี้สร้างโดยกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวเคมีที่ปลายแอกซอน (Synaptic knob) ของเซลล์ประสาท และเก็บสะสมไว้ในถุงเล็ก ๆ ที่มีเยื่อหุ้ม (Synaptic vesicle) การสร้างสารสื่อประสาทจะพบที่ปลายแอกซอนเท่านั้น ส่วนใหญ่เป็นพวกแอซิติลโคลีน (Acetylecholine) และสารอื่น ๆ เช่น เอพิเนฟริน (Epinephrine) นอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) โดพามีน (Dopamine) ซีโรโทนิน (Serotonin) เป็นต้น

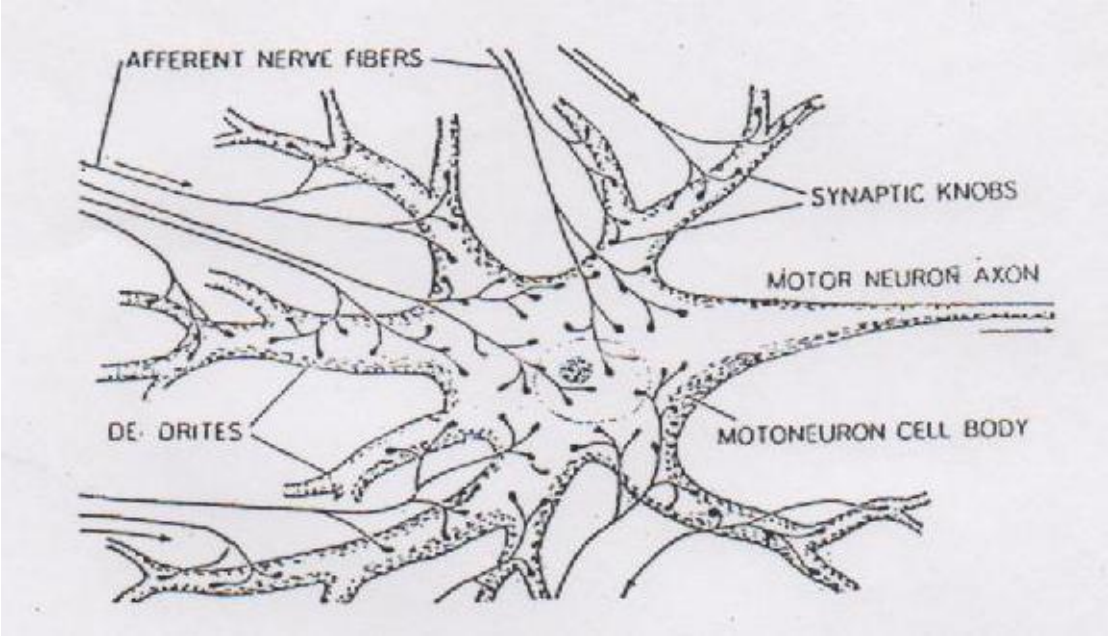
การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทเมื่อถูกกระตุ้น พบว่า ณ จุดที่ถูกกระตุ้นกระแสประสาทสามารถเคลื่อนที่ไปทางปลายแอกซอนและปลายเดนไดรต์ สำหรับกระแสประสาทที่เคลื่อนที่มาถึงปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ ถุงเก็บสารสื่อประสาท (Synaptic vesicle) จะเคลื่อนไปที่เยื่อหุ้มเซลล์ แล้วปล่อยสารสื่อประสาทแพร่กระจายออกมาเข้าสู่ช่องไซแนปส์ สารสื่อประสาทจะไปรวมตัวกับตัวรับที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ เกิดมีการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการซึมผ่านไอออนของเยื่อหุ้มเซลล์ จึงทำให้เกิดกระแสประสาทขึ้นที่เดนไดรต์ของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ส่วนที่ปลายเดนไดรต์ไม่มีสารสื่อประสาท กระแสประสาทจึงข้ามจากเดนไดรต์ไปยังอีกเซลล์หนึ่งไม่ได้ ทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน คือ จากแอกซอนของเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่งเท่านั้น หรือ กระแสประสาทเคลื่อนที่ไปทิศทางเดียวกัน ตามรูปที่ 2.91 และ 2.92



รูปที่ 2.91 ก – ข ไซแนปส์ระหว่างเซลล์ประสาท

ค ไซแนปส์ของเซลล์ประสาทกับกล้ามเนื้อ

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 22)



รูปที่ 2.92 การกระจายของปลายประสาทเพื่อไซแนปส์บนผิวเดนไดรต์ของเซลล์ประสาท
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 23)

เมื่อกระแสประสาทเคลื่อนที่ไปถึงไซแนปส์ไม่จำเป็นต้องมีการกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทในเซลล์ประสาทต่อไปเสมอ ขึ้นอยู่กับว่ากระแสประสาทจากเซลล์กระตุ้นจะมีกำลังมากพอที่จะกระตุ้นเซลล์ประสาทต่อไปได้หรือไม่ ถ้ามีกำลังมากพอจึงจะเกิดการกระตุ้นขึ้นได้ แต่ถ้ามีกำลังอ่อน (ต่ำกว่า hreshold) จะไม่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้าเคมีได้มากนัก กระแสประสาทจะจบที่บริเวณไซแนปส์นี้ไม่ส่งต่อให้ตัวรับที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์

หลังจากที่สารสื่อประสาทกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทขึ้นที่เดนไดรต์ของเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่งแล้ว สารสื่อประสาทที่ส่งมาบริเวณไซแนปส์จะสลายตัวไปโดยการทำงานของเอนไซม์เฉพาะกับชนิดของสารสื่อประสาทนั้น เช่น เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase) จะไปทำให้โมเลกุลของแอซิติลโคลีนเปลี่ยนแปลงไปและไม่สามารถรวมกับตัวรับ (Receptor) ที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เซลล์ประสาทถูกกระตุ้นตลอดเวลา ทำให้มีการคืนสู่สภาวะปกติได้รวดเร็วขึ้น และพร้อมที่จะถ่ายทอดกระแสประสาทครั้งต่อไปได้อย่างรวดเร็วขึ้น สารที่ได้จากการถูกทำลายบางส่วนจะถูกนำกลับเข้าไปสร้างเป็นสารสื่อประสาทใหม่ บางส่วนก็เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อกำจัดออก

นอกจากนั้นยังพบว่ามีการไซแนปส์ระหว่างปลายประสาทแอกซอนกับกล้ามเนื้อแอกซอนบริเวณนี้มักแตกแขนงเห็นเป็นแผ่น (End plate) ซึ่งจะกระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อให้ทำงาน

2.5 สารที่มีผลต่อการถ่ายทอดกระแสประสาทที่ไซแนปส์

สารเคมีหรือยาหลายชนิดมีผลต่อการถ่ายทอดกระแสประสาทที่ไซแนปส์ เช่น

2.5.1 สารพิษจากแบคทีเรีย ที่เป็นสาเหตุของการเกิดอาหารเป็นพิษ จะไปยับยั้งไม่ให้แอกซอนปล่อยสารสื่อประสาททำให้กล้ามเนื้อไม่หดตัว เกิดอาการอัมพาต

2.5.2 ยาระงับประสาท ทำให้สารสื่อประสาทปล่อยออกมาน้อย อันมีผลทำให้กระแสประสาทส่งไปยังสมองน้อยจึงเกิดอาการสงบ ไม่วิตกกังวล

2.5.3 สารนิโคติน คาเฟอีน แอมเฟตามิน จะไปกระตุ้นให้แอกซอนปล่อยสารสื่อประสาทออกมามาก ทำให้เกิดการตื่นตัว หัวใจเต้นเร็ว

2.5.4 ยาฆ่าแมลงบางชนิด จะไปยับยั้งการทำงานของเอมไซม์ที่จะมาสลายสารสื่อประสาท

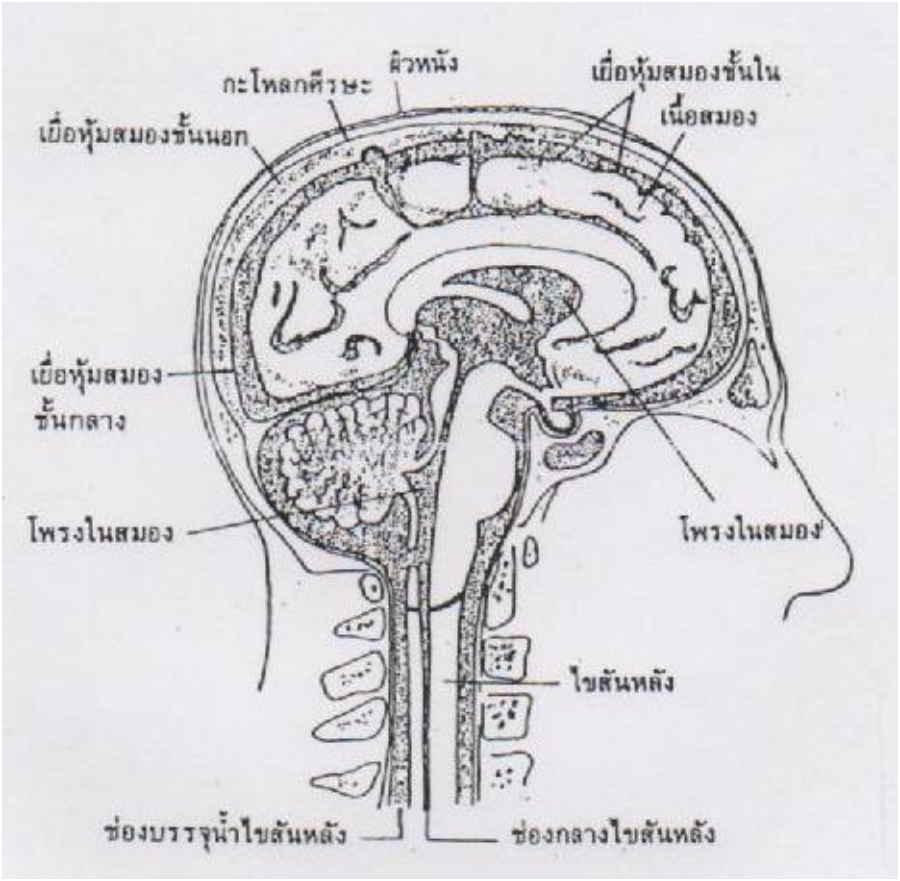
3. ศูนย์ควบคุมของระบบประสาท

สัตว์มีกระดูกสันหลังรวมทั้งมนุษย์มีระบบประสาทที่กำเนิดมาอย่างเดียวกัน มีศูนย์ควบคุมประสาทอยู่ที่สมอง (Brain) และไขสันหลัง (Spinal cord) ทั้งสมองและไขสันหลังเปลี่ยนแปลงมาจากโครงสร้างเดียวกันคือ หลอดประสาท (Neural tube) ซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเอกโทเดิร์ม (Ectoderm) มีลักษณะเป็นหลอดยาวไปตามแนวสันหลังในระยะเอ็มบริโอ (Embryo) โดยส่วนหน้าพองเป็นสมอง ส่วนท้ายมีการเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนักกลายเป็นไขสันหลัง สมองและไขสันหลังนี้มีเยื่อหุ้มชิ้นเดียวกัน เรียกว่า **เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง** (Meninges) ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันอันตราย และเป็นทางให้อาหารแก่สมองและไขสันหลัง เยื่อหุ้มนี้ประกอบด้วย 3 ชั้น คือ

1. ชั้นนอกสุด (Dura mater) เป็นชั้นที่หนา เหนียวและแข็งแรง ทำหน้าที่ป้องกันเนื้อสมองและไขสันหลัง ไม่ให้ได้รับอันตรายจากภายนอก

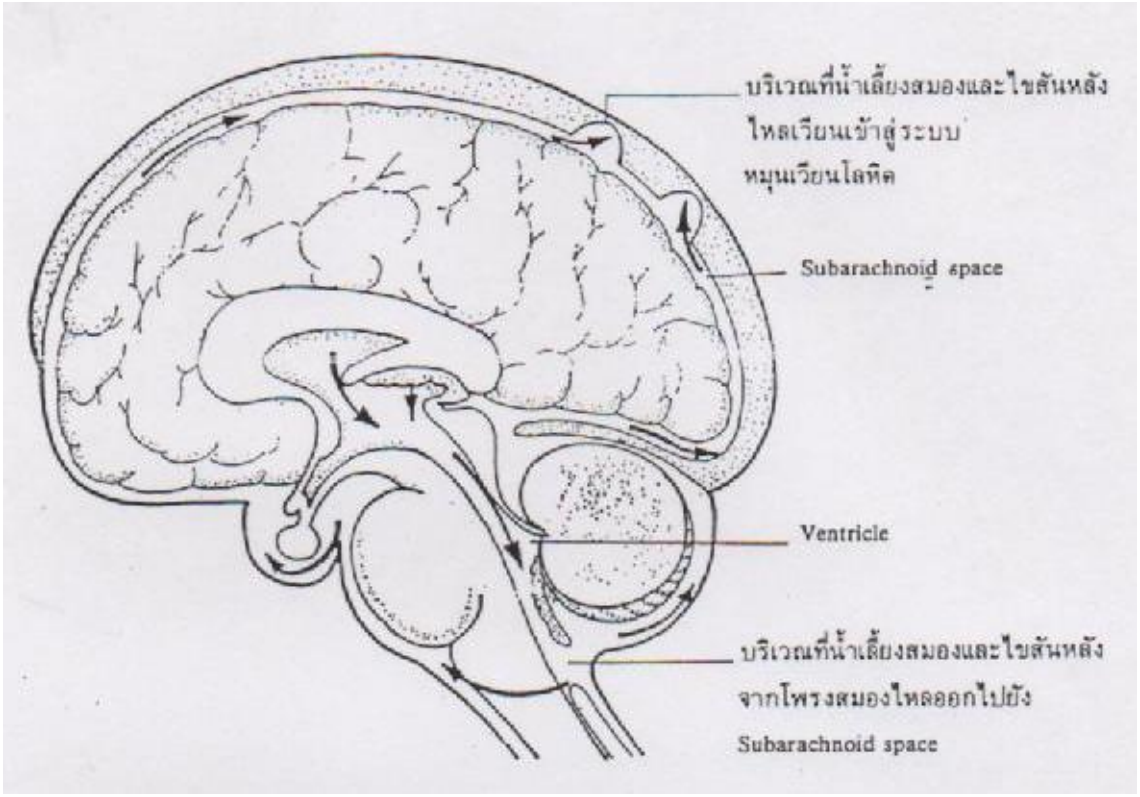
2. ชั้นกลาง (Arachnoid mater) เป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ ติดอยู่กับชั้นนอกสุด

3. ชั้นในสุด (Pia mater) เป็นเยื่อบาง ๆ หุ้มติดกับเนื้อสมองและไขสันหลัง มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงอยู่มากเพื่อนำอาหารและออกซิเจนมาให้แก่สมองและไขสันหลัง ตามรูปที่ 2.93



รูปที่ 2.93 สมอง ไขสันหลัง และเยื่อหุ้มสมอง
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 24 - 25)

ระหว่างชั้นกลางกับชั้นในมีช่องบรรจุน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (Subarachnoid space) ซึ่งช่องนี้มีทางติดต่อกับช่องตามยาวภายในไขสันหลัง (Central canal) และโพรงในสมอง (Ventricle) ด้วย ดังนั้นน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (Cerebro-spinal fluid) จึงสามารถไหลเวียนติดต่อถึงกันหมด น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังนี้สร้างขึ้นจากแผงเส้นเลือดบริเวณโพรงสมองประมาณวันละ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่จะเหลืออยู่ในช่องต่าง ๆ ดังกล่าวเพียง 120-150 ลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากมีการไหลเวียนเข้าสู่ระบบหมุนเวียนของเลือด น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังมีหน้าที่หล่อเลี้ยงให้สมองและไขสันหลังให้เปียกชื้นอยู่เสมอ นำอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงเซลล์ประสาท และนำของเสียออกจากเซลล์ประสาทด้วย ถ้าขาดออกซิเจนเพียง 3-5 นาที เซลล์ประสาทในสมองจะตาย ตามรูปที่ 2.94



รูปที่ 2.94 สมองและการไหลเวียนของน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 26)

ถ้าช่องบรรจุน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังเกิดอุดตัน น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังจะเกิดการคั่งในโพรงสมอง ความผิดปกติเช่นนี้ถ้าเกิดขึ้นในวัยเด็กน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังจะกดสมองทำให้เจริญเติบโตไม่เต็มที่และดันให้กะโหลกขยายขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ศีรษะโตมากเป็นโรคน้ำคั่งในโพรงสมอง (Hydrocephalus) เด็กที่มีอาการเช่นนี้จะมีชีวิตอยู่ไม่นานถ้าไม่รีบเจาะเอาน้ำที่คั่งออก แต่ถ้าโรคนี้เป็นในผู้ใหญ่ศีรษะจะไม่โตขึ้นจากปกติ แต่จะเพิ่มความดันในสมองทำให้มีอาการปวดศีรษะมาก

นอกจากนั้นยังพบว่า น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังมีโปรตีนและเซลล์เม็ดเลือดขาวน้อยมากแต่โปรตีนและเซลล์เม็ดเลือดขาวจะสูงขึ้นเมื่อสมองหรือเยื่อหุ้มเกิดการติดเชื้อ การเจาะและดูดน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังออกมาตรวจจึงมีประโยชน์ในการวินิจฉัยโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ

3.1 สมอง (Brain) จากการศึกษาโครงสร้าง หน้าที่ที่สำคัญของส่วนต่าง ๆ ของสมอง และการพัฒนาการของสมอง สรุปได้ดังนี้

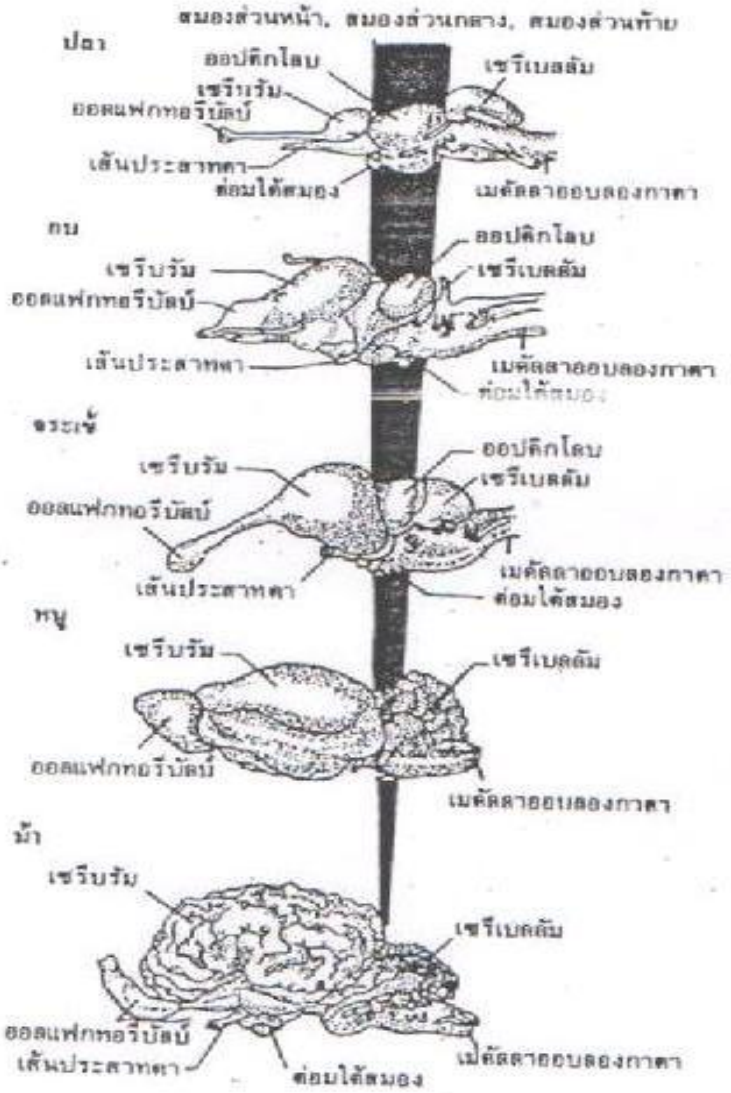
3.1.1 สมองเป็นอวัยวะของระบบประสาทที่ซับซ้อนที่สุด มีขนาดใหญ่และเจริญดีที่สุดในระบบประสาท

3.1.2 สมองมีลักษณะเป็นหลอดหรือท่อที่พองจนเต็มกะโหลกศีรษะ มีเยื่อหุ้มสมองหุ้มอยู่ ประกอบด้วยเซลล์ประสาทและมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Neurogia)

3.1.3 สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง ประกอบด้วยเนื้อสมอง 2 ส่วนคือ

1. ส่วนนอกเป็นเนื้อสีเทา (Gray matter) ส่วนนี้เป็นส่วนที่รวมของตัวเซลล์ประสาทและแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม ทำให้เห็นส่วนของโปรโตพลาสซึม (Proto-plasm) ได้ชัดเจน จึงเห็นเป็นสีเทา

2. ส่วนในเป็นส่วนสีขาว (White matter) ส่วนนี้เป็นส่วนที่รวมของใยประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม และมีสารพวกไขมันมาก จึงเป็นสีขาว ตามรูปที่ 2.95



รูปที่ 2.95 เปรียบเทียบพัฒนาการสมองส่วนต่าง ๆ ของสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดต่าง ๆ ปลา กบ จระเข้ หนู ม้า

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 27)

3.1.4 ในระยะเวลาแรก ๆ ของการเจริญเติบโต สมองมีลักษณะไม่แตกต่างจากไขสันหลังโดยทั้งหมดจะเป็นหลอดกลวงที่มีผนังหนาซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทและมีชื่อรวมว่านิวรัลทิวบ์ (Neural tube) แต่เมื่อเอ็มบริโอเจริญขึ้นส่วนหน้าของนิวรัลทิวบ์จะขยายใหญ่ขึ้น ๆ เนื่องจากมีการเพิ่มจำนวนเซลล์มากกว่าส่วนอื่นส่วนนี้เองที่จะกลายเป็นสมอง นิวรัลทิวบ์ส่วนนี้จะคอดเป็น 3 ตอน (แบ่งออกเป็น 3 ส่วน) คือ

1. สมองส่วนหน้า (Fore brain)

2. สมองส่วนกลาง (Mid brain)

3. สมองส่วนท้าย (Hiad brain)

แต่ละส่วนเจริญไปเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานด้านต่าง ๆ มากมายและมีการพัฒนาต่อไปซึ่งในสัตว์ชนิดต่าง ๆ จะมีพัฒนาการไม่เท่ากัน

3.1.5 จากการศึกษาเปรียบเทียบระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดต่าง ๆ สรุปได้ว่า

1. ทั้งสมองและไขสันหลังของสัตว์มีกระดูกสันหลังมีพัฒนาการมาจากจุดเดียวกัน แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่พวกมีวิวัฒนาการสูงกว่าจะมีสมองที่มีการพัฒนาต่อไป ทำให้มีรูปร่างของสมองแตกต่างกันไป ตามระดับของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

2. จากรูปที่ 2.95 จะพบว่า

2.1 สัตว์มีกระดูกสันหลังนับตั้งแต่ปลาจนถึงม้าจะเห็นได้ว่าสัตว์ต่างชนิดกันจะมีขนาดของสมองทั้ง 3 ส่วนไม่เท่ากัน เช่น พวกปลามีสมองส่วนหน้า (ออลแฟกเทอรีบัลบ์ เซรีบรัม) เล็กกว่าชนิดอื่น ในขณะที่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีสมองส่วนหน้าใหญ่กว่าชนิดอื่น

2.2 สัตว์ที่มีกระดูกสันหลังเริ่มตั้งแต่สัตว์เลื้อยคลานเป็นต้นไป มีแนวโน้มที่จะเพิ่มศูนย์กลางการทำงานที่สำคัญ ๆ เข้าไปในตอนท้ายของสมองส่วนหน้า ทำให้สมองส่วนหน้ามีหน้าที่นอกเหนือไปจากศูนย์ดมกลิ่น ส่วนนี้จึงมีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับของวิวัฒนาการ

2.3 ม้ามีพัฒนาการของสมองส่วนหน้ามากที่สุด โดยเฉพาะส่วนที่เรียกว่าเซรีบรัม ส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญทำให้สัตว์เรียนรู้ได้ดี มีความฉลาดขึ้น

2.4 สัตว์จำพวกปลาจะมีสมองส่วนกลางเจริญดีที่สุด

2.5 สัตว์ที่มีวิวัฒนาการสูงจะมีสมองส่วนหน้าโดยเฉพาะส่วนเซรีบรัมมีพัฒนาการไปสูง ส่วนสมองส่วนกลางมีพัฒนาการต่ำและสมองส่วนท้ายมีการพัฒนาการสูงขึ้น

3.1.6 ในสัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีพัฒนาการของสมองดี พบว่ามีการเพิ่มรอยหยักบนสมองอีกด้วย การที่มีรอยหยักเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ทำให้บริเวณพื้นที่ผิวของสมองเพิ่มขึ้นเนื่องจากเนื้อสีเทาของสมองอยู่ส่วนนอก และเป็นบริเวณที่รวมตัวของเซลล์ ซึ่งหมายความว่ามีจำนวนเซลล์ประสาทมากตามไปด้วย

3.1.7 ความฉลาดของสัตว์ขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์ประสาทที่มีอยู่ในสมอง ถ้าสมองมีรอยหยักมาก (มีพื้นที่ผิวมาก) ก็จะมีจำนวนเซลล์ประสาทมาก และพบว่าในสัตว์ที่สมองมีรอยหยักมากจะมีความสามารถในการเรียนรู้สูง ดังนั้น ความฉลาดเกี่ยวข้องกับรอยหยักบนสมอง

3.1.8 ความสามารถของสัตว์นอกจากจะเกี่ยวข้องกับรอยหยักบนสมองแล้ว ยังเกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ อีกด้วย เช่น สัดส่วนน้ำหนักสมองเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวสัตว์ ซึ่งจะเป็นเครื่องชี้บ่งอย่างคร่าว ๆ ว่าถ้าหากมีสมองใหญ่เมื่อเทียบสัดส่วนกับน้ำหนักตัว ก็มีแนวโน้มว่าจะมีเซลล์ประสาทมากกว่า และฉลาดกว่า แต่ก็ไม่จำเป็นเสมอไป เช่น ลิงกับมนุษย์อาจจะมีสัดส่วนของน้ำหนักสมองต่อน้ำหนักตัวใกล้เคียงกันมาก แต่ในมนุษย์จำนวนเซลล์ประสาทและการติดต่อกันระหว่างเซลล์ประสาทโดยเฉพาะในสมองส่วนเซรีบรัมจะมีความซับซ้อนมากกว่า ตลอดจนการเรียนรู้ประสบการณ์การฝึกฝน อาหารและออกซิเจนที่มาเลี้ยงสมอง

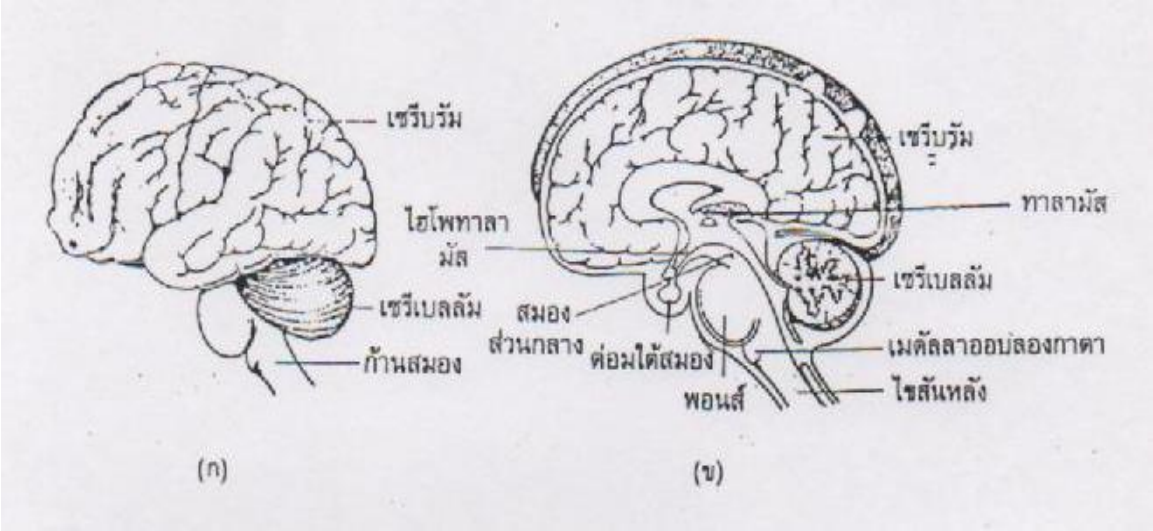
ดังนั้น ความฉลาดจึงขึ้นกับสิ่งต่อไปนี้

1. การมีรอยหยักบนสมอง
2. อัตราส่วนของน้ำหนักสมองต่อน้ำหนักตัว
3. การเรียนรู้และประสบการณ์การฝึกฝน
4. อาหารและออกซิเจนที่มาเลี้ยงสมอง

3.1.9 สมองในสัตว์ชั้นสูงจะมีเซลล์ประสาทรวมกันเป็นศูนย์ความจำ ความคิดความฉลาด (เชาว์ปัญญา) และพบว่าสมองซีกซ้ายจะควบคุมการทำงานของอวัยวะทางขวา ส่วนสมองซีกขวาควบคุมการทำงานของอวัยวะทางซ้าย

3.1.10 สมองของมนุษย์นับว่ามีพัฒนาการสูงที่สุด โดยจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว และมีการเพิ่มรอยหยักบนสมอง เรียกว่าคลื่นสมอง (Convolution) ช่องระหว่างคลื่นเรียกว่า Fissure มนุษย์มีคลื่นสมองมากกว่าสัตว์อื่น ๆ มนุษย์จึงมีความฉลาดสามารถเรียนรู้สูงกว่าสัตว์อื่น ๆ

3.1.11 สมองของมนุษย์จะมีน้ำหนักประมาณ 1.4 - 1.5 กิโลกรัม หรือประมาณ 1 ส่วน 50 ของน้ำหนักตัว จะอยู่ภายในกะโหลกศีรษะซึ่งจะป้องกันไม่ให้สมองได้รับการกระทบกระเทือนได้ง่าย สมองของมนุษย์แบ่งออกเป็นหลายส่วน แต่ละส่วนมีการควบคุมการทำงานของร่างกายแตกต่างกันไป ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.96



รูปที่ 2.96 สมองส่วนต่าง ๆ
ก. ด้านนอก ข. ตัดตามยาว
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 28 - 29)

1 เซรีบรัม (Cerebrum)

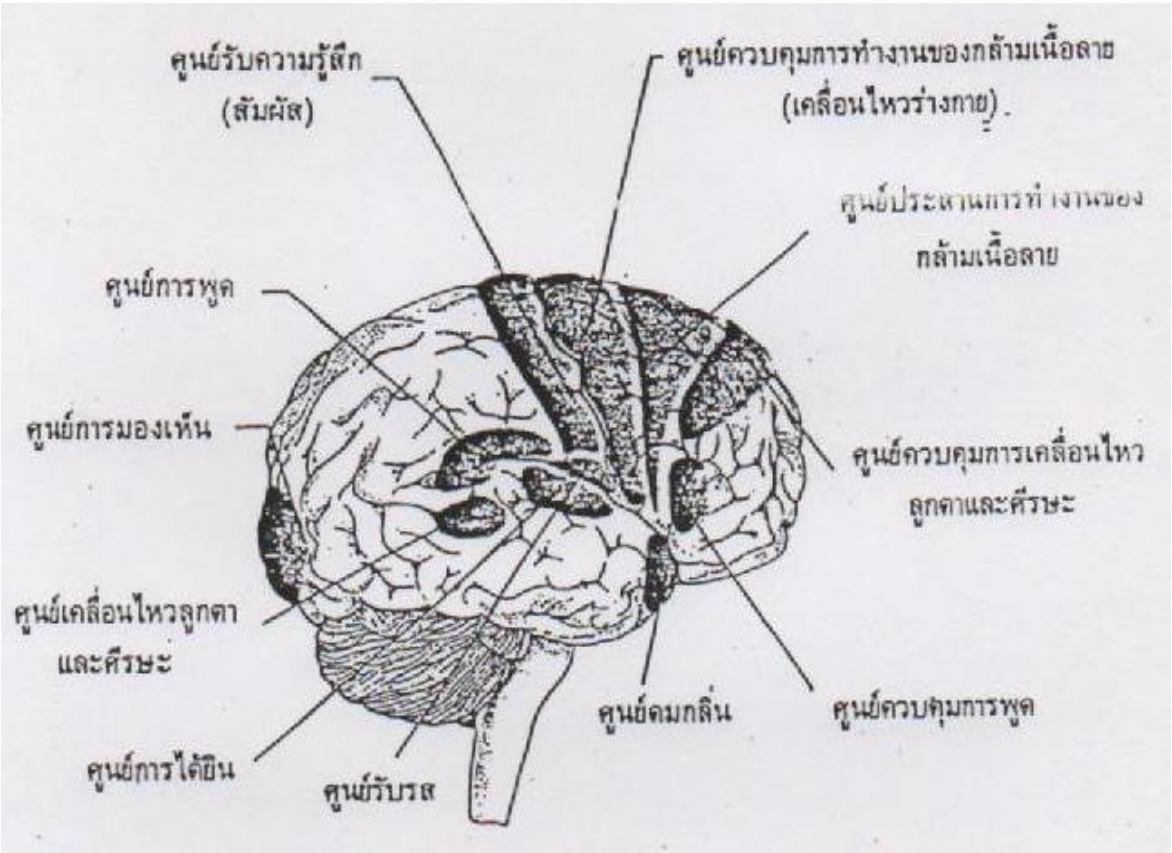
สมองส่วนเซรีบรัมเป็นสมองส่วนที่มีขนาดใหญ่ พัฒนาการมาจากสมองส่วนหน้า ประกอบด้วยสองซีกอยู่ทางซ้ายและขวา แต่ละซีกเรียกว่า Cerebral hemisphere จะมีผิวด้านนอกเป็นเนื้อสีเทา (Gray matter) ส่วนเนื้อสีขาว (White matter) อยู่ด้านใน ที่บริเวณผิวด้านนอกมีรอยหยักเป็นร่อง (Convolution) มากมาย เป็นการเพิ่มเนื้อที่ของเนื้อสมอง จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่ามนุษย์มีรอยหยักบนสมองส่วนนี้มากที่สุด สมองส่วนนี้จึงเป็นส่วนที่พัฒนามากที่สุด เซรีบรัมแต่ละซีกแบ่งแยกทางกายวิภาคได้เป็น 4 บริเวณ คือ

1.1 บริเวณตอนหน้า (Frontal lobe) อยู่ทางด้านหน้าสุดตรงกับด้านในของกะโหลกศีรษะหน้าผาก ประกอบด้วยบริเวณที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Motor cortex or Motor area) และบริเวณที่มีการออกเสียงการพูด (Motor speech area) ทำหน้าที่สั่งการไปยังอวัยวะที่ทำงานอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ ได้แก่ ระบบกล้ามเนื้อลาย ดังนั้น จึงเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลายบริเวณที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor cortex) นี้ มีการแบ่งบริเวณสำหรับสั่งการทำงานของแต่ละอวัยวะ อวัยวะใดที่สามารถทำงานได้ละเอียดซับซ้อนจะมีพื้นที่ของเนื้อสมองส่วนนี้กว้าง โดยสมองซีกซ้ายจะควบคุมการทำงานของอวัยวะทางซีกขวา และสมองซีกขวาก็ควบคุมการทำงานของอวัยวะซีกซ้าย และยังมีบริเวณที่สำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้ เชาว์ปัญญา พื้นอารมณ์ และการควบคุมเกี่ยวกับลักษณะที่เป็นบุคลิกภาพของแต่ละบุคคลด้วย (Associated cortex) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเก็บข้อมูลในการจดจำความรู้สึกนึกคิด สติปัญญา และอารมณ์ของมนุษย์

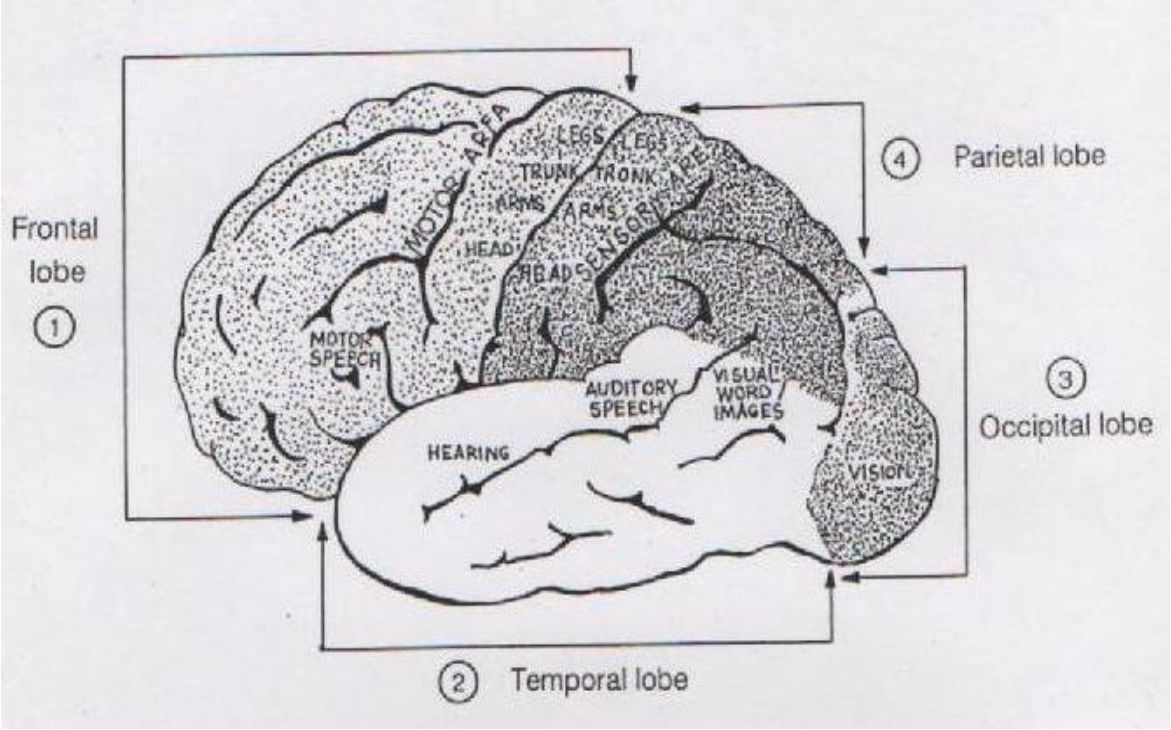
1.2 บริเวณด้านข้าง (Temporal lobe) อยู่ทางด้านข้างของศีรษะ ใต้ขมับ ประกอบด้วยบริเวณที่ควบคุมการได้ยินและการดมกลุ่น (Auditory cortex) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของการได้ยินเสียง การเคลื่อนไหวของลูกตา และการดมกลิ่น

1.3 บริเวณด้านหลัง (Occipital lobe) อยู่ทางส่วนท้ายของศีรษะ ตรงกับทางด้านท้ายทอยของกะโหลกศีรษะ ประกอบด้วยบริเวณที่ควบคุมเกี่ยวกับการมองเห็น (Vision) ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการเห็นภาพหรือรับภาพ กล่าวคือ เป็นศูนย์กลางการมองเห็น

1.4 บริเวณด้านบนติดต่อกับทั้ง 3 บริเวณข้างต้น (Parietal lobe) อยู่ทางด้านหลังตอนบนของศีรษะ ประกอบด้วยบริเวณที่ควบคุมการรับความรู้สึกสัมผัสต่าง ๆ (Sensory cortex) ทำหน้าที่รับและแปลความรู้สึกที่มาจากอวัยวะทั่วร่างกาย รวมทั้งอวัยวะที่ทำหน้าที่รับสัมผัสโดยเฉพาะ เช่น ตา หู ลิ้น บริเวณนี้จึงเป็นศูนย์ควบคุมการรับรู้ประสาทสัมผัสบริเวณที่ควบคุมการรับความรู้สึกสัมผัสต่าง ๆ (Sensory cortex) นี้มีการแบ่งส่วนตามการแปลความรู้สึกจากอวัยวะแต่ละชนิด อวัยวะใดที่สามารถรับความรู้สึกได้ดี ได้ละเอียดซับซ้อนมาก จะมีพื้นที่ของเนื้อสมองส่วนนี้กว้าง เช่น เนื้อสมองส่วนที่ทำหน้าที่แปลความรู้สึกที่มาจากมือ จะมีพื้นที่มากกว่าส่วนที่แปลความรู้สึกจากเท้า ตามรูปที่ 2.97 และ 2.98



รูปที่ 2.97 สมองส่วนเซรีบรัมและแสดงบริเวณที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานต่าง ๆ
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 30 - 31)



รูปที่ 2.98 บริเวณต่าง ๆ ในสมองส่วนเซรีบรัม
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 31)

สรุป สมองส่วนเซรีบรัม ทำหน้าที่เกี่ยวกับ

1. การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ความรู้ การจดจำ ความรู้สึกนึกคิด เชาว์ปัญญา

2. เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานต่าง ๆ และรับรู้ความรู้สึกต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ศูนย์ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ศูนย์ควบคุมการรับสัมผัสต่าง ๆ ศูนย์ควบคุมการพูดและการรับรู้ภาษา ศูนย์กลางการมองเห็น การรับรส การได้ยิน และการดมกลิ่น

2. ออลแฟกทอรีบัลบ์ (Olfactory bulb)

สมองส่วนนี้อยู่ทางด้านหน้าสุด ทำหน้าที่เกี่ยวกับการดมกลิ่น ออลแฟกทอรีบัลบ์ ในมนุษย์พัฒนาน้อยกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ เช่น สุนัข หมู ทำให้ความสามารถในการดมกลิ่นของมนุษย์น้อยกว่าสัตว์เหล่านั้น แต่ในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำ เช่น กบ ปลา จะมีขนาดใหญ่ทำหน้าที่คล้ายกับการดมกลิ่นได้ดี

3. ไฮโพทาลามัส (Hypothalamus)

ไฮโพทาลามัสเป็นส่วนของสมองที่มีขนาดเล็กภายในมีกลุ่มเซลล์ประสาทอยู่น้อย อยู่ทางด้านล่างของสมองส่วนหน้าที่ยื่นมาติดต่อกับต่อมใต้สมอง (Pituitary giand) เซลล์ประสาทบริเวณนี้ (Neurosecretory cell) ส่วนมากทำหน้าสร้างฮอร์โมนประสาทหลายชนิดซึ่งควบคุมการสร้างฮอร์โมนจาก

ต่อมใต้สมอง ไฮโพทาลามัสทำหน้าที่สำคัญในการรักษาดุลยภาพของร่างกาย ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย เป็นศูนย์ควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) ซึ่งเกี่ยวข้องในการควบคุมการทำงานของอวัยวะตอบสนองพวกที่อยู่ภายในร่างกาย เช่น การเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต การนอนหลับ การกินอาหาร (ความหิว ความอิ่ม) ระดับเมตาโบลิซึมของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมอารมณ์และความรู้สึกต่าง ๆ เช่น โศกเศร้า ดีใจ ความรู้สึกทางเพศ เป็นต้น

4. ทาลามัส (Thalamus)

ทาลามัส เป็นส่วนที่อยู่เหนือไฮโพทาลามัส ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวมกระแสประสาทที่ผ่านเข้ามา แล้วแยกกระแสประสาทส่งไปยังสมอง (Cerebral cortex) ที่เกี่ยวข้องกับกระแสประสาทนั้น ๆ นอกจากนี้ยังเข้าใจกันว่าบริเวณบางส่วนของทาลามัส ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับความรู้สึกเจ็บปวด (Pain) และทำให้มีการสั่งงานตอบสนองในรูปพฤติกรรมแสดงออกของการเจ็บปวด

5. สมองส่วนกลาง (Mid brain)

สมองส่วนกลางมีขนาดเล็กถูกสมองส่วนอื่น ๆ บังไว้ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของนัยน์ตา ทำให้ลูกนัยน์ตากลอกไปมาได้ และควบคุมการปิดเปิดของม่านตาในเวลาที่มีแสงสว่างเข้ามามากหรือน้อย (ในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำ เช่น ปลาและกบ ตอนบนของสมองส่วนกลางจะพองออกเป็นกระเปาะ เรียกว่า Optic lobe แต่ในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง จะมีขนาดเล็กลง)

6. เซรีเบลลัม (Cerebellum)

สมองส่วนเซรีเบลลัม เป็นสมองส่วนท้ายประกอบด้วยสองซีกอยู่ทางซ้ายและขวา และมีผิวด้านนอกที่เป็นสีเทาและด้านในเป็นเนื้อสีขาว เช่นเดียวกับเซรีบรัมแต่มีขนาดเล็กกว่า เซรีเบลลัม มีหน้าที่สำคัญ คือ

6.1 ควบคุมและประสานงานของการเคลื่อนไหวของร่างกายให้เป็นไปอย่างมีระเบียบราบรื่น สละสวย และเที่ยงตรง สามารถทำงานที่ต้องการความละเอียด ความประณีตได้ (สัตว์จำพวกปลาและนก มีสมองส่วนนี้เจริญมากที่สุดและมีขนาดใหญ่ ทำให้สัตว์เล่านี้สามารถเคลื่อนไหวได้ซับซ้อน)

6.2 ควบคุมการทรงตัวของร่างกาย โดยได้รับความรู้สึกจากเซมิเซอร์คิวลาร์แคแนล (Semicircular canal) ของหู เมื่อมีความผิดปกติเวลายืนหรือเดินจะเซหรือล้มไปข้างใดข้างหนึ่ง เช่น คนที่กินเหล้าเดินไม่ตรงทางจะเดินเซไปข้างใดข้างหนึ่ง เนื่องจากเหล้าหรือแอลกอฮอร์จะไปทำให้เซรีเบลลัมทำงานไม่เป็นปกติ

7. พอนส์ (Pons)

พอนส์เป็นส่วนที่อยู่ทางด้านหน้าของเซรีเบลลัมติดต่อกับสมองส่วนกลางเป็นส่วนที่ประกอบด้วยเส้นประสาทที่ทอดตัวไปตามยาวและที่ทอดตัวไปตามขวางปะปนกันอยู่และมีกลุ่มเซลล์ประสาท เล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไปสมองส่วนพอนส์นี้มีเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5,6,7และ 8ไปควบคุมการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวกับการเคี้ยว การหลั่งน้ำลาย การเคลื่อนไหวของลูกตา การเคลื่อน ไหวบริเวณใบหน้า

การรับรู้เกี่ยวกับการทรงตัวและการได้ยิน นอกจากนี้ยังควบคุมการหายใจและเป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างเซรีบรัมกับเซรีเบลลัม และระหว่างเซรีเบลลัมกับไขสันหลัง

8. เมดัลลาออบลองกาตา (Medula oblongata)

เมดัลลาออบลองกาตาเป็นสมองส่วนท้ายสุดซึ่งตอนปลายอยู่ติดต่อกับไขสันหลัง จึงเป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างสมองกับไขสันหลัง และในเมดัลลาออบลองกาตาจะมีกลุ่มของตัวเซลล์ประสาทรวมกลุ่มกันอยู่ ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมกิจกรรมของระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น การเต้นของหัวใจ การหายใจ การไหลเวียนของโลหิต การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อลำไส้ เป็นต้น รวมทั้งเป็นศูนย์ปฏิกิริยาสะท้อนกลับ (Reflex center) บางอย่าง เช่น การไอ การจาม การอาเจียน การกลืน และการสะอึก ที่สมองส่วนนี้มีเส้นประสาทสมองคู่ที่ 9,10,11 และ 12

3.1.12 สมองส่วนกลาง พอนส์ และเมดัลลาออบลองกาตา สมองทั้ง 3 ส่วนนี้รวมเรียกว่า **ก้านสมอง** (Brain stem) ส่วนในของก้านสมองจะมีกลุ่มเซลล์ประสาทและใยประสาทเชื่อมโยงระหว่างเมดัลลาออบลองกาตากับทาลามัส ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการนอนหลับความรู้สึกตื่นตัวหรือความมีสติสัมปชัญญะ ควบคุมการหายใจ ความดันเลือด ควบคุมอุณหภูมิ และการหลั่งน้ำย่อย

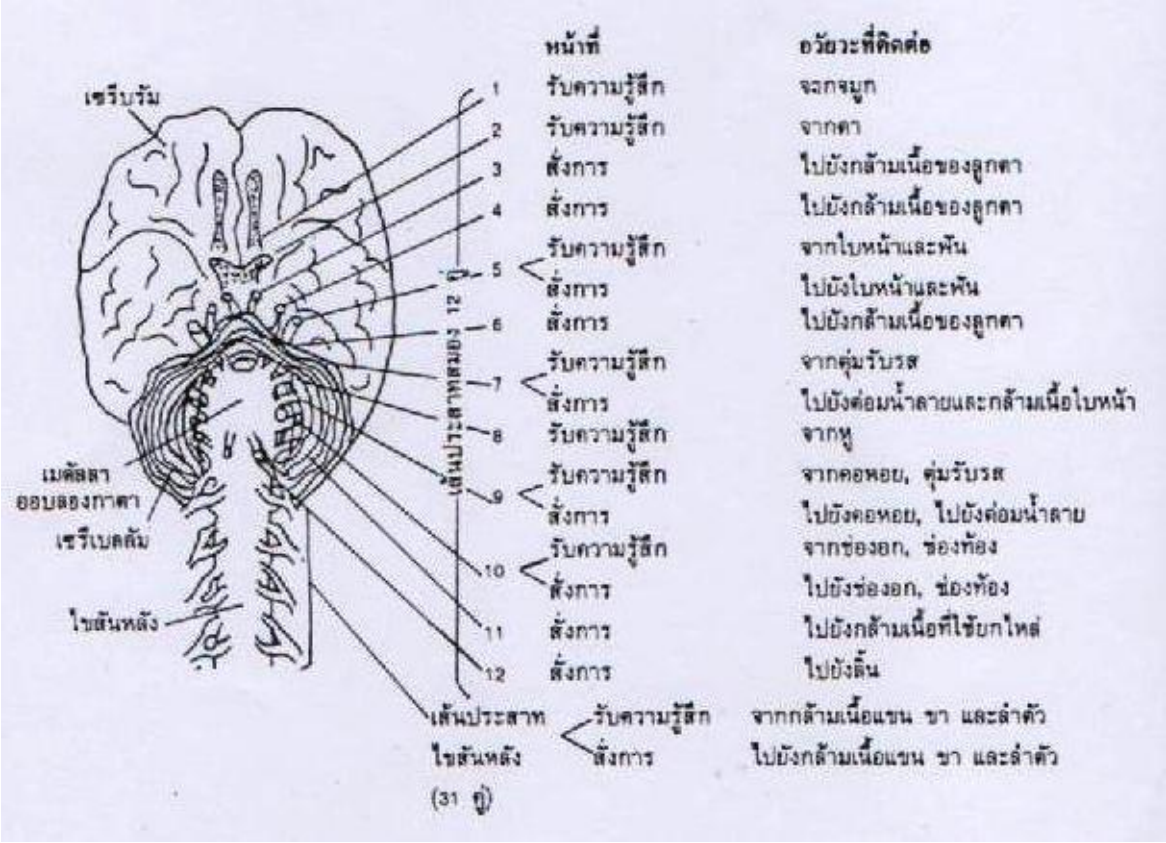
3.1.13 สารเคมีบางอย่างมีผลต่อการทำลายสมอง ทำให้เกิดความพิการของสมอง เช่น

1. การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์จะมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง โดยจะไปทำให้เกิดอาการง่วงนอนหรือควบคุมอารมณ์ไม่ได้ และยังมีผลต่อการทำงานของเซรีเบลลัมทำให้การทรงตัวเสียสมดุล ถ้าดื่มสุราปริมาณมาก ๆ เป็นประจำทุกวันจะมีผลทำให้เซลล์ประสาทในสมองตาย จำนวนเซลล์ประสาทในสมองลดลงเป็นโรคสมองฝ่อ

2. การที่ร่างกายได้รับสารตะกั่วที่ปะปนอยู่ในอากาศ น้ำ และอาหารเข้าไปมากๆ จะมีผลทำให้เซลล์ประสาทในสมองถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สติปัญญาเสื่อม หรือปัญญาอ่อนในเด็ก

3.2 เส้นประสาทสมอง (Cranial nerves)

เส้นประสาทสมอง ตามรูปที่ 2.99



รูปที่ 2.99 สมองของมนุษย์ ตำแหน่งและหน้าที่ของเส้นประสาทที่ออกจากด้านล่างสมอง และส่วนต้นของไขสันหลังพร้อมทั้งอวัยวะที่ติดต่อกับเส้นประสาทเหล่านี้

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 32 - 34)

3.2.1 จากสมองของสัตว์ชั้นสูงและสมองของมนุษย์มีเส้นประสาทแยกออกจากสมองเป็นคู่ ๆ มีด้านซีกขวาหนึ่งเส้นและมีด้านซีกซ้ายหนึ่งเส้น ส่วนมากจะแยกออกจากสมองบริเวณก้านสมองเส้นประสาทของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์ปีก และสัตว์เลื้อยคลาน มีจำนวน 12 คู่ แต่สัตว์พวกปลาและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำมีจำนวน 10 คู่ เส้นประสาทสมองอาจเป็นเส้นประสาทรับความรู้สึก (Sensory nerve) หรือเส้นประสาทสั่งการ (Motor nerve) หรือเส้นประสาทผสม (Mixed nerve) มีดังนี้

1. เส้นประสาทรับความรู้สึก ได้แก่ เส้นประสาทสมองคู่ที่ 1, 2, 8
2. เส้นประสาทสั่งการ ได้แก่ เส้นประสาทสมองคู่ที่ 3, 4, 6, 11, 12
3. เส้นประสาทผสม เป็นทั้งเส้นประสาทรับความรู้สึกและเส้นประสาทสั่งการในเส้นเดียวกัน ได้แก่ เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5, 7, 9, 10

3.2.2 เส้นประสาทสมองของมนุษย์มีทั้งหมด 12 คู่ ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากอวัยวะสัมผัสที่มาจากบริเวณส่วนหัวของร่างกาย และควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อและอวัยวะภายในร่างกาย ดังนี้

คู่ที่ 1 Olfactory nerve มีหน้าที่รับความรู้สึก (Sensory nerve) เกี่ยวกับกลิ่น มีใยประสาทจากเยื่อเมือกในจมูกไปยังสมองส่วนเซรีบรัม (Sensory cortex)

คู่ที่ 2 Optic nerve ทำหน้าที่รับความรู้สึก (Sensory nerve) เกี่ยวกับการมองเห็นจากตามาสู่สมอง โดยนำกระแสประสาทจากเซลล์รับภาพที่เรตินา (Retina) ของลูกตามายังสมองส่วนเซรีบรัม (Visual cortex)

ในสัตว์ชั้นสูงภาพที่เห็นจากทางซีกซ้ายของลำตัวจะถูกส่งไปตามเส้นประสาที่ไขว้ไปสู่สมองทางซีกขวา โดยผ่านบริเวณที่เส้นประสาท (Optic nerve) ไขว้กันตรงกลางใต้สมองก่อนที่จะเข้าสู่สมองบริเวณไฮโพทาลามัส และส่งไปยังสมองส่วนเซรีบรัม(Visual cortex)

คู่ที่ 3 Oculomotor nerve ทำหน้าที่นำคำสั่งหรือนำกระแสประสาท (Motor nerve) ออกจากบริเวณสมองส่วนกลาง ไปยังกล้ามเนื้อลูกตาจำนวน 4 มัด ที่อยู่ในเบ้าตาซึ่งมีผลทำให้

1. ทำให้ลูกตาเคลื่อนไหวกลอกไปกลอกมาได้
2. มีผลต่อกล้ามเนื้อ ทำให้ลืมตา หรี่ตา ควบคุมรูม่านตา (Iris)
3. ทำให้กล้ามเนื้อภายในลูกนัยน์ตาที่ทำหน้าที่ปรับเลนส์ตาให้ภาพชัด

คู่ที่ 4 Trochlear nerve ทำหน้าที่นำคำสั่ง (Motor nerve) ออกจากสมองส่วนกลางด้านบนไปสู่เบ้าตา เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อตา ทำให้ตาสามารถกลอกลงข้างล่างและเฉียงไปทางด้านข้างของร่างกายได้

คู่ที่ 5 Trigeminal nerve เป็นเส้นประสาทผสม (Mixed nerve) ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากใบหน้า ลิ้น ฟัน และเยื่อเมือกในช่องปาก กลับเข้าสู่สมอง ส่วน Parietal lobe และทำหน้าที่นำคำสั่งจากสมองไปยังกล้ามเนื้อบริเวณแก้ม ขากรรไกรล่าง ควบคุมเกี่ยวกับการเคี้ยวอาหาร

คู่ที่ 6 Abducens nerve ทำหน้าที่นำคำสั่ง (Motor nerve) ออกจากบริเวณส่วนต่อระหว่างพอนส์กับเมดัลลาออบลองกาตาไปสู่กล้ามเนื้อตาในเบ้าตา ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อตา ที่ทำให้ลูกนัยน์ตาสามารถเหลือบไปทางด้านข้าง ๆ ของลำตัวได้

คู่ที่ 7 Facial nerve เป็นเส้นประสาทผสม (Mixed nerve) ออกมาจากบริเวณด้านข้างตอนหน้าของเมดัลลาออบลองกาตา แล้วแบ่งเป็นแขนงย่อย ๆ หลายอัน ส่วนหนึ่งไปยังลิ้นทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับรสจากปลายลิ้นส่วนหน้า (ประมาณ $^{2}/_{3}$ ของความยาวของลิ้น) อีกส่วนหนึ่งนำคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อที่บริเวณใบหน้า ทำให้เกิดการแสดงออกของการเคลื่อนไหวของใบหน้าเวลามีอารมณ์ต่าง ๆ เช่น การยิ้ม ขมวดคิ้วเป็นต้น และยังนำคำสั่งไปยังต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกรและต่อมน้ำลายใต้ลิ้นเกี่ยวกับการหลั่งน้ำลายออกมา

คู่ที่ 8 Auditory nerve เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึก (Sensory nerve) ออกจากก้านสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตาด้านข้างไปสู่หูส่วนใน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ๆ หนึ่งไปยังอวัยวะรับเสียงในหูส่วนใน (Cochlea) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับความรู้สึกในการได้ยินเสียง อีกส่วนหนึ่งไปสู่อวัยวะที่เกี่ยวกับการทรงตัว ทำหน้าที่ในการรับความรู้สึกเกี่ยวกับสมดุลการทรงตัวและการเคลื่อนไหวของร่างกายและศีรษะ

คู่ที่ 9 Glossopharyngeal nerve เป็นเส้นประสาทผสม (Mixed nerve) ออกมาจากบริเวณใกล้ ๆ กับคู่ที่ 8 ส่วนหนึ่งไปทำหน้าที่รับความรู้สึกเรื่องรสจากโคนลิ้น ($^{1}/_{3}$ ของลิ้นส่วนหลัง) อีกส่วนหนึ่งไปทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อภายในบริเวณคอ เช่น การกลืน และควบคุมต่อมน้ำลายใต้หูให้หลั่งน้ำลาย

คู่ที่ 10 Vagus nerve เป็นเส้นประสาทผสม (Mixed nerve) ออกจากก้านสมอง ทำหน้าที่รับความรู้สึกสัมผัสจากบริเวณภายในคอหอยช่องอกและช่องท้อง และเป็นเส้นประสาทนำคำสั่งออกจากเมดัลลาออบลองกาตาไปยังกล้ามเนื้อลำคอ กล่องเสียง อวัยวะภายในช่องอกและช่องท้อง ทำหน้าที่การเคลื่อนไหวของคอหอย การหายใจ การเต้นของหัวใจ และการทำงานของอวัยวะภายใน เช่น ลำไส้ กระเพาะอาหาร และต่อมต่าง ๆ ในระบบย่อยอาหาร

คู่ที่ 11 Ascessory nerve ทำหน้าที่เป็นเส้นประสาทสั่งการ (Motor nerve) นำคำสั่งออกมาจากเมดัลลาออบลองกาตาส่วนหนึ่งไปควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อภายในหลอดคอส่วนล่าง (Larynx) เกี่ยวกับการออกเสียง และอีกส่วนหนึ่งไปควบคุมกล้ามเนื้อคอ (กล้ามเนื้อสะบัก) ที่ทำหน้าที่ในการเอียงคอ ยกไหล่ และหันศีรษะ

คู่ที่ 12 Hypoglossal nerve เป็นเส้นประสาทนำคำสั่ง (Motor nerve) ออกจากเมดัลลาออบลองกาตาไปยังลิ้น เพื่อควบคุมกล้ามเนื้อในลิ้นที่ทำให้ลิ้นเคลื่อนไหวตวัดไปมาได้ อันเกี่ยวข้องกับการกลืน การกินอาหาร การคลุกเคล้าอาหาร เป็นต้น ตามตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 เส้นประสาทสมอง (Cranial nerve) ตำแหน่งและหน้าที

ชื่อ	ตำแหน่ง	หน้าที่
I Olfactory nerve (Sensory nerve)	เยื่อเมือกในจมูก	ดมกลิ่น
II Optic nerve (Sensory nerve)	เรตินาของตา	รับแสง (การมองเห็น)
III Oculomotor nerve (Motor nerve)	กล้ามเนื้อตา 4 มัด	การเคลื่อนไหวของลูกตา (กลอกตา หรี่ตา ขยายม่านตา)
IV Trochlear nerve (Motor nerve)	กล้ามเนื้อตา	การเคลื่อนไหวของลูกตา
V Trigeminal nerve (Mixed nerve)	หน้า เยื่อเมือกในปาก ฟัน ขากรรไกรล่าง ลิ้น	การเคี้ยว การเปิด-ปิดปาก
VI Abducens nerve (Motor nerve)	กล้ามเนื้อตา	การเคลื่อนไหวของลูกตา
VII Facial nerve (Mixed nerve)	ใบหน้า กล้ามเนื้อที่ใบหน้า ลิ้น	ยิ้ม ขมวดคิ้ว รับรส (บริเวณปลายลิ้นและข้างลิ้น) หลั่งน้ำลาย
VIII Auditory nerve (Sensory nerve)	หูส่วนใน	การได้ยิน และการทรงตัว
IX Glossopharyngeal nerve (Mixed nerve)	กล้ามเนื้อโคนลิ้นและคอหอย	รับรสขม และฝาด (บริเวณโคนลิ้น) การกลืน การหลั่งน้ำลาย
X Vagus nerve (Mixed nerve)	ช่องอก ช่องท้อง (อวัยวะภายใน)	การเต้นหัวใจความดันเลือดการขยายและการหดตัวของปอดการหลั่งน้ำย่อยจากกระเพาะ(ทำงานใกล้ชิดกับ ANS)
XI Ascessory nerve (Motor nerve)	กล้ามเนื้อสะบัก	การเอียงคอ ยกไหล่ และหันศรีษะ
XII Hypoglossal nerve (Motor nerve)	กล้ามเนื่อลิ้น	การเคลื่อนไหวของลิ้น (คลุกเคล้าอาหาร)

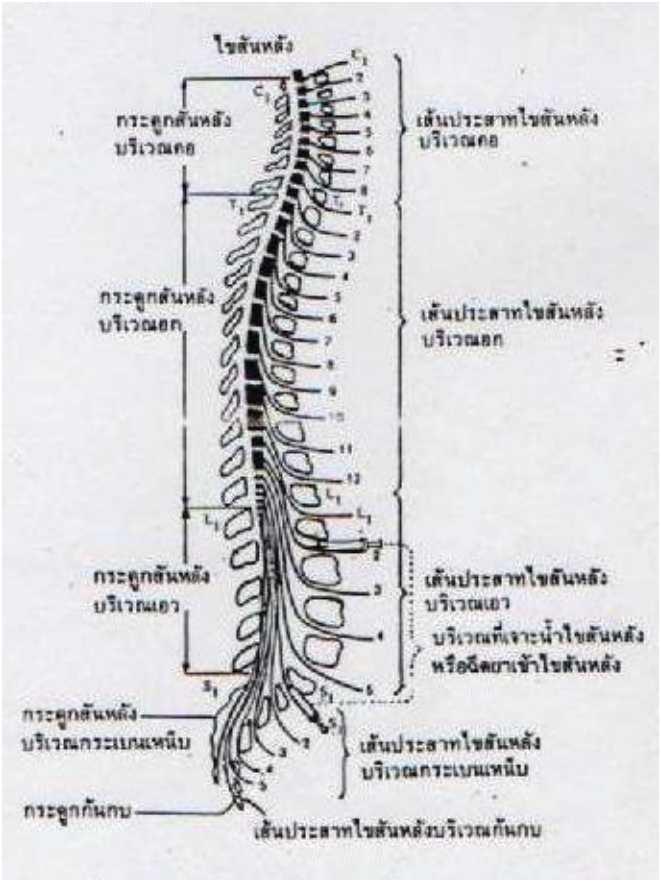
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 35 - 37)

3.2.3 สรุป

1. เส้นประสาทสมองที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของลูกนัยน์ตา คือ คู่ที่ 3, 4 และ 6
2. เส้นประสาทสมองที่เกี่ยวข้องกับการรับรสอาหารของลิ้น คือ คู่ที่ 7 และ 9
3. เส้นประสาทสมองรับความรู้สึก (Sensory nerve) คือ คู่ที่ 1, 2 และ 8
4. เส้นประสาทสมองสั่งการ (Motor nerve) คือ คู่ที่ 3, 4, 6, 11 และ 12
5. เส้นประสาทสมองผสม (Mixed nerve) คือ คู่ที่ 5,7,9 และ 10

3.3 ไขสันหลัง (Spinal cord)

3.3.1 ไขสันหลังในสัตว์ชั้นสูงเจริญมาจากหลอดประสาทส่วนหลัง (Neural tube) เป็นส่วนที่ต่อจากสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา มีลักษณะเป็นหลอดกลวงตอนปลายแหลมอยู่ในโพรงของกระดูกสันหลัง มีเยื่อที่หุ้มสมองหุ้มต่อลงมา และภายในมีของเหลว (Cerebro spinal fluid) บรรจุอยู่เต็มตามรูปที่ 2.100



รูปที่ 2.100 ไขสันหลังและเส้นประสาทไขสันหลัง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 38)

3.3.2 ไขสันหลังจะอยู่ภายในกระดูกสันหลัง ตั้งแต่กระดูกสันหลังข้อแรกถึงกระดูกบั้นเอว ข้อที่ 2 ส่วนปลายไขสันหลังจะเรียวเล็กลงมีเพียงส่วนของเยื่อหุ้มไขสันหลัง จนถึงกระดูกสันหลังข้อสุดท้าย (กระดูกกระเบนเหน็บ) ดังนั้นนับจากกระดูกบั้นเอว ข้อที่ 2 ลงมาจะมีช่องว่าง ซึ่งภายในมีแต่เส้นประสาทที่ออกจากไขสันหลัง โดยไม่มีเนื้อไขสันหลังอยู่เลย ด้วยเหตุนี้ในการเจาะเอาน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง หรือฉีดยาเข้าไปในไขสันหลัง แพทย์จึงมักนิยมฉีดเข้าบริเวณต่ำกว่ากระดูกบั้นเอวข้อที่ 2 ลงไป เพราะโอกาสที่เข็มฉีดยาจะทำอันตรายแก่เนื้อไขสันหลังมีน้อยกว่าฉีดเข้าไปบริเวณอื่น

3.3.3 ถ้าตัดไขสันหลังตามขวาง จะพบว่าตรงกลางไขของสันหลังจะเป็นช่อง (Central canal) ซึ่งจะยาวโดยตลอดไขสันหลังขึ้นไปติดต่อกับโพรงภายในสมอง (Ventricle) ภายในมีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (Cerebro – spinal fiuid) บรรจุอยู่ด้วย และพบว่าเนื้อไขสันหลังแบ่งออกเป็น 2 สี คือ

1) เนื้อสีเทา (Gray matter) เป็นเนื้อไขสันหลังที่อยู่ทางด้านในบริเวณนี้มีตัวเซลล์ประสาทจำนวนมาก ตรงกลางของส่วนเนื้อสีเทานี้จะเป็นช่อง (Central canal) ภายในมีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังบรรจุอยู่ ในส่วนเนื้อสีเทานี้มีลักษณะคล้ายตัว H หรือรูปร่างคล้ายปีกผีเสื้อ สามารถแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

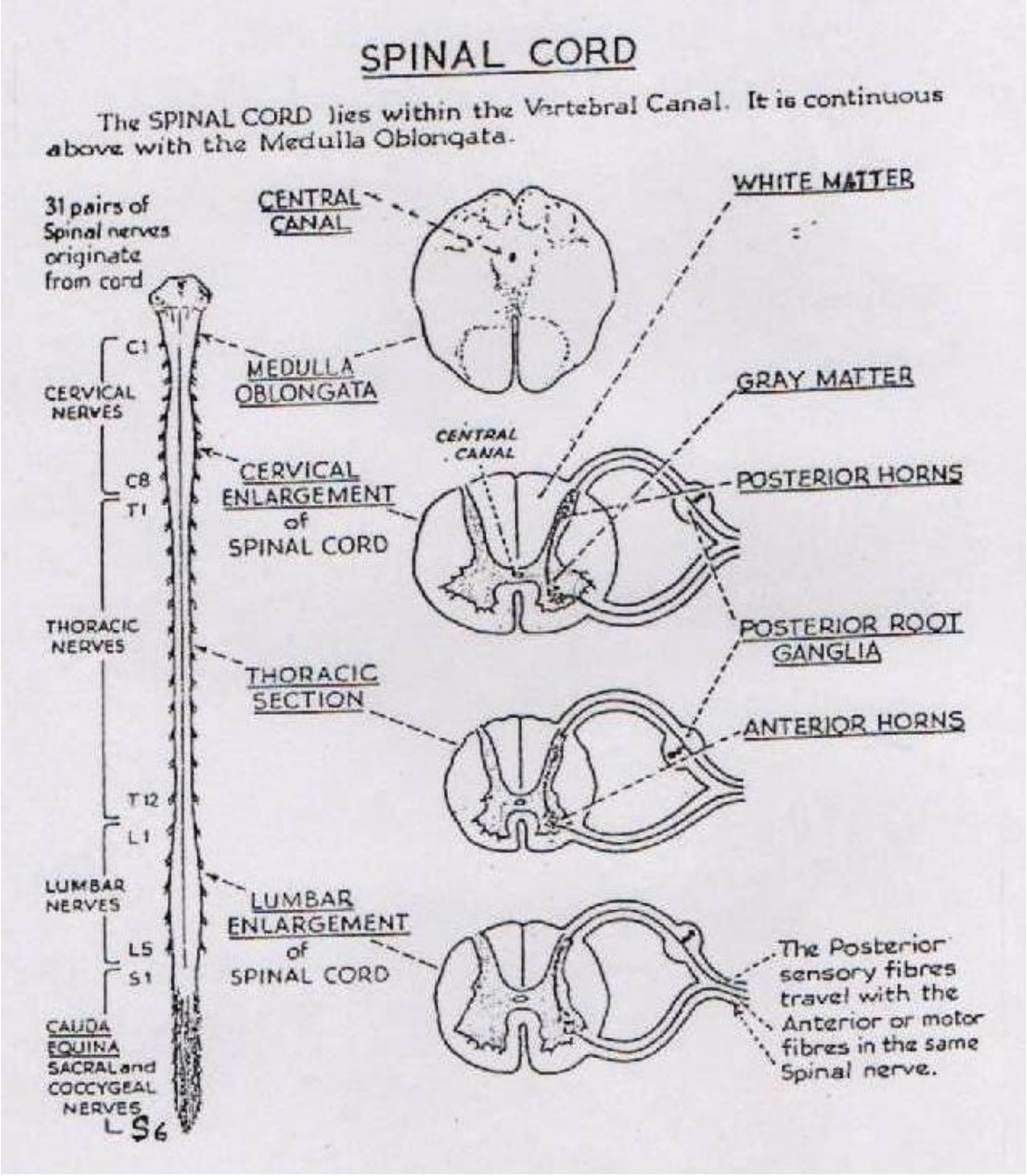
1.1 ดอร์ซัลฮอร์น (Dorsal horn or Posterior horn) คือ มุกปีกผีเสื้อด้านบนเป็นที่อยู่ของเซลล์ประสาทประสานงานในการรับความรู้สึกจากไขสันหลังไปยังสมอง (ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรับความรู้สึก เป็น Sensory area)

1.2 เวนทรัลฮอร์น (Ventral horn or Anterior horn) คือ มุกปีกผีเสื้อด้านล่างเป็นที่อยู่ของเซลล์ประสาทสั่งการ ส่งกระแสประสาทไปควบคุมการทำงานของระบบกล้ามเนื้อลายโดยตรง (ทำหน้าที่เป็น Motor area)

1.3 เส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal nerve or Lateral horn) เป็นเส้นประสาทที่แยกออกมาตรงเนื้อสีเทาทั้งด้านบนและด้านล่าง มีลักษณะคล้ายรากต้นไม้

2) เนื้อสีขาว (White matter)เ ป็นเนื้อไขสันหลังที่อยู่ทางด้านนอกบริเวณนี้มีใยประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม (จึงเห็นเป็นสีขาว) ใยประสาทเหล่านี้เป็นส่วนแอกซอนของเซลล์ประสาทในไขสันหลัง ที่ถ่ายทอดกระแสประสาทขึ้นไปยังสมอง หรืออาจเป็นส่วนแอกซอนของเซลล์ประสาทภายในสมองที่สั่งการมายังไขสันหลัง ดังนั้นจึงทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างไขสันหลังกับสมอง

3.3.4 กระแสประสาทจากโครงสร้างต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่รับสัมผัสหรือรับแรงกระตุ้นจากสิ่งเร้า เรียกว่า หน่วยรับความรู้สึก (Receptor) จะเข้าสู่ไขสันหลังทางรากบนและออกจากไขสันหลังทางรากล่างไปยังหน่วยปฏิบัติการ (Effector) ซึ่งได้แก่ กล้ามเนื้อและต่อมต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.101



รูปที่ 2.101 ลักษณะภายนอกและภาคตัดขวางของไขสันหลังระดับต่าง ๆ

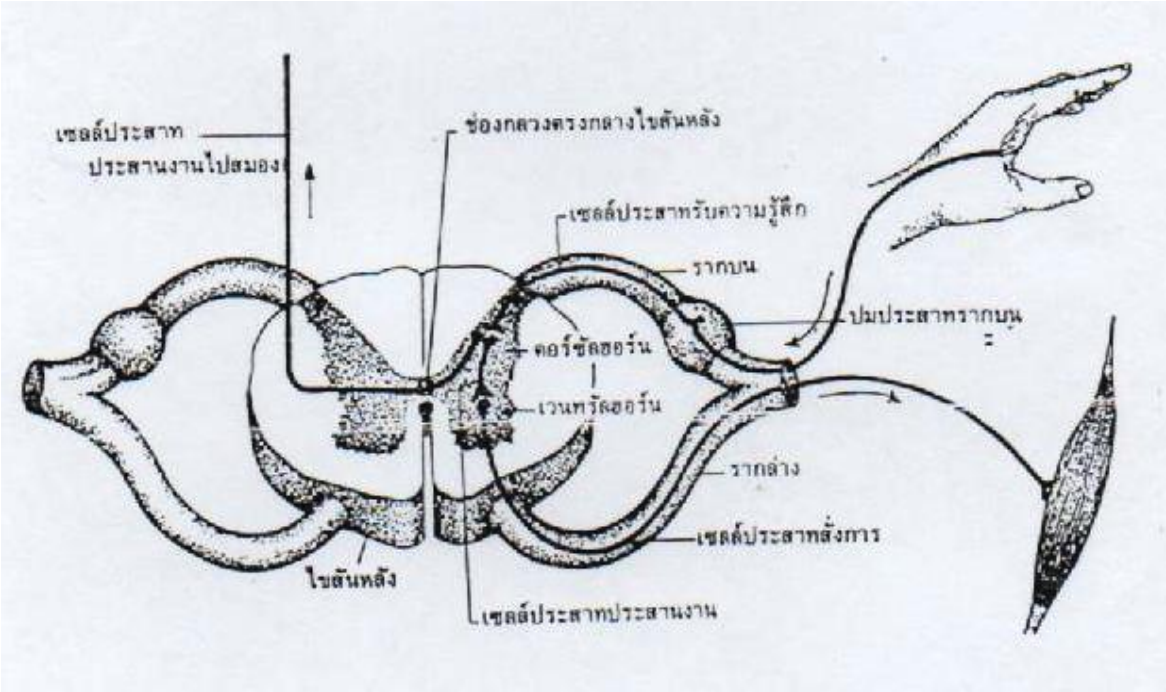
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 39 - 40)

3.3.5 หน้าที่ของไขสันหลัง

1. เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างหน่วยรับความรู้สึกกับสมองและสมองกับหน่วยปฏิบัติงาน

2. เป็นศูนย์สั่งการให้หน่วยปฏิบัติงานทำงานได้

3.3.6 ในไขสันหลังยังมีเซลล์ประสาทอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า เซลล์ประสาทประสานงาน (Association nerve cell) ทำหน้าที่ส่งผ่านกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาทรับความรู้สึกและเซลล์ประสาทสั่งการ ซึ่งอาจเป็นเซลล์ที่อยู่ภายในไขสันหลังด้วยกัน หรือภายในสมองก็ได้ ตามรูปที่ 2.102



รูปที่ 2.102 ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทเข้าและออกจากไขสันหลัง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 41)

3.4 เส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal nerve)

3.4.1 เส้นประสาทไขสันหลังเป็นเส้นประสาทที่แยกจากไขสันหลังเป็นคู่ ๆ ในมนุษย์ มี 31 คู่ ทุกคู่เป็นเส้นประสาทผสม (Mixed nerve) และแยกไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนี้ (เรียกชื่อตามบริเวณของกระดูกสันหลังที่เส้นประสาทแยกออกมา)

1. เส้นประสาทบริเวณคอ (Cervical nerve) มี 8 คู่
2. เส้นประสาทบริเวณอก (Thoracic nerve) มี 12 คู่
3. เส้นประสาทบริเวณเอว (Lumbar nerve) มี 5 คู่

4. เส้นประสาทบริเวณกระเบนเหน็บ (Sacral nerve) มี 5 คู่

5. เส้นประสาทบริเวณก้นกบ (Coccygeal nerve) มี 1 คู่

3.4.2 เส้นประสาทไขสันหลังทั้ง 31 คู่นี้ควบคุมกล้ามเนื้อแขนขาและลำตัวโดยเส้นประสาทเหล่านี้จะแยกออกจากไขสันหลังทั้งด้านบนและด้านล่าง มีลักษณะคล้ายรากไม้สำหรับบริเวณโคน เส้นประสาทไขสันหลังส่วนที่ติดกับไขสันหลังจะแยกออกเป็น 2 ราก คือ

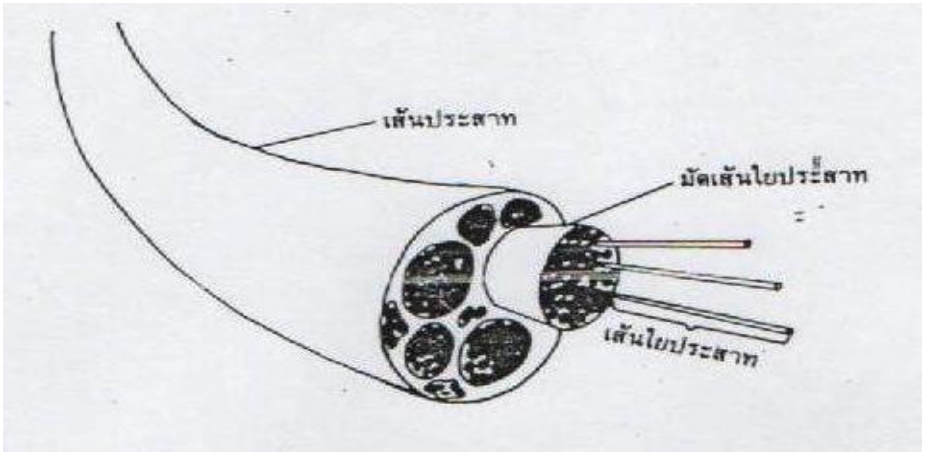
1. รากบน (Dorsal root) จะติดอยู่กับดอร์ซัลฮอร์นของไขสันหลัง และมีส่วนที่พองออกเป็นปมประสาทรับความรู้สึก (Dorsal root ganglion)ในปมประสาทมีตัวเซลล์ (Cell body) ของเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory nerve cell) โดยมีเดนไดรต์อยู่ในเส้นประสาทไขสันหลังและมีแอกซอนอยู่ในรากบนยื่นเข้าไปในไขสันหลัง สำหรับรับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกเข้าสู่ไขสันหลัง

2. รากล่าง (Ventral root) จะติดอยู่กับเวนทรัลฮอร์นประกอบด้วยเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor nerve cell) โดยมีตัวเซลล์อยู่ในเนื้อสีเทาบริเวณเวนทรัลฮอร์นของไขสันหลัง ทำหน้าที่นำคำสั่งหรือส่งกระแสประสาทออกจากไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติงาน

3.4.3 รากประสาททั้งรากบนและรากล่างนี้รวมกันเป็นเส้นประสาทไขสันหลัง ดังนั้นในเส้นประสาทไขสันหลังจึงมีแอกซอนของทั้งเส้นประสาทรับความรู้สึก และเส้นประสาทสั่งการปนกันออกมาก่อนที่จะแตกแขนงแยกไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในภายหลัง

3.4.4 เนื่องจากมนุษย์เรายืนตัวตรง จึงพบว่ารากบนจะอยู่ทางด้านหลัง (Dorsal) และรากล่างจะอยู่ทางด้านหน้าหรือด้านท้อง (Ventral)

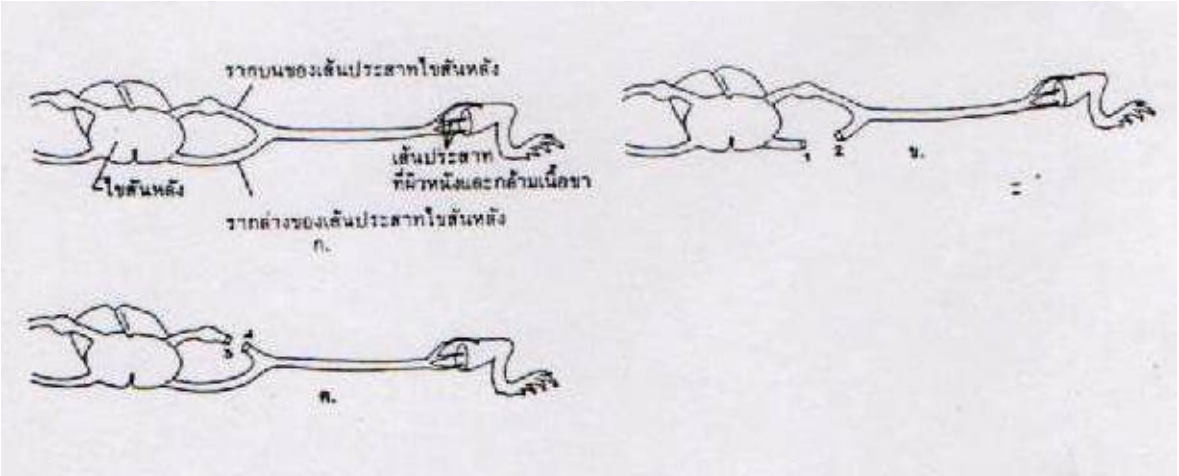
3.4.5 เส้นประสาทไขสันหลังแต่ละเส้นประกอบด้วยเส้นใยประสาทเล็ก ๆ อยู่รวมกันเป็นมัดเส้นใยประสาทหลายมัด มัดเส้นใยประสาทเหล่านี้มีทั้งเส้นใยประสาทรับความรู้สึกและเส้นใยประสาทสั่งการ เส้นประสาทไขสันหลังจึงเป็นเส้นประสาทผสม ตามรูปที่ 2.103



รูปที่ 2.103 โครงสร้างของเส้นประสาทไขสันหลังตัดตามขวาง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 42)

3.4.6 จากการศึกษาการส่งกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกที่มาตามเส้นประสาทไขสันหลังเข้าสู่ไขสันหลังของกบ ตามรูปที่ 2.104 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.104 การทดลองการส่งกระแสประสาทของเส้นประสาทไขสันหลังของกบ
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 43)

1. หลังจากที่กบได้ถูกทำลายสมองแล้ว เมื่อเอาเข็มแทงที่ขาหลังของกบ ปรากฏว่ากบจะหดขาหนี แสดงว่า กบสามารถรับความรู้สึกที่ถูกเข็มแทงและตอบสนองความรู้สึกนั้นได้ การตอบสนองนี้ไม่ต้องผ่านการควบคุมจากสมอง (ภาพ ก.)

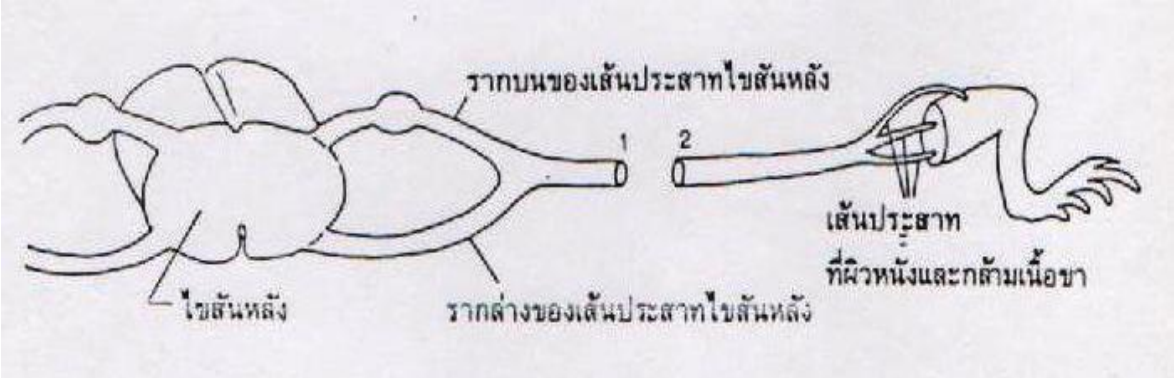
2. เมื่อตัดรากล่างของเส้นประสาทไขสันหลัง (ดังภาพ ข.) แล้วใช้เข็มแทงขาหลังนั้น ปรากฏว่ากบไม่หดขาหนีเหมือนครั้งแรก แต่ถ้าเอาเข็มเขี่ยที่ปลายรากจุดที่ถูกตัด (จุดที่ 2)ปรากฏว่ากบกระตุกขาได้แสดงว่ารากล่างมีหน้าที่นำกระแสประสาทจากไขสันหลัง แล้วส่งไปยังหน่วยปฏิบัติงาน (บริเวณที่มีการตอบสนอง)

3. แต่ถ้าเอาเข็มแทงตรงจุดที่ 1 ปรากฏว่าขากบไม่กระตุก เพราะรากล่างไม่สามารถนำกระแสประสาทจากไขสันหลังไปยังบริเวณขาได้

4. ถ้าตัดรากประสาทดังภาพ ข. แล้วจี้ที่ขากบ พบว่าไขสันหลังยังสามารถรับความรู้สึกจากขาข้างนี้ได้ เพราะรากบนไม่ได้ถูกตัดขาดจึงสามารถนำกระแสประสาทจากบริเวณที่รับความรู้สึก (ขากบ) เข้าสู่ไขสันหลังได้

5. เมื่อตัดรากบนของเส้นประสาทไขสันหลัง (ดังภาพ ค.) แล้วเอาเข็มแทงขาหลังนั้น พบว่าขากบไม่กระตุกแต่เมื่อเอาเข็มแทงที่จุดที่ถูกตัว (จุดที่ 3) ปรากฏว่ากบกระตุกขาได้ แสดงว่ารากบนมีหน้าที่นำกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกเข้าสู่ไขสันหลัง

6. ถ้าหากตัดเส้นประสาทไขสันหลังของกบ ตามรูปที่ 2.105



รูปที่ 2.105 การทดลองตัดเส้นประสาทไขสันหลังกบ

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 44)

6.1 เมื่อเอาเข็มแทงที่ขากบ ปรากฏว่าขากบจะไม่กระตุก เพราะเส้นประสาทที่จะนำคำสั่งจากไขสันหลังมายังขากบนั้นถูกตัดขาดออกไป

6.2 ถ้าหากเอาเข็มแทงตรงจุดที่ 1 ปรากฏว่าขากบจะไม่กระตุก เช่นเดียวกัน (อาจมีผลต่อส่วนอื่นของร่างกาย)

6.3 แต่ถ้าเอาเข็มแทงตรงจุดที่ 2 ปรากฏว่า ขากบกระตุกได้ทั้งนี้เป็นเพราะรากล่างของเส้นประสาทตรงจุดที่ 2 ยังสามารถนำคำสั่งไปยังขากบได้

3.4.**7** ในสัตว์ต่างชนิดกันจะมีจำนวนเส้นประสาทไขสันหลังไม่เท่ากัน เช่น ในกบมีเพียง 9 คู่ ในมนุษย์มีถึง 31 คู่ และเส้นประสาทไขสันหลังแต่ละเส้น ยังมีความยาวแตกต่างกันมาก บางเส้นอาจยาวได้หลายฟุตทั้งนี้แล้วแต่ว่าจะอยู่ที่ส่วนไหนของร่างกาย เช่น เส้นประสาทไขสันหลังที่ไปแขนและขาจะมีความยาวมากกว่าเส้นประสาทที่ไปยังลำตัว

3.4.8 เซลล์ประสาทไขสันหลังอาจถูกทำลายได้ด้วยโรคบางชนิด เช่น โรคโปลิโอ โรคไขสันหลังอักเสบ และโรคอื่น ๆ อีกหลายชนิด นอกจากนี้ในน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังอาจติดเชื้อจากแบคทีเรีย หรือไขสันหลังอาจได้รับการกระทบกระเทือนจากอุบัติเหตุ สาเหตุดังกล่าวอาจทำให้เซลล์ประสาทสั่งการในไขสันหลัง และเซลล์ประสาทในศูนย์ควบคุมการเคลื่อนไหวในสมองบางส่วนถูกทำลาย ทำให้กล้ามเนื้อทำงานไม่ได้ และไม่สามารถรับความรู้สึกตามปกติได้ เช่น ถ้าเซลล์ประสาทไข สันหลังบริเวณส่วนเอวถูกทำลาย อวัยวะส่วนที่ต่ำจากเอวจะไม่สามารถรับความรู้สึก และไม่สามารถทำงานได้

4. การทำงานของระบบประสาท

4.1 ระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง

4.1.1 ถ้าพิจารณาตามตำแหน่งและโครงสร้างของระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบประสาทกลาง (Central Nervous System หรือ CNS) ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของร่างกาย

2. ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral Nervous System หรือ PNS) ประกอบด้วยเส้นประสาทที่ออกจากสมองและไขสันหลังเป็นคู่ ๆ ถ้าออกมาจากบริเวณส่วนสมอง เรียกว่า **เส้นประสาทสมอง** แต่ถ้าออกมาจากไขสันหลัง เรียกว่า **เส้นประสาทไขสันหลัง** ระบบประสาทรอบนอกนี้ ถ้าทำหน้าที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เรียกว่า ระบบประสาทโซมาติก (Somatic nervous system) แต่ถ้าทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรักษาดุลยภาพภายในร่างกาย เรียกว่า ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system)

4.1.2 ถ้าพิจารณาในแง่ของการทำงานของระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูงอาจแยกได้เป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบประสาทโซมาติก (Somatic Nervous System หรือ SNS)
2. ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic Nervous System หรือ ANS)

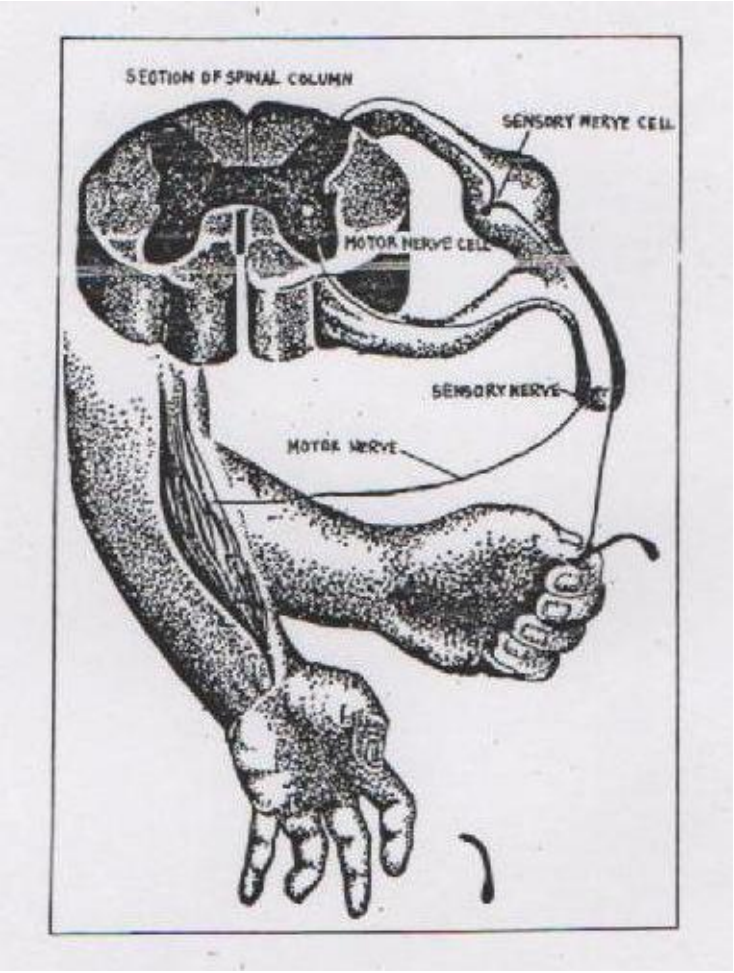
การทำงานของระบบประสาท พบว่ามีการทำงานเป็นวงจรประสาทที่เรียกว่า วงจรรีเฟลกซ์ หรือ รีเฟลกซ์อาร์ก (Reflex arc) ซึ่งหมายถึง วงจรการทำงานของระบบประสาท เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นจนมีการตอบสนองได้ โดยมีสมองเป็นผู้สั่งงานรีเฟลกซ์อาร์กที่ซับซ้อนและสมบูรณ์ (Complex reflex arc) จะมีการนำกระแสประสาทระหว่างสมองกับไขสันหลัง ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อย ๆ 5 หน่วย คือ

1. หน่วยรับความรู้สึก (Receptor)
2. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory neuron)
3. เซลล์ประสาทประสานงาน (Association neuron)
4. เซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron)
5. หน่วยปฏิบัติงาน (Effector)

บางครั้งรีเฟลกซ์อาร์กอาจไม่จำเป็นต้องมีเซลล์ประสาทประสานงานก็ได้ (Simple reflex arc) จะมีการนำกระแสประสาทวนเวียนอยู่ในไขสันหลังเท่านั้น เช่น การกระตุกที่หัวเข่าและข้อเท้า การชักมือหนีเปลวไฟ จัดเป็นวงจรแบบง่าย ๆ อันมีผลทำให้สามารถหลบหลีกอันตรายต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างกะทันหันได้อย่างดี ประกอบด้วยหน่วยย่อย ๆ 4 หน่วย คือ

1. หน่วยรับความรู้สึก (Receptor)
2. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory neuron)
3. เซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron)
4. หน่วยปฏิบัติงาน (Effector)

ตามรูปที่ 2.106



รูปที่ 2.106 วงจรรีเฟลกซ์แบบง่าย ๆ (Simple reflex arc)

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 45 - 46)

4.2 การทำงานของระบบประสาทโซมาติก

4.2.1 **ระบบประสาทโซมาติก** (Somatic nervous system) จะควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลาย โดยเซลล์ประสาทรับความรู้สึกจะรับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกผ่านเส้นประสาทไขสันหลังหรือเส้นประสาทสมองเข้าสู่ไขสันหลังหรือสมอง และกระแสประสาทนำคำสั่งจากสมองจะถูกส่งผ่านเส้นประสาทสมองหรือเส้นประสาทไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อลาย

การทำงานของระบบประสาทโซมาติก เป็นวงจรการทำงานตามคำสั่งของสมองส่วนเซรีบรัม ซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลายให้กระทำหรือหยุดกระทำได้ จึงเป็นระบบประสาทที่ถูกทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ (Volumtary nervous system)

การทำงานของกล้ามเนื้อลายบางครั้งอาจทำงานได้โดยรับคำสั่งจากไขสันหลังเท่านั้น ไม่ต้องอาศัยการสั่งงานของสมอง การทำงานแบบนี้เรียกว่า **ปฏิกิริยารีเฟลกซ์ หรือรีเฟลกซ์แอกชัน** (Reflex action)

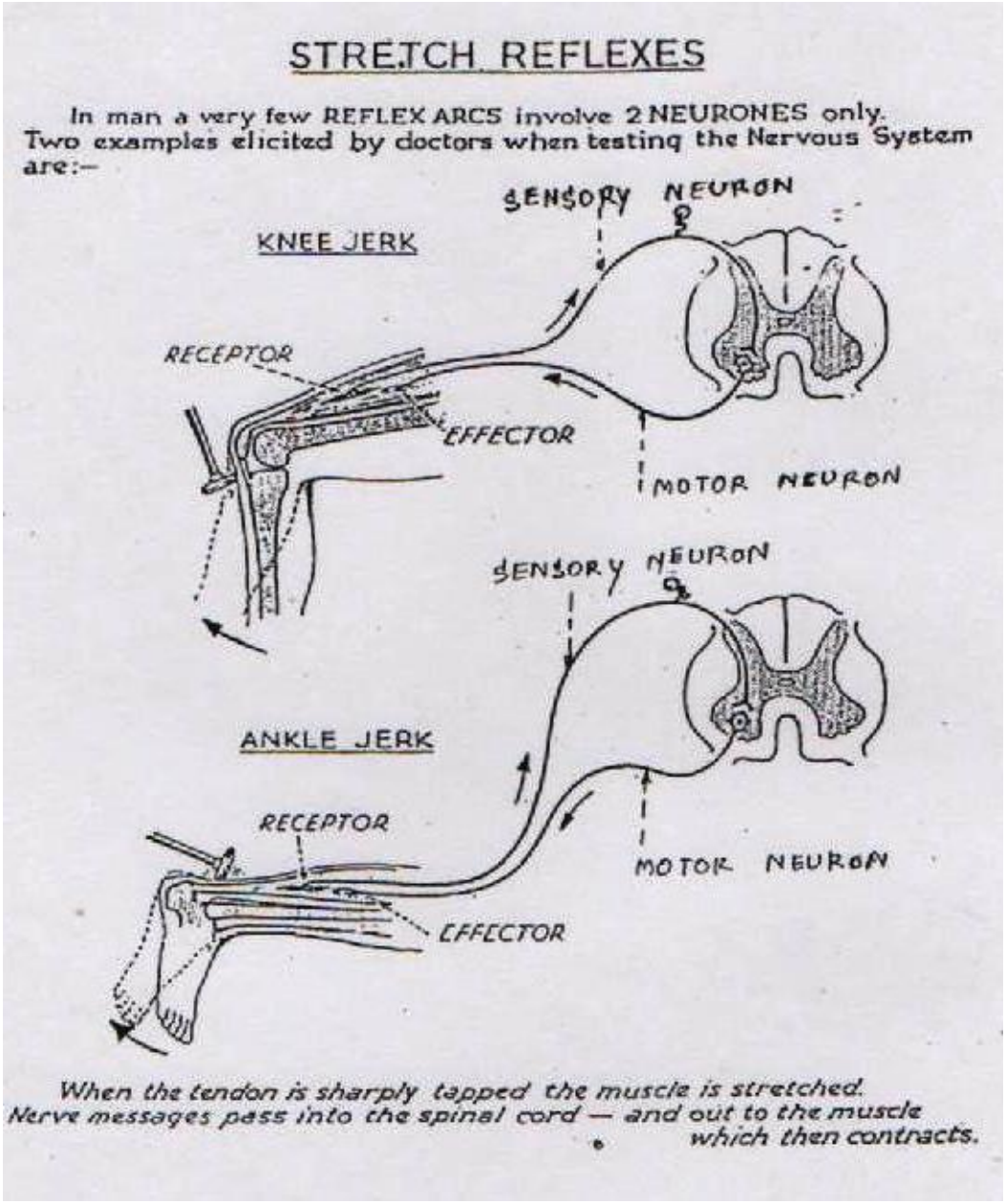
รีเฟลกซ์แอกชัน หมายถึง กิริยาของหน่วยปฏิบัติงาน (อาจเป็นกล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อเรียบก็ได้) ที่เกิดขึ้นในทันทีทันใด โดยมิได้มีการเตรียมตัวหรือคิดไว้ล่วงหน้า เป็นการทำงานของวงจรรีเฟลกซ์ที่สั่งการมาจากไขสันหลังไม่ต้องอาศัยคำสั่งจากสมองส่วนเซรีบรัมและเป็นอาการที่เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ

4.2.2 **รีเฟลกซ์** (Reflex) หมายถึง การตอบสนองของหน่วยปฏิบัติงานนอกอำนาจจิตใจ

4.2.3 รีเฟลกซ์แอกชันเป็นรีเฟลกซ์อาร์กอย่างหนึ่ง ที่มีไขสันหลังเป็นผู้สั่งงาน เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก ซึ่งมีผลช่วยทำให้หลีกหนีอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากสิ่งเร้าที่เป็นอันตรายแก่ร่างกายอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้รับอันตรายจากสิ่งเร้านั้นน้อยลง ตัวอย่างของรีเฟลกซ์แอกชัน เช่น

1. การชักเท้าออกเมื่อเดินเหยียบก้นบุหรี่
2. การชักมือหนีเปลวไฟ
3. การกระตุกขาเมื่อถูกเคาะบริเวณเอ็นของหัวเข่า และข้อเท้า
4. การไอ การจาม การกะพริบตา

ตามรูปที่ 2.107



รูปที่ 2.107 แสดงรีเฟลกซ์เมื่อเคาะบริเวณเอ็นของหัวเข่าและข้อเท้า

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 47)

เมื่อถูกเคาะบริเวณเอ็นของหัวเข่าหรือข้อเท้า กระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกจะผ่านเซลล์ประสาทรับความรู้สึกเข้าสู่ไขสันหลัง แล้วผ่านไปยังเซลล์ประสาทสั่งการโดยตรงทำให้กระตุกขาทันทีโดยที่สมองยังไม่ได้สั่งการ

รีเฟลกซ์แอกชันของการชักเท้าออกหรือกระตุกขาหนีจากก้นบุหรี่เมื่อเดินเหยียบก้นบุหรี่นั้น เป็นรีเฟลกซ์แอกชันที่ซับซ้อนกว่ารีเฟลกซ์แอกชันที่เกิดจากการเคาะที่หัวเข่า คือ เมื่อเท้าเหยียบของร้อน (ก้นบุหรี่) กระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกจะผ่านเข้าสู่เซลล์ประสาทรับความรู้สึกเข้าสู่

ไขสันหลัง และกระแสประสาทจะผ่านไปยังเซลล์ประสาทประสานงานที่ไขสันหลังแล้วจึงผ่านไปยังเซลล์ประสาทสั่งการ ทำให้ชักเท้าออกหรือกระตุกขาหนีซึ่งเป็นรีเฟลกซ์แอกชัน

ในขณะเดียวกันก็มีการส่งกระแสประสาทไปยังสมองด้วย ทำให้เกิดความรู้สึกว่าร้อนแล้วยกขาหนีไปให้ห่างบริเวณนั้น หรือเอามือไปคลำที่ฝ่าเท้าบริเวณที่ร้อน เป็นต้น พฤติกรรมดังกล่าวเป็นพฤติกรรมร่วมอื่น ๆ ที่เกิดตามมาภายหลัง ซึ่งเกิดจากการสั่งการของสมอง จึงไม่จัดว่าเป็นรีเฟลกซ์แอกชัน

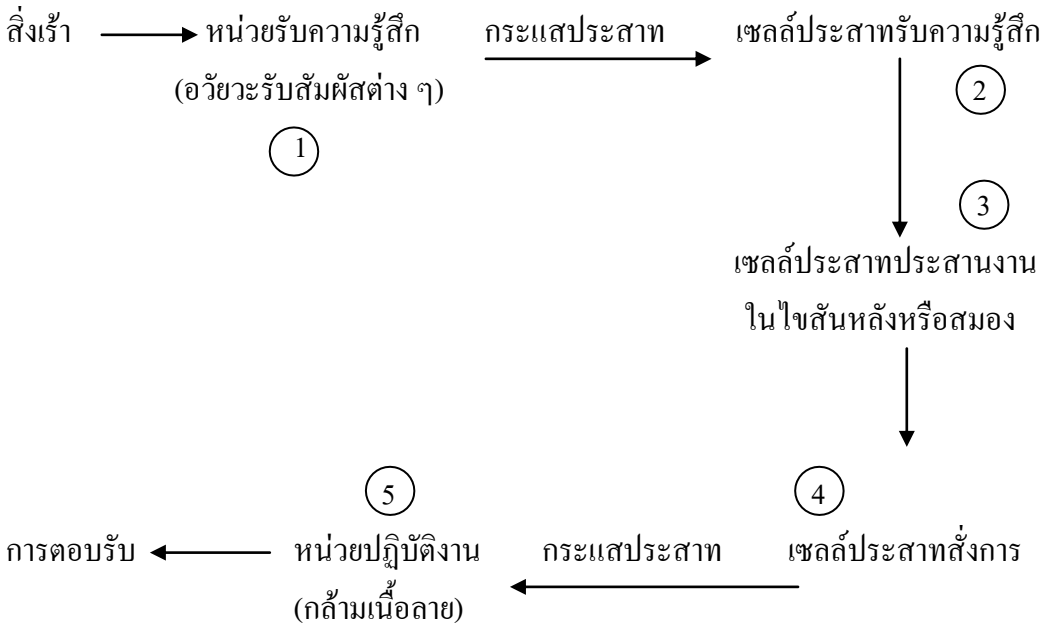
รีเฟลกซ์แอกชันบางอย่างมีหน่วยปฏิบัติงานเป็นกล้ามเนื้อเรียบหรือต่อมต่าง ๆ เช่น การปล่อยเอมไซม์ออกมาย่อยอาหาร การไหลของน้ำนมขณะเด็กดูดนมแม่

สรุป

1. รีเฟลกซ์แอกชันของการกระตุกขาทันทีเมื่อเคาะบริเวณเอ็นของหัวเข่าหรือข้อเท้า เกิดจากการทำงานร่วมกันของเซลล์ประสาท 2 ชนิด คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึกและเซลล์ประสาทสั่งการ

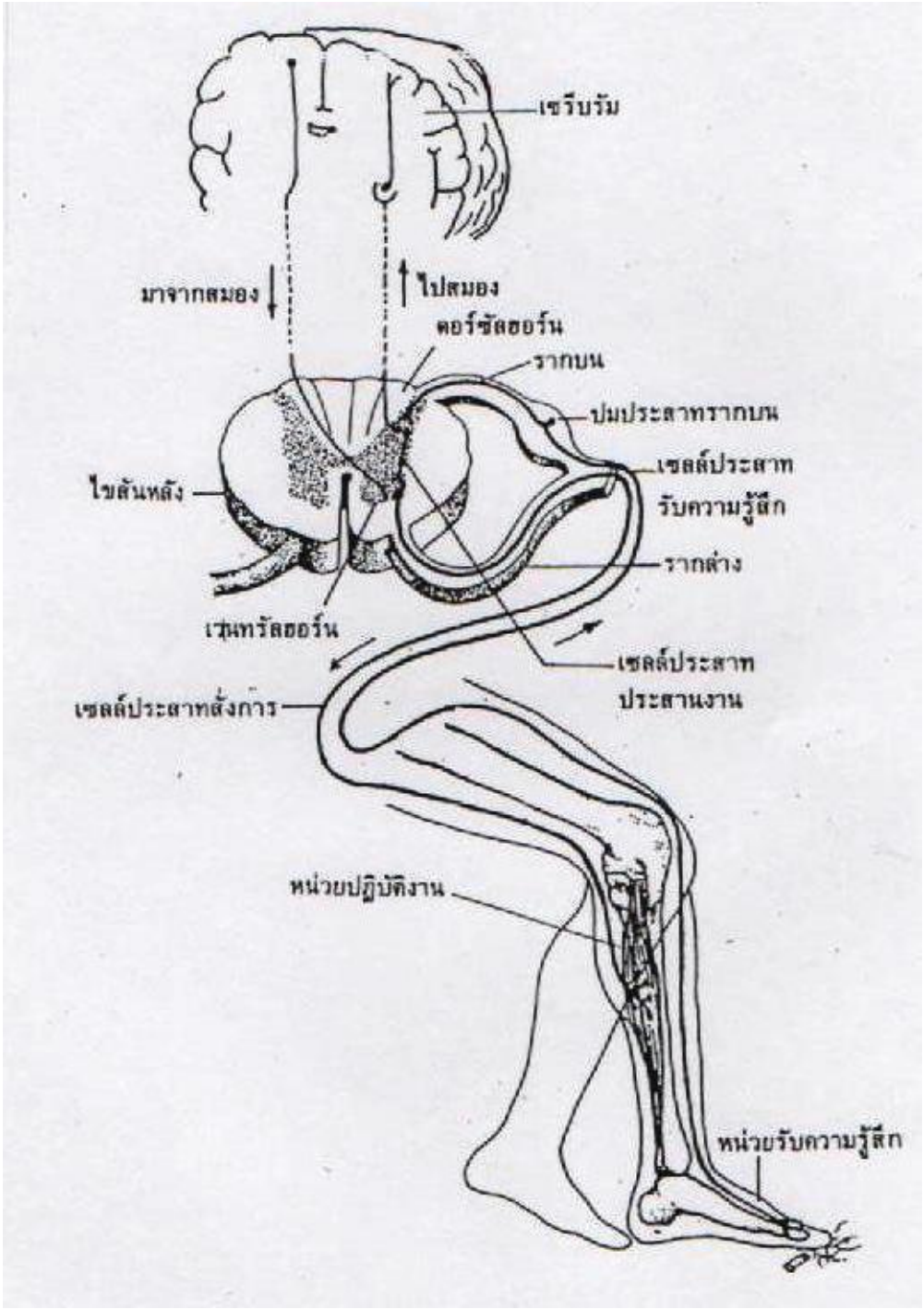
2. รีเฟลกซ์แอกชันของกระตุกขาหนีจากก้นบุหรี่ เกิดจากการทำงานร่วมกันของเซลล์ประสาท 3 ชนิด คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทประสานงานและเซลล์ประสาทสั่งการ

3. การทำงานของรีเฟลกซ์อาร์ก ตามแผนภูมิที่ 2.10 และตามรูปที่ 2.108



แผนภูมิที่ 2.10 การทำงานของรีเฟลกซ์อาร์ก

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 48)



รูปที่ 2.108 การแสดงรีเฟลกซ์เมื่อเดินเหยียบก้นบุหรี่

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 49)

4.3 การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ

4.3.1 ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) จะควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ (อวัยวะภายใน) กล้ามเนื้อหัวใจ และต่อมต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนที่มีการทำงานอยู่นอกจิตใจ (Involumtary nervous system) มีศูนย์กลางสั่งงานอยู่ที่สมอง (ส่วนเมดัลลาออบลองกาตาและไฮโพทาลามัส) และอยู่ที่ไขสันหลัง

การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติเซลล์ประสาทของระบบนี้ประกอบด้วย

1. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก รับความรู้สึกจากอวัยวะภายในหรือผิวหนังเข้าสู่สมองหรือไขสันหลัง

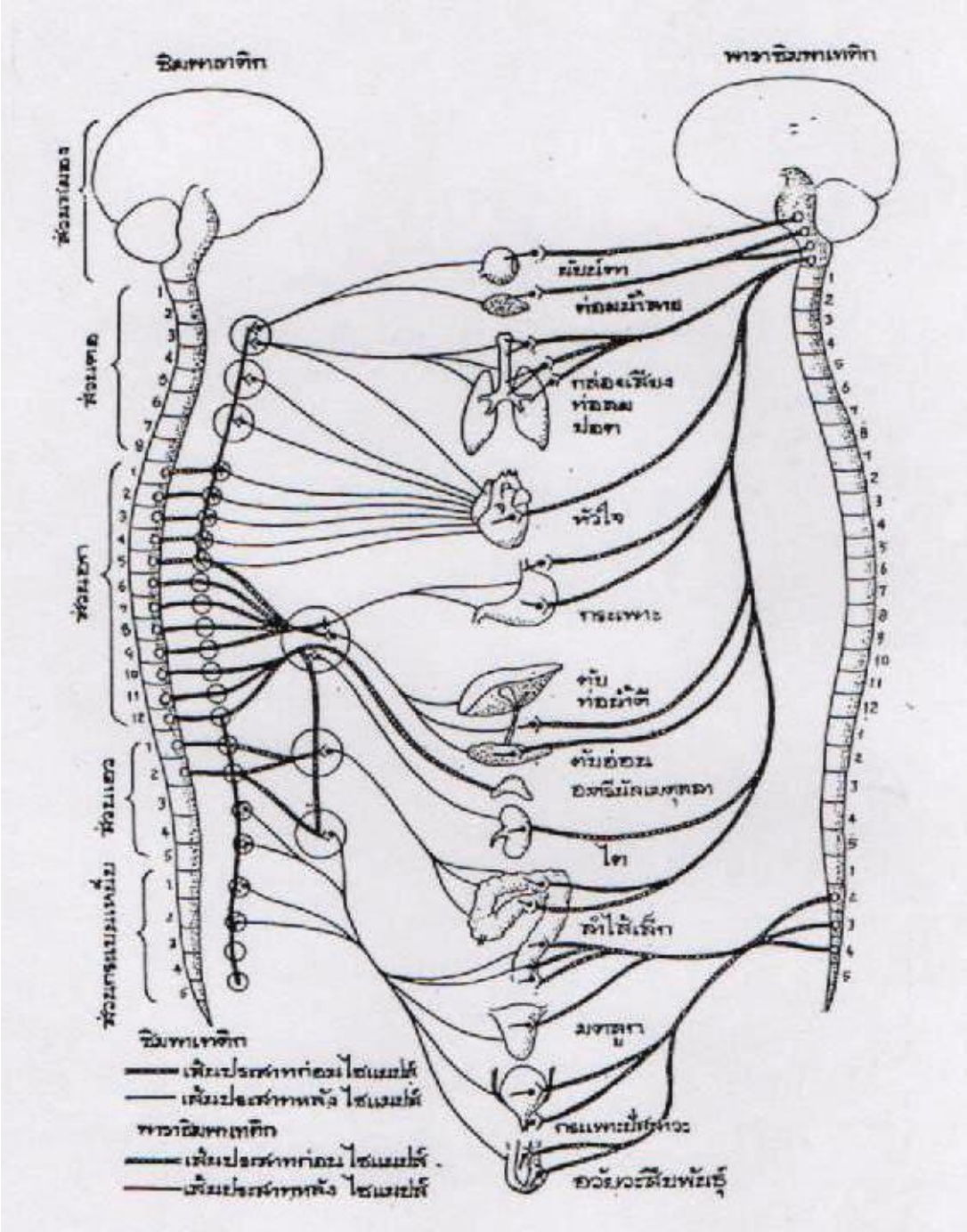
2. เซลล์ประสาทสั่งการประกอบด้วยเซลล์ประสาท 2 เซลล์ นำกระแสประสาทออกจากไขสันหลังไปยังอวัยวะภายใน

การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติจะประกอบด้วยระบบย่อย 2 ระบบ ซึ่งสองระบบนี้จะมีการทำงานตรงข้ามกัน คือ

1. ระบบซิมพาเทติก (Sympathetic nervous system) มีเส้นประสาทที่ออกจากไขสันหลังบริเวณอก (Thorax) และบริเวณเอวเหนือกระดูกกระเบนเหน็บ (Lumbar) โดยเส้นประสาทซิมพาเทติกที่ออกจากไขสันหลังจะรวมอยู่กับรากล่าง แล้วแยกออกมาเป็นปมประสาท และเส้นประสาทต่างหาก ส่วนเซลล์ประสาทสั่งการ 2 เซลล์ คือ เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์มีตัวเซลล์อยู่ในไขสันหลัง และเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ มีตัวเซลล์อยู่ที่ปมประสาทซึ่งอยู่ข้างกระดูกสันหลัง และจะส่งใยประสาทตรงไปยังอวัยวะภายใน ต่าง ๆ

2. ระบบพาราซิมพาเทติก (Parasympathetic nervous system) มีศูนย์กลางสั่งงานอยู่ที่สมองส่วนกลางและเมดัลลาออบลองกาตา เส้นประสาทก่อนไซแนปส์มีตัวเซลล์อยู่ในสมองและไขสันหลัง จะออกไปพร้อมกับเส้นประสาทสมองคู่ที่ 3,7,9 และ 10 ตามลำดับและส่วนไขสันหลังบริเวณกระเบนเหน็บคู่ที่ 2,3 และ 4 ซึ่งเส้นประสาทก่อนไซแนปส์ก็จะออกไปพร้อมกับเส้นประสาทไขสันหลังบริเวณกระเบนเหน็บคู่ที่ 2, 3 และ 4 เช่นกัน ส่วนเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์มีตัวะเซลบ์อยู่ที่อวัยวะหรือตำแหน่งที่ใกล้กับอวัยวะที่จะควบคุม

ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของระบบประสาทอัตโนมัติก็คือ มีจำนวนเซลล์ประสาทสั่งการจากระบบประสาทกลางจนถึงอวัยวะที่ถูกควบคุมนั้น ไม่ว่าจะเป็นระบบซิมพาเทติกหรือพาราซิมพาเทติกจะมี 2 เซลล์ เสมอ (ต่างจากระบบโซมาติก มีเซลล์ประสาทสั่งการจากระบบประสาทกลางจนถึงกล้ามเนื้อลายของอวัยวะที่ถูกควบคุมเพียงเซลล์เดียว) ตามรูปที่ 2.109



รูปที่ 2.109 ตำแหน่งของระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติก

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 50 - 51)

เซลล์ประสาทสั่งการทั้งสองเซลล์นี้ คือ

เซลล์ที่หนึ่ง เรียกว่า **เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์** (Preganglionic nerve) ระบบซิมพาเทติกอยู่ที่ไขสันหลังส่วนอกและส่วนเอว ส่วนระบบพาราซิมพาเทติกอยู่ที่สมองและไขสันหลังบริเวณกระเบนเหน็บ ทำหน้าที่นำกระแสประสาทผ่านออกมาทางแอกซอนของระบบประสาทกลางมายังเซลล์ประสาทสั่งการเซลล์ที่สอง

เซลล์ที่สอง เรียกว่า **เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์** (Postganglionic nerve)ในระบบซิมพาเทติกจะอยู่ในปมประสาทซึ่งอยู่ใกล้กับไขสันหลัง ส่วนระบบพาราซิมพาเทติกจะอยู่ที่ปมประสาทหรือร่างแหประสาทที่อยู่ใกล้หรืออยู่ที่อวัยวะที่ถูกควบคุม

4.3.2 การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ

การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึกซึ่งอาจจะอยู่ที่อวัยวะภายในหรือผิวหนังก็ได้ เซลล์ประสาทรับความรู้สึกจะรับความรู้สึกจากหน่วยรับความรู้สึกผ่านรากบนของเส้นประสาทไขสันหลังเข้าสู่ไขสันหลัง จากไขสันหลังจะมีเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ซึ่งเป็นเซลล์ที่นำกระแสประสาทออกจากไขสันหลังไปยังปมประสาทของระบบซิมพาเทติกหรือพาราซิมพาเทติก จากนั้นเซลล์ประสาทสั่งการอีกเซลล์หนึ่ง คือเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ นำกระแสประสาทไปสั่งงานยังอวัยวะภายในหรือกล้ามเนื้อเรียบ

จะเห็นได้ว่าวงจรประสาทของระบบประสาทอัตโนมัติประกอบด้วยหน่วยต่าง ๆ 5 หน่วย เช่นเดียวกับระบบประสาทโซมาติก แต่ต่างกันที่ระบบประสาทอัตโนมัติมีเซลล์ประสาทสั่งการ 2 เซลล์ และไม่มีเซลล์ประสาทประสานงาน

4.3.3 การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก และพาราซิมพาเทติก

การทำงานของทั้ง 2 ระบบนี้ เป็นระบบทำงานแบบสภาวะตรงกันข้าม ซึ่งมีทั้งระบบกระตุ้นการทำงาน และระบบยับยั้งการทำงาน ระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติกจะกระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานของอวัยวะนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของอวัยวะ เช่น ถ้าหากระบบพาราซิมพาเทติกกระตุ้นการทำงานของอวัยวะแล้วระบบซิมพาเทติกก็จะต้องยับยั้งการทำงานของอวัยวะนั้นจึงเป็นการทำงานร่วมกันแบบสภาวะตรงกันข้าม แต่ก็มีข้อยกเว้น เช่น การทำงานของถุงน้ำดีจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทพาราซิมพาเทติกเพียงอย่างเดียว การทำงานของต่อมหมวกไต และตับ จะถูกควบคุมโดยระบบประสาทซิมพาเทติกเพียงอย่างเดียว เป็นต้น ตามตารางที่ 2.15 และตารางที่ 2.16

ตารางที่ 2.15 การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก

อวัยวะ	ระบบพาราซิมพาเทติก	ระบบซิมพาเทติก
ม่านตา	ม่านตาจะคลายตัวในแนวรัศมี ทำให้ปิวเบิลหดตัว	ม่านตาหดตัวในแนวรัศมี ทำให้ปิวเบิลขยายตัว
หัวใจ	ยับยั้งการเต้นของหัวใจ	กระตุ้นหรือเร่งการเต้นของหัวใจ
ต่อมน้ำลาย	กระตุ้นการหลั่งน้ำลาย (สร้างส่วนที่เป็นน้ำ,น้ำลายใส)	ยับยั้งการหลั่งน้ำลาย (สร้างน้ำเมือก,น้ำลายเหนียว)
หลอดลมคอ	หลอดลมคอหดตัว ทำให้หายใจไม่สะดวก	หลอดลมคอขยาย ทำให้หายใจคล่อง
กระเพาะอาหาร,ตับอ่อน	การกระตุ้นการหลั่งเอมไซม์	ยับยั้งการหลั่งเอมไซม์
ตับ	-	กระตุ้นการปล่อยกลูโคสจากตับ
ต่อมหมวกไต	-	กระตุ้นการหลั่งเอพิเนฟริน และนอร์เอพิเนฟริน
ถุงน้ำดี	บีบตัว กระตุ้นการหลั่งน้ำดี	-
กระเพาะปัสสาวะ	กระเพาะปัสสาวะหดตัว และขับปัสสาวะ	กระเพาะปัสสาวะคลายตัว
อวัยวะเพศ	กระตุ้นโครงสร้างของอวัยวะเพศ	ยับยั้งโครงสร้างของอวัยวะเพศ
หลอดเลือด	คลายตัว ทำให้ความดันเลือดต่ำ	หดตัว ทำให้ความดันเลือดสูง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 52 - 53)

ตารางที่ 2.16 เปรียบเทียบระบบประสาทพาราซิมพาเทติก และระบบประสาทซิมพาเทติก

ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก	ระบบประสาทซิมพาเทติก
1. ศูนย์กลางการสั่งงานอยู่ในสมองส่วนกลางเมดัลลาออบลองกาตา และไขสันหลัง	1. ศูนย์กลางการสั่งงานอยู่ในไขสันหลัง
2. เส้นประสาทก่อนไซแนปส์ยาว ส่วนเส้นประสาทหลังไซแนปส์สั้น	2. เส้นประสาทก่อนไซแนปส์สั้น ส่วนเส้นประสาทหลังไซแนปส์ยาว
3. เส้นประสาทก่อนไซแนปส์พบเส้นประสาทหลังไซแนปส์ที่ปมประสาทหรือร่างแหประสาทของอวัยวะภายใน	3. เส้นประสาทก่อนไซแนปส์พบเส้นประสาทหลังไซแนปส์ที่ปมประสาทซิมพาเทติก ซึ่งอยู่ใกล้กับไขสันหลัง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 53)

5. โครงสร้างและกลไกการทำงานของอวัยวะรับสัมผัส

สิ่งมีชีวิตสามารถรับความรู้สึกและรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่อยู่ภายนอกและภายในร่างกายได้โดยอาศัยอวัยวะรับสัมผัส (Sensory organ) ซึ่งเป็นส่วนที่มีหน่วยรับความรู้สึกที่สามารถเปลี่ยนสิ่งเร้าที่ได้รับในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เสียง แสง อุณหภูมิ สารเคมี แรงสัมผัส ให้เป็นกระแสประสาทเพื่อรายงานไปยังสมอง โดยอวัยวะรับสัมผัสจะมีเดนไครต์ของเซลล์ประสาทซึ่งเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่รับสัมผัสสิ่งเร้าต่าง ๆ เกิดเป็นกระแสประสาทขึ้นแล้วส่งไปยังสมองเพื่อแปลความหมายเป็นการรับรู้ต่อสิ่งเร้านั้น ๆ

การรับรู้ต่อสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ต้องอาศัยอวัยวะรับสัมผัส คือ นัยน์ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง ทำหน้าที่รับสัมผัสสิ่งเร้าแตกต่างกัน

5.1 นัยน์ตา และการมองเห็นภาพ (Eye)

5.1.1 โครงสร้างภายนอกของนัยน์ตา

นัยน์ตาเป็นอวัยวะที่สำคัญทำให้เรามองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้ และสามารถบอกสีของวัตถุนั้น ๆ ได้ พบว่านัยน์ตาของคนมีการพัฒนาการที่ดีมาก นัยน์ตามีเซลล์ทำหน้าที่รับแสงสว่างโดยเฉพาะ มีส่วนประกอบและโครงสร้างภายนอกที่ช่วยป้องกันอันตรายให้กับลูกนัยน์ตา เช่น

1. คิ้ว ขนตา เป็นโครงสร้างที่ช่วยป้องกันฝุ่นละออง
2. หนังตา หนังตาบนปิดชนหนังตาล่างเพื่อป้องกันอันตรายให้กับลูกนัยน์ตา
3. ต่อมน้ำตาและท่อน้ำตา ต่อมน้ำตาที่ขอบบนของหางตาซึ่งมีท่อน้ำตามาเปิดเข้าลูกนัยน์ตา เพื่อหล่อเลี้ยงลูกตาให้ชุ่มชื่นอยู่เสมอ

4. น้ำตา เป็นของเหลวใสที่หลั่งออกจากต่อมน้ำตา เพื่อหล่อเลี้ยงลูกตาทำให้ลูกตาไม่แห้ง ช่วยทำให้นัยน์ตาสะอาดปราศจากฝุ่น ผง ละอองพิษในอากาศ และยังป้องกันนัยน์ตาให้ปลอดจากเชื้อโรค เพราะในน้ำตามีเอนไซม์ที่สามารถทำลายจุลินทรีย์บางชนิดได้

5. ท่อขับน้ำตาในโพรงจมูก เพื่อขับน้ำตาออกมาทางโพรงจมูกทำให้ภายในจมูกชุ่มชื่น

5.1.2 โครงสร้างภายในของนัยน์ตา

1. ลูกนัยน์ตามนุษย์มีรูปร่างค่อนข้างกลม และอยู่ในเบ้าตาหรือกระบอกตา มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร มีกล้ามเนื้อยึด 6 มัด ช่วยให้สามารถชำเลืองตาและกรอกตาไปมาได้ ถ้าหากกล้ามเนื้อบกพร่องอาจทำให้ตาเข และมีส่วนที่เป็นผนังเหนียวหลายชั้นหุ้มลูกนัยน์ตา ผนังตาดังกล่าวเรียงจากด้านนอกเข้าไปด้านในตามลำดับ คือ

1.ชั้นสเคลอรา (Sclera) เป็นชั้นนอกที่สุดของนัยน์ตา

2. ชั้นโครอยด์ (Choroid) เป็นชั้นถัดมา

3. ชั้นเรตินา (Retina) เป็นชั้นในสุดของนัยน์ตา

2. ชั้นสเคลอรา (Sclera sclerotic coat)

สเคลอราเป็นเยื่อเหนียวที่ไม่ยืดหยุ่นมีสีขาวขุ่น บางที่เรียก นัยน์ตาขาวตอนหน้าสุดของเยื่อนี้จะมีลักษณะโปร่งใส และนูนออกมา เรียกว่ากระจกตา (Cornea) และหน้ากระจกตาจะมีเยื่อบางใส (Conjunctiva) ที่เปลี่ยนแปลงมาจากผิวหนัง กระจกตานี้เป็นทางผ่านของแสงและช่วยในการหักเหของแสง ถ้าหากกระจกตาฝ้าทึบจะเกิดปัญหาในการมองเห็นภาพ ในปัจจุบันความรู้ด้านศัลยกรรมเจริญมากขึ้น จึงทำให้จักษุแพทย์สามารถนำกระจกตาจากผู้ตายใหม่ ๆ มาเปลี่ยนให้กับคนที่มีปัญหาเกี่ยวกับกระจกตา ทำให้สามารถมองเห็นได้

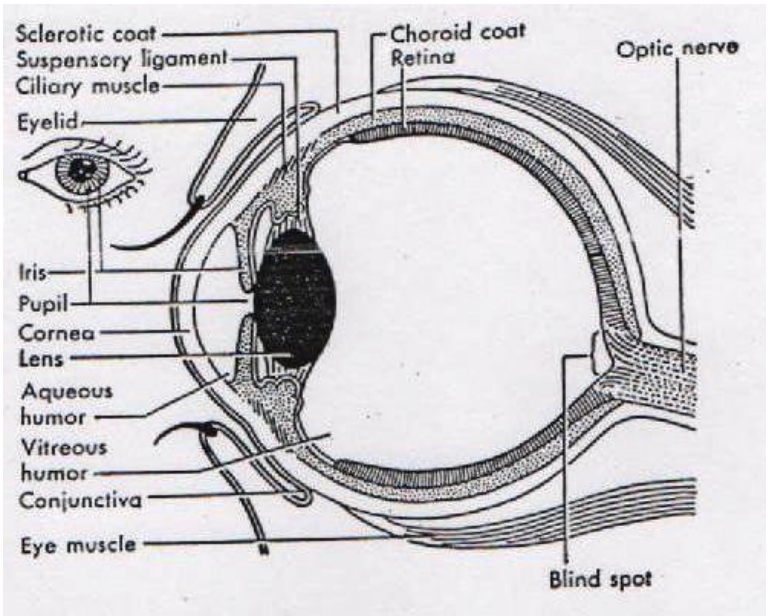
3. ชั้นโครอยด์ (Choroid)

โครอยด์เป็นชั้นที่มีเส้นเลือดมาเลี้ยงและมีรงควัตถุแผ่กระจายอยู่เป็นจำนวนมาก ในมนุษย์มีสีตาต่างกันเนื่องจากมีรงควัตถุ (Pigment) ต่างชนิดกัน สำหรับนัยน์ตาของชาวเอเชียมีสีดำหรือสีน้ำตาล ก็เพราะมีรงควัตถุเมลานิน (Melanin) อยู่มากที่ม่านตา ส่วนคนทางตะวันตกมีนัยน์ตาสีฟ้า สีน้ำตาลอ่อนนั้น เพราะมีรงควัตถุพวกกวานิน (Guanin) ปนอยู่กับเมลานิน ชั้นโครอยด์นี้เป็นชั้นที่ช่วยป้องกันไม่ให้แสงมีการสะท้อนกลับภายในลูกตา และป้องกันไม่ให้แสงผ่านทะลุลูกตาไปทางด้านหลัง ส่วนที่สำคัญของชั้นนี้คือบริเวณที่อยู่ตอนหน้า (ด้านหน้าของเลนส์ตา) ซึ่งจะเป็นแผ่นกล้ามเนื้อ เรียกว่า ม่านตา (Iris) ยื่นออกจากชั้น โครอยด์ โดยรอบเกิดเป็นช่องกลมให้แสงผ่านสู่เลนส์ตาได้ เรียกว่า ปิวปิล (Pupil) ซึ่งสามารถขยายและหดตัวได้ โดยอาศัยการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อเรียบ 2 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มกล้ามเนื้อที่เรียงตัวเป็นวงกลม และกลุ่มกล้ามเนื้อที่เรียงตัวในแนวรัศมี ร่วมกับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ

4. ในขณะที่มีแสงสว่างจ้า ม่านตาจะคลายตัวในแนวรัศมี **(กล้ามเนื้อเรียบที่เรียงตัวในแนววงกลมหดตัว) ทำให้ปิวปิลแคบลง แต่ขณะที่มีแสงสว่างน้อยม่านตาจะหดตัว**ในแนวรัศมี (กล้ามเนื้อเรียบที่เรียงตัวในแนววงกลมคลายตัว) ทำให้ปิวปิลขยายขนาดกว้างขึ้น ดังนั้นม่านตาทำหน้าที่คล้ายกับไดอะแฟรมในกล้องถ่ายรูป ซึ่งควบคุมปริมาณแสงผ่านเข้าสู่ภายในกล้องถ่ายรูป

ด้วยเหตุนี้ขณะที่เราเข้าไปในห้องที่มีแสงสลัว ๆ ในตอนแรกเราจะมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้ไม่ดีนัก แต่สักครู่จะมองเห็นดีขึ้นทั้ง ๆ ที่มิได้เพิ่มแสงสว่างเลย ทั้งนี้เป็นเพราะนัยน์ตาของมนุษย์เราต้องการระยะเวลาในการปรับให้ชินต่อการมองเห็นภาพ เมื่อเปลี่ยนจากที่สว่างเป็นที่มีแสงสลัวโดยกะทันหัน ทำให้ม่านตาปรับไม่ทันเพราะขณะที่อยู่ในที่สว่างม่านตาจะคลายตัวทำให้ปิวปิลแคบเพื่อให้ปริมาณแสงพอเหมาะ แต่เมื่อมาอยู่ในที่สลัว ๆ แสงจึงตกที่เรตินาน้อย ทำให้มองเห็นภาพไม่ชัด การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงดังกล่าวเป็นการทำงานในระบบประสาทอัตโนมัติซึ่งเป็นรีเฟลกซ์จะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อม่านตาค่อย ๆ หดตัวในแนวรัศมี ทำให้ปิวปิลเปิดกว้างขึ้นปริมาณแสงตกที่เรตินามากขึ้นจึงทำให้มองเห็นภาพชัดขึ้น

5. เลนส์ตาหรือแก้วตา เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะใสยืดหยุ่นได้ อยู่ค่อนมาทางด้านหน้าของนัยน์ตาถัดจากกระจกตาเข้าไปเล็กน้อย และเป็นส่วนที่กั้นนัยน์ตาออกเป็น 2 ช่อง คือ ช่องหน้าเลนส์และช่องหลังเลนส์ ภายในช่องทั้งสองมีของเหลวใสเรียกว่า น้ำเลี้ยงลูกตาบรรจุอยู่ของเหลวใสในช่องหน้าเลนส์ เรียกว่า Aqueous humor ส่วนในช่องหลังเลนส์ เรียกว่า Vitreous humor น้ำเลี้ยงลูกตานี้ทำให้ความดันภายในนัยน์ตาเป็นปกติ ช่วยให้ลูกตาคงรูปร่างอยู่ได้โดยไม่แฟบ และยังช่วยในการสะท้อนของแสงเข้าสู่เรตินาอีกด้วย ตามรูปที่ 2.110



รูปที่ 2.110 โครงสร้างของลูกนัยน์ตามนุษย์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 54 - 56)

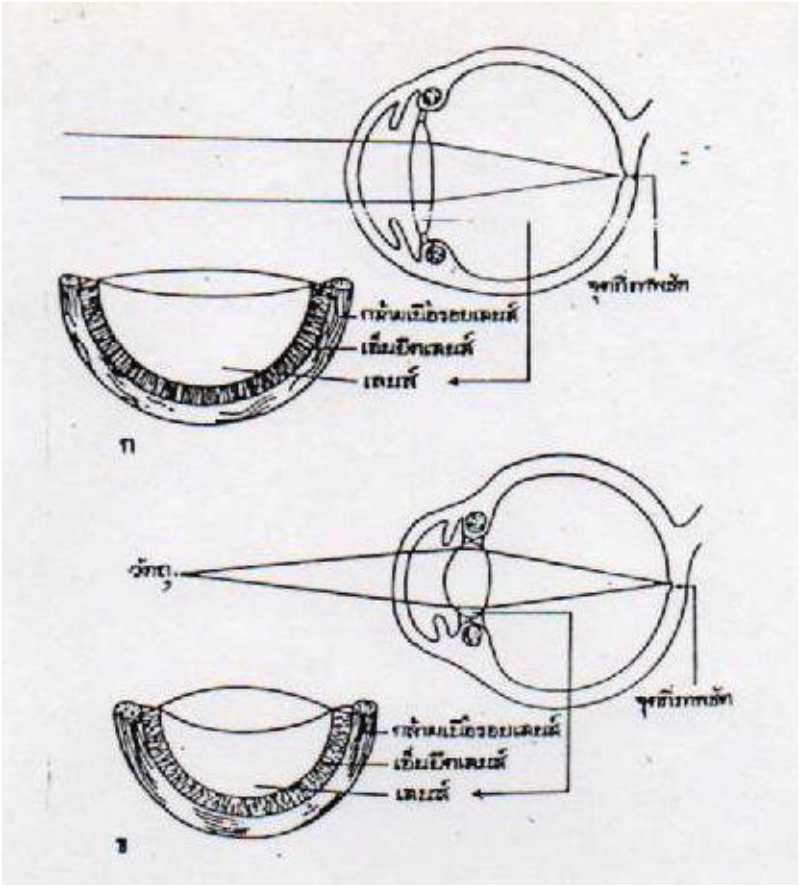
การทำงานของเลนส์ตานั้นเป็นไปตามหลักการเช่นเดียวกับเลนส์ทั่วไปทุกประการ แต่การปรับระยะภาพให้ตกลงบนฉากพอดีเมื่อระยะวัตถุแตกต่างกันออกไปนั้นไม่เหมือนกัน กล่าวคือเลนส์ธรรมดาสามารถเปลี่ยนตำแหน่งของเลนส์หรือฉากรับภาพได้ เพื่อให้ระยะภาพตกบนฉากพอดี แต่การปรับระยะโฟกัสของนัยน์ตามนุษย์ทำได้โดยการปรับความโค้งของเลนส์ตาซึ่งควบคุมโดยกล้ามเนื้อยึดเลนส์ พบว่า

1. กล้ามเนื้อยึดเลนส์ตาหดตัวทำให้เอ็นยึดเลนส์หย่อน เลนส์จะโปร่งออก
2. กล้ามเนื้อยึดเลนส์ตาคลายตัวทำให้เอ็นยึดเลนส์ตึง เลนส์จะแบน

การที่เราเห็นภาพได้ชัดเจน ภาพของวัตถุจะต้องตกที่เรตินาพอดี การทำให้ภาพตกที่เรตินาขึ้นอยู่กับกสนปรับความนูนของเลนส์ตาเพื่อให้ระยะชัดของภาพตกที่เรตินา นัยน์ตาของมนุษย์เราสามารถปรับภาพให้เห็นชัดเจนได้เองโดยอัตโนมัติอยู่แล้ว โดยการที่เลนส์ตาเปลี่ยนความนูนโค้งได้อันเป็นผลจากการทำงานของเอ็นยึดเลนส์ตาและกล้ามเนื้อยึดเลนส์ตา ดังนั้น

1. ถ้าวัตถุอยู่ใกล้ เลนส์ตาจะนูนหรือโป่งออก เนื่องจากกล้ามเนื้อตาหดตัวทำให้เอ็นยึดเลนส์หย่อน จุดโฟกัสใกล้เลนส์มากขึ้น

2. แต่หากวัตถุอยู่ไกล เลนส์ตาจะนูนโค้งน้อยลงหรือแบน เนื่องจากกล้ามเนื้อตาคลายตัวทำให้เอ็นยึดเลนส์ตึง ตามรูปที่ 2.111



รูปที่ 2.111 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเลนส์ตา

ก. วัตถุอยู่ไกล เลนส์ตาจะนูนโค้งน้อย

ข. วัตถุอยู่ใกล้ เลนส์ตาจะนูนโค้งมาก

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 57)

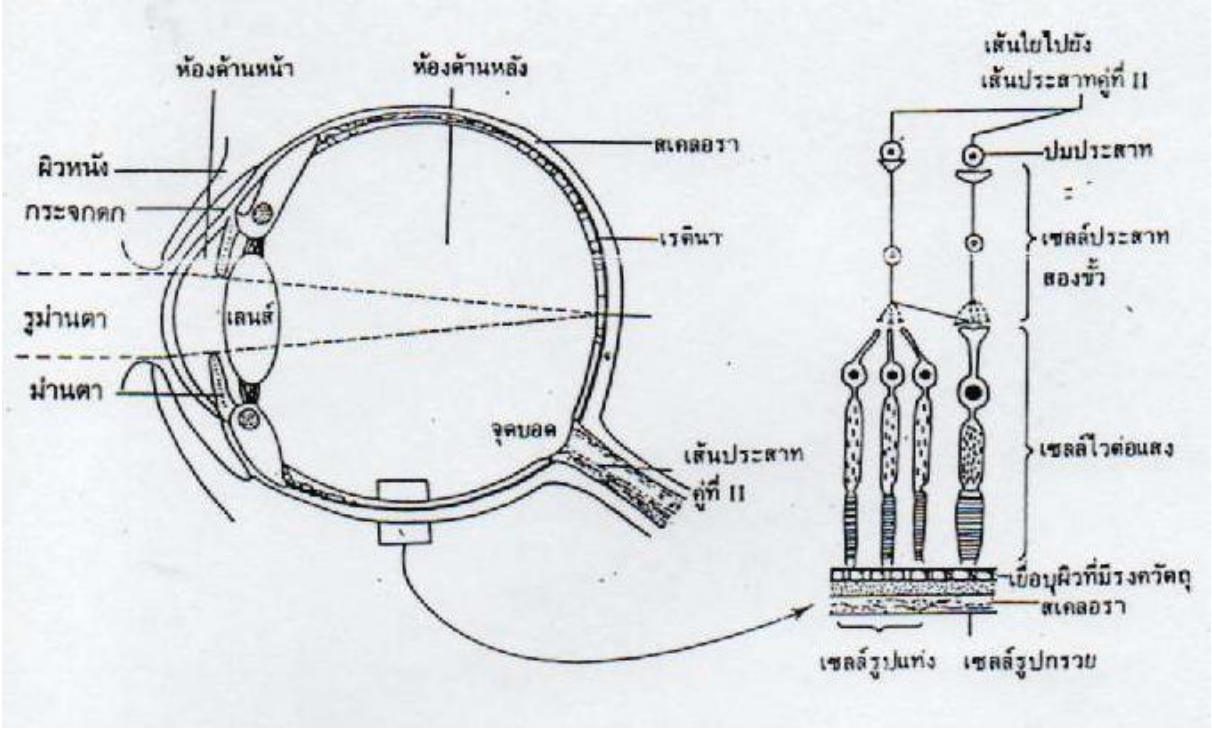
6. ชั้นเรตินา (Retina)

6.1 เรตินา เป็นเยื่อที่มีเซลล์รับแสง (Visual cell) เซลล์เหล่านี้มีรูปร่างแตกต่างกัน และจะติดต่อกับใยประสาทที่นำกระแสประสาทเข้าสู่สมอง (คือ Optic nerve คู่ที่2) ถ้านำเรตินามาเปรียบเทียบกับกล้องถ่ายภาพ เรตินานี้ ก็เปรียบได้กับฟิล์มสำหรับบันทึกภาพนั่นเอง

6.2 กลุ่มเซลล์รับแสง สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

6.2.1 เซลล์รูปแท่ง (Rod cell) เป็นเซลล์รับแสงที่ไวมากแม้ในที่มีแสงสว่างน้อยก็สามารถมองเห็นภาพ แต่ไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับสีได้ พบว่าในสัตว์ที่ออกหากินกลางคืน เช่น ค้างคาว แมว เสือ สัตว์พวกนี้จะมีเซลล์รับแสงรูปแท่งมาก

6.2.2 เซลล์รูปกรวย (Cone cell) เป็นเซลล์รับแสงที่ทำงานได้ดีในที่มีแสงสว่างมาก สามารถบอกความแตกต่างของสีต่าง ๆ ได้จึงทำให้เห็นเป็นภาพสี และสามารถเห็นรายละเอียดของภาพด้วย แต่เซลล์รูปกรวยจะมีจำนวนน้อยกว่าเซลล์รูปแท่ง ตามรูปที่ 2.112



รูปที่ 2.112 โครงสร้างของลูกนัยน์ตาและชั้นเรตินา
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 58)

6.3 โฟเวีย (Fovea) เป็นบริเวณที่อยู่ตรงกลางเรตินา ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะเห็นภาพได้ชัดเจนที่สุด เนื่องจากบริเวณนี้มีเซลล์รูปกรวยอยู่หนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น

สำหรับบริเวณด้านข้างของเรตินามีเซลล์รูปแท่งอยู่มาก ดังนั้นภาพที่ตกบริเวณด้านข้างเรตินาจึงเห็นเพียงรูปร่าง แต่ระบุสียังไม่ได้

6.4 จุดบอด (Blind spot) เป็นจุดที่ใยประสาทรวมกันเป็นเส้นประสาทตา (Optic nerve) บริเวณนี้จะไม่มีเซลล์รับแสงอยู่เลย ถ้าภาพตกที่จุดบอดจะมองไม่เห็น จุดบอดของนัยน์ตาแต่ละข้างจะอยู่เยื้องไปทางด้านใกล้จมูก เช่น นัยน์ตาซ้ายจะมีจุดบอดอยู่ทางด้านขวาของลูกนัยน์ตา

นัยน์ตาของมนุษย์เรามีจุดบอด แต่การที่เราไม่รู้สึก เพราะมนุษย์เราใช้ระบบสองตา แสงอาจตกที่จุดบอดของนัยน์ตาข้างหนึ่งส่วนอีกข้างหนึ่งอาจจะตกตรงเรตินาส่วนที่มองเห็นได้

5.1.3 กระบวนการรับภาพและการมองเห็นภาพ

1. กระบวนการรับภาพของลูกตา เริ่มจากแสงที่มาจากวัตถุผ่านกระจกตาแล้วเกิดการหักเหครั้งแรก แสงผ่านต่อมาถึงเลนส์ตาจะมีการหักเหครั้งที่สอง การหักเหครั้งที่สองนี้สามารถปรับภาพได้ จากนั้นแสงจะผ่านมากระทบชั้นเรตินาของลูกตา เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นที่เซลล์ในชั้นเรตินา การเปลี่ยนแปลงทางเคมีดังกล่าวทำให้เกิดกระแสประสาทเกิดขึ้น และที่เรตินาจะมีเซลล์ประสาทแทรกอยู่

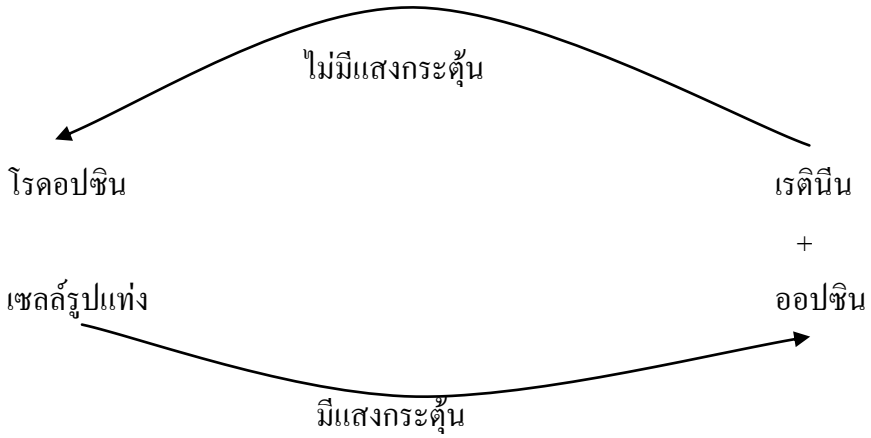
ทั่วไป ปลายประสาทของเซลล์ประสาทเหล่านี้จะมารวมตัวกันเป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 (Optic nerve) ตรงบริเวณจุดบอด จากนั้นเส้นประสาทคู่ที่ 2 จะนำกระแสประสาทผ่านไปยังศูนย์รับการมองเห็นในสมองส่วนเซรีบรัมจึงทำให้เรามองเห็นภาพ

2. ในชั้นเรตินาซึ่งมีเซลล์รับแสงอยู่นั้น เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยเป็นเซลล์รับแสงที่เปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์ประสาท จึงสามารถทำงานได้เมื่อถูกกระตุ้นซึ่งปกติจะถูกกระตุ้นโดยพลังงานแสงที่ผ่านเข้ามาในลูกนัยน์ตา สมองจึงแปลการกระตุ้นที่เส้นประสาทนัยน์ตาว่าเป็นแสงเสมอ แต่เมื่อใช้มือ (แรงกด) กระตุ้นแทนแสง เมื่อเส้นประสาทนัยน์ตาถูกกระตุ้นก็จะส่งกระแสประสาทไปยังสมอง ทำให้สมองแปลออกมาเป็นแสงสว่าง

3. เซลล์รูปกรวยและเซลล์รูปแท่งในชั้นเรตินานั้น ทำหน้าที่เป็นอิสระซึ่งกันและกัน ในที่ที่มีความเข้มของแสงสว่างน้อย เช่นในบริเวณที่สลัว ๆ เซลล์รูปแท่งเท่านั้นที่สามารถทำงานได้ แต่ไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับสีได้ ส่วนเซลล์รูปกรวยทำงานได้ดีในที่ที่มีแสงสว่างมาก

4. การถ่ายทอดพลังงานแสงให้เป็นสัญญาณประสาทเกี่ยวข้องกับเซลล์รับแสง (Rod cell และ Cone cell) ซึ่งสามารถรับแสงที่มีช่วงคลื่นต่าง ๆ กันได้จึงมีผลต่อการมองเห็น

4.1 ภายในเซลล์รูปแท่งมีโมเลกุลของรงควัตถุสีแดง ชื่อโรดอปซิน (Rhodopsin) เมื่อถูกแสงสว่างสารชนิดนี้จะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือสลายไปเป็นเรตินีน (Retinine) และออปซิน (Opsin) และในขณะเดียวกันจะทำให้เกิดกระแสประสาทขึ้นและส่งต่อ ๆ ไปยังเส้นประสาทนัยน์ตาเพื่อส่งเข้าสู่สมอง เมื่อไม่มีแสงเรตินีนกับออปซินจะเปลี่ยนกลับเป็นโรดอปซินตามเดิม



4.1.1 เรตินีน เป็นสารที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นจากวิตามินเอ ถ้าร่างกายขาดวิตามินเอ จะทำให้เกิดโรคตาฝ้าฟางในเวลาที่มีแสงสว่างน้อย เพราะว่าในขณะที่มีแสงสว่างน้อย เช่น ตอนใกล้ค่ำ เซลล์รูปกรวยทำงานไม่ได้ เพราะเซลล์รูปกรวยต้องการแสงสว่างมาก เซลล์รูปแท่งเท่านั้นที่สามารถทำงานได้ แต่ถ้าร่างกายขาดวิตามินเอ จะทำให้ขาดเรตินีนด้วย จึงส่งผลทำให้ขาดโรดอปซิน กระบวนการมองเห็นเกิดจากแสงไปทำให้โรดอปซินเปลี่ยนเป็นเรตินีนกับออปซินเมื่อโรดอปซินน้อยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงเกิดขึ้นได้น้อยทำให้มองไม่ค่อยเห็น

4.1.2 การปรับของนัยน์ตาในกรณีที่ผ่านจากที่สว่างเข้ามาในที่มืด (Dark adaptation) เมื่อเข้ามาในที่มืดระยะแรก ๆ จะมองไม่เห็น แต่รอสักครู่จะค่อย ๆ เห็นเพิ่ม ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อตอนอยู่ในที่สว่างนั้นโรดอปซินถูกสลายไปมากเพื่อทำให้เกิดกระแสประสาท เมื่อผ่านเข้ามาในที่มืดหรือมีแสงสว่างน้อยการมองเห็นต้องอาศัยเซลล์รูปแท่ง แต่โรดอปซินภายในเซลล์รูปแท่งมีน้อย ต้องรอให้โรดอปซินเกิดขึ้นมาใหม่จึงสามารถมองเห็นได้

4.1.3 การปรับของนัยน์ตากรณีที่ผ่านจากที่มืดแล้วเข้ามาอยู่ในที่สว่าง (Light adaptation) เมื่อเข้ามาอยู่ในที่สว่างครั้งแรกจะมองเห็นภาพพร่ามัวแต่รอสักครู่จะค่อย ๆ เห็นภาพชัดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากขณะที่เราอยู่ในที่มืดหรือมีแสงสว่างน้อยโรดอปซินจะถูกสลายไปน้อย จึงมีปริมาณของโรดอปซินสูงในช่วงนั้น เมื่อผ่านเข้ามาอยู่ในที่มีแสงมาก จะทำให้เซลล์รูปแท่งรับแสงมากเกินไปอันมีผลทำให้เห็นภาพไม่ชัด พร่ามัว หรือขาวโพนไปหมด ต้องรอจนกว่าโรดอปซินถูกสลายหรือใช้ไปบ้าง ภาพที่เห็นจึงจะคมชัดขึ้น

4.1.4 ในกรณีที่มองภาพหรืออ่านหนังสือในขณะที่มีแสงสว่างจ้า หรือขณะที่ใช้สายตามากจะรู้สึกนัยน์ตาพร่า ทั้งนี้เป็นเพราะในขณะนั้นร่างกายขาดโรดอปซิน เนื่องจากถูกแสงสลายไปมาก (โรดอปซินสลายตัวเป็นเรตินีนและออปซิน และเรตินีนก็เปลี่ยนเป็นวิตามินเอ) ทำให้ประสิทธิภาพของการมองด้อยลง แต่ถ้าพักสายตาบ้าง เช่น หลับตาสักครู่ หรือใช้สายตาให้น้อยลงการได้รับวิตามินเออย่างเพียงพอร่างกายจะสามารถสร้างเรตินีนจากวิตามินเอขึ้นใหม่ทำให้ปริมาณโรดอปซินเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการมองเห็นดีขึ้น

4.2 เซลล์รูปกรวยมีผลต่อการมองเห็นภาพเป็นสีต่าง ๆ จากการศึกษาพบว่า เซลล์รับแสงรูปกรวย (Cone cell) แบ่งได้เป็น 3 พวก คือเซลล์รูปกรวยที่สามารถตอบสนองต่อแสงสีแดง ตอบสนองต่อแสงสีเขียว และตอบสนองต่อแสงสีน้ำเงิน เซลล์รูปกรวยแต่ละชนิดมีความไวต่อแสงเฉพาะอย่างเป็นพิเศษ ถ้าเซลล์ถูกกระตุ้นเพียงชนิดเดียวระบบประสาทก็จะแปลภาพสีนั้น ๆ ออกมา แต่เราสามารถเห็นวัตถุหรือภาพมีสีต่าง ๆ มากมาย ทั้งนี้เป็นเพราะมีการกระตุ้นเซลล์รูปกรวยแต่ละชนิดพร้อม ๆ กันด้วยความเข้มของแสงต่าง ๆ กัน จึงเกิดการผสมผสานเป็นสีต่าง ๆ ขึ้น เช่น

4.2.1 กระตุ้นเซลล์รูปกรวยที่ตอบสนองต่อสีแดงกับสีเขียวพร้อม ๆ กันในความเข้มของแสงที่เท่ากัน ทำให้เห็นวัตถุนั้นเป็นสีเหลือง

4.2.2 กระตุ้นเซลล์รูปกรวยที่ตอบสนองต่อแสงสีแดงกับสีน้ำเงินพร้อม ๆ กันในความเข้มของแสงที่เท่ากัน ทำให้เห็นวัตถุนั้นเป็นสีม่วง แต่ถ้าหากเซลล์รับแสงรูปกรวยสีใดสีหนึ่งทำงานไม่ได้ ก็จะเกิดอาการตาบอดสี

4.3 ตาบอดสี (Color blindness)

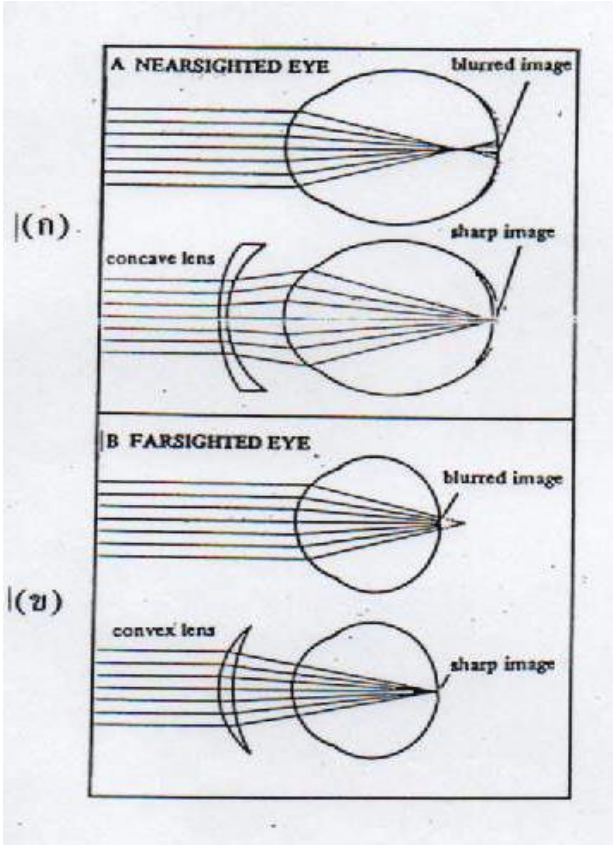
อาการตาบอดสี เกิดเนื่องจากเซลล์รับแสงรูปกรวย (Cone cell) เสียไป เนื่องจากการขาดรงควัตถุชนิดใดชนิดหนึ่งไป ทำให้ไม่สามารถรับแสงสีตามปกติได้ เช่น ถ้าเซลล์รูปกรวยที่ตอบสนองต่อแสงสีแดงเสีย เมื่อมีแสงสีแดงเข้าตาจะทำให้เห็นเป็นสีเขียว เรียกว่า ตาบอดสีแดง แต่ถ้าเซลล์รูปกรวยที่ตอบสนองแสงสี

เขียวเสียไป แล้วมีแสงสีเขียวมากระตุ้นจะทำให้มองเห็นสีแดง เรียกว่า ตาบอดสีเขียวสาเหตุอาการตาบอดสีส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากพันธุกรรม หรือ อาจมาจากสาเหตุความบกพร่องหรือความผิดปกติของเรตินาหรือประสาทซึ่งพบน้อยมาก ตาบอดสีประเภทนี้มักเกิดควบคู่ไปกับอาการที่สายตาค่อย ๆเสื่อมลง ไปด้วย ส่วนตาบอดสีทางพันธุกรรมนั้นสายตายังคงปกติ ตาบอดสีที่พบมากที่สุด คือ ตาบอดสีแดงและสีเขียว โดยไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างสีแดงกับสีเขียวได้ มักพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง

5.1.4 ความผิดปกติของนัยน์ตา

1. สายตาสั้น (Myopia) สาเหตุมาจากเลนส์ตามีผิวโค้งเกินไปหรือกระบอกตายาวรีกว่าปกติ ทำให้จุดโฟกัสของภาพตกก่อนถึงเรตินา การแก้ไขสายตาสั้นต้องใช้เลนส์เว้า เพื่อช่วยลดกำลังหักเหของเลนส์

2. สายตายาว (Hypermetropia) สาเหตุมาจากเลนส์ตาแบนเกินไป หรือกระบอกตาสั้นกว่าปกติ ทำให้ภาพจะโฟกัสที่จุดเลยเรตินาออกไปทางด้านหลัง มักเกิดกับคนสูงอายุเพราะกล้ามเนื้อตามีการหดตัวอ่อนลง และเลนส์ตาไม่ยืดหยุ่นเหมือนเดิม การแก้ไขสายตายาว ต้องใช้เลนส์นูน เพื่อดึงให้แสงมาโฟกัสพอดีบนเรตินา ตามรูปที่ 2.113



รูปที่ 2.113 ลักษณะสายตาที่ผิดปกติ
ก. สายตาสั้น ข. สายตายาว
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 59 - 62)

3. สายตาเอียง (Astigmatism) สาเหตุมาจากความโค้งของกระจกตาในแนวต่าง ๆ ไม่เท่ากัน ทำให้การหักเหของแสงไม่เท่ากันภาพที่ผ่านเลนส์ไปตกบนเรตินาบูดเบี้ยวไม่ชัดเจน

การแก้ไขสายตาเอียง ต้องใช้เลนส์กาบกล้วย (Cylindrical lens) ซึ่งมีด้านหน้าเว้าและด้านหลังนูน

4. ต้อ เป็นชื่อของโรคตามีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น ต้อกระจก ต้อหิน ต้อเนื้อ เป็นต้น ต้อเป็นโรคที่น่ากลัวเพราะอาจเป็นสาเหตุให้มีการสูญเสียตา ตั้งแต่น้อยไปจนถึงตาบอดได้ ในปัจจุบันนี้จักษุแพทย์มีความสามารถเพิ่มขึ้น ประกอบกับมีเครื่องมือเครื่องใช้ที่มีคุณภาพดีขึ้น สามารถจะช่วยไม่ให้ผู้ป่วยตาบอดได้ ต้อที่พบบ่อย ๆ ได้แก่

4.1 ต้อกระจก (Cataract) คือการที่เลนส์ตาเปลี่ยนสภาพจากใสเป็นขุ่นขาว ซึ่งมีสาเหตุได้หลายประการที่พบได้บ่อย คือ

4.1.1 ต้อกระจกในคนสูงอายุ (Semile Cataract) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ จะพบมากในคนอายุประมาณ 60 ปี

4.1.2 การที่นัยน์ตาได้รับการกระทบกระเทือนมากจนเป็นขุ่นขาวขึ้นพบในคนทุกวัย

4.1.3 ความผิดปกติของดวงตามาแต่ในครรภ์มารดา ซึ่งมักจะมีความผิดปกติของร่างกายส่วนอื่นร่วมด้วย

4.1.4 ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานก็มีโอกาสเป็นต้อกระจกได้เร็วกว่าคนทั่วไป การรักษา ผ่าตัดเอาต้อกระจกออก ซึ่งทำได้หลายวิธี

4.2 **ต้อหิน(Glaucoma)** คือ โรคซึ่งเกิดจากความดันในลูกตาเพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งไปทำลายประสาทตา ทำให้ประสาทตาไม่สามารถทำงานได้ และเป็นสาเหตุทำให้สายตาเสื่อมลง ซึ่งมีสาเหตุเกิดจาก

4.2.1. การสร้างน้ำหล่อเลี้ยงลูกตามากผิดปกติ

4.2.2. มีการปิดกั้นการไหลเวียนของน้ำในลูกตา

ต้อหินแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

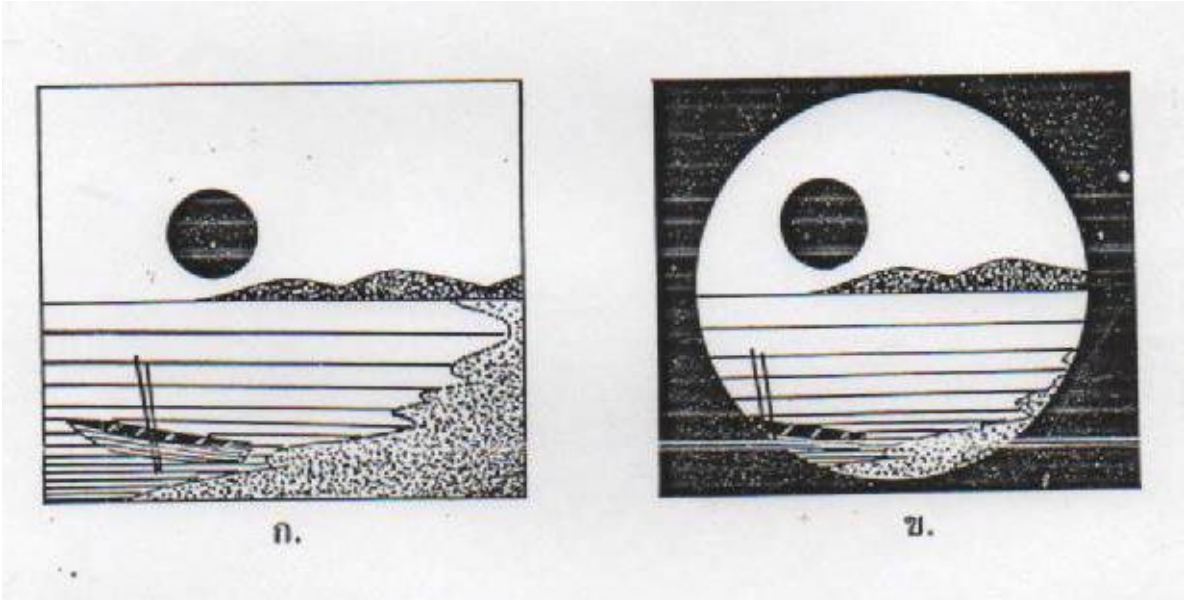
1. ประเภทเฉียบพลัน พวกนี้จะมีอาการปวดตาและตามัวอย่างรวดเร็ว

2. ประเภทเรื้อรัง พวกนี้มีอาการน้อยมาก อาจมีอาการปวดในตอนเช้า ๆ ตามัวเล็กน้อย เปลี่ยนแว่นตาบ่อย ๆ

อาการของโรคต้อหิน

1. ตามัว
2. มีการสูญเสียสายตารอบนอก
3. มองวัตถุลำบากในที่มืด
4. อาจเห็นเป็นสีรุ้งรอบ ๆ ดวงไฟ
5. คลื่นไส้ อาเจียน และปวดศีรษะมาก ในกรณีเป็นต้อหินระยะรุนแรง

ตามรูป ที่ 2.114



รูปที่2.114 เปรียบเทียบระหว่างสายตาปกติและต้อหิน

ก. สายตาปกติ

ข. การสูญเสียการมองเห็นด้านข้างในโรคต้อหินระยะเริ่มแรก

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 63)

บุคคลที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นต้อหิน

1. ผู้ที่มีประวัติครอบครัวเป็นต้อหิน
2. ผู้ที่มีปัญหาทางตา เช่น สายตายาว เลนส์ตาเล็ก และมีความผิดปกติทางตาอื่น ๆ
3. คนสูงอายุ
4. บุคคลที่ถูกกระทบกระเทือนทางตา

การรักษา

1. แพทย์จะทำการวัดความดันในลูกตา
2. ให้ยาหยอดและยารับประทาน เพื่อลดความดันในลูกตา
3. ในบางรายอาจต้องรักษาโดยการผ่าตัด หรือใช้การยิงด้วยแสงเลเซอร์

5.2 หูและการรับเสียง (Ear)

5.2.1 หน่วยรับความรู้สึกเกี่ยวกับเสียงของมนุษย์อยู่ในรูหูจึงเป็นอวัยวะรับฟังหรือรับสัมผัสความถี่ของคลื่นเสียง หูของมนุษย์มีความสามารถที่จะตอบสนองต่อเสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 16 รอบต่อ วินาที จนถึง 20,000 รอบต่อวินาที ถ้าเสียงมีความถี่สูงกว่านี้หูของมนุษย์จะไม่สามารถรับสัมผัสเสียงนั้นได้ ดังนั้นหูของมนุษย์จึงทำหน้าที่รับเสียง (Phonoreceptor) และยังทำหน้าที่เป็นหน่วยรับความรู้สึกสำหรับการทรงตัว (Statoreceptor) อีกด้วย หูของมนุษย์แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หูส่วนนอก หูส่วนกลาง และหูส่วนใน

5.2.2 โครงสร้างและหน้าที่ของหู

1. หูส่วนนอก (External ear) ประกอบด้วยใบหู ช่องหู และเยื่อ แก้วหู

1.1 ใบหู (Pinna) มีลักษณะแผ่กว้าง ภายในเป็นกระดูกอ่อนและติดต่อกับช่องหูหรือรูหู ทำหน้าที่รับและรวบรวมคลื่นเสียงให้ผ่านช่องหูส่วนนอก

1.2 ช่องหูหรือรูหู (Auditory canal) เป็นส่วนที่อยู่ถัดใบหูเข้าไปจนถึงเยื่อแก้วหู ซึ่งมีความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร และเป็นทางผ่านของคลื่นเสียง ภายในรูหูจะมีต่อมสร้างสารคล้ายขี้ผึ้งออกมาเคลือบไว้ สารเหล่านี้ช่วยป้องกันผนังของรูหูไม่ให้แห้ง เมื่อสารเหล่านี้มีมากก็จะสามารถรวมกับผิวหนังในรูหูที่หลุดออกมาเป็นขี้หู ซึ่งจะหลุดออกมาเองได้

1.3 เยื่อแก้วหู (Ear drum) เป็นแผ่นเยื่อบาง ๆ กั้นระหว่างช่องหูกับหูส่วนกลาง จะสั่นสะเทือนตามเสียงที่ส่งเข้ามา

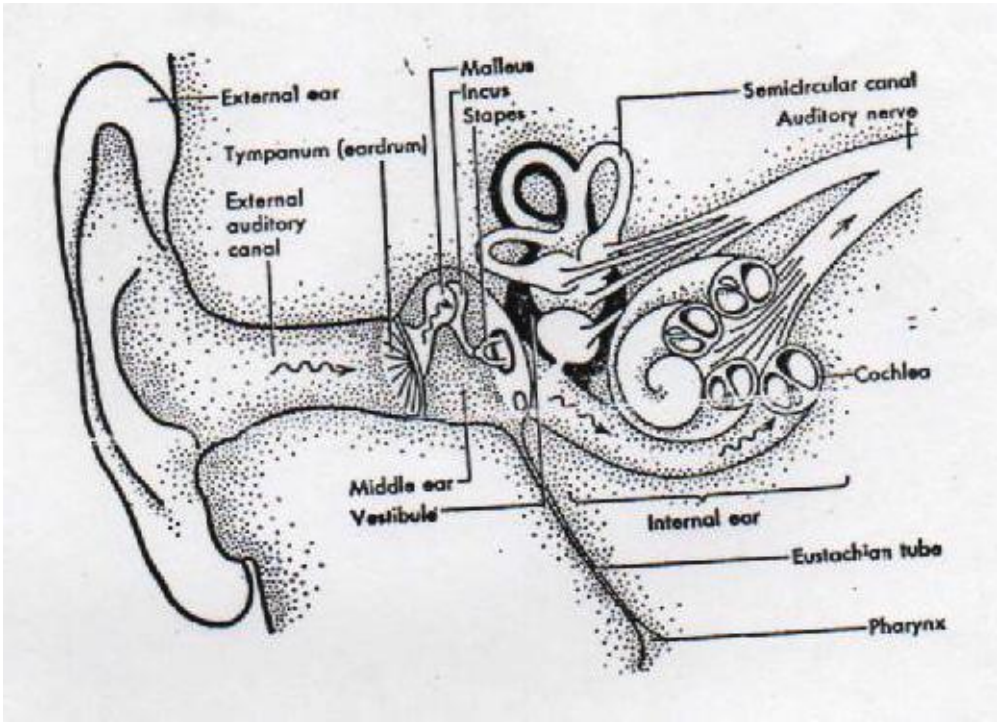
โครงสร้างของหูส่วนนอกตั้งแต่ใบหูถึงเยื่อแก้วหู จะทำหน้าที่รับคลื่นเสียงจากภายนอก เมื่อคลื่นเสียงผ่านมาถึงเยื่อแก้วหูก็ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้น และส่งแรงสั่นสะเทือนนี้เข้าไปในหูส่วนกลาง

2. หูส่วนกลาง (Middle ear) ภายในหูส่วนกลางทางด้านล่างมีท่อเชื่อมโยงไปจนถึงคอหอย (Pharynx) เรียกว่า ท่อยูสเตเชียน (Eustachian tube) ท่อนี้ทำหน้าที่ปรับความดันอากาศในหูส่วนกลางให้เท่ากับหูส่วนนอก โดยอาศัยการผ่านเข้าออกของอากาศจากคอหอยเพื่อป้องกันไม่ให้เยื่อแก้วหูโป่งออกหรือบุบเข้ามากเกินไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันของบรรยากาศทำให้เยื่อแก้วหูอยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับสั่นไปมาตามแรงสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงตลอดเวลา

ปลายท่อยูสเตเชียนที่อยู่ทางคอหอยจะมีลิ้นควบคุมการเข้าออกของอากาศ ซึ่งในภาพปกตินี้จะปิดเพื่อป้องกันคลื่นเสียงที่เกิดจากกล่องเสียงของตัวเราเองไม่ให้เข้าไปเกิดเป็นเสียงรบกวนภายในช่องหู ลิ้นนี้จะเปิดเมื่อตัวเรากำลังกลืนอาหารหรือหาวนอน อาการหูอื้อในขณะที่ขึ้นหรือลงจากที่สูง ๆ เกิดจากการ

เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของความดันบรรยากาศภายนอกทำให้เสียสมดุลระหว่างความดันอากาศภายในหูส่วนนอกกับหูส่วนกลางไปชั่วขณะซึ่งเยื่อแก้วหูจะถูกดันให้โป่งออกหรือบุบเข้ามากเกินไป การกลืนหรือการหาวนอนจะช่วยให้อากาศหูอื้อหายไปได้ บางครั้งในขณะที่เราเป็นหวัดอาจมีอาการหูอื้อหรือปวดในช่องหูเกิดขึ้นร่วมด้วย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการอักเสบภายในคอทำให้ลิ้นควบคุมของท่อยูสเตเชียนบวมจนอุดตันการปรับความดันของอากาศในช่องหู ข้อเสียของท่อยูสเตเชียนคือ เป็นทางผ่านของเชื้อโรคจากคอหอยเข้าไปในหูส่วนกลางซึ่งจะทำให้เกิดเป็นโรคน้ำหนวกได้ ส่วนบนของหูส่วนกลางที่ติดกับเยื่อแก้วหูจะเป็นกระดูกหู ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ชิ้น คือ กระดูกค้อน (Malleus) กระดูกทั่ง (Incus) และกระดูกโกลน (Stapes) กระดูกทั้ง 3 ชิ้นนี้จะอยู่ในตำแหน่งต่อเนื่องกัน

เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนขึ้นที่เยื่อแก้วหูก็จะทำให้กระดูกหู 3 ชิ้น คือ กระดูกค้อน กระดูกทั่ง กระดูกโกลน เกิดการสั่นสะเทือนเพิ่มความถี่ของคลื่นเสียงและเกิดการสั่นต่อเนื่องกันจนถึงหูส่วนในคลื่นเสียงที่สั่นสะเทือนผ่านเข้ามาถึงหูส่วนในจะสูงกว่าคลื่นเสียงที่หูส่วนนอกประมาณ 22 เท่า ตามรูปที่ 2.115



รูปที่ 2.115 โครงสร้างของหูมนุษย์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 64 - 65)

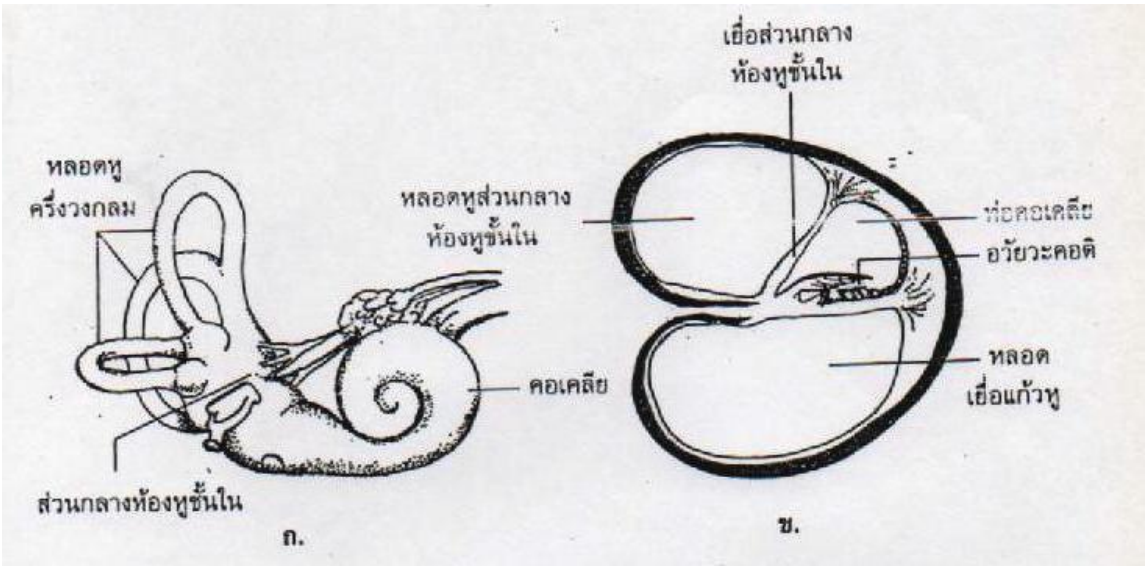
3. หูส่วนใน (Inner ear) เป็นอวัยวะที่มีลักษณะประกอบด้วยท่อกลวงติดต่อกัน 2 ชุด รวมกันเรียกว่าลาบิรินธ์ (Labyrinth) ฝังอยู่ภายในกระดูกของฐานกะโหลกศีรษะ ชุดแรกเป็นส่วนของลาบิรินธ์ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับเสียง ส่วนชุดที่สองเป็นส่วนของลาบิรินธ์ซึ่งทำหน้าเกี่ยวกับการทรงตัว

3.1 อวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับสียงเรียกว่าคอเคลีย (Cochlea) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อกลมม้วนตัวประมาณสองรอบครึ่งคล้ายก้นหอย ภายในคอเคลียถูกแบ่งเป็นท่อขนาดเล็ก 3 ท่อ เป็นช่องเปิดด้วยเยื่อบาง 2 แผ่น ถ้านำคอเคลียมายืดให้ตรงจะพบว่าท่อทั้ง 3 ท่อนี้จะวางขนานกันโดยจะกว้างที่ฐานและเรียวเล็กลงจนถึงปลายท่ออันบนเรียกว่าเวสติบิวลาร์คาแนล (Vestibular canal or Scala vestibuli) ที่ฐานของท่อนี้จะมีเยื่อบางที่เรียกว่าหน้าต่างรี (Oval window) ปิดอยู่ซึ่งเป็นเยื่อที่ติดกับปลายกระดูกโกลนของหูส่วนกลาง ท่ออันล่างเรียกว่า ทิมพานิกคาแนล (Tympanic canal or scala tympani) ท่อบนและท่อล่างจะติดต่อกันที่ปลายยอดของคอเคลียและภายในท่อทั้งสองจะมีของเหลวที่เรียกว่าเพอริลิมฟ์ (Perilymph) บรรจุอยู่ ส่วนท่ออันกลางที่อยู่ระหว่างท่ออันบนและท่ออันล่างมีชื่อเรียกว่าคอเคลียคาแนล (Cochlea canal or scala media) ภายในท่อนี้บรรจุด้วยของเหลวที่เรียกว่าเอนโดลิมฟ์ (Endolymph) และประกอบด้วยโครงสร้างซึ่งทำหน้าที่แปรสภาพแรงสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงให้มีกระแสประสาทเกิดขึ้น เรียกว่า อวัยวะของคอร์ติ (Organ of corti) หรือหน่วยรับเสียง ซึ่งวางตัวอยู่บนเยื่อที่กั้นระหว่างท่ออันกลางกับท่ออันล่าง (Basilar membrane) เรียงติดต่อกันจากฐานไปถึงยอดตลอดความยาวของคอเคลีย

อวัยวะของคอร์ติเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีซิเลีย (Cilia) เรียกว่าเซลล์ขน (Hair cells) มีจำนวนประมาณ 24,000 เซลล์ ในแต่ละข้างเรียงตัวติดต่อกันเป็นแถวและปลายของซิเลียของเซลล์เหล่านี้จะเกาะติดกับเยื่อบางที่เรียกว่า เยื่อเทคทอเรียล (Tectorial membrane) ซึ่งห้อยแขวนอยู่เหนือกลุ่มเซลล์ขน ซึ่งเซลล์ขนแต่ละเซลล์จะมีปลายเดนไดรต์ (Dendrite) ของเซลล์ประสาทรับความรู้สึกสองขั้ว (Bipora neuron) มารับกระแสประสาทที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนของเสียงและแอกซอน (Axon) ของเซลล์ประสาทเหล่านี้จะรวมตัวกันเป็นเส้นประสาทจากหูไปยังสมอง (Auditory nerve) หรือเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ไปยังสมองส่วนที่เรียกว่าเซรีบรัม (Cerebrum)

3.2 การรับเสียง เมื่อคลื่นเสียงผ่านเข้าสู่ช่องหูส่วนนอกมาทำให้เยื่อแก้วหูสั่นไปมาด้วยความถี่เท่ากัน การสั่นจากเยื่อแก้วหูจะส่งผ่านต่อไปตามกระดูกหูทั้งสามชิ้นในหูส่วนกลางซึ่งเรียงตัวกันในลักษณะที่ช่วยเพิ่มแรงสั่นสะเทือนมากขึ้นโดยที่ยังมีความถี่ในการสั่นเท่าเดิม เมื่อกระดูกโกลนสั่นไปมาจะดันให้หน้าต่างรีเคลื่อนที่เข้าออกทำให้ของเหลวที่บรรจุอยู่ในเวสติบิวล่าร์คาแนลแล้วผ่านกลับเข้ามาตามทิมพานิกคาแนลไปจนถึงต่างกลมซึ่งติดต่อกับหูส่วนกลางที่ฐานของคลอเคลียซึ่งเท่ากับเป็นการระบายคลื่นการสะเทือนนี้ออกจากหูตอนใน การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในของเหลวของท่อบนและส่วนของคลอเคลียนี้จะทำให้เยื่อที่กั้นระหว่างท่ออันกลางกับท่ออันล่าง (Basilar membrane) สั่นตามไปด้วย การสั่นขึ้นลงของเยื่อนี้จะทำให้ซิเลียของเซลล์ขนกระแทกกับเยื่อเทคทอเรียล ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทขึ้นแล้วส่งผ่านไปแปลเป็นความรู้สึกว่าได้ยินเสียงต่อไปที่สมอง

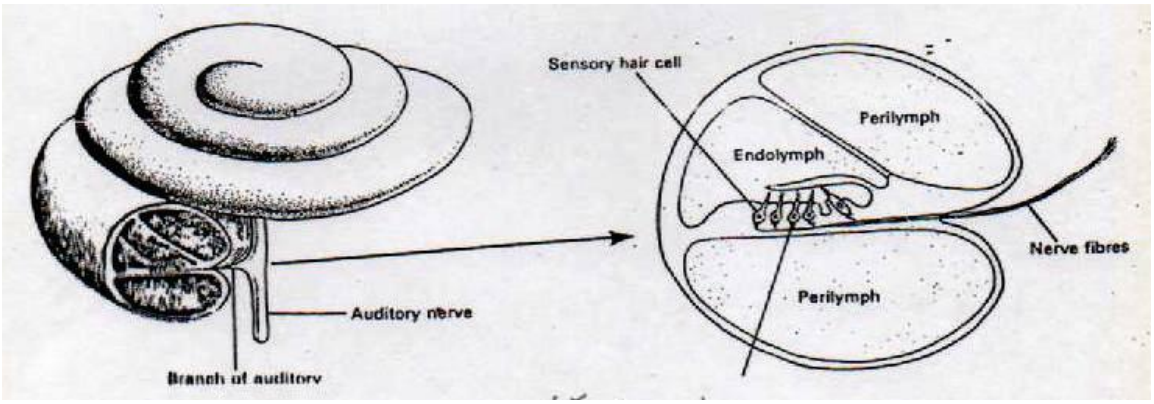
หูของมนุษย์สามารถรับฟังเสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 16 รอบต่อวินาทีจนถึง 20,000 รอบต่อวินาที โดยจะมีความไวต่อการกระตุ้นของเสียงที่มีความถี่ระหว่าง 1,000 รอบต่อวินาทีจนถึง 2,000 รอบต่อวินาทีมากที่สุด และการที่มนุษย์เราสามารถรับเสียงที่มีความถี่ต่างกันออกเป็นเสียงสูง เสียงกลาง เสียงต่ำ ก็เพราะเนื่องจากอวัยวะของคอร์ติ (Organ of corti) ส่วนต่าง ๆ มีความไวต่อการกระตุ้นด้วยเสียงที่มีความถี่มากน้อยไม่เท่ากัน ซึ่งตามปกติแล้วจะพบว่าอวัยวะของคอร์ติส่วนที่ไวต่อการกระตุ้นของเสียงที่มีความถี่สูงจะเรียงตัวอยู่ใกล้ฐานของคอเคลีย และส่วนที่เรียงต่อไปจนถึงปลายจะไวต่อการกระตุ้นของเสียงที่มีความถี่น้อยลงตามลำดับ ตามรูปที่ 2.116 และ 2.117



รูปที่ 2.116 ลักษณะของลาบิรินธ์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 66)

B side view of cochlea (showing spiral shape) C Cross-section through the cochlea



รูปที่ 2.117 ลักษณะของภาคตัดขวางคอเคลีย

(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 100)

3.3 อวัยวะเกี่ยวกับการทรงตัว

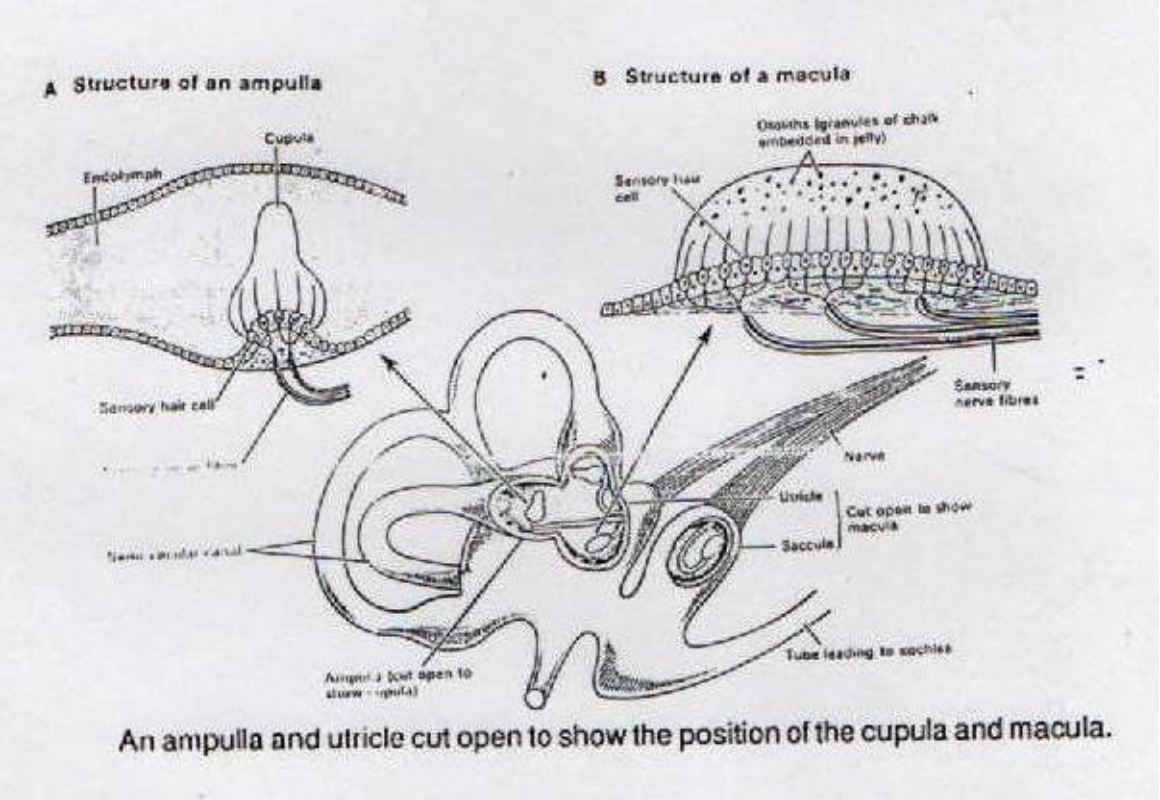
การรักษาสมดุลในการทรงตัวของคนเรานั้น นอกจากหน่วยรับความรู้สึกในหูส่วนในแล้วยังต้องอาศัยหน่วยรับความรู้สึกในแง่อื่น ๆ ทำหน้าที่ประสานงานกันเป็นต้นว่า ต้องใช้ตาสำหรับรับภาพ หน่วยรับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและข้อเพื่อให้ทราบตำแหน่งของลำตัวหน่วยรับความรู้สึกสัมผัสที่ฝ่าเท้าในขณะที่เรากำลังยืน ทั้งนี้โดยมีส่วนรับความรู้สึกของหูส่วนในทำหน้าที่หลักเกี่ยวกับการรับรู้ตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของศีรษะในท่าต่าง ๆ

อวัยวะซึ่งทำหน้าที่รับรู้เกี่ยวกับการทรงตัวที่อยู่ในหูมีลักษณะเป็นระบบท่อกลวงที่ติดต่อมาจากคลอเคลียตามลำดับ คือ ส่วนแรกมีลักษณะเป็นถุงค่อนข้างกลมเรียกว่าแซคคูล (Saccule) จะติดต่อกับส่วนที่สองที่มีลักษณะโป่งพองเป็นถุงขนาดใหญ่ เรียกว่า ยูตริเคิล (Utricle) และยูตริเคิลจะติดต่อกับส่วนสุดท้ายซึ่งมีลักษณะเป็นท่อรูปครึ่งวงกลม 3 อันวางฉากซึ่งกันและกันเรียกว่า เซมิเซอร์คิวลาร์แคแนน (Semicircular canal) และอวัยวะทั้งหมดจะมีของเหลวเรียกว่าเอนโดลิมฟ์ (Endolymph) บรรจุอยู่ภายใน

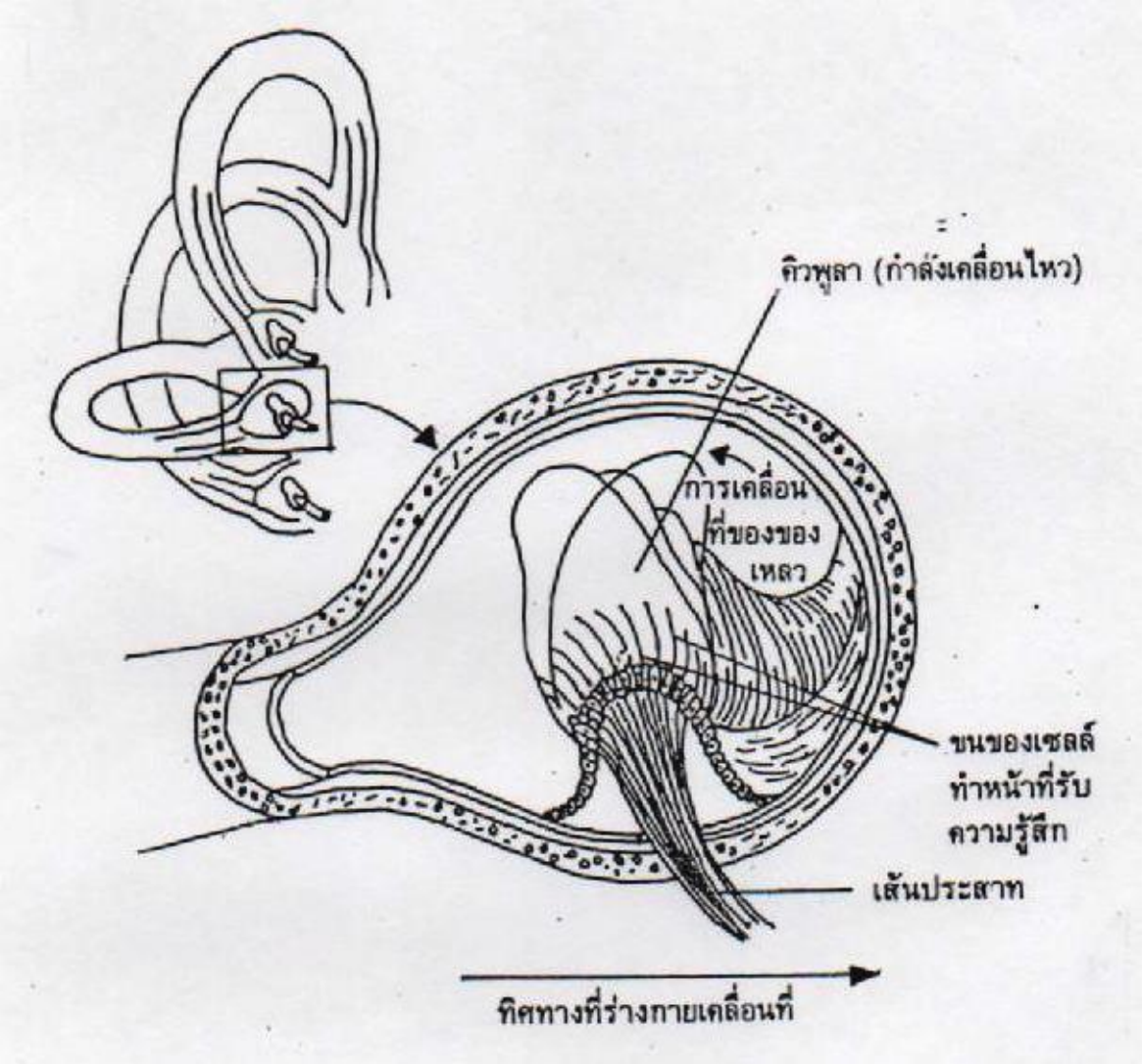
แซคคูลและยูตริเคิลทำหน้าที่หลักเกี่ยวกับการรับรู้การเปลี่ยนตำแหน่งของศีรษะในทิศทางต่าง ๆ เมื่อศีรษะเคลื่อนไหวในแนวตรง ภายในโครงสร้างทั้งสองประกอบด้วยเซลล์ขน (Hair cell) และก้อนหินปูนที่เรียกว่าโอโทลิธ (Otolith) ซึ่งกลิ้งไปมาได้ภายในช่องกลวงของโครงสร้างทั้งสอง ในสภาพปกติเมื่อศีรษะไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง แรงดึงดูดของโลกจะดึงให้โอโทลิธวางทับอยู่บนเซลล์ขนบริเวณหนึ่งและกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทส่งไปแปลเป็นความรู้สึกที่สมองว่าศีรษะอยู่ในตำแหน่งตั้งตรง แต่เมื่อเอียงศีรษะไปข้างใดข้างหนึ่ง โอโทลิธจะเปลี่ยนไปวางทับบนกลุ่มเซลล์ขนบริเวณอื่นและกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทไปแปลเป็นความรู้สึกที่สมองว่าศีรษะเปลี่ยนไปอยู่ตำแหน่งใด ดังนั้นการบอกตำแหน่งของศีรษะจึงขึ้นอยู่กับการวางทับของโอโทลิธตามตำแน่งของเซลล์ขนภายในแซคคูลและยูตริเคิล

เซมิเซอร์คิวลาร์แคแนลทำหน้าที่รับรู้การเปลี่ยนตำแน่งของศีรษะเมื่อมีการหมุนของศีรษะเกิดขึ้น ฐานของเซมิเซอร์คิวลาร์แคแนลแต่ละอันจะพองออกมาเรียกว่า แอมพูลลา (Ampulla) ภายในแอมพูลาแต่ละอันประกอบด้วยเซลล์ขน ซึ่งรวมกลุ่มกันเป็นโครงสร้าง เรียกว่า คริสตา แอมพูลลาริส (Crista ampullaris) และอวัยวะรับความรู้สึกประกอบด้วยคิวพูลา (Cupula)ซึ่งมีลักษณะคล้ายวุ้นเมื่อมีการหมุนของศีรษะเอนโดลิมฟ์ (Endolymph) ที่อยู่ภายในท่อจะไหลไปมา การไหลของเอนโดลิมฟ์จะทำให้คิวพูลาเคลื่อนไหวและขนของเซลล์หรือคริสตา แอมพูลลาริสถูกกระตุ้นเกิดการเคลื่อนไหวเกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมองแปลเป็นความรู้สึกว่าศีรษะเปลี่ยนไปอยู่ตำแหน่งใดเนื่องจากเซมิเซอร์คิวลาร์แคแนลมี 3 ท่อ ตั้งฉากซึ่งกันและกันใน 3 ระนาบ ดังนั้นการเคลื่อนไหวของศีรษะไม่ว่าในทิศทางใดจะกระตุ้นเซมิเซอร์คิวลาร์แคแนล อย่างน้อยท่อหนึ่งเสมอ กระแสประสาทที่เกิดขึ้นจากเซมิเซอร์คิวลาร์แคแนล แซคคูล และยูตริเคิล จะส่งผ่านไปแปลเป็นความรู้สึกที่สมองทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 เช่นเดียวกับการรับเสียง

นอกจากถูกกระตุ้นด้วยการเปลี่ยนตำแหน่งของศีรษะแล้วหน่วยรับความรู้สึกในการทรงตัวของหูส่วนในยังถูกกระตุ้นด้วยการเคลื่อนที่ของร่างกาย ถ้าหากการเคลื่อนที่นั้นมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เช่น ในขณะที่กำลังนั่งรถหรือเรือการเกิดอาการเมารถหรือเมาเรือ เกิดจากการที่หน่วยรับความรู้สึกเหล่านี้ถูกกระตุ้นมากเกินไป การหมุนตัวรอบ ๆ ติดต่อกันนาน ๆ จะทำให้หน่วยรับความรู้สึกไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ในที่สุดเราจะไม่สามารถทรงตัวให้ยืนอยู่ตามปกติได้ ตามรูปที่ 2.118 และ 2.119



รูปที่ 2.118 โครงสร้างของอวัยวะที่เกี่ยวกับการทรงตัว
(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 106)



รูปที่ 2.119 โครงสร้างภายในของแอมพูลลาที่เกี่ยวกับการทรงตัว

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 67)

5.2.3 ความพิการของหู

หูของมนุษย์มีความสามารถรับเสียงที่มีความดังของเสียงต่ำสุด 0 เดซิเบลและสูงสุด 120 เดซิเบล แต่เสียงที่มีความดังระดับสูง ๆ นี้ หากได้ยินเป็นประจำเวลานาน ก็จะเป็นอันตรายต่อประสาทหูและมีผลต่อสุขภาพร่างกายด้วย เช่น หงุดหงิด นอนไม่หลับ ไม่มีสมาธิในการทำงาน ทำงานผิดพลาด เกิดอารมณ์เครียด เหนื่อยง่าย เวียนศีรษะ หัวใจเต้นเร็ว อารมณ์อ่อนไหง่าย อาจเกิดโรคจิต ตลอดจนทำให้หูหนวกได้

หูพิการอาจเกิดได้หลายทางด้วยกัน เช่น

1. เส้นประสาทรับฟัง (Auditory nerve) เสียหรือพิการ
2. เยื่อแก้วหูขาดชำรุด
3. มีเชื้อโรคเข้าทำลายเยื่อหู
4. กระดูกหูติดกันแน่น
5. มีกระดูกงอกภายในหูตอนใน

5.3 จมูกและการรับกลิ่น (Nose)

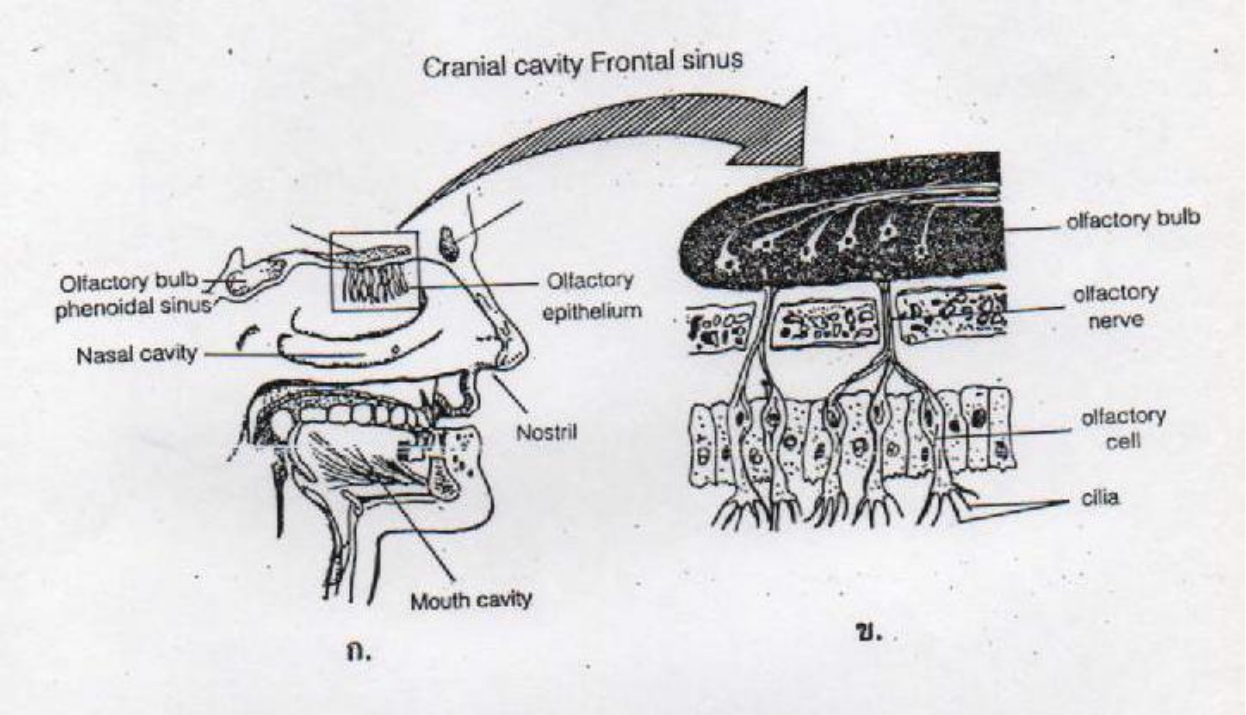
5.3.1 โครงสร้างที่ทำหน้าที่รับกลิ่น

โครงสร้างที่ทำหน้าที่รับกลิ่นของมนุษย์คือจมูก (Nose) ที่เป็นหน่วยรับความรู้สึกประเภทสารเคมี (Chemoreceptor) มีลักษณะเป็นเยื่อบุผิวเรียกว่า ออลแฟกทอรี เมมเบรน (Olfactory membrane) อยู่ในโพรงจมูกสูงขึ้นไปใกล้กับกระบอกตาและมีเนื้อที่ประมาณ 2.4 ตารางเซนติเมตร ในโพรงจมูกแต่ละข้างออลแฟกทอรี เมมเบรน ประกอบด้วยเซลล์สำคัญ 2 ชนิด คือ

1. เซลล์รับกลิ่น (Olfactory cell) เป็นเซลล์ที่แปรสภาพมาจากเซลล์ประสาทสองขั้ว (Bipolar neuron) ปลายข้างหนึ่งของเซลล์ด้านที่หันเข้าหาโพรงจมูกจะมีซีเลีย (Cilia) ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นส่วนของเซลล์ที่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ปนมากับอากาศแล้วกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทขึ้นในเซลล์รับกลิ่นเพื่อส่งต่อไปแปลเป็นความรู้สึกที่สมอง

2. เซลล์ซัสเทนทาคูลาร์ (Sustentacular cell) ทำหน้าที่ช่วยยึดเหนี่ยวเซลล์รับกลิ่นให้เรียงตัวเป็นเยื่อบุผิว

จากแอกซอนของเซลล์รับกลิ่นแต่ละเซลล์จะมีเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทหลายขั้ว (Mitral cell) มาติดต่อเพื่อรับกระแสประสาทที่เกิดขึ้นจากเซลล์รับกลิ่น แล้วเซลล์ประสาทเหล่านี้จะรวมตัวเป็นเส้นประสาทขนาดเล็กซึ่งจะทะลุผ่านกระดูกบริเวณฐานของกะโหลกศีรษะแล้วรวมตัวเป็นเซลล์ประสาทขนาดใหญ่ไปยังเซลล์ประสาทสมองคู่ที่ 1ที่เรียกว่าเส้นประสาทออลแฟกทอรี (Olfactory nerve) แล้วส่งต่อไปยังสมองส่วนเซรีบรัม ตามรูปที่ 2.120



รูปที่ 2.120 โครงสร้างภายในของจมูก

ก โพรงจมูก

ข เซลล์รับกลิ่น

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 68)

5.3.2 การรับกลิ่น

กลิ่นต่าง ๆ ที่ผ่านเข้าไปทางรูจมูกหรือระเหยผ่านลำคอขึ้นมาเซลล์รับกลิ่นจะเปลี่ยนเป็นกระแสประสาทส่งไปตามแอกซอนของเซลล์แอกซอนของหลาย ๆ เซลล์ก็จะรวมกันเป็นเส้นประสาทรับกลิ่น (Olfactory nerve) ซึ่งจะนำกระแสประสาทไปยังสมองส่วนออลแฟกทอรีบัลบ์ (Olfactory bulb) แล้วส่งต่อไปยังสมองส่วนเซรีบรัมซึ่งจะแปลความหมายออกมาเป็นกลิ่นอะไร

การได้กลิ่นสารอย่างใดอย่างหนึ่งนั้น สารชนิดนั้นจะต้องระเหยหรือระเหิดได้ และอาศัยอากาศเป็นตัวพามากระตุ้นเซลล์รับกลิ่นในโพรงจมูก การสูดลมหายใจจึงทำให้รับกลิ่นได้ดีขึ้น ในขณะที่เราเป็นหวัดความไวในการได้กลิ่นจะลดลงเนื่องจากมีการหลั่งเมือกออกมามาก เพื่อกันมิให้สารที่ปนมากับอากาศไปกระตุ้นเซลล์รับกลิ่นได้สะดวกนั้นเอง

5.3.3 สัตว์ที่มีกระดูกสันหลังการรับกลิ่นมีความสำคัญต่อการดำรงชีพในแง่ต่าง ๆ เช่น การหาอาหาร การหลีกหนีศัตรู การสืบพันธุ์ นอกจากจะมีจมูกอยู่ที่ส่วนหน้าสุดของร่างกายและมีความไวในการรับกลิ่นแล้ว สมองส่วนที่แปลความรู้สึกเกี่ยวกับการได้กลิ่นหรือออลแฟกทอรีบัลบ์ (Olfactory bulb) ที่มีขนาด

ใหญ่อีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบจมูกของมนุษย์กับสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นมนุษย์จะมีความไวในการรับกลิ่นได้น้อยกว่าและสมองส่วนออลแฟกทอรีบัลบ์ก็มีขนาดเล็กกว่า เช่น สุนัขจะมีศูนย์ควบคุมรับกลิ่นดีมาก สามารถดมกลิ่นและจำกลิ่นต่าง ๆ ได้ดี สุนัขมักชอบถ่ายปัสสาวะและดมกลิ่นไปตลอดทางที่เดินผ่าน เพื่อจะได้ดมกลิ่นเมื่อเวลากลับจะได้ไม่หลงทาง

5.3.4 การส่งกระแสประสาทในการได้รับกลิ่น

กลิ่น (สารเคมี) ⟶ เยื่อบุจมูก (Olfactory membrane) มีเมือกละลายกลิ่น⟶ เซลล์รับกลิ่น (Olfactory cell) ⟶ ออลแฟกทอรีบัลบ์ (Olfactory bulb) ⟶ เส้นประสาทรับกลิ่น (Olfactory nerve) ⟶ สมองส่วนเซรีบรัม (Cerebrum)

5.4 ลิ้นและการชิมรส (Tongue)

5.4.1 โครงสร้างที่ทำหน้าที่รับรส

ลิ้นของมนุษย์เป็นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการรับรสและยังมีหน่วยรับความรู้สึกประเภทอื่น ๆ แฝงอยู่ด้วย เช่น หน่วยรับการสัมผัส อุณหภูมิ และความเจ็บปวด สำหรับโครงสร้างที่ทำหน้าที่รับรสอาหารซึ่งเป็นสารเคมีเช่นเดียวกันกับการรับกลิ่นจึงจัดเป็นความรู้สึกประเภทสารเคมี (Chemoreceptor) ที่บริเวณด้านบนของผิวลิ้นจะมีปุ่มนูนเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ปุ่มนูนเล็ก ๆ เหล่านี้เรียกว่าปาปิลลา (papilla) ปุ่มบนลิ้นเหล่านี้ประกอบด้วยตุ่มรับรส (Taste bud) หลายอันทำหน้าที่เป็นตัวรับรสมี 3 ประเภท คือ

1. เซอร์คัมวาเลต ปาปิลลา (Circumvallate papilla) มีลักษณะเป็นตุ่มนูนกลมเรียงตัวเป็นรูปตัววีอยู่ทางด้านหลังของลิ้น

2. ฟังจิฟอร์ม ปาปิลลา (Fungiform papilla) จะกระจายตัวอยู่ตามผิวลิ้นทั่วไป

3. โฟลิเอต ปาปิลลา (Foliate papilla) จะอยู่ที่บริเวณด้านหลังค่อนข้างไปทางด้านข้างของลิ้น

ตุ่มรับรสนี้ลักษณะเป็นกระเปาะฝังตัวลึกอยู่ภายในปาปิลลาที่อยู่บนผิวลิ้น ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เซลล์รับรส (Taste cell) และเซลล์พี่เลี้ยง (Supporting cell) ตอนบนของตุ่มรับรสเป็นช่องเปิด (Taste pore) ให้ส่วนที่เป็นขนของเซลล์รับรสได้สัมผัสกับรสของอาหารที่กินเข้าไปตอนล่างมีเส้นประสาทนำกระแสประสาทไปยังสมองเส้นประสาทรับรสคือ เส้นประสาทคู่ที่ 7 (Facial nerve) รับรสจากบริเวณปลายลิ้นและข้างลิ้น และเส้นประสาทคู่ที่ 9 (Glossopharyngeal nerve) รับรสจากบริเวณโคนลิ้น นอกจากที่ลิ้นแล้วยังพบว่ามีตุ่มรับรสฝังตัวอยู่ตามบริเวณอื่น ๆ เช่น เยื่อบุผิวรอบต่อมทอนซิล (Tonsil) และคอหอย (Pharynx) ตุ่มรับรสของมนุษย์มีอายุการทำงานประมาณ 7 วัน แล้วจะเสื่อมสลาย แล้วมีการสร้างทดแทนขึ้นใหม่ตลอดเวลา ในผู้สูงอายุการเสื่อมสลายของตุ่มรับรสเกิดขึ้นมาก ดังนั้นจะรับรสอาหารได้ไม่ดีเท่ากับเด็กและวัยหนุ่มสาว

5.4.2 การชิมรส

การชิมรสเป็นหน้าที่ของตุ่มรับรส (Taste bud) แต่ละตุ่มรับรสจะมีเซลล์รับรสทำหน้าที่ในการสัมผัสรสโดยแต่ละตุ่มจะสามารถรับรสเพียงรสเดียวเท่านั้น ตุ่มรับรสมีอยู่ 4 ชนิด คือ

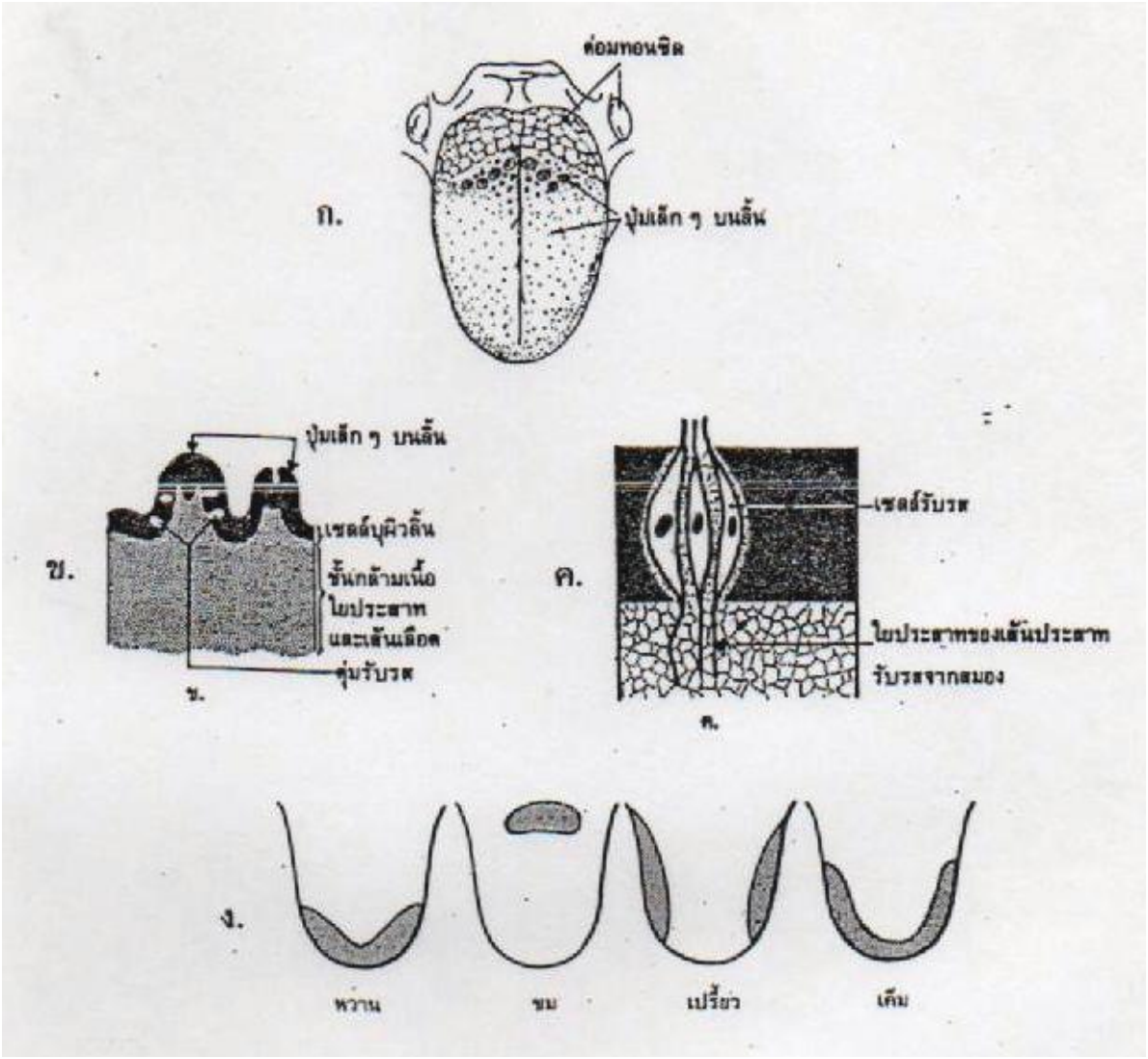
1. ตุ่มรับรสเค็มอยู่บริเวณกลางลิ้น
2. ตุ่มรับรสหวานอยู่บริเวณปลายลิ้น
3. ตุ่มรับรสเปรี้ยวอยู่บริเวณด้านข้างลิ้น
4. ตุ่มรับรสขมอยู่บริเวณโคนลิ้น

อาหารที่กินเข้าไปนั้นเซลล์รับรสจะถูกกระตุ้นและตอบสนองได้ดีเมื่ออาหารอยู่ในรูปของเหลว กล่าวคือเมื่อกระตุ้นรับรสได้รับการกระตุ้นจากสารเคมีที่มีรสต่าง ๆ ซึ่งถูกละลายโดยน้ำลายจะเปลี่ยนสารเคมีที่ทำให้เกิดรสเป็นกระแสประสาทส่งไปตามเส้นประสาทไปยังศูนย์รับรสในสมองส่วนเซรีบรัมเพื่อแปลผลในสมองว่าเป็นรสอะไร

5.4.3 การได้กลิ่นกับการรับรสมีความสัมพันธ์กัน

สมองจะถูกฝึกให้รับกลิ่นและรับรสพร้อมกันจนเคยชินเมื่อขาดอย่างใดอย่างหนึ่งจึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการได้กลิ่นและการรับรสด้อยลงไป ดังนั้นขณะที่เป็นหวัดเยื่อดมกลิ่น (Olfactory epithelium) เสื่อมไปและรับกลิ่นไม่ได้หรือรับได้ไม่ดี เมื่อขาดการรับกลิ่นถึงแม้ลิ้นจะยังคงรับรสได้แต่จะไม่รู้ว่าอร่อย โดยทั่วไปเชื้อหวัดจะเข้าทำลายเยื่อบุผิวทั้งที่จมูก คอหอย และลิ้น แต่รสหวานยังคงรับได้เพราะอยู่ปลายลิ้น ส่วนรสขมที่โคนลิ้นรับไม่ได้

5.4.4 ลิ้นของมนุษย์สามารถรับรสได้ 4 รส คือ รสเค็ม รสหวาน รสเปรี้ยว และรสขม ส่วนความเผ็ดเป็นความร้อนเป็นความรู้สึกจากการสัมผัสไม่ใช่รส ตามรูปที่ 2.121



รูปที่ 2.121 โครงสร้างของลิ้นและตุ่มรับรส

ก. ด้านบนของลิ้น

ข. ภาคตัดขวางของลิ้น

ค .ตุ่มรับรสขยายให้เห็นเซลล์รับรส

ง. บริเวณของลิ้นที่มีตุ่มรับรสต่าง ๆ กระจายอยู่

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 70)

5.5 ผิวหนังและการสัมผัส (Skin)

5.5.1 โครงสร้างที่ทำหน้าที่รับสัมผัส

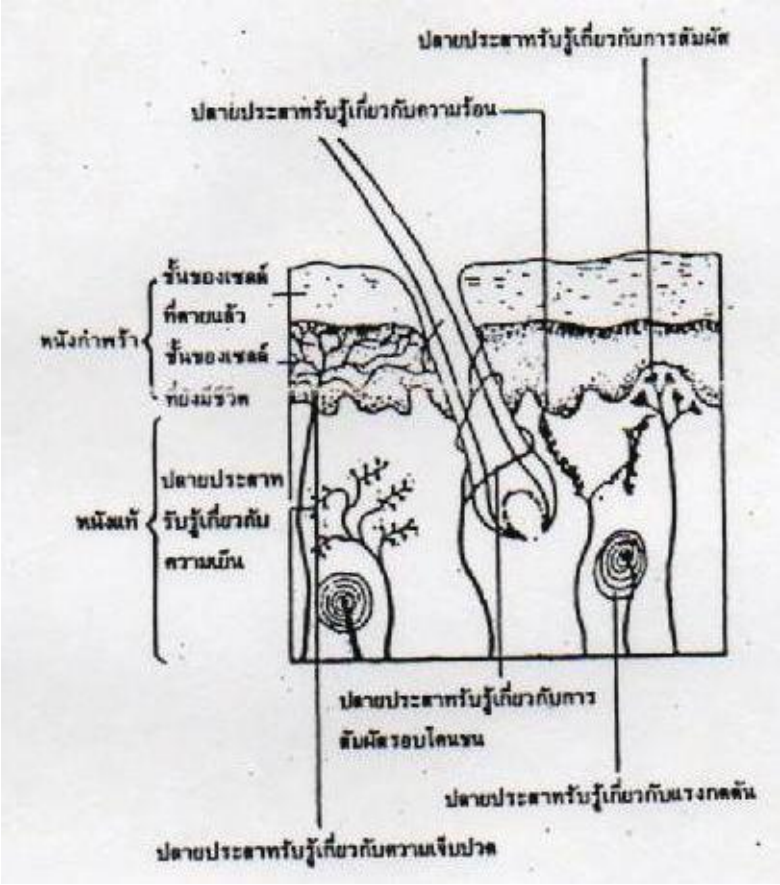
ผิวหนัง (Skin) เป็นชั้นที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มร่างกาย (Integument) และมีต่อมเหงื่อ (Sweat gland) ช่วยรักษาระดับอุณหภูมิภายในร่างกายโดยการระบายความร้อนตลอดจนขับถ่ายของเสียที่มีไนโตเจนเป็นองค์ประกอบบางส่วนแล้วยังทำหน้าที่เป็นอวัยวะรับสัมผัส (Sense organ) มีพื้นที่ผิวมากกว่าอวัยวะรับสัมผัสอื่น ๆ โดยที่ผิวหนังจะมีหน่วยรับความรู้สึก ซึ่งประกอบด้วยปลายใยประสาทเดนไดรต์ (Dendrite) แทรกอยู่ตามผิวหนังในระดับความลึกต่าง ๆ กัน แต่ส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ ที่บริเวณรอยต่อระหว่างหนังแท้ (Dermis) กับชั้นไขมันใต้ผิวหนัง (Subcutaneous tissue) หน่วยรับความรู้สึกเหล่านี้มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันเช่น

1. ปลายประสาทอิสระ (Free nerve endings) สำหรับรับการเจ็บปวด(Pain)
2. ปลายประสาทรัฟฟินิ (Ruffini's end-organ) สำหรับรับความร้อน(Heat)
3. เคราส์ คอร์พัสเคิล (Krause's corpuscle) สำหรับรับความเย็น (Cold)
4. ไมส์เนอร์ คอร์พัสเคิล (Meissner's corpuscle) สำหรับรับสัมผัส(Touch)
5. เพคซิเนียน คอร์พัสเคิล (Pacinian corpuscle) สำหรับรับแรงกด(Pressure)

หน่วยรับสัมผัสเหล่านี้มีความไวต่อการกระตุ้นเฉพาะที่แตกต่างกัน ปลายประสาทรับความรู้สึกแต่ละประเภทกระจายอยู่มากหรือน้อยแตกต่างกัน จึงรับความรู้สึกจากการกระตุ้นของสิ่งเร้าภายนอกที่ต่างชนิดไม่เหมือนกัน ผิวหนังแต่ละบริเวณจะมีหน่วยรับความรู้สึกหลายชนิดอยู่ด้วยกัน เช่น ผิวหนังด้านหลังมือมีหน่วยรับความรู้สึกสำหรับความร้อนมากกว่าด้านฝ่ามือ ทำให้ผิวหนังด้านหลังมือไวต่อการรับความร้อนมากกว่า ส่วนที่ปลายนิ้วมือและที่บริเวณปลายลิ้นจะมีหน่วยรับการสัมผัสหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ๆ จึงรับความรู้สึกเกี่ยวกับความร้อน ความเย็น การรับแรงกด หรือสัมผัสได้ดี แต่บริเวณสันเท้าหรือหัวเข่าจะรับสัมผัสได้น้อยหรือบริเวณเอวจะรับสัมผัสเกี่ยวกับแรงกดได้น้อย

ผิวหนังของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

1. ผิวหนังชั้นนอกหรือหนังกำพร้า (Epidermis) แบ่งเซลล์ตลอดชีวิต เซลล์ชั้นบนสุดของหนังกำพร้า คือ Stratum corneum เวลาตายจะหลุดเป็นขี้ไคล ขี้รังแค เซลล์ชั้นล่างจะสร้างผิวขึ้นมาใหม่
2. ผิวหนังชั้นในหรือหนังแท้ (Dermis) มีต่อมมีเหงื่อ (Sweat gland) เซลล์สร้างขนหรือผม (Hair follicle) ต่อมสร้างน้ำมัน (Sebaceous gland) กล้ามเนื้อขนลุก (Hair muscle) ผิวหนังชั้นในมีเส้นเลือดฝอยกระจายอยู่ทั่วไป ตามรูปที่ 2.122



รูปที่ 2.122 โครงสร้างของผิวหนัง

ก. เส้นประสาทที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกต่าง ๆ

ข. ลักษณะหน่วยรับความรู้สึกสัมผัสที่บริเวณผิวหนัง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 71)

5.5.2 การรับสัมผัส

ผิวหนังเป็นอวัยวะรับความรู้สึกเกี่ยวกับการสัมผัส ประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึกหลายชนิด แต่ละชนิดจะรับความรู้สึกเฉพาะทาง เช่น การแตะหรือสัมผัสอย่างแผ่วเบา ความเจ็บปวด ความร้อน ความหนาว และแรงกด หน่วยรับความรู้สึกมีอยู่ 3 ประเภทคือ

1. หน่วยรับความรู้สึกทางการสัมผัสและแรงกด หน่วยรับความรู้สึกทางการสัมผัสพบอยู่ในชั้นหนังแท้ใกล้ ๆ กับชั้นหนังกำพร้ามีจำนวนมากน้อยต่างกัน เช่น มีอยู่มากบริเวณฝ่ามือ ฝ่าเท้า ปลายนิ้ว ริมฝีปาก โดยพบว่าตามฝ่ามือและฝ่าเท้า จะมีมากกว่าบริเวณแขน ขา ปลายนิ้วมือจะมีมากกว่าตอนกลางและโคนนิ้ว บริเวณที่มีขนจะมีหน่วยรับความรู้สึกน้อยกว่าบริเวณที่ไม่มีขน ดังนั้นบริเวณเหล่านี้จึงรับสัมผัสได้ดี เช่นหน่วยรับการสัมผัสแผ่วเบาจะอยู่ที่บริเวณปลายนิ้วมากกว่าบริเวณลำตัวด้านหลัง

สำหรับหน่วยรับความรู้สึกทางแรงกดจะพบในชั้นหนังแท้ที่อยู่ลึกลงไป นอกจากหน่วยรับความรู้สึกทางการสัมผัสและแรงกดแล้ว ยังมีหน่วยรับความรู้สึกบริเวณอื่นอีก เช่น หน่วยรับความรู้สึกที่อยู่บริเวณกล้ามเนื้อและที่เอ็นกับข้อต่อของกระดูกหน่วยรับความรู้สึกชนิดนี้ไวต่อการเปลี่ยนแปลงความตึงของกล้ามเนื้อและเอ็น

2. หน่วยรับความรู้สึกความร้อนและความเย็น พบอยู่หนาแน่นตามบริเวณผิวหนังของทุกส่วน โดยที่ตามบริเวณหลังมือมากกว่าฝ่ามือ และหน่วยรับความรู้สึกความเย็นมีมากกว่าหน่วยรับความรู้สึกความร้อนถึง 10 เท่า หน่วยรับความรู้สึกความร้อนและความเย็นจะไม่พบในอวัยวะภายใน

3. หน่วยรับความรู้สึกความเจ็บปวด พบบริเวณทั่ว ๆ ไป บนผิวหนังและตามอวัยวะบางอย่างที่อยู่ลึกเข้าไปข้างในร่างกาย หน่วยรับความรู้สึกเจ็บปวดจะมีจำนวนมากกว่าชนิดอื่นซึ่งพบว่าหน่วยรับความรู้สึกเจ็บปวดมีจำนวนมากกว่าหน่วยรับความรู้สึกความเย็นถึง 27 เท่า และบริเวณต้นแขนจะมีหน่วยรับความรู้สึกเจ็บปวดน้อยกว่าบริเวณอื่น

2.3.17 ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน (Endocrine gland and Hormone)

การทำงานของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายจะถูกควบคุมให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อ ทั้งสองระบบนี้มีการทำงานเชื่อมประสานกันอย่างแยกไม่ออกอันมีผลทำให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายมีปฏิกิริยาโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมภายนอกหรือมีการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกายได้อย่างทันท่วงทีและเหมาะสม เช่น การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆของร่างกาย การหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร การเต้นของหัวใจ สิ่งเหล่านี้เป็นผลจากการสั่งงานของเส้นประสาท ส่วนการควบคุมเมตาโบลิซึม (Metabolism) หรือการเผาผลาญอาหารภายในร่างกายเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานและสารที่จำเป็นในการดำรงชีวิตตลอดจนกระทั่งปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากภายนอก เช่น เมื่อตกใจร่างกายจะผลิตสารชนิดหนึ่งออกมาเรียกว่าเอพิเนฟริน หรืออะดรีนาลินทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น เหงื่อออกซึม ม่านตาขยายกว้าง เพื่อเป็นการเตือนร่างกายให้ตื่นตัวพร้อมที่จะหนีหรือต่อสู้กับเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น ระบบที่ทำหน้าที่ผลิตสารนั้นเรียกว่าระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine gland)

ต่อมไร้ท่อเป็นก้อนเนื้อเล็ก ๆ ที่เรียกว่าต่อม ภายในต่อมไร้ท่อจะสร้างสารเคมีชนิดหนึ่งซึ่งเป็นเสมือนคำสั่งงานให้อวัยวะในร่างกายปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ สารนี้เรียกว่าฮอร์โมน (Hormone) ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นในต่อมไร้ท่อ เมื่อใดมีสิ่งเร้ามากระตุ้นต่อมไร้ท่อจะปล่อยฮอร์โมนออกมาสู่อวัยวะที่เป็นเป้าหมายของการควบคุมการทำงาน ต่อมไร้ท่อมีหลายต่อมแต่ละต่อมจะสร้างฮอร์โมนเฉพาะที่ทำหน้าที่เฉพาะ ต่อมไร้ท่อที่ใหญ่ที่สุดและสำคัญที่สุดในร่างกายได้แก่ต่อมใต้สมองนอกจากนี้ก็ยังมีต่อมไทรอยด์ ต่อมหมวกไต กลุ่มเซลล์ในตับอ่อนเป็นต้น ส่วนฮอร์โมนที่ต่อมไร้ท่อสร้างขึ้นก็มีหลายชนิดเช่นฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนจากอัณฑะ ฮอร์โมนอีสโทรเจนจากรังไข่ อินซูลินจากกลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (Islets of langerhans) เป็นต้น

การทำงานของระบบต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนเป็นเรื่องที่ยุ่งยากซับซ้อนและเป็นเรื่องในระดับโมเลกุลที่เข้าใจได้ยาก เช่น ฮอร์โมนอินซูลินซึ่งถูกสร้างขึ้นมาในตับอ่อนเมื่ออินซูลินถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือด มันจะทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นพลังงานเพื่อให้เซลล์ทั่วร่างกายได้ใช้ เช่น สมอง ตับ กล้ามเนื้อ หากในภาวะนั้นร่างกายไม่มีน้ำตาลเนื่องจากไม่ได้รับประทานอาหาร ร่างกายก็จะดึงเอาพลังงานส่วนที่สะสมเอาไว้มาใช้ก่อน เพื่อรักษาการทำงานของอวัยวะส่วนสำคัญต่าง ๆ ให้ทำงานต่อไปได้ตามปกติ ทั้งนี้ก็เพื่อให้ร่างกายอยู่ในสภาพปกติไประยะหนึ่งก่อน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการควบคุมการทำงานของร่างกายด้วยระบบต่อมไร้ท่อนั้นมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ระบบนี้จะทำหน้าที่อัตโนมัติ เมื่อใดที่สภาพของร่างกายเปลี่ยนแปลงไปต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนก็จะปล่อยคำสั่งออกมาสู่กระแสเลือด เพื่อให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายได้ทำงานต่อไปอย่างปกติ

1. ระบบต่อมไร้ท่อของมนุษย์ (Endocrine gland)

1.1 ลักษณะที่สำคัญของระบบต่อมไร้ท่อ

ระบบต่อมไร้ท่อเป็นระบบที่ควบคุมการทำงานของระบบอื่น ๆ ในร่างกายให้อยู่ในสภาวะสมดุลเช่นเดียวกับระบบประสาท โดยการสังเคราะห์และหลั่งสารเคมีที่สร้างขึ้นมา แล้วส่งเข้าสู่กระแสเลือดกระจายไปทั่วร่างกาย และไปยังอวัยวะที่เป็นเป้าหมาย (Tarket organ) โดยไม่มีท่อนำไปเหมือนต่อมมีท่อ เช่น ต่อมน้ำตา ต่อมเหงื่อ สารที่ต่อมไร้ท่อสังเคราะห์ขึ้น เรียกว่าฮอร์โมน (Hormone) ซึ่งควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย โดยการกระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานของอวัยวะเป้าหมายเท่านั้น แต่ไม่มีผลต่อการทำงานของอวัยวะอื่น ๆ ของร่างกาย

ต่อมไร้ท่อ (Endocrine gland) หมายถึง เนื้อเยื่อที่สร้างสารเคมีขึ้นมาและสามารถหลั่งออกมาจากเซลล์ แล้วจะแพร่ไปจนถึงระบบหมุนเวียนเลือด จากนั้นเลือดจะทำหน้าที่ลำเลียงสารเคมีเหล่านี้ไปยังอวัยวะเป้าหมาย สารเคมีที่สร้างขึ้นนี้ เรียกว่า ฮอร์โมน ต่อมไร้ท่อมีความสำคัญต่อร่างกายแตกต่างกัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1.1 ต่อมไร้ท่อที่จำเป็นต่อชีวิต (Essential endocrine gland) เป็นต่อมไร้ท่อที่สร้างฮอร์โมนที่มีความสำคัญต่อร่างกาย ร่างกายขาดไม่ได้เพราะอาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ ได้แก่ ต่อมพาราไทรอยด์ อัดรีนัลคอร์เทกซ์ ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์

1.1.2 ต่อมไร้ท่อที่ไม่จำเป็นต่อชีวิต (Non-essential endocrine gland) เป็นต่อมไร้ท่อที่สร้างฮอร์โมน ซึ่งหากขาดฮอร์โมนนี้ร่างกายอาจแสดงอาการผิดปกติบางอย่างออกมาแต่ไม่ถึงแก่ชีวิต ได้แก่ ต่อมใต้สมอง ต่อมไทรอยด์ อัดรีนัลเมดัลลา ต่อมไพเนียล ต่อมไทมัส รังไข่ และอัณฑะ

1.2 การเจริญของระบบต่อมไร้ท่อ

ระบบต่อมไร้ท่อเริ่มพัฒนาขึ้นมาพร้อมกับการเจริญของเอ็มบริโอ ต่อมไร้ท่อเจริญพัฒนามาจากเนื้อเยื่อทั้งสามชั้นของเอ็มบริโอ คือ

1.2.1 เนื้อเยื่อชั้นนอก (Ectoderm) เจริญพัฒนาเป็นต่อมใต้สมอง ต่อมหมวกไตส่วนใน หรืออัดรีนัลเมดัลลา ต่อมไพเนียล

1.2.2 เนื้อเยื่อชั้นกลาง (Mesoderm) เจริญพัฒนาไปเป็นต่อมหมวกไตส่วนนอกหรืออัดรีนัลคอร์เทกซ์ อวัยวะเพศ

1.2.3 เนื้อเยื่อชั้นใน (Endoderm) เจริญพัฒนาไปเป็นต่อมไทรอยด์ ต่อมพาราไทรอยด์ ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์

1.3 หน้าที่ของระบบต่อมไร้ท่อ

ระบบต่อมไร้ท่อจะทำงานร่วมกับระบบประสาทในการควบคุมการทำงานของอวัยวะหรือระบบต่าง ๆ ในร่างกาย สามารถสรุปได้ดังนี้

1.3.1 การควบคุมระบบย่อยอาหาร กระตุ้นการหลั่งน้ำย่อย การหดตัวของกระเพาะอาหารและลำไส้ เช่น เวลาหิวเมื่อเราเห็นหรือได้กลิ่นอาหาร ระบบประสาทจะกระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำย่อย แต่เมื่ออาหารเคลื่อนลงสู่กระเพาะอาหารและลำไส้แล้ว จะมีการหลั่งฮอร์โมนไปกระตุ้นให้เกิดการหลั่งน้ำย่อยเพิ่มขึ้นอีก ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องถูกสร้างโดยเนื้อเยื่อของระบบย่อยอาหาร คือ กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก

1.3.2 การควบคุมระบบพลังงานของร่างกาย ร่างกายได้รับสารอินทรีย์จากอาหารที่รับประทานหลายชนิด แต่ละชนิดสามารถถูกย่อยสลายมาใช้เป็นพลังงานได้ แต่ภายในร่างกายของเราจะมีการควบคุมการใช้สารต่าง ๆ อย่างพอเหมาะ เช่น หลังจากรับประทานอาหารแล้วสารอาหารในร่างกายอยู่ในระดับสูง ระบบฮอร์โมนจะควบคุมให้เกิดการเก็บสะสมสารอินทรีย์ไว้เพื่อใช้ในภายหลัง ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องมีมากมายหลายชนิดด้วยกัน คือ โกรทฮอร์โมน อินซูลิน ไทรอกซิน เอพิเนฟริน กลูคากอน และ คอร์ติซอล

ในสภาวะปกติร่างกายก็มีวิธีการควบคุมสารอาหารอยู่ตลอดเวลา ต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องคือ ต่อมใต้สมอง ต่อมไทรอยด์ ต่อมหมวกไต และตับอ่อน

1.3.3 การคบคุมน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย เซลล์ต่าง ๆ ภายในร่างกายจะถูกล้อมรอบด้วยสภาวะแวดล้อมที่เป็นน้ำ และเกลือแร่ต่าง ๆ ในปริมาณความเข้มข้นที่พอเหมาะไม่มากหรือน้อยเกินไป การควบคุมปริมาณน้ำและเกลือแร่จึงมีความสัมพันธ์กัน ต่อมที่เกี่ยวข้อง คือ ต่อมใต้สมองส่วนหลัง อัดรีนัลคอร์เทกซ์ และต่อมพาราไทรอยด์

1.3.4 การควบคุมการเจริญเติบโต เกี่ยวข้องกับต่อมไร้ท่อหลายต่อมทั่วร่างกาย

1.3.5 การควบคุมการสืบพันธุ์ กระบวนการสืบพันธุ์ไม่มีความสำคัญต่อการเป็นอยู่ของร่างกาย แต่เป็นหน้าที่ที่สำคัญที่สุดในการสืบพันธุ์ของเผ่าพันธุ์ ต่อมที่เกี่ยวข้องมีต่อมใต้สมองและอวัยวะสืบพันธุ์

1.4 ต่อมไร้ท่อที่สำคัญในร่างกายมนุษย์

ร่างกายของมนุษย์มีต่อมไร้ท่อ (Endocrine gland) ซึ่งรู้จักกันดีในปัจจุบันดังต่อไปนี้

14.1 ต่อมใต้สมอง (Pituitary gland or Hypophysis or Master of gland)

1.4.2 กลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (Islets of Langerhans) ในตับอ่อน (Pancreas)

1.4.3 ต่อมหมวกไต (Adrenal gland)

1.4.4 ต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland)

1.4.5 ต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid gland)

1.4.6 ต่อมเพศ (Gonads)

1.4.7 ต่อมไพเนียล (Pineal gland)

1.4.8 ต่อมไทมัส (Thymus)

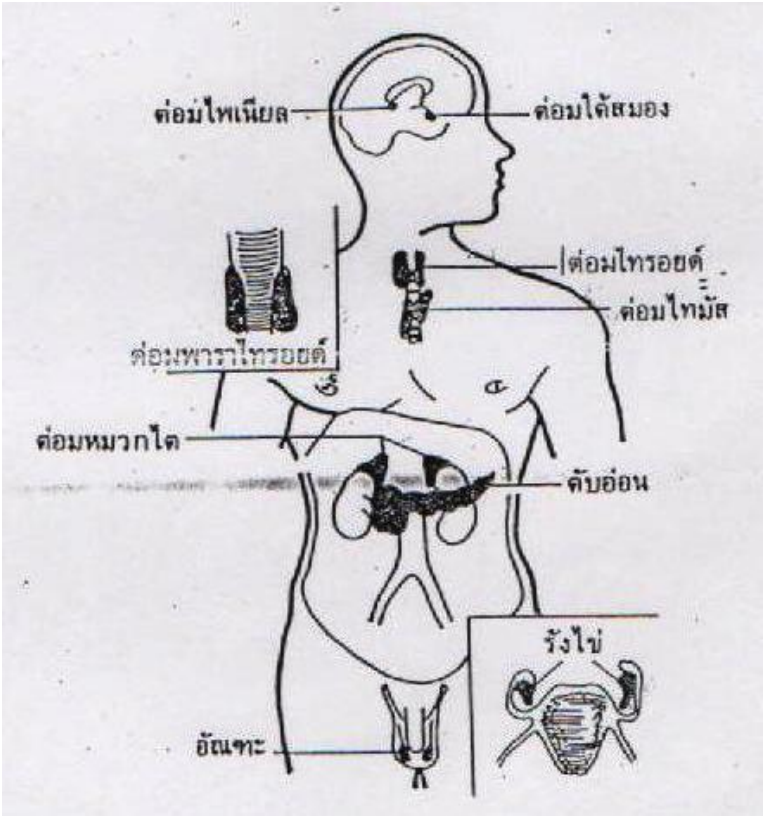
1.4.9 กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก (Gastrointestinal tract)

ต่อมไร้ท่อส่วนใหญ่มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงมาก ตัวต่อมประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีรูปร่างพิเศษแตกต่างจากเซลล์อื่น ๆ และเซลล์นั้นสามารถสร้างสารเคมีจำเพาะได้ การจัดเรียงตัวของเซลล์ในต่อมไร้ท่อมีอยู่ 3 แบบคือ

1. Cell cord –sinussoid pattern เซลล์จะมีการเรียงตัวแบบเป็นกลุ่มหรือแผ่นบาง ๆ (Cord or Sheet) แล้วมีเส้นเลือดฝอยแทรกอยู่เป็นช่อง (Sinussoid) ทำให้เลือดกับเซลล์ติดต่อกันโดยตรงพบในกลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ ตับ และต่อมใต้สมองส่วนหน้าเป็นต้น

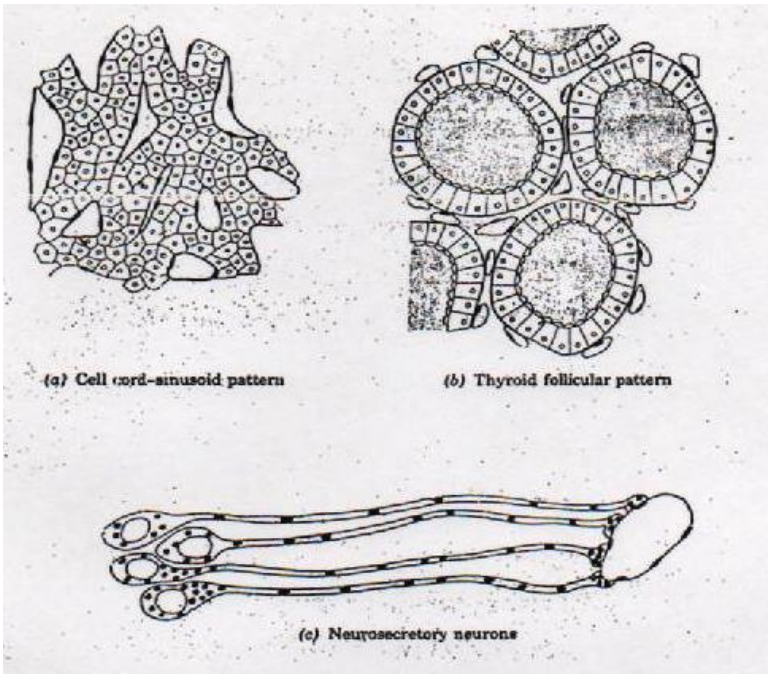
2. Thyroid follicular pattern เป็นแบบพิเศษเฉพาะต่อมไทรอยด์เท่านั้น เพราะไทรอยด์มีลักษณะไม่เหมือนต่อมไร้ท่ออื่น ๆ กล่าวคือประกอบด้วยก้อนกลม ๆ ของกลุ่มเซลล์แล้วมีโพรงข้างในเรียกว่าฟอลลิเคิล (Follicle) และรอบ ๆ ฟอลลิเคิลแต่ละกลุ่มจะมีเส้นเลือดฝอยแทรกอยู่ ฮอร์โมนที่สร้างขึ้นไม่ได้เข้าสู่เลือดโดยตรงแต่จะเข้าสู่ช่องว่างในฟอลลิเคิลเสียก่อน

3. Neurosecretory neuron เป็นแบบที่ประกอบด้วยเซลล์ประสาทที่เปลี่ยนแปลงไปแล้วปล่อยฮอร์โมนออกมายังเซลล์หรือต่อมหรือกระแสเลือดจะพบเซลล์แบบนี้มากในสมองส่วนไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) ตามรูปที่ 2.123 และ 2.124



รูปที่ 2.123 ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อต่าง ๆ ในมนุษย์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 107 - 109)



รูปที่ 2.124 การเรียงตัวของเซลล์ 3แบบในต่อมไร้ท่อ

(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 688)

2. ฮอร์โมน (Hormone)

2.1 การศึกษาทดลองเกี่ยวกับฮอร์โมน

ระบบการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์จะทำงานตามหน้าที่เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่อย่างปกติ แต่ถ้าหากว่าอวัยวะทำงานผิดปกติย่อมมีผลต่อการมีชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงให้ความสนใจศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการแสดงความผิดปกติในระบบการทำงานของอวัยวะที่แสดงออกมา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.1 ในปี ค.ศ. 1848 นักสรีรวิทยาชาวเยอรมันชื่อ อาร์โนล เอ เบอร์โทลด์ (Arnold A. Berthold) ได้นำไก่มาทดลองดังนี้

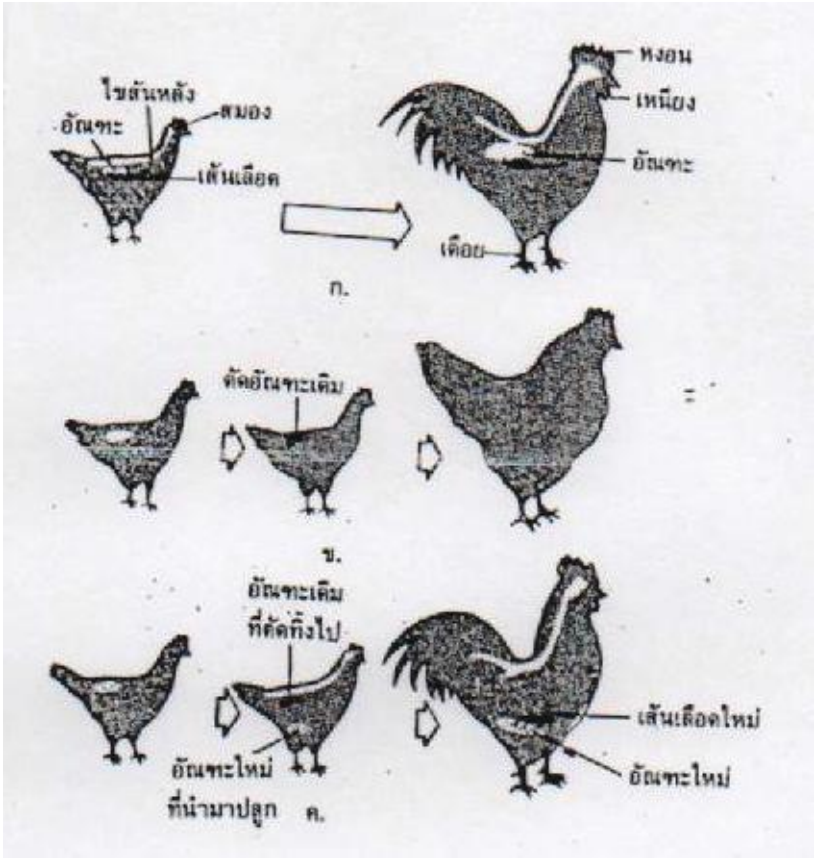
1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของลูกไก่เพศผู้ไปเป็นไก่ตัวผู้ที่โตเต็มวัย จึงได้จัดการทดลองเป็น 2 ชุด ชุดแรกตัดอัณฑะของลูกไก่ออก และสังเกตลักษณะของลูกไก่จนเจริญเป็นไก่ที่โตเต็มวัย ชุดที่สองตัดอัณฑะของลูกไก่ออกจากนั้นนำลูกอัณฑะของลูกไก่อีกตัวหนึ่งมาปลูกถ่ายลงด้านในผนังลำตัวบริเวณช่องท้องตรงตำแหน่งที่ต่ำกว่าตำแหน่งอัณฑะเดิม แล้วสังเกตลักษณะของลูกไก่จนเจริญเป็นไก่ที่โตเต็มวัย

2. ผลจากการทดลองโดยสังเกตลักษณะลูกไก่จนเจริญเป็นไก่ที่โตเต็มวัยพบว่า

2.1 ลูกไก่ชุดแรกเมื่อโตเต็มวัยจะมีลักษณะคล้ายไก่ตัวเมีย คือ มีหงอนและเหนียงคอสั้น ขนหางสั้น และมีนิสัยไม่ค่อยต่อสู้กับไก่ตัวอื่น ๆ

2.2 ลูกไก่ชุดที่สองเมื่อโตเต็มวัยจะมีลักษณะของไก่หนุ่มปกติทั่วไป คือ มีหงอนและเหนียงคอยาว ขนหางยาว และมีนิสัยรักการต่อสู้ ปราดเปรียว

3. จากการตรวจสอบไก่ทดลองชุดที่สองพบว่าอัณฑะใหม่ในช่องท้องมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงและสามารถทำงานได้ ตามรูปที่ 2.125



รูปที่ 2.125 ผลการทดลองของไก่เพศผู้
ก. ไก่เพศผู้ปกติ
ข. ลักษณะของไก่เพศผู้ที่ถูกตัดอัณฑะตั้งแต่เล็ก
ค. ลักษณะของไก่เพศผู้ที่มีการปลูกถ่ายอัณฑะให้ใหม่
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 111)

จากการทดลองของเบอร์โทลด์ ชี้ให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของหงอนและเหนียงคอ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของไก่เพศผู้นั้นเกี่ยวข้องกับอัณฑะอย่างแน่นอน และอัณฑะสามารถสร้างสารบางอย่างไปควบคุมการเจริญของหงอนและเหนียงคอได้ และมีการลำเลียงไปโดยไม่ได้ส่งไปตามท่อใด ๆ เพราะตำแหน่งของอัณฑะที่ปลูกใหม่อยู่ห่างจากตำแหน่งเดิมซึ่งอยู่ด้านในผนังลำตัวบริเวณช่องท้องและห่างจากหงอนและเหนียงคอ

การศึกษาต่อ ๆ มาจึงทราบว่าอัณฑะของไก่ผลิตสารเคมีซึ่งลำเลียงไปตามระบบหมุนเวียนเลือด และสารเคมีนี้เองที่เชื่อกันว่ามีบทบาทควบคุมการเจริญของหงอน เหนียงคอและลักษณะอื่น ๆ ของไก่เพศผู้ที่โตเต็มที่

2.1.2 ในปี ค.ศ.1868 พอล แลงเกอร์ฮานส์ (Paul Langerhans) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้ศึกษาตับอ่อนและสังเกตพบกลุ่มเซลล์ที่แตกต่างจากเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ของตับอ่อน กลุ่มเซลล์นี้กระจายอยู่เป็นหย่อม ๆ มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงมาก ต่อมาจึงเรียกชื่อกลุ่มเซลล์เหล่านี้ว่า กลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ เพื่อให้เกียรติแก่ผู้ค้นพบ แต่ในระยะนั้นยังไม่ทราบแน่ชัดว่ากลุ่มเซลล์นี้ทำหน้าที่อะไร

2.1.3 ในปี ค.ศ. 1889 โยฮันน์ วอน เมอริง (Johann Von Mering) และออสกา มินคอฟสกิ (Oscar Minkowski) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน เขาได้ทำการทดลองตัดตับอ่อนของสุนัขออกพบว่า มีผลต่อการย่อยอาหารประเภทไขมัน น้ำปัสสาวะจะมีมดขึ้นและต่อมาอีก 2-3 สัปดาห์สุนัขก็ตาย

2.1.4 ในปี ค.ศ.1912 ได้มีผู้ทดลองแสดงให้เห็นว่า กลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ ผลิตสารบางอย่างผ่านมาทางกระแสเลือด และให้ชื่อสารนั้นว่า อินซูลิน (Insulin) แต่ขณะนั้นยังไม่สามารถสกัดออกมาได้

2.1.5 ในปี ค.ศ.1920 ศัลยแพทย์ชาวแคนาดา ชื่อ เอฟ จี แบนติง (F.G. Banting) และนิสิตแพทย์ ชื่อ ซี เอช เบสต์ (C.H. Best) แห่งมหาวิทยาลัยโตรอนโต ได้ทำการทดลองศึกษาว่า ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ผลิตสารที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด สรุปได้ ดังนี้

1. ทำการทดลองโดยการมัดท่อตับอ่อนของสุนัข ผลปรากฏว่า ตับอ่อนไม่สามารถสร้างน้ำย่อยได้อีกต่อไป แต่ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ยังคงทำงานเป็นปกติซึ่งปกติตับอ่อนผลิตน้ำย่อยหลายชนิด ส่งออกมาทางท่อตับอ่อนเข้ามาย่อยอาหารในลำไส้เล็กบริเวณดูโอดีนัม

2. แบนติงและเบสต์ ได้สกัดสารจากกลุ่มไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ แล้วนำไปฉีดให้กับสุนัขที่เป็นโรคเบาหวานหลังจากถูกตัดตับอ่อนออกมาแล้ว ผลปรากฏว่า สุนัขยังคงมีชีวิตอยู่เป็นปกติ และสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้

3. แบนติงและเบสต์ ประสบความสำเร็จในการสกัดอินซูลินออกมาได้ และสามารถช่วยชีวิตคนที่เป็นโรคเบาหวานไว้ได้เป็นจำนวนมาก จากผลงานนี้ทำให้แบนติงได้รับรางวัลโนเบลในปี ค.ศ.1923

2.1.6 ในปี ค.ศ. 1883 ศัลยแพทย์ชาวสวิส ชื่อ อี.คอกเคอร์ (E.kocher) ได้เผยแพร่ผลงานจากการทดลองตัดต่อมไทรอยด์ของคนไข้จำนวนหนึ่งออก ซึ่งเขาพบว่า จะมีอาการผิดปกติเกิดขึ้น คือ อ่อนเพลียไม่มีแรง มีอาการเริ่มบวมที่ใบหน้า มือ และเท้า ในที่สุดก็บวมทั้งตัว ผิวหนังแห้งและเป็นสะเก็ด และสมองเสื่อม การทดลองของ อี.คอกเคอร์ แม้จะได้รับความรู้ใหม่เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีใครทำการทดลองอีกเลย

2.1.7 ในปี ค.ศ.1895 นักวิทยาศาสตร์ ชื่อ แมกนัส เลวี (Magnus Levy) ได้ทำการทดลองโดยการนำต่อมไทรอยด์ของแกะมาทำให้แห้ง แล้วบดละเอียดให้คนปกติกิน ปรากฏว่า ทำให้ อัตราเมตาโบลิซึมของร่างกายสูงขึ้น

และในปลายศตวรรษนั้น แพทย์ก็สามารถรักษาคนไข้ที่ไม่สามารถผลิตฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ได้สำเร็จ โดยให้คนไข้กินต่อมไทรอยด์ของแกะที่บดละเอียด

2.1.8 ในปี ค.ศ.1905 เดวิด มารีน (David Marine) ได้ศึกษาพบว่า คนที่อาศัยอยู่ริมฝั่งทะเลจะเป็นโรคคอพอก (Sinple gotier) น้อยกว่าคนที่อยู่ห่างทะเล มารีนได้ทำการทดลองให้อาหารที่ไม่มีไอโอดีนแก่สัตว์ทดลอง ปรากฏว่า สัตว์เหล่านั้นเป็นโรคคอพอก และเมื่อให้อาหารที่มีไอโอดีนบ้างเล็กน้อย สัตว์เหล่านั้นก็หายจากโรคคอพอก มารีนจึงเสนอให้มีการเติมไอโอดีนลงในน้ำดื่มเพื่อป้องกันการขาดไอโอดีน

2.1.9 ในต้นศตวรรษที่ 20 ได้มีผู้สามารถสกัดสารเคมีจากต่อมไทรอยด์ และเรียกสารที่สกัดออกมาได้นี้ว่า ไทรอกซิน

2.1.10 ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถสกัดฮอร์โมนออกมาเป็นสารบริสุทธิ์ได้ และยังสามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนขึ้นได้หลายอย่าง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 112 - 113)

2.2 ความหมายของฮอร์โมน

2.2.1 ฮอร์โมน (Hormone) คือ สารเคมีที่สร้างมาจากต่อมไร้ท่อ (Endocrine gland) หรือเนื้อเยื่อร่างกาย (Body tissue) หรือเซลล์ (Cells) แล้วไหลเข้าสู่ระบบหมุนเวียนของเลือดกระจายไปทั่วร่างกายเพื่อควบคุมการทำงานของอวัยวะเป้าหมาย (Target organ) ที่ต้องการฮอร์โมนนั้น ๆ เพื่อกระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานของอวัยวะหรือส่วนของร่างกายนั้นให้ทำงานสมดุลเป็นปกติ เช่น การรักษาสมดุลของน้ำ สมดุลน้ำตาลในเลือด ควบคุมเมตาโบลิซึม (Metabolism) เช่น การย่อยอาหาร การเจริญเติบโต เป็นต้น

ฮอร์โมนของมนุษย์สามารถแบ่งได้ตามชนิดของเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่สร้างฮอร์โมนได้ 3 ชนิด คือ

1. ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อเป็นฮอร์โมน ส่วนมากที่พบในร่างกายของมนุษย์เรียกรวมกันว่า แกรนดูลาฮอร์โมน (Grandular hormone)

2. ฮอร์โมนที่สร้างจากเซลล์หรือเนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ที่ไม่ได้เป็นต่อมไร้ท่อ ฮอร์โมนกลุ่มนี้เรียกว่า ฮอร์โมนเนื้อเยื่อ (Tissue hormone) เช่น

อิริโทรพอยอิติน (Erythropoietin) เป็นฮอร์โมนที่สร้างมาจากเซลล์ของไต สำหรับทำหน้าที่กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงของไขกระดูก (Bone marrow)

เรนิน (Renin) เป็นฮอร์โมนที่สร้างมาจากเซลล์ของไตสำหรับทำปฏิกิริยาเคมีกับพลาสมาของเลือดให้มีสารที่เรียกว่า แองจิโอเทนซิน (Angiotensin) เกิดขึ้น ซึ่งสารดังกล่าวนี้จะกระตุ้นให้เส้นเลือดหดตัวทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น

แกสตริน (Gastrin) เป็นฮอร์โมนที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเซลล์เยื่อบุชั้นในของกระเพาะอาหารแล้วหลั่งเข้าสู่กระแสเลือดซึ่งจะมีผลในการกระตุ้นกระเพาะอาหารให้หลั่งกรดเกลือและเอนไซม์เปปซินสำหรับย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้น

ซีครีติน (Secretin) เป็นฮอร์โมนที่สร้างมาจากเนื้อเยื่อบุผิวด้านในลำไส้เล็กส่วนต้นทำหน้าที่กระตุ้นให้ตับอ่อนหลั่งน้ำและโซเดียมไฮโดรเจนไบคาร์บอเนต ($Na\ HCO_3$) เข้ามาทำให้ภายในลำไส้

เล็กมีฤทธิ์เป็นด่างและการบีบตัวของถุงน้ำดี (Gall bladder) ตลอดจนกระตุ้นให้ลำไส้เล็กบีบตัวมากขึ้น แต่มีผลยับยั้งให้กระเพาะอาหารหลั่งน้ำกรดเกลือและบีบตัวน้อยลง

โคลีซิสโตไคนิน-แพนครีโอไซมิน (Cholecystokinin-Pancreozymin or CCK-PZ) เป็นฮอร์โมนที่สร้างมาจากเซลล์เยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนต้นและกระตุ้นให้ถุงน้ำดีบีบตัว เช่นเดียวกับซีครีติน แต่จะกระตุ้นให้ตับอ่อนหลั่งเอนไซม์สำหรับย่อยอาหารเพิ่มขึ้น

3. ฮอร์โมนที่สร้างมาจากกลุ่มเซลล์ประสาทพิเศษเรียกว่า นิวโรซีครีตอรีเซลล์ (Neurosecretory cells) ซึ่งเรียกรวมกันว่านิวโรฮอร์โมน (Neurohormone) เท่าที่พบในปัจจุบันมีอยู่หลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ ออกซิโตซิน (Oxytocin) และวาโซเพรสซิน (Vasopressin) ที่สร้างมาจากกลุ่มนิวโรซีครีตอรีเซลล์ในไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) อะซีทิลโคลีน (Acety choline) สารเคมีเทียบเท่าฮอร์โมนประสาท และนอร์อัดรีนาลีน (Nor adrenaline) เป็นฮอร์โมนประสาท

2.2.2 ฮอร์โมนเป็นสารเคมีแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มอะมีน (Amine) เป็นฮอร์โมนที่มีโมเลกุลเป็นกรดอะมิโนขนาดเล็กละลายน้ำได้ และจะเก็บสะสมไว้ในต่อมที่ผลิตในรูปของที่มีลักษณะเหมือนวุ้น เรียกว่า คอลลอยด์ (Colloid) หรือในรูปของเมล็ดเล็ก ๆ เรียกว่าแกรนูล (Granule) ได้แก่ ฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ (Thyriod gland) ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตเนื้อเยื่อชั้นในเรียกว่า อัดรีนัลเมดัลลา (Adrenal medulla)

2. กลุ่มโปรตีนหรือโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) เป็นฮอร์โมนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมาก ละลายน้ำได้ เมื่อสร้างขึ้นมาแล้วจะเก็บไว้ในลักษณะของเมล็ดเล็ก ๆ (Granule) ได้แก่ ฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์(Parathyroid gland) ฮอร์โมนที่ควบคุมการทำงานของต่อมไทรอยด์เรียกว่าไทรอยด์สติมิวเลติงฮอร์โมน(Thyroid stimulating hormone: TSH) หรือไทโรโทรฟิกฮอร์โมน (Thyrotrophic hormone) หรือไทโรโทรปิน (Thyrotropin) โกรทฮอร์โมน (Growth hormone: GH) หรือโซมาโตโทรฟิกฮอร์โมน (Somatotrophic hormone : STH) หรือโซมาโตโทรปิน (Somatotrophin) ลูทิไนซิงฮอร์โมน (Luteinizing hormone : LH) และอินซูลิน (Insulin)

3. กลุ่มสเตรอยด์ (Steroid) เป็นฮอร์โมนที่ไม่ละลายน้ำเมื่อสร้างขึ้นมาแล้วจะหลั่งออกมาใช้ทันที ไม่เก็บสะสมไว้ในต่อม ได้แก่ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตเนื้อเยื่อชั้นนอก เรียกว่า อัดรีนัลคอร์เทกซ์ (Adrenal cortex) และฮอร์โมนจากต่อมเพศ (Gonad) ทั้งชายและหญิง

แม้ฮอร์โมนจะถูกลำเลียงไปพร้อมกับกระแสเลือดไปทั่วร่างกาย แต่ฮอร์โมนแต่ละชนิดก็มีเป้าหมายที่จะไปควบคุมการทำงานเฉพาะเจาะจง ไม่ได้มีผลต่ออวัยวะทุกอย่างที่ผ่านไป ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเซลล์ที่อวัยวะเป้าหมายจะมีโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวรับที่เฉพาะเจาะจงกับฮอร์โมนแต่ละชนิด

การศึกษาฮอร์โมนต่าง ๆ ของระบบต่อมไร้ท่อในมนุษย์ เริ่มศึกษาจากการตรวจพบความผิดปกติในผู้ป่วยที่มีต่อมไร้ท่อทำงานผิดปกติ ความผิดปกติเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ความผิดปกติจากการสร้างหรือหลั่งฮอร์โมนมากเกินไป (Hyperfunction หรือ Hypersecretion) ทำให้มีระดับฮอร์โมนมากเกินไปในร่างกาย

2. ความผิดปกติจากการสร้างหรือหลั่งฮอร์โมนน้อยเกินไป (Hypofunction หรือ Hyposecretion) ทำให้มีระดับฮอร์โมนต่ำ ร่างกายขาดฮอร์โมน

ฮอร์โมนแม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็มีความสำคัญในการควบคุมการทำงานของร่างกายให้เป็นปกติอย่างมาก ถ้าหากฮอร์โมนขาดไปหรือมีระดับลดลงไปกว่าปกติ ก็อาจทำให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายอย่างมาก เช่น โรคอะโครเมกาลี โรคครีทินิซึม โรคมิกซีดีมา โรคคอพอก เป็นต้น

สำหรับในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเริ่มตั้งแต่พวกสัตว์ชั้นต่ำพวกซีเลนเทอเรต ซึ่งเป็นพวกแรกที่มีระบบประสาทไปจนถึงชั้นสูง เช่น พวกอาร์โทปอดและมอลลัสก์ มีการสร้างฮอร์โมนได้เช่นเดียวกับสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง แต่ส่วนใหญ่ไม่พบว่ามีการรวมกลุ่มของเนื้อเยื่อเพื่อพัฒนาไปเป็นต่อมสำหรับสร้างและหลั่งฮอร์โมนโดยเฉพาะ ฮอร์โมนของสัตว์ประเภทนี้เกือบทั้งหมดสร้างจากกลุ่มเซลล์ประสาทพิเศษ (Neurosecretory cells) ยกเว้นในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด เช่น พวกแมลงที่พบว่ามีต่อมสำหรับสร้างฮอร์โมน

2.3 สมบัติของฮอร์โมน

2.3.1 เป็นสารที่หลั่งออกมาจากต่อมไร้ท่อ ไม่มีผลต่ออวัยวะที่สร้างแต่จะไปมีผลต่อส่วนอื่นของร่างกายที่เป็นอวัยวะเป้าหมาย

2.3.2 มีปริมาณเล็กน้อยแต่ออกฤทธิ์ได้มาก และเป็นเวลานาน

2.3.3 ทำงานที่อวัยวะเป้าหมายโดยเฉพาะ แต่กระบวนการทำงานบางอย่างของร่างกายอาจควบคุมด้วยฮอร์โมนหลายชนิด

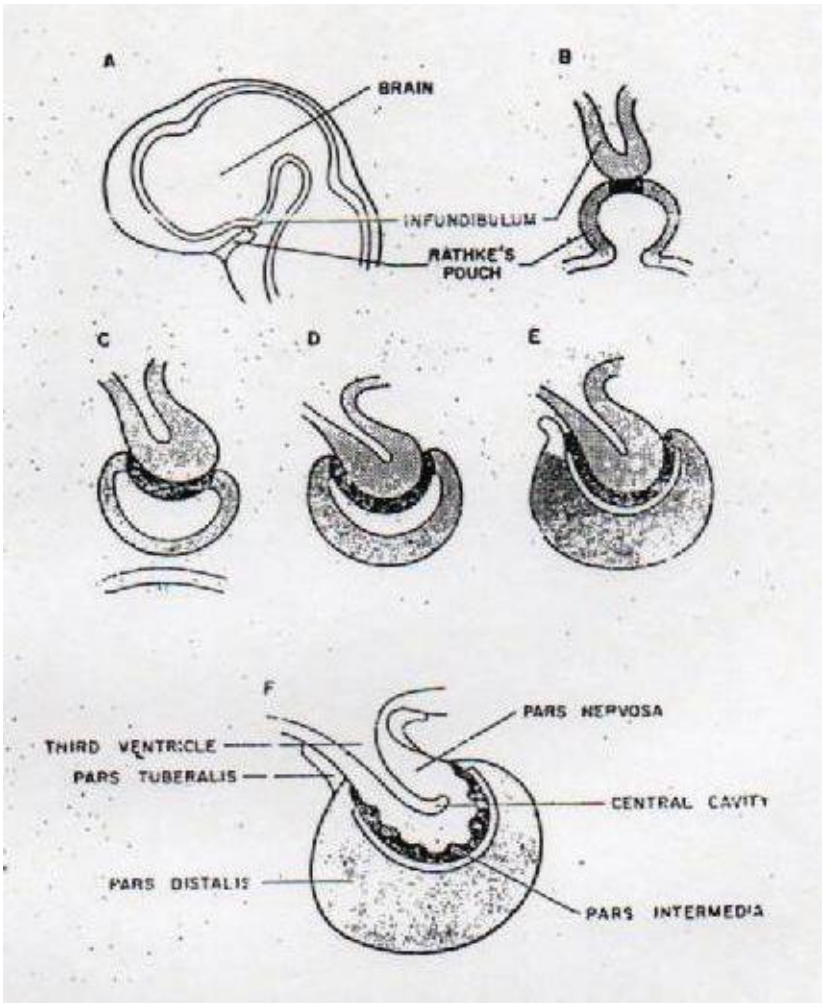
2.3.4 การมีปริมาณฮอร์โมนมากหรือน้อยเกินไป จะมีผลต่อการทำงานของอวัยวะเป้าหมาย ซึ่งส่งผลให้เกิดความผิดปกติขึ้นในร่างกาย

3. ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง (Pituitary gland or Hypophysis or Master of gland)

ในปี ค.ศ. 200 แพทย์กรีกชื่อ Galen (ค.ศ.130-200) พร้อมด้วยนักกายวิภาคศาสตร์ในสมัยนั้นได้รู้จักตำแหน่งของต่อมใต้สมองแต่ยังไม่ทราบหน้าที่อย่างถูกต้อง ต่อมาเมื่อปี ค.ศ.1543 นักกายวิภาคศาสตร์เบลเยี่ยมชื่อ Andrea Vesalius (ค.ศ.1514-1564) ได้บัญญัติต่อมนั้นชื่อว่า Pituitary

ต่อมใต้สมองมีความยาว 10 มิลลิเมตร กว้าง 13 มิลลิเมตร และหนา 5-6 มิลลิเมตร มีน้ำหนัก 0.6 กรัม ขนาดความโตประมาณเมล็ดถั่ว เป็นต่อมที่อยู่ด้านล่างของสมองส่วนหน้าใต้บริเวณที่เรียกว่าไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) ต่อมนี้เป็นต่อมไร้ท่อที่สำคัญที่สุดเพราะฮอร์โมนที่สร้างขึ้นส่วนใหญ่ ทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมการสร้างฮอร์โมนของต่อมไร้ท่ออื่น ๆ

ต่อมใต้สมองมีกำเนิดมาจากส่วนที่ต่างกัน 2 ส่วน มารวมกันในขณะที่เป็นตัวอ่อนที่เรียกว่าเอมบริโอ (Embryo) คือส่วนหนึ่งเกิดจากพื้นของสมอง (Third ventricle) ยื่นลงมาเป็น Infundibulum กับอีกส่วนหนึ่งเกิดจากเยื่อบุผิวของปากยื่นขึ้นไปเป็นโพรงของถุงแรทเก (Rathke's pouch) ตามรูปที่ 2.126



รูปที่ 2.126 การเจริญเติบโตของต่อมใต้สมอง
(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 692)

ดังนั้นในปัจจุบันจึงแบ่งต่อมใต้สมองออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนที่เจริญมาจากเยื่อบุผิวของปากเรียกว่าอะดีโนไฮโปไฟซิส (Adenohypophysis : aden = ต่อม + hypophysis = เติบโตน้อย) ซึ่งเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ต่อมใต้สมองส่วนนี้จะถูกแยกด้วยเยื่อบางออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.1 ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior lobe of pituitary gland)

1.2 ต่อมใต้สมองส่วนกลาง (Intermediate lobe of pituitary gland)

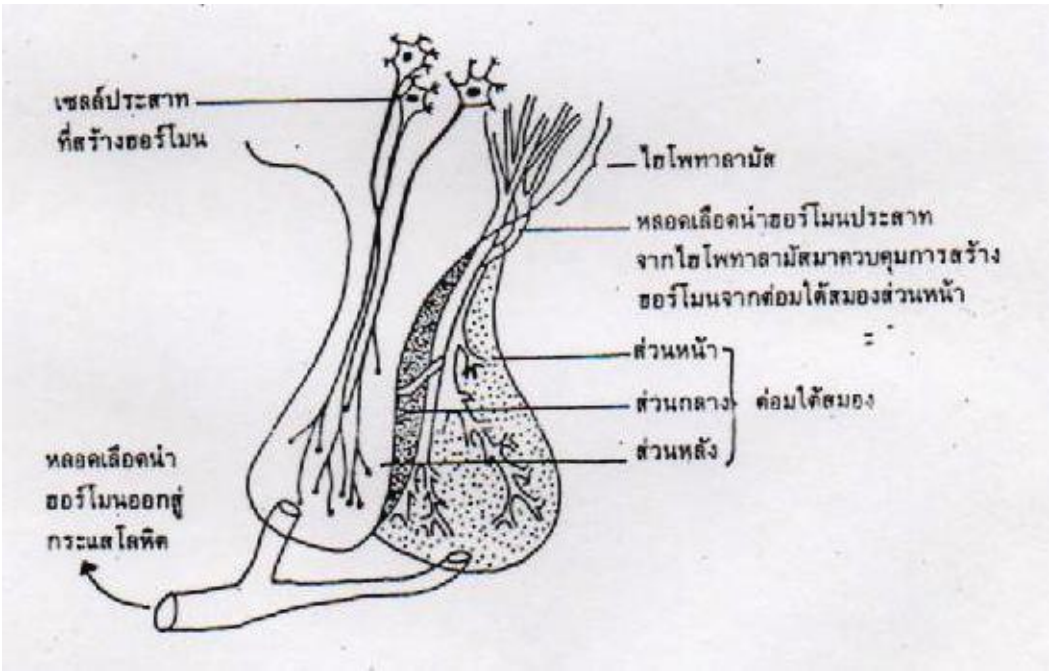
2. ส่วนที่เจริญมาจากพื้นของสมองหรือเนื้อเยื่อประสาทที่ยื่นลงมาจากสมองส่วนไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) เรียกว่า นิวโรไฮโปไฟซิล (Neurohypophysis : neuron = ประสาท+ hypophysis = เติบโตน้อย) คือ

2.1 ต่อมใต้สมองส่วนหลัง (Posterior lobe of pituitary gland)

ซึ่งในอดีตต่อมใต้สมองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามตำแหน่งที่อยู่ คือ

1. ส่วนหน้า (Anterior lobe)
2. ส่วนกลาง (Intermediate lobe)
3. ส่วนหลัง (Posterior lobe)

ตามรูปที่ 2.127



รูปที่ 2.127 ต่อมใต้สมอง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 115)

อะดีโนไฮโปไฟซิล (Adenohypophysis)

อะดีโนไฮโปไฟซิลประกอบด้วยต่อมใต้สมองส่วนหน้าและต่อมใต้สมองส่วนกลางเป็นส่วนที่สามารถสร้างฮอร์โมนชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญที่สุดของร่างกายโดยสร้างฮอร์โมนซึ่งทำหน้าที่ควบคุมและกระตุ้นการทำงานของต่อมไร้ท่ออื่น ๆ ดังนี้คือ

1. ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior lobe of pituitary gland)

ต่อมใต้สมองส่วนหน้าเป็นเนื้อเยื่อส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของต่อมนี้ มีบทบาทซับซ้อนมาก ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนหลายชนิดไปควบคุมและกระตุ้นการทำงานของต่อมไร้ท่ออื่น ๆ อีกทีหนึ่ง การหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้าจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนประสาทที่สร้างมาจากไฮโพทาลามัส ซึ่งมีทั้งฮอร์โมนที่กระตุ้นและยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า

กลไกการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนประสาทจากไฮโพทาลามัส อาจเป็นสิ่งเร้าจากภายนอก เช่น อุณหภูมิ แสง ความตึงเครียดต่าง ๆ หรือจากภายในร่างกาย เช่น ระดับฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง หรือจากต่อมไร้ท่ออื่น ๆ ที่อยู่ภายใต้การควบคุมของต่อมใต้สมองหรือระดับสารบางชนิดในเลือด เช่น น้ำตาล

สำหรับการเรียกชื่อฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า มักจะเรียกเช่นเดียวกับชื่อของต่อมที่ไปควบคุม โดยเติมคำว่า trophic หรือ stimulating เข้าไปทางท้ายชื่อ ทั้งนี้เพราะคำว่า trophic และ stimulating อาจแปลได้ว่าเลี้ยงหรือกระตุ้น ตัวอย่าง เช่น

ฮอร์โมนที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะเพศเรียกว่า โกนาโดโทรฟิกฮอร์โมน (Gonadotrophic hormone) หรือโกนาโดโทรฟิน (Gonadotrophin)

ฮอร์โมนที่ควบคุมการทำงานของต่อมไทรอยด์เรียกว่า ไทโรโทรฟิกฮอร์โมน (Thyrotrophic hormone) หรือไทโรโทรฟิน (Thyrotrophin) หรือไทรอยด์สติมิวเลติงฮอร์โมน (Thyroid stimulating hormone : TSH)

ฮอร์โมนที่ควบคุมการทำงานของอัดรีนัลคอร์เทกซ์ เรียกว่าอัดรีโนคอร์ติโคโทรฟิกฮอร์โมน (Adrenocorticotrophic hormone : ACTH) หรืออัดรีโนคอร์ติโคโทรฟิน (Adrenocorticotrophin)

และอาจเรียกชื่อตามสมบัติของสารที่มีผลต่อการสร้างฮอร์โมนนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น

ไทรอยด์รีลิสซิงฮอร์โมน (Thyroid releasing hormone : TRH) เป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นฮอร์โมนที่ควบคุมการทำงานของต่อมไทรอยด์ (TSH) ของต่อมใต้สมอง

โกรทฮอร์โมนอินฮิบิติง (Growth hormone inhibiting) เป็นฮอร์โมนที่ยับยั้งการหลั่งโกรทฮอร์โมน (GH) ของต่อมใต้สมอง

ฮอร์โมนสำคัญที่ต่อมใต้สมองส่วนหน้าสร้างขึ้นมาคือ

1.1 โกรทฮอร์โมน (Growth hormone : GH) หรือโซมาโตโทรฟิกฮอร์โมน (Somatotrophic hormone : STH) หรือ โซมาโตโทรฟิน (Somatotrophin) เป็นฮอร์โมนที่สกัดออกจากต่อม ได้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1921 และสามารถแยกออกเป็นฮอร์โมนบริสุทธิ์ได้ในปี ค.ศ.1944 โดย H.M. Evans และ J.A. Long เป็นสารประกอบเคมีพวกโปรตีน

หน้าที่

1. ควบคุมและกระตุ้นการเพิ่มขนาดและความยาวของกระดูกซึ่งเป็นโครงร่างของลำตัวตลอดจนการเพิ่มขนาดของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น หัวใจ ทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อ

2. ทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมนอื่น ๆ ควบคุมกระบวนการเมตาโบลิซึม (Metabolism) ชนิด อนาโบลิซึม (Anabolism) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีในการนำสารโมเลกุลขนาดเล็กมาสังเคราะห์ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ที่จำเป็นต่อการสร้างให้ร่างกายเจริญเติบโตหรือซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย มีผลทำให้การสังเคราะห์โปรตีนภายในร่างกายเพิ่มขึ้นเพื่อนำไปเป็นส่วนประกอบของเซลล์และเนื้อเยื่อ เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดโดยลดอัตราการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตทำให้มีการเก็บสะสมไกลโคเจนเพิ่มขึ้น และเพิ่มอัตราการสลายตัวของไขมันเพื่อให้ได้พลังงานสำหรับใช้ในปฏิกิริยาเคมีการสังเคราะห์สารและการเจริญเติบโต

อวัยวะเป้าหมาย

1. เซลล์ทั่วไปและเนื้อเยื่อ
2. กระดูก (Bone)

สิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการหลั่ง GH

1. ในขณะที่ร่างกายต้องใช้พลังงาน ร่างกายจะหลั่ง GH ออกมามากกว่าปกติ เช่น การอดนอน ร่างกายพักผ่อนไม่เพียงพอ หรือระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ หรือในขณะที่ร่างกายได้รับการกระตุ้นทางประสาท

2. ในขณะที่นอนหลับร่างกายจะหลั่ง GH ออกมามากกว่าปกติ

3.GH จะทำงานได้ดีต้องอาศัยฮอร์โมนชนิดอื่นมาช่วย เช่น ฮอร์โมนไทรอกซิน (Thyroxin) ที่สร้างมาจากต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland) และอินซูลิน (Insulin) ที่สร้างมาจากลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (Islets of Langerhans cell)ในตับอ่อนซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ความผิดปกติของร่างกายเนื่องจาก GH

1. ในวัยเด็ก

1.1 ดะวาร์ฟิซึม (Dwarfism) หมายถึง ภาวะที่เกิดจากร่างกายมีโกรทฮอร์โมน (GH) น้อยกว่าปกติในวัยเด็กจะมีผลทำให้ร่างกายไม่เจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตของกระดูก แขน ขา ถูกยับยั้ง กลายเป็นคนเตี้ยแคระเมื่อเทียบกับคนปกติที่มีอายุเท่ากัน เช่น เมื่อมีอายุ 10 ปี การเจริญเติบโตของร่างกายเหมือนอายุ 5 ปี แต่สัดส่วนของร่างกายเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง แขน ขา กับลำตัวจะมีขนาดสมส่วน แต่เมื่อย่างเข้าวัยหนุ่มสาวความเจริญทางเพศหยุดชงัก เช่น ความสามารถในการสืบพันธุ์ อาการเสียงห้าวในผู้ชาย การเพิ่มขนาดของเต้านมในผู้หญิง การมีขนรักแร้และขนบริเวณอวัยวะเพศ จะไม่เกิดขึ้นเป็นต้น พวกนี้ถึงแม้จะมีอายุมากก็มักจะมีร่างกายเหมือนเด็ก ๆ ส่วนความเจริญทางสมองอยู่ในเกณฑ์ปกติหรือด้อยกว่าปกติเล็กน้อย

1.2 ไกแกนติซึม (Gigantism) หมายถึง ภาวะที่เกิดจากร่างกายมีโกรทฮอร์โมน (GH) มากเกินไปในวัยเด็กจะมีผลทำให้มีการกระตุ้นให้เซลล์ของกระดูก ของกล้ามเนื้อ และอวัยวะต่าง ๆ แบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้นทำให้ร่างกายมีขนาดใหญ่โตมากผิดปกติ โดยเฉพาะเด็กที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์หากมีระดับของ GH สูงผิดปกติ จะทำให้กระดูกแขน ขา และลำตัวมีความยาวเพิ่มขึ้นกว่าคนปกติมาก และพบว่าร่างกายของมนุษย์กลุ่มนี้มีอัตราเมตาโบลิซึม (Metabolism) สูงกว่าปกติ มีปริมาณน้ำตาลในเลือดสูงมากเหมือนคนเป็นโรคเบาหวาน การรักษาสภาวะสมดุลต่าง ๆ ของร่างกายควบคุมได้ยากกว่าคนปกติ ร่างกายจะทนต่อสภาวะความตึงเครียดได้น้อย ดังนั้นสุขภาพจึงไม่แข็งแรงและมีอายุสั้น

2. ในวัยผู้ใหญ่

2.1 โรคซิมมอน (Simmon's disease) หมายถึง โรคที่เกิดจากร่างกายมีโกรทฮอร์โมน (GH) น้อยกว่าปกติในวัยผู้ใหญ่หลังจากที่ร่างกายเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว อาการผิดปกติทางอัตราการเจริญเติบโตของร่างกายจึงปรากฏให้เห็นได้แต่ไม่ชัดเจน ซึ่งจะตรวจพบความผิดปกติในด้านที่เกี่ยวกับเมตาโบลิซึม (Metabolism) กล่าวคือ ผู้ป่วยโรคนี้จะมีร่างกายซูบผอมแห้ง กล้ามเนื้อจะลีบ เนื่องจากการสังเคราะห์โปรตีนภายในร่างกายเกิดขึ้นได้น้อย ระดับน้ำตาลในเลือดจะต่ำกว่าปกติ ร่างกายจะไม่สามารถทนต่อความเครียดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์และจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น ความเจ็บป่วย ความหนาวเย็นของอากาศได้น้อยกว่าคนปกติอาจทำให้สมองได้รับอันตรายได้ง่าย

2.2 อะโครเมกาลี (Acromegaly) หมายถึง ภาวะที่ร่างกายมีโกรทฮอร์โมน (GH) มากเกินไปในวัยผู้ใหญ่ หลังจากที่ร่างกายเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว กระดูกแขน ขา ในวัยนี้ไม่สามารถเพิ่มความยาวได้อีกร่างกายจึงไม่สูงใหญ่ผิดปกติ แต่กระดูกชิ้นเล็ก ๆ เช่น กระดูกตามมือและเท้า กระดูกสันหลัง และกระดูกที่เป็นแผ่นแบน (Flat bone) ดังเช่น กะโหลกศีรษะ กระดูกบริเวณใบหน้า จมูก และขากรรไกร จะถูกกระตุ้นด้วย GH ที่มีมากเกินไปจะทำให้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเหล่านี้ มีลักษณะผิดไปจากเดิมจนเห็นได้ชัดเจน กล่าวคือ ตามมือและเท้าจะใหญ่และหนามากขึ้น ผิวหนังจะหนาและหยาบกระด้าง ปลายนิ้วจะพองโต กระดูกสันหลังแต่ละข้อจะหนาเพิ่มมากขึ้นทำให้หลังค่อม หน้าตาจะเปลี่ยนไป ผิวหน้าจะหยาบ กระดูกหน้าผากจะกว้างและ

ยื่นออกทางด้านหน้ามากขึ้น จมูกจะใหญ่ขึ้น ฟันแต่ละซี่จะใหญ่และอยู่ห่างจากกัน กระดูกขากรรไกรล่างจะหนาและยื่นยาวออกผิดปกติจากคนทั่วไป

1.2 โกนาโดโทรฟิน (Gonadotrophin) หรือฮอร์โมนโกนาโดโทรฟิก (Gonadotrophic hormone) เป็นกลุ่มฮอร์โมนที่มีสมบัติทางเคมีเป็นไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ การสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศ (Sex hormone) จากอวัยวะสืบพันธุ์ประกอบด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด คือ

1.2.1 ฮอร์โมนฟอลลิเคิล สติมิวเลติง (Follicle stimulating hormone : FSH)

หน้าที่

1. เพศหญิง ฮอร์โมนชนิดนี้จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของไข่ (Oocyte) และฟอลลิเคิล (Follicle) ภายในรังไข่ โดยกระตุ้นให้ไข่มีการแบ่งตัวแบบไมโอซิส (Meiosis) และการเปลี่ยนแปลงของฟอลลิเคิลให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะเกิดการตกไข่ (Ovulation) และร่วมกับฮอร์โมนลูทิไนซิง (Luteinizing hormone: LH) กระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศหญิงจากฟอลลิเคิลชื่อ อีสโทรเจน (Estrogens)

2. เพศชาย ฮอร์โมนชนิดนี้จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของอัณฑะและควบคุมการสร้างตัวอสุจิจากหลอดสร้างตัวอสุจิ (Seminiferous tubules) ภายในอัณฑะและร่วมกับฮอร์โมนเพศชายแอนโดรเจน (Androgens) และฮอร์โมนลูทิไนซิง (LH) หรือ อินเตอร์สติเชียลเซลล์สติมิวเลติงฮอร์โมน (Interstitial cell stimulating hormone : ICSH) ควบคุมการเจริญของตัวอสุจิ

1.2.2 ฮอร์โมนลูทิไนซิง (Luteinizing hormone : LH) หรือฮอร์โมนอินเตอร์สติเชียลเซลล์สติมิวเลติง (Interstitial cell stimulating hormone : ICSH)

หน้าที่

1. เพศหญิงฮอร์โมนชนิดนี้จะทำงานร่วมกับฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติง (FSH) กระตุ้นฟอลลิเคิลเซลล์ (Follicle cell) ให้มีการหลั่งฮอร์โมนเพศหญิงอีสโทรเจน (Estrogen) เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม ทำให้เกิดกระบวนการตกไข่ (Ovulation) จากรังไข่กระตุ้นการสร้างคอร์ปัสลูเทียม (Corpus luteum) กระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน (Progesterone) ซึ่งควบคุมการเปลี่ยนแปลงที่เยื่อบุมดลูกเพื่อรองรับการฝังตัวของไข่ที่ถูกปฏิสนธิแล้ว

2. เพศชาย ฮอร์โมนชนิดนี้จะทำหน้าที่กระตุ้นกลุ่มเซลล์อินเตอร์สติเชียล (Interstitial cell) ในอัณฑะให้สร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศชายเทสโทสเตอโรน (Testosterone) หรืออินเตอร์สติเชียลเซลล์สติมิวเลติงฮอร์โมน (Interstitial cell stimulating hormone : ICSH) และทำงานร่วมกับฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติง (FSH) ในการสร้างตัวอสุจิ

1.3 โพรแลกติน (Prolactin) หรือฮอร์โมนแลกโตเจนนิก (Lectogenic hormone) หรือลูตีโอโทรฟิน (Luteotrophin : LTH) มีสมบัติทางเคมีเป็นสารพวกโปรตีน และมีส่วนประกอบคล้ายกับ โกรทฮอร์โมน (Growth hormone : GH)

หน้าที่

1. เพศหญิง ฮอร์โมนชนิดนี้จะช่วยกระตุ้นและควบคุมการเจริญของต่อมน้ำนมให้สร้างและขับน้ำนมในผู้หญิงเพื่อเลี้ยงดูลูกอ่อน โดยทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน (Progesterone) และเอสโทรเจน (Estrogen) จากรังไข่ ในสภาวะปกติจะพบปริมาณของฮอร์โมนชนิดนี้ในกระแสเลือดน้อยมาก แต่จะถูกหลั่งออกมาเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการตั้งครรภ์ หลังคลอดและระยะการให้นมลูก

2. มีส่วนร่วมในการกำหนดรอบประจำเดือน (Menstrual cycle) ของเพศหญิงที่ยังไม่ได้ตั้งครรภ์ โดยมีผลการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนอีสโทรเจนและโพรเจสเทอโรนจากรังไข่

3. มีผลต่อกระบวนการอนาโบลิซึม (Anabolism) ของร่างกายคล้ายกับโกรทฮอร์โมน (GH)

อวัยวะเป้าหมาย

1.ต่อมน้ำนม (Mammary gland)

2. รังไข่ (Ovary)

4. เพศชาย พบว่ามีฮอร์โมนชนิดนี้ในกระแสเลือดเช่นเดียวกันแต่หน้าที่ของฮอร์โมนตัวนี้ในผู้ชายยังไม่ทราบแน่ชัดในปัจจุบัน นักชีววิทยาบางคนเชื่อว่าทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมนเพศชายแอนโดรเจน (Androgen) ควบคุมการทำงานของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ เช่น ต่อมลูกหมาก ท่อนำอสุจิ และต่อมน้ำเลี้ยงอสุจิ

1.4 อัดรีโนคอร์ติโคโทรฟิน หรือฮอร์โมนอัดรีโนคอร์ติโครโทรฟิก (Adrenocorti Cotrophin or Adrenocorticotrophic hormone : ACTH) นักชีวเคมีชาวสวิสเซอร์แลนด์ Robert Schwyzer เป็นคนแรก ที่สามารถสกัดฮอร์โมนนี้ออกจากต่อมใต้สมองและทำการวิเคราะห์ ปรากฏว่าเป็นสารประกอบมีสมบัติทางเคมีเป็นโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) หรือโปรตีน (Protein)

หน้าที่

1. ควบคุมและกระตุ้นต่อมหมวกไตชั้นนอกที่ชื่ออัดรีนัลคอร์เท็กซ์ (Adrenal cortex) เพื่อสร้างฮอร์โมน คอร์ทิคอล (Cortical hormone) เนื่องจากฮอร์โมนชนิดนี้มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย

2. ควบคุมหน้าที่ของต่อมหมวกไตชั้นนอกให้เป็นปกติเพราะถ้ามี ACTH มากหรือน้อยเกินไปจะทำให้ต่อมหมวกไตชั้นนอกเจริญเติบโตมากหรือน้อยเกินไปด้วย

อวัยวะเป้าหมาย

1. อัดรีนัลคอร์เท็กซ์หรือต่อมหมวกไตชั้นนอก ฮอร์โมน ACTH มีประโยชน์ในการรักษาโรคหลายอย่าง เช่น โรคข้อบวม การแพ้และอื่น ๆ ดังนั้นจึงมีผู้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับฮอร์โมนนี้กันมาก

1.5 ฮอร์โมนไทรอยด์สติมิวเลติง (Thyroid stimulating hormone : TSH) หรือไทโรโทรฟิน (Thyrotrophin) เป็นสารประกอบพวกไกลโครโปรตีน (Glycoprotein) ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนซึ่งมีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

หน้าที่

1. กระตุ้นการเจริญเติบโต การสร้างและการหลั่งฮอร์โมนของต่อมไทรอยด์ทำให้อัตราระบบการเผาผลาญอาหารในร่างกาย (Metabolic rate) เพิ่มขึ้น หัวใจเต้นเร็ว และไกลโคเจนในตับลดลง

2. ผลจากฮอร์โมน TSH ที่ไปทำให้ต่อมไทรอยด์หลั่งฮอร์โมนนี้ออกมามากหรือน้อย ทำให้เกิดผลเกี่ยวเนื่องกับอัตราการนำเข้าของไอโอดีนและการสังเคราะห์มากน้อยตามไปด้วยจนเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคคอพอกหลายชนิด และอื่น ๆ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในเรื่องต่อมไทรอยด์

อวัยวะเป้าหมาย

1. ต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland)
2. ต่อมใต้สมองส่วนกลาง (Intermediate lobe of pituitary gland)

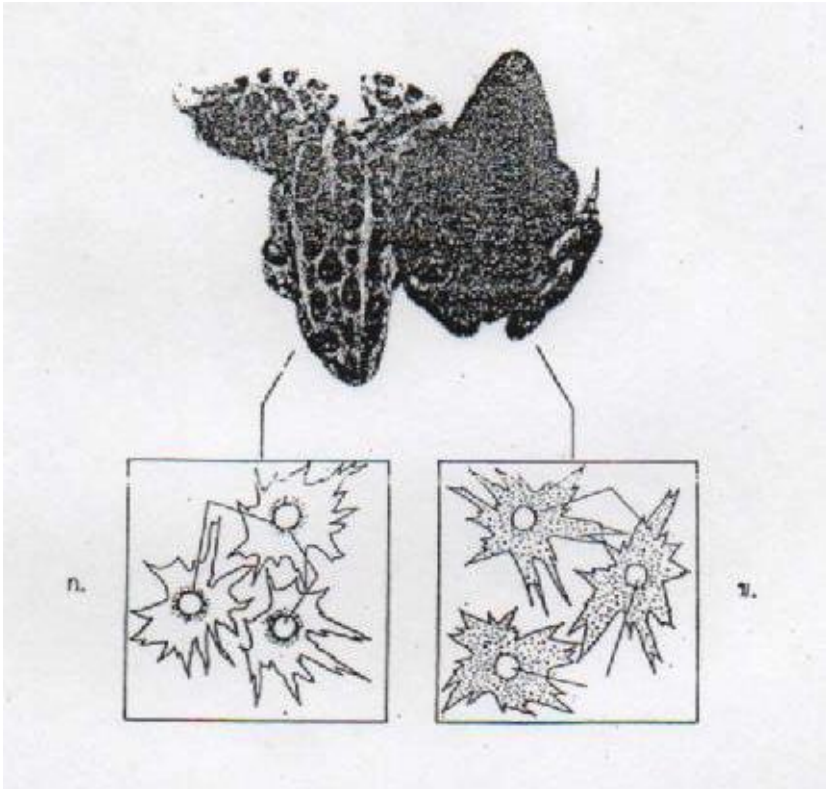
ต่อมใต้สมองส่วนกลางเป็นส่วนที่มีขนาดเล็ก ได้มีการทดลองเกี่ยวกับการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนกลางในสัตว์เลือดเย็น เช่น กบ ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนกลางสามารถเปลี่ยนสีผิวของร่างกายกบได้ วิธีการทดลองได้นำกบมาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งตัดต่อมใต้สมองออกอีกกลุ่มหนึ่งไม่ตัด จากนั้นนำกบทั้งสองกลุ่มใส่ในภาชนะที่มีพื้นสีดำ 2 ใบดังนี้

ภาชนะใบที่ 1 ใส่กบกลุ่มที่ถูกตัดต่อมใต้สมองส่วนกลาง

ภาชนะใบที่ 2 ใส่กบกลุ่มที่ไม่ถูกตัดต่อมใต้สมองส่วนกลาง

ผลจากการทดลองพบว่ากบในภาชนะใบที่ 2 จะมีผิวสีของร่างกายเป็นสีเข้มกลมกลืนกับสีภาชนะ ส่วนกบในใบที่ 1 จะมีผิวสีของร่างกายเป็นผิวลายเหมือนเมื่อเริ่มทดลอง

ต่อมาได้มีการทดลองนำสารละลายของต่อมใต้สมองส่วนกลางมาบดละเอียดลงไปบนหนังกบสีจางที่ลอกออกจากกบใหม่ ๆ พบว่าสีผิวของกบเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้น จากนั้นนำผิวหนังกบไปส่องดูการกระจายของรงควัตถุในเซลล์ เปรียบเทียบกับผิวหนังกบในช่วงก่อนหยดสารพบว่าสารหรือฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนกลางเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสีผิวของกบ โดยมีสีของสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งเร้าให้มีการหลั่งฮอร์โมน และฮอร์โมนนี้มีผลต่อการกระจายของเม็ดสีในเซลล์ที่ผิวหนัง ตามรูปที่ 2.128



รูปที่ 2.128 การกระจายของรงควัตถุในเซลล์
ก.สีจางก่อนหยดสารละลายจากต่อมใต้สมองส่วนกลาง
ข. หลังจากหยดสารละลายจากต่อมใต้สมองส่วนกลาง
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 120)

ฮอร์โมนสำคัญที่ต่อมใต้สมองส่วนกลางสร้างขึ้นมา คือ

2.1 เมลาโนไซต์สติมิวเลติงฮอร์โมน (Melanocyte stimulating hormone : MSH) หรือเมลาโนโทรฟิน (Melanotrophin) หรืออินเตอร์มีดีน (Intermedin) เป็นพวกโพลีเปปไทด์ (Polypepไทด์) มีอยู่ 2 ชนิด คือ $\propto$- MSH ของมนุษย์ประกอบด้วยกรดอมิโน 13 อณูต่อกันเหมือนกับของสัตว์ดูดนมอื่น ๆ และ β – MSH ของมนุษย์ประกอบด้วยกรดอมิโน 22 อณูต่อกัน

หน้าที่

1. ฮอร์โมน MSH มีส่วนประกอบของโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับส่วนหนึ่งของฮอร์โมน ACTH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าจึงเชื่อกันว่าอาจจะมีหน้าที่คล้ายคลึงกัน

2. ฮอร์โมน MSH ทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมน ACTH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าควบคุมการกระจายของเม็ดรงควัตถุ (Pigment granule) ที่เรียกว่า เมลานิน (Melanin) ในเซลล์เมลาโนไซต์ (Malanocyte)

ที่ผิวหนังของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและสัตว์เลื้อคลาน เพื่อเปลี่ยนสีผิวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม แต่ในส่วนของสัตว์พวกนก สัตว์ดูดนม และมนุษย์ไม่ทราบหน้าที่ของฮอร์โมนชนิดนี้อย่างแน่ชัด

อวัยวะเป้าหมาย

1. เซลล์เมลาโนไซต์ (Melanocyte)ที่ผิวหนัง

ผลจากการศึกษาบทบาทของฮอร์โมน MSH

1. ในสัตว์จำพวกปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และสัตว์เลื้อยคลาน ฮอร์โมน MSH จะกระตุ้นให้เมลานินในเซลล์ผิวหนังให้กระจายไปทั่วเซลล์ ทำให้มีสีผิวเข้มขึ้นแต่การเข้มอาจเข้มขึ้นเฉพาะบริเวณหรือเข้มทั้งตัวขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสัตว์นั้น ๆ

2. ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ฮอร์โมน MSH มีบทบาททำให้เซลล์เมลาโนไซต์ที่ผิวหนังมีสีเข้มแต่ในลักษณะที่ต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งที่จะเข้มขึ้นอย่างช้า ๆ และความเข้มของผิวจะติดอยู่นานประมาณ 3-5 สัปดาห์จึงจะหายไป

3. ในมนุษย์การผึ่งแดดหรือการอาบแดดจนผิวเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มคาดว่าเป็นบทบาทของฮอร์โมน MSH ที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนกลาง ส่วนการซีดจางของสีผิวที่คล้ำมีเพียงวิธีเดียว คือ การลอกของผิวหนังชั้นหนังกำพร้า ในสภาวะของการตั้งครรภ์อาจพบว่ามีการหลั่งฮอร์โมน MSH ออกมามากทำให้ผิวหนังบางส่วนของร่างกาย เช่น หัวนมสีเข้มขึ้น เป็นต้น

3. ต่อมใต้สมองส่วนหลัง (Posterior lobe of pituitary gland)

ต่อมใต้สมองส่วนหลังจะอยู่ตอนท้ายของต่อมใต้สมองส่วนนี้เป็นส่วนของเนื้อเยื่อประสาทที่มีกลุ่มปลายแอกซอน (Axon) ของเซลล์ประสาทจากสมองส่วนไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) มาติดต่อด้วย เซลล์ประสาทพวกนี้ เรียกว่า นิวโรซีครีทอรีเซลล์ (Neurosecretory cell) ทำหน้าที่สร้างและหลั่งฮอร์โมนที่ปลายแอกซอนและไปสิ้นสุดกับเส้นเลือดฝอยในต่อมใต้สมองส่วนหลังก่อน จากนั้นจึงนำไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายด้วยกระแสเลือดอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นต่อมใต้สมองส่วนหลังจึงทำหน้าที่เก็บสะสมและหลั่งฮอร์โมนที่สร้างจากกลุ่มเซลล์นิวโรซีครีทอรีของสมองส่วนไฮโพทาลามัส ซึ่งโครงสร้างทางเคมีของฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหลังนี้ Vincent du Vigneud เป็นคนแรกที่แยกและตรวจพบจากต่อมใต้สมองส่วนหลังแล้วสังเคราะห์ขึ้นได้ในปี ค.ศ.1953 ต่อมาในปี ค.ศ.1955 เขาก็ได้รับรางวัลโนเบล

ฮอร์โมนที่สำคัญที่เซลล์ประสาทสร้างแล้วนำมาไว้ที่ต่อมใต้สมองส่วนหลัง คือ

3.1 วาโซเพรสซิน (Vasopressin) หรือแอนติไดยูเรทิกฮอร์โมน (Antidiuretic hormone : ADH) มีสมบัติทางเคมีเป็นโพลีเปปไทด์ (Polypeptide)

หน้าที่

1. ควบคุมท่อหน่วยไตในการดูดน้ำกลับเพื่อรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย

2. ช่วยกระตุ้นเส้นเลือดแดงขนาดเล็กให้บีบตัวทำให้เส้นเลือดหดตัวสูงขึ้น เป็นผลทำให้ความดันเลือดสูงขึ้นจึงนิยมใช้ฉีดภายหลังการผ่าตัดเพื่อป้องกันการช็อคเนื่องจากความดันเลือดต่ำลงเพราะเสียเลือดมาก

อวัยวะเป้าหมาย

1. ท่อของหน่วยไต (Nephronc)

2. เส้นเลือดแดง (Artery)

ความผิดปกติของร่างกายเนื่องจาก ADH

ถ้าร่างกายขาดฮอร์โมน ADH จะมีผลทำให้ท่อของหน่วยไตไม่สามารถดูดน้ำ ตลอดจนกรดอะมิโน_กลูโคส และแร่ธาตุที่จำเป็นกลับเข้าสู่ท่อหน่วยไต ทำให้ร่างกายขาดความสมดุลของแร่ธาตุและน้ำตาล นอกจากนี้ร่างกายจะสูญเสียน้ำทางปัสสาวะมากกว่าปกติ ทำให้เกิดโรคเบาจืด (Diabetes insipidus) ซึ่งมีผลทำให้ร่างกายถ่ายปัสสาวะมากผิดปกติ

3.2 ออกซีโทซิน (Oxytocin) มีสมบัติทางเคมีเป็นโพลีเปปไทด์ (Polypeptide)

หน้าที่

1. เพศหญิง ฮอร์โมนชนิดนี้จะช่วยกระตุ้นเซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่แทรกอยู่รอบ ๆ ท่อต่อมน้ำนม (Myoepithelial cell) หดตัวและขับน้ำนมออกมาเลี้ยงเด็กทารก

2. ในช่วงคลอดทารกร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนนี้ออกมามากเพื่อกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบของมดลูก (Uterus) บีบตัวขับทารกให้คลอดออกมาได้ ในกรณีที่คลอดลูกยากก็จะฉีดฮอร์โมนนี้เข้าไปจะช่วยให้คลอดลูกง่ายขึ้น

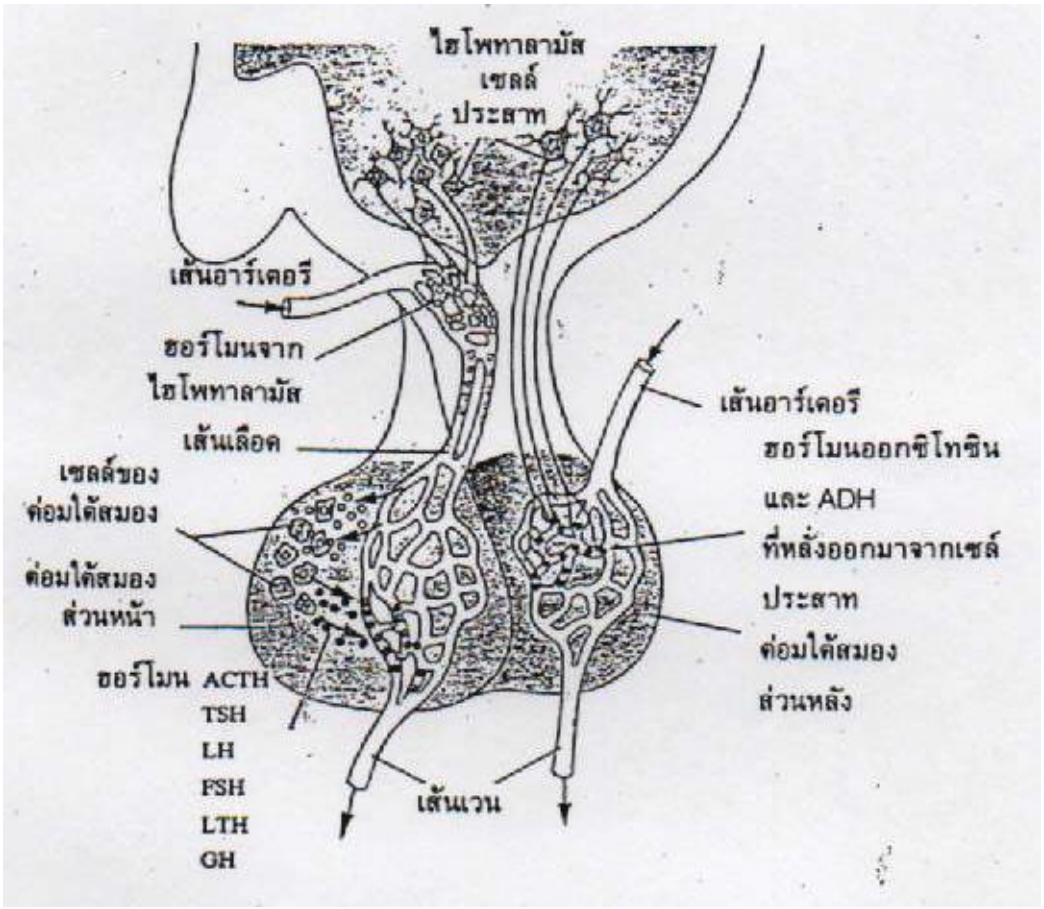
3. ในช่วงหลังคลอดทารกแล้ว ถ้าฉีดฮอร์โมนนี้เข้าไปจะช่วยกระตุ้นให้มดลูกที่ขยายตัวกลับคืนสู่ขนาดปกติได้รวดเร็วหรือ เรียกว่า มดลูกเข้าอู่เร็วขึ้น

4. ฮอร์โมนนี้จะช่วยในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ (Sperm Transport) ภายในช่องคลอดของเพศหญิง (Female tract)

5. เพศชาย ฮอร์โมนนี้จะช่วยกระตุ้นกล้ามเนื้อเรียบจึงเกี่ยวกับการช่วยหลั่งน้ำกาม (Semen)

อวัยวะเป้าหมาย

1. มดลูก (Uterus)
2. ต่อมน้ำนม (Mammary gland)
3. ท่อนำตัวอสุจิหรือกล้ามเนื้อเรียบ (Vas deferens) ตามรูปที่ 2.129



รูปที่ 2.129 ความสัมพันธ์ระหว่างไฮโพทาลามัสกับต่อมใต้สมองในการหลั่งฮอร์โมน
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 121)

4. ฮอร์โมนจากไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (Islets of Langerhans)

ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์เป็นกลุ่มของเซลล์ซึ่งกระจายแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อของตับอ่อน (Pancreas) ซึ่ง P.Langerhans (ค.ศ.1847-1888) นักพยาธิวิทยาเยอรมันพบเป็นคนแรกเมื่อปี ค.ศ. 1869 ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เป็นทั้งต่อมมีท่อ คือสร้างน้ำย่อยส่งไปที่ลำไส้เล็ก และเป็นต่อมไร้ท่อคือสร้างฮอร์โมน เนื้อเยื่อของตับอ่อนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เซลล์แอซินาร์ (Acinar cell) เป็นกลุ่มเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างและหลั่งน้ำย่อยอาหารเข้าสู่ส่วนต้นของลำไส้เล็กดูโอดินัม (Duodenum) ที่อยู่ต่อจากกระเพาะอาหาร โดยมีท่อสำหรับลำเลียงน้ำย่อย ส่วนนี้จึงทำหน้าที่เป็นส่วนของต่อมมีท่อ

2. เซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (Islet of Langerhans cell) เป็นกลุ่มเซลล์เล็ก ๆ ประมาณล้านกลุ่มหรือมากกว่านั้นกระจัดกระจายอยู่เป็นกลุ่มมีขนาดประมาณ 75 – 165 ไทครอน ในตับอ่อนเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างและหลั่งฮอร์โมนของตับอ่อนส่วนนี้จึงทำหน้าที่เป็นส่วนของต่อมไร้ท่อ

กลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ของมนุษย์ ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์สำคัญมี 3 แบบ คือ

2.1 เบตาเซลล์ (Beta cell : β - cell) เป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็กแต่จำนวนมากประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์จะอยู่บริเวณด้านในของกลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์มีหน้าที่สร้างฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin)

2.2 อัลฟาเซลล์ (Alpha cell : α-cell) เป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่แต่จำนวนน้อยจะอยู่บริเวณรอบ ๆ กลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานศ์มีหน้าที่สร้างฮอร์โมนกลูคากอน (Glucagon)

2.3 เดนตาเซลล์ (Delta cell : δ - cell) มีความเข้าใจกันว่าเป็นเบตาเซลล์ (β – cell) แต่อายุน้อยอยู่

ฮอร์โมนสำคัญที่ต่อมนี้สร้างขึ้นมี 2 ชนิดคือ

1. อินซูลิน (Insulin)

อินซูลินเป็นฮอร์โมนที่พวกเบตาเซลล์ (β - cell) สร้างขึ้นมาซึ่งอยู่บริเวณด้านในของกลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์มีสมบัติเป็นสารประกอบทางเคมีจำพวกโปรตีน

เมื่อปี ค.ศ.1889 นักวิทยาศาสตร์เยอรมัน 2 คน คือ Von Mering และ O.Minkowski ได้ตัดเอาต่อมนี้ของสุนัขออก ปรากฏว่าสุนัขนั้นเป็นโรคเบาหวานอย่างรุนแรงมีน้ำตาลในน้ำปัสสาวะมาก ต่อมาในปี ค.ศ.1893 ทั้งสองคนก็รายงานว่าพบน้ำจากต่อมนี้ (Secretion) มีสมบัติป้องกันไม่ให้เป็นโรคเบาหวานได้

ปี ค.ศ.1912 W.H. Schaefer เป็นผู้ตั้งชื่อว่าอินซูลิน (Insulin)

ปี ค.ศ.1922 นักวิทยาศาสตร์แคนาดา 2 คน คือ F.G. Banting (ค.ศ.1891-1941) และ C.H. Best ได้สกัดอินซูลินออกจากต่อมได้เป็นผลสำเร็จแล้วนำไปรักษาโรคเบาหวานได้เป็นผลสำเร็จ นอกจากนี้เขายังพบในตับอ่อนของสุนัขอีกว่าไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์เกิดขึ้นก่อนเซลล์ทั่ว ๆ ไปของตับอ่อน

ปี ค.ศ.1926 J.J.Abei และผู้ช่วยของเขาได้เตรียมอินซูลินเป็นผนึกบริสุทธิ์ได้เป็นครั้งแรกและแสดงให้ทราบว่าเป็นสารพวกโปรตีน

ปี ค.ศ.1949 F.Sanger และ H.Tuppy ในประเทศอังกฤษได้พบโครงสร้างทางเคมีของอินซูลินมีอณูซึ่งเป็นโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนต่อกันสองสาย

ปี ค.ศ.1963 P.G.Katsoyannis และพวกสามารถสังเคราะห์อินซูลินขึ้นได้เป็นครั้งแรก

หน้าที่

1. รักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้เป็นปกติ อินซูลินจะหลั่งออกมามากหลังจากรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตหรือระดับน้ำตาลในเลือดสูง เพราะอินซูลินจะกระตุ้นอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตหรือน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ในเลือดให้สลายตัวเกิดพลังงานขึ้นมา และอินซูลินยังกระตุ้นให้ตับ (Liver) เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสในเลือดที่มีจำนวนมากเกินไปให้กลายเป็นไกลโครเจนเพื่อเก็บสะสมไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อ เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ลดลงสู่สภาวะสมดุล ซึ่งตามปกตินำ้ตาลในเลือดจะมีอยู่ประมาณ 0.09 - 0.12 เปอร์เซ็นต์ค่าโดยเฉลี่ยคือ 0.10 เปอร์เซ็นต์ หรือ 100 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมนตัวอื่น ๆ เช่นกลูคากอน (Glucagon) กลูโคคอร์ติคอยส์ (Glucocorticoid) และโกรทฮอร์โมน (Groth hormone) ในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้สมดุล โดยทำงานตรงกันข้ามกับฮอร์โมนตัวอื่น ๆ ที่ทำให้น้ำตาลในเลือดสูง

3. ควบคุมกระบวนการเมตาโบลิซึม(Metabolism) ของโปรตีนและไขมันด้วยการลดอัตราการสลายตัวของโปรตีนและไขมันภายในร่างกาย และกระตุ้นการสังเคราะห์กรดอะมิโนและกรดไขมันให้รวมตัวเป็นโปรตีนและไขมันตามลำดับ

อวัยวะเป้าหมาย

1. ตับอ่อน (Pancreas)
2. กล้ามเนื้อ (Muscle)
3. ไขมัน (Fat)

ความผิดปกติของร่างกายเนื่องจากฮอร์โมนอินซูลิน

1.มีปริมาณอินซูลิน (Insulin) น้อยเกินไป สาเหตุจากเบตาเซลล์ (β-cell) ของกลุ่มไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์มีความไวต่อระดับน้ำตาลในเลือดมากและในระดับน้ำตาลที่สูงเกินไปสามารถทำลายเบตาเซลล์ได้ ทำให้เกิดความบกพร่องของต่อมหรือตับอ่อนพิการ เป็นผลให้เบตาเซลล์ของต่อมสร้างอินซูลินขึ้นมาได้น้อยหรือไม่สามารถสร้างอินซูลินขึ้นมาได้ ทำให้ขาดอินซูลินไปกระตุ้นการใช้น้ำตาลในเลือดได้ และไกลโครเจนที่สะสมไว้ก็สลายออกมาเป็นน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น น้ำตาลจึงมีอยู่ในเลือดมาก (Hyperglycemia) เกินขอบเขตของความสามารถที่เลือดจะรับเอาไว้ได้อีกแล้ว เมื่อเป็นเช่นนี้ก็จำเป็นที่จะต้องขับออกทางไต

ซึ่งไตอาจดูดกลับเข้าสู่กระแสเลือดอีกก็ได้แต่ก็อยู่ในขอบเขตจำกัดเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงมีน้ำตาลปนออกมากับน้ำปัสสาวะมากกลายเป็นโรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน (Diabotes mellitus)

โรคเบาหวานเป็นได้กับทุกเพศและทุกวัย อาจมีสาเหตุมาจากกรรมพันธุ์ อายุมาก ความเครียด ความอ้วน การตั้งครรภ์ การอักเสบที่ตับอ่อนจากเชื้อไวรัส หรือยาบางชนิดเป็นต้น ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ ในระยะแรกอาการอาจไม่รุนแรงแต่ถ้าเป็นมากมีอันตรายถึงชีวิตได้ อาการของคนเป็นโรคเบาหวานจะแสดงอาการสำคัญ ๆ ดังนี้

1. ปริมาณน้ำตาลในเลือดสูงมีอินซูลินน้อยทำให้ร่างกายมีความต้านทานโรคต่ำ มีอาการคันบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์และผิวหนัง หรือถ้าเกิดมีบาดแผลขึ้นตามร่างกายแผลนั้นจะหายได้ยากเพราะน้ำตาลในเลือดสูงทำให้แบคทีเรียในเลือดและที่แผลได้รับน้ำตาลจากเลือดเป็นอาหารอย่างอุดมสมบูรณ์จึงเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว

2. ปัสสาวะบ่อยและมาก ปัสสาวะบ่อยทั้งกลางวันและกลางคืน เนื่องจากมีน้ำตาลอยู่ในเลือดมากเกินความสามารถที่เลือดจะรับไว้ได้จึงจำเป็นต้องขับออกมาทางไต ซึ่งไตอาจดูดกลับเข้าสู่กระแสเลือดอีกก็ได้ แต่ก็อยู่ในขอบเขตที่จำกัดไม่สามารถดูดกลับคืนสู่ร่างกายได้หมด ดังนั้นจึงมีน้ำตาลถูกขับออกมาพร้อมปัสสาวะ โดยโมเลกุลของน้ำตาลจะดึงโมเลกุลของน้ำออกมาด้วย ทำให้ปัสสาวะมากกว่าปกติและในบางครั้งอาจพบว่าปัสสาวะมีมดขึ้น

3. กระหายน้ำมากและบ่อยผิดปกติ การกระหายน้ำบ่อยกว่าปกติ เพราะมาจากการถ่ายปัสสาวะบ่อยและมาก

4. กินมากแต่หิวตลอดเวลา เกิดจากร่างกายไม่สามารถใช้น้ำตาลหรือเผาผลาญกลูโคส (Glucose) ให้เกิดพลังงาน

5. น้ำหนักตัวลด อ่อนเพลีย เซื่องซึม เมื่อยล้าเกิดจากร่างกายไม่สามารถใช้พลังงานจากกลูโคสได้ ทั้ง ๆ ที่มีน้ำตาลอยู่ในเลือดมากแต่ไม่สามารถนำน้ำตาลนั้นไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้จึงไปสลายไขมันที่เก็บสะสมไว้และโปรตีนจากเนื้อเยื่อของร่างกายแทน เป็นเหตุให้ร่างกายซูบผอม น้ำหนักตัวลด

6. เลือดและปัสสาวะมีฤทธิ์เป็นกรดมากกว่าปกติ เกิดจากเลือดไม่สามารถรักษาความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ได้ เนื่องจากร่างกายไปสลายไขมันและโปรตีนมาใช้แทนน้ำตาล ในขณะที่ร่างกายใช้พลังงานหรือออกกำลังกาย แต่ก็ใช้ได้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดสารพิษสะสมเช่น สารคีโตน (Ketone body) และกรดไขมันโคเลสเตอรอล (Cholesterol) ขึ้นในเลือดมากกว่าปกติ และถ้าสารโคเลสเตอรอลมีอยู่ในเลือดมากเกินไปทำให้เกิดเป็นโรคหัวใจได้

7. ทำให้สมอง หัวใจ ตับ ไต ตา และกล้ามเนื้อเสื่อมหรือทำงานไม่ได้เต็มที่ ถ้าอาการของโรคมากขึ้นอาจทำให้ตาบอด ส่วนไต และตับจะหมดสภาพในการทำงานและในที่สุดผู้ป่วยก็ตาย

โรคเบาหวานที่พบในปัจจุบันมี 2 แบบคือ

1. โรคเบาหวานที่เกิดจากตับอ่อน (Pancres) ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนอินซูลินได้เลย ในการรักษาผู้ป่วยจึงต้องรับการฉีดอินซูลินทุกวันเพื่อควบคุมปริมาณน้ำตาล และที่สำคัญปริมาณของฮอร์โมนที่ฉีดต้องอยู่ในการดูแลควบคุมของแพทย์อย่างใกล้ชิด เพื่อไม่ให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำจนเกิดสภาพช็อคเนื่องจากขาดน้ำตาล

2. โรคเบาหวานที่เกิดจากเซลล์ร่างกายไม่สังเคราะห์ตัวรับอินซูลินหรือหน่วยรับเฉพาะอินซูลิน เป็นผลให้อินซูลินทำงานไม่ได้ โรคเบาหวานแบบนี้ตับอ่อนของผู้ป่วยสามารถสร้างอินซูลินได้เป็นปกติ แต่อินซูลินไม่สามารถทำงานได้ทำให้ปริมาณน้ำตาลในเลือดสูง และแสดงอาการของโรคเบาหวานออกมา ผู้ป่วยกลุ่มนี้มักจะมีอาการอื่นร่วมด้วย ได้แก่ ตามัว ระบบการทำงานของไตบกพร่อง ระบบหมุนเวียนเลือดผิดปกติ เป็นต้น โรคเบาหวานแบบนี้พบมากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน

การรักษาโรคเบาหวาน

โรคเบาหวานเป็นโรคที่รักษาให้หายขาดได้ยาก แต่ถ้าเริ่มเป็นโรคเบาหวานน้ำตาลในเลือดจะไม่สูงมาก หากรักษาให้ถูกวิธีให้ตัวยาที่จำเป็นพร้อม ๆ กับลดน้ำหนักและฉีดอินซูลิน (Insulin) ก็อาจช่วยให้ เบตาเซลล์ (β-cell) ของไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (Islet of Langerhans) กลับมาทำหน้าที่สร้างอินซูลินได้เป็นปกติ ถ้าหากเป็นนาน ๆ และได้รับการรักษาไม่ถูกต้องเบตาเซลล์ของไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์สูญเสียประสิทธิภาพไม่สามารถสร้างอินซูลินได้โดยสิ้นเชิงหรือตายไปก็ย่อมไม่มีทางรักษาให้หายขาดได้ แต่สามารถช่วยผู้ป่วยให้ดำรงชีวิตอยู่เป็นปกติได้ โดยการฉีดอินซูลินซึ่งสกัดออกมาจากสัตว์เข้าไปทดแทนอาการจะทุเลาลงได้ชั่วคราว และการระมัดระวังในการรับประทานอาหาร

การฉีดอินซูลินเข้าไปจะทำให้ร่างกายสามารถดำรงสภาพปกติอยู่ได้หรืออาการผิดปกติทุเลาลงได้ แต่ส่วนใหญ่มักจะทำให้หายขาดไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากเบตาเซลล์ของไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ที่สร้างฮอร์โมนอินซูลินมีประสิทธิภาพในการสร้างฮอร์โมนอินซูลินลดลงไปหรือตายไป จึงจำเป็นต้องฉีดฮอร์โมนอินซูลินอยู่เสมอภายใต้การควบคุมของแพทย์อย่างใกล้ชิด

ถ้ามีอินซูลิน (Insulin) มากเกินไปจะมีผลทำให้มีการใช้น้ำตาลในเลือดมากกว่าปกติและเปลี่ยนไปเป็นไกลโครเจน (Glycogen) ในตับ ดังนั้นในเลือดจึงมีปริมาณของน้ำตาลอยู่น้อย (Hypoglycemia) ทำให้รู้สึกหิวและมีอาการอ่อนเพลียถ้าน้ำตาลในเลือดลดลงมาก ๆ ไม่พอไปเลี้ยงสมองอาจทำให้ช็อคได้ กรณีเช่นนี้จะไม่พบบ่อยนักนอกจากตับอ่อนของบุคคลนั้นเป็นเนื้องอกหรือมะเร็ง จากผลที่เกิดขึ้นนี้จึงถูกนำไปรักษาคนที่เป็นบ้าโดยใช้การฉีดอินซูลินเข้าไปเพื่อทำให้ช็อค

2. กลูคากอน (Glucagon) หรือ Hyperglycemic glycogenolytic factor (HGF)

กลูคากอนเป็นฮอร์โมนที่สร้างมาจากอัลฟาเซลล์ (∝- cell) ของกลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ซึ่งเป็นเซลล์ขนาดใหญ่มีจำนวนน้อยกว่าเบตาเซลล์ (β-cell) และอยู่รอบ ๆ ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ ทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับอินซูลิน

เมื่อปี ค.ศ.1955 A.Staub เป็นคนแรกที่แยกกลูคากอนออกมาเป็นผนึกบริสุทธิ์จากอัลฟาเซลล์ (∝- cell)

ปี ค.ศ.1957 W.W.Bromer ก็พิสูจน์ให้เห็นว่ากลูคากอนเป็นโปรตีนหรือโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) สายเดียวประกอบขึ้นด้วยกรดอะมิโน 29 อณูต่อกัน นอกจากกลูคากอนจะมีในตับอ่อนแล้วยังสามารถสกัดได้จากม้าม เยื่อเมือกในกระเพาะอาหารและจากผิวหนังได้ด้วย

หน้าที่

1. จะไปกระตุ้นการสลายตัวของไกลโครเจน (Glycogen) จากตับและกล้ามเนื้อให้เป็นน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ปล่อยออกมาในกระแสเลือด ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น ดังนั้นจึงใช้กลูคากอนรักษาคนที่มีน้ำตาลในเลือดต่ำ อันเนื่องมาจากมีอินซูลินมากกว่าปกติ
2. กระตุ้นการสลายตัวและการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและไขมันในตับให้เป็นกลูโคสในเลือด
3. จะไปกระตุ้นสารเคมี (Enzyme) พวกที่เป็นน้ำย่อย (Lipase) ในเซลล์ของไขมันให้สลายไขมันเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล (Glycerol)
4. จะไปกระตุ้นเบตาเซลล์ (β-cell) ให้หลั่งอินซูลินออกมาทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดปกติ
5. กลูคากอนในปริมาณสูง ๆ จะกระตุ้นเนื้อเยื่อชั้นในของต่อมหมวกไต (Adrenal medulla) ให้หลั่งฮอร์โมนบางอย่างได้แต่ทั้งนี้เลือดจะต้องมีน้ำตาลในเลือดมาก (Hyperglycemia)
6. มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ๆ เหลวที่ถูกแยกด้วยไฟฟ้า (Electrolyte) ในเลือดและน้ำปัสสาวะ
7. มีผลต่อทางเดินอาหาร เช่น ช่วยลดการหดตัวของทางเดินอาหาร และลดปริมาณของกรดเกลือเป็นต้น

อวัยวะเป้าหมาย

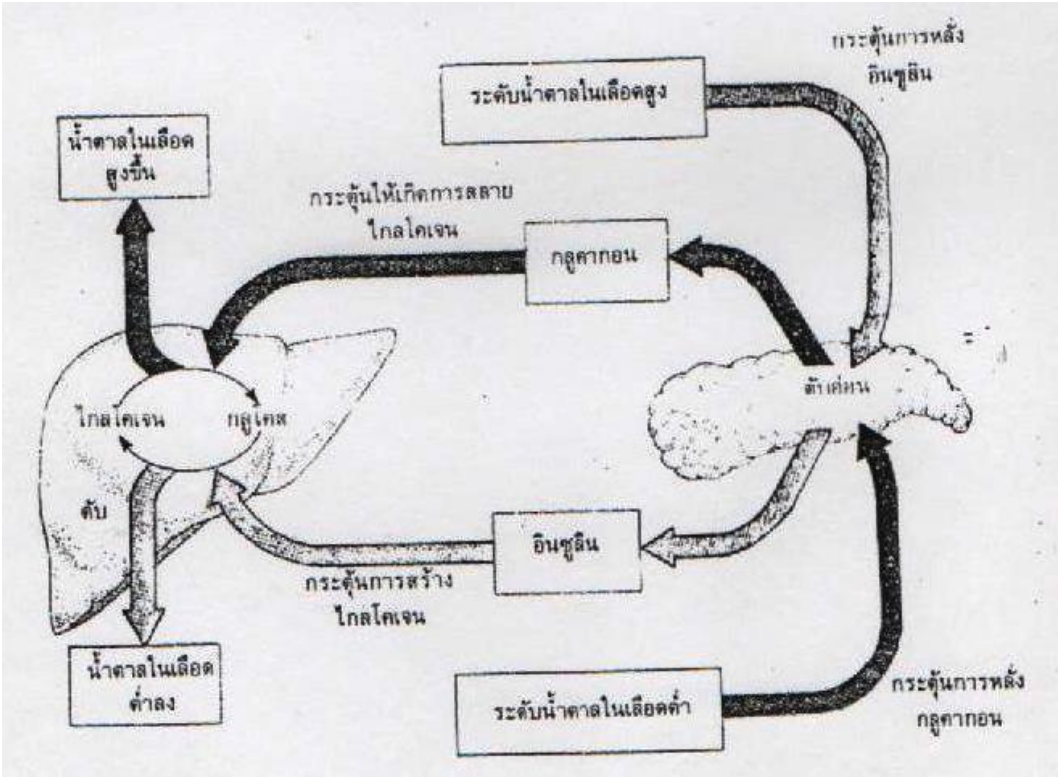
1.ตับ (liver)

ความผิดปกติของร่างกายเนื่องจากกลูคากอน

การขาดกลูคากอนไม่มีผลสำคัญต่อร่างกายเพราะมีฮอร์โมนหลายชนิดที่คล้ายกลูคากอน เช่น กลูโคคอร์ติคอยส์ (Glucocorticoid) และอัดรีนาลินฮอร์โมน (Adrenalin hormone) เป็นต้น

ความสัมพันธ์ของการหลั่งอินซูลินและกลูคากอน

ระดับน้ำตาลเป็นปัจจัยที่ควบคุมความสัมพันธ์ของการหลั่งอินซูลินและกลูคากอน การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลเป็นสัญญาณกระตุ้นและยับยั้งการหลั่งอินซูลินและกลูคากอนจากกลุ่มของเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ของตับอ่อน ตามรูปที่ 2.130

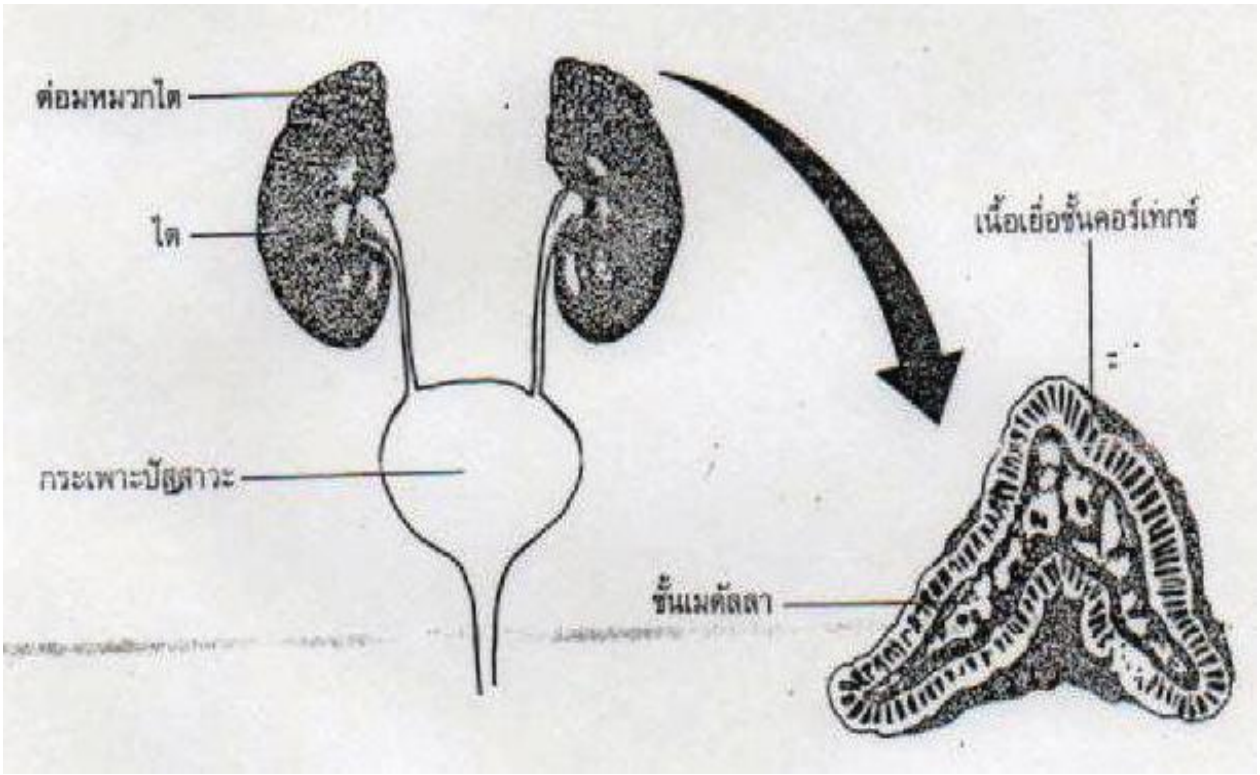


รูปที่ 2.130 วงจรการกระตุ้นและยับยั้งฮอร์โมนจากตับอ่อน

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 126)

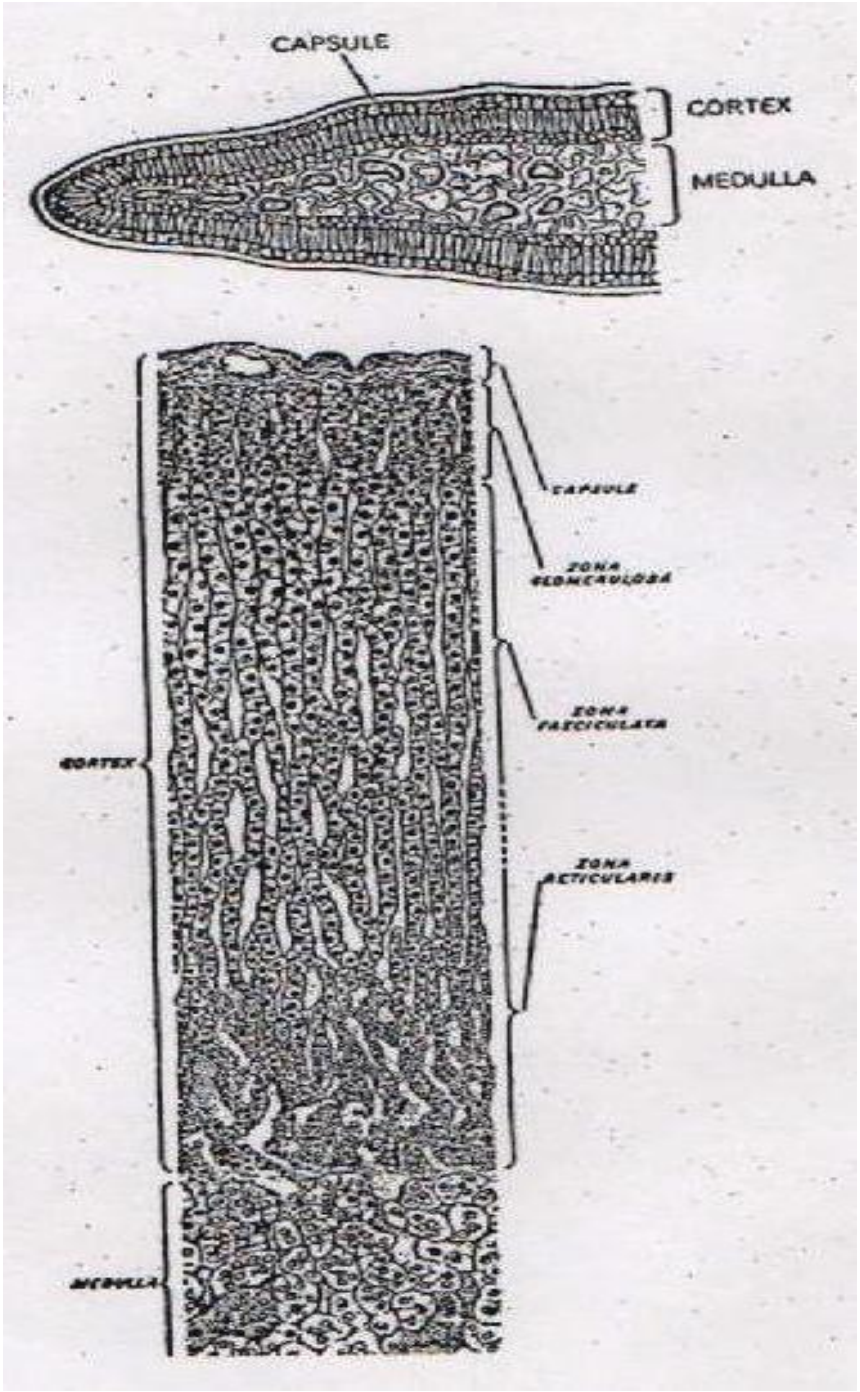
5. ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต (Adrenal gland)

ต่อมหมวกไต (Adrenal gland) หรือต่อมเหนือไต (Suprarenal gland) ของมนุษย์ นายแพทย์ Bartholomoeous Eustachlus ชาวอิตาลี เป็นผู้พบครั้งแรกในปี ค.ศ.1563 โครงสร้างของต่อมหมวกไตในมนุษย์มีลักษณะเป็นต่อมเล็ก ๆ รูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมครอบอยู่บนขั้วของไตทั้ง 2 ข้าง โดยมีเนื้อเยื่อลักษณะเป็นเส้น (Fibrous tissue) กั้นระหว่างต่อมหมวกไตกับไตเอาไว้ ต่อมหมวกไตแต่ละต่อมมีน้ำหนักปริมาณ 4-5 กรัม มีขนาดความกว้างประมาณ 3 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร และความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร ต่อมหมวกไตแต่ละต่อมประกอบขึ้นด้วยเนื้อเยื่อ 2 ส่วนใหญ่ ๆ ซึ่งเป็นส่วนที่มีกำเนิดมาจากแหล่งต้นกำเนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกันเลยคือ อัดรีนัลคอร์เทกซ์ (Adrenal cortex) และอัดรีนัลเมดัลลา (Adrenal medulla) เนื้อเยื่อทั้ง 2 ส่วนนี้จะผลิตฮอร์โมนแตกต่างกัน ตามรูปที่ 2.131 และ 2.132



รูปที่ 2.131 โครงสร้างของต่อมหมวกไต

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 127)



รูปที่ 2.132 ต่อมหมวกไตของหนูผ่าดูเนื้อเยื่อข้างใน
(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 723)

5.1 อัดรีนัลคอร์เทกซ์ (Adrenal cortex)

อัดรีนัลคอร์เทกซ์ เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกของต่อมหมวกไตเกิดจาก Intermediate cell mass ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อชนิดมีโซเดิร์ม (Mesoderm) ที่เจริญกลายไปเป็น Mesonephros มีลักษณะเป็นสีชมพูแกมเหลือง เนื่องจากมีไขมันอยู่ด้วย

เนื้อเยื่อของต่อมหมวกไตประกอบขึ้นด้วยเซลล์ 3 พวก โดยมีเยื่อเกี่ยวพันหุ้มเป็นแคปซูล (Capsule) อยู่ด้านนอกดังนี้ คือ

5.1.1 Zona glomerulosa เป็นกลุ่มเซลล์ที่อยู่ถัดจากแคปซูลเข้ามาประกอบด้วยเซลล์ของเยื่อบุผิวเรียงกันเป็นก้อนรูปไข่และมีช่องว่าง (Lumen) ส่วนตรงกลางก้อนรูปไข่จะจัดเรียงกันเป็นแถบแคบ ๆ ทางด้านนอกของคอร์เทกซ์ (Cortex)

5.1.2 Zona fasciculata เป็นกลุ่มเซลล์ที่อยู่ถัดเข้ามาข้างในประกอบด้วยกลุ่มเซลล์กลม ๆ แต่เรียงตัวขนานกันคล้ายมัดฟืน

5.1.3 Zona reticularis เป็นกลุ่มเซลล์ที่อยู่ด้านในสุดประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่เรียงตัวคล้ายร่างแห

เซลล์แต่ละพวกจะมีหน้าที่สร้างฮอร์โมนต่าง ๆ มากมายหลายชนิดที่สุด เท่าที่รู้จักกันในปัจจุบันมากกว่า 50 ชนิด เป็นสารจำพวกสเตรอยด์ (Steroid) จึงเรียกฮอร์โมนเหล่านี้ว่า คอร์ติคอยด์ (Corticoid) หรือคอร์ติคอลสเตรอยด์ (Cortical steroid) ซึ่งในการสร้างฮอร์โมนกลุ่มนี้จำต้องอาศัยอัดรีโนคอร์ติโคโทรฟิกฮอร์โมน (Adrenocorticotrophic hormone : ACTH) หรืออัดรีโนคอร์ติโคโทรฟิน (Adrenocorticotrophin) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้ามาควบคุมด้วย

ผลการทดลองจากสัตว์ พบว่าถ้าตัดเอาต่อมหมวกไตออกจะมีผลทำให้ความเข้มข้นของโซเดียม (Sodium) และคลอไรด์ลดลงไป แต่ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (Potassium) กลับสูงขึ้นและทำให้ส่วนประกอบที่เป็นน้ำของเลือดมีปริมาตรลดลง จึงทำให้ความดันเลือดต่ำลงด้วยปริมาณของน้ำตาลและไกลโคเจน (Glycogen) ในเนื้อเยื่อก็ลดลงพร้อมกันนั้นความสามารถของเนื้อเยื่อการเปลี่ยนโปรตีน (Protein) ให้กลับเป็นคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ก็จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดนอกจากนี้แล้วถ้าตัดเอาต่อมหมวกไตออกไปจนหมดเกลี้ยงจริง ๆ จะทำให้ถึงตายได้ภายใน 2-3 วันเท่านั้น

คอร์ติคอยด์(Corticoid) ที่มีอยู่ประมาณ 50 ชนิด แบ่งตามหน้าที่และโครงสร้างทางเคมีได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (Glucocorticoid hormone) เป็นคอร์ติคอยด์ที่เซลล์ในพวก Zona fasciculata สร้างขึ้นฮอร์โมนที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ คอร์ติซอน (Cortisol) หรือไฮโครคอร์ติโซน (Hydrocortisone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุดเป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย นอกจากนี้ยังมีคอร์ติโซน (Cortisone) ดีไฮโดรคอร์ติโคสเตอโรน (Dehydrocorticosterone) และคอร์ติโคสเตอโรน (Corticosterone) สำหรับคอร์ติซอลและคอร์ติโซน สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้

หน้าที่

1. ควบคุมเมตาโบลิซึม (Metabolism) ของคาร์โบไฮเดรตภายในร่างกาย

1.1 กระตุ้นการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) และไกลโครเจน (Glycogen) ในตับและกล้ามเนื้อให้เป็นกลูโคส (Glucose) เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด

1.2 กระตุ้นการสร้างน้ำตาลจากสารชนิดอื่น โดยกระตุ้นเซลล์ตับให้เปลี่ยนกรดอะมิโนและกรดไขมันเป็นคาร์โบไฮเดรต

1.3 กระตุ้นการสังเคราะห์ไกลโครเจนโดยการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นไกลโครเจนสะสมไว้ที่ตับ (Liver)

2. ควบคุมเมตาโบลิซึมของโปรตีนและไขมัน โดยเพิ่มอัตราการสลายตัวของโปรตีนและไขมันในร่างกาย

3. ควบคุมและรักษาสมดุลของเกลือแร่ภายในร่างกายได้เล็กน้อย ซึ่งมีผลน้อยกว่าฮอร์โมนมิเนราโลคอร์ติคอยด์ (Mineralocorticoid)

4. ต่อต้านการอักเสบ (Antiinflammation) ของเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยยับยั้งการสร้างแอนติบอดี (Antibody) การสร้างเม็ดเลือดขาว และขัดขวางการทำลายสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว ซึ่งในปัจจุบันฮอร์โมนนี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในวงการแพทย์ในด้านเป็นยาลดอาการอักเสบ เช่น ใช้ในการรักษาโรคข้ออักเสบ หรือข้อบวม (Arthritis) มะเร็งของเม็ดเลือดขาว (Leukaemia) โรคภูมิแพ้และโรคผิวหนัง เพราะมันมีหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการใช้เกลือแร่บางอย่างและคาร์โบไฮเดรตบางอย่างให้เป็นปกติ แต่ฮอร์โมนนี้ก็มีผลข้างเคียงของยาเหล่านี้ด้วย เช่นจำนวนเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ (Lumphocyte) ลดลง ผลต่อการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารทำให้ลดการต้านทานเชื้อโรคของร่างกายเป็นต้น

2. ฮอร์โมนมิเนราโลคอร์ติคอยด์ (Mineralocorticoid) เป็นคอร์ติคอยด์ที่เซลล์ในพวก Zona glomerulosa สร้างขึ้นฮอร์โมนที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ แอลโดสเตอโรน (Aldosterone) หน้าที่หลักของฮอร์โมนกลุ่มนี้คือ ควบคุมระดับน้ำและแร่ธาตุในร่างกายให้สมดุล

ฮอร์โมนกลุ่มนี้ถ้ามีน้อยเกินไปหรือมีไม่เพียงพอหรือไม่มีเลย จะทำให้มีการขับโซเดียม (Sodium) และคลอไรด์ออกมากับปัสสาวะมากเป็นเหตุให้น้ำหล่อเลี้ยงเซลล์ต่าง ๆ และน้ำในเลือดถูกขับออกไปด้วย จึงทำให้ปริมาตรของน้ำเลือดลดลง ในขณะเดียวกันก็มีการสะสมโพแทสเซียม (Potassium) มากขึ้น ซึ่งกรณีนี้ทำให้ความดันเลือดต่ำอาจทำให้ถึงกับเสียชีวิตได้ แต่ถ้าร่างกายมีฮอร์โมนกลุ่มนี้มากเกินไปหรือทำงานมากเกินไป จะทำให้มีการขับโพแทสเซียมออกไปกับปัสสาวะมาก จึงเหลือโพแทสเซียมอยู่ในร่างกายน้อยกว่าปกติ และขณะเดียวกันก็มีการสะสมโซเดียมเอาไว้มากด้วย

หน้าที่

1. ควบคุมการทำงานของไตในการดูดน้ำและโซเดียมเข้าสู่เส้นเลือดและขับโพแทสเซียมออกจากท่อของหน่วยไตให้สมดุลกับความต้องการของร่างกาย เนื่องจากโซเดียมเป็นเกลือแร่สำคัญที่สุดในการรักษาปริมาณน้ำในกระแสเลือดและน้ำเหลือง ดังนั้นฮอร์โมนกลุ่มนี้จึงมีผลในการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกายด้วย

2. ช่วยควบคุมเมตาโบลิซึม (Metabolism) ของคาร์โบไฮเดรตด้วยเหมือนกันแต่ไม่ดีเท่ากลูโคคอร์ติคอยด์

3. ฮอร์โมนเพศ (Sex hormone or Cortisal sex hormone) เป็นคอร์ติคอยด์ที่เซลล์ในพวก Zona reticularis สร้างขึ้นได้แก่ อีสโทรเจน (Estrogen) และโพรเจสเทอโรน (Progesterone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิง และเทสโทสเตอโรน (Testosterone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศชาย ดังนั้นในเพศชายจึงมีฮอร์โมนเพศหญิง ในเพศหญิงก็มีฮอร์โมนเพศชายอยู่ด้วย หน้าที่ของฮอร์โมนเพศนี้จะเหมือนกับฮอร์โมนเพศที่สร้างออกมาจากอวัยวะสืบพันธุ์แต่มีประสิทธิภาพในการทำงานน้อยกว่า ในภาวะปกติฮอร์โมนที่อัดรีนัลคอร์เทกซ์สร้างฮอร์โมนเพศได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเทียบกับฮอร์โมนเพศที่สร้างมาจากอัณฑะและรังไข่ และส่วนใหญ่จะเป็นฮอร์โมนเพศชายมากกว่า ส่วนฮอร์โมนเพศหญิงจะมีน้อย

ถ้าฮอร์โมนเพศมีมากเกินปกติจะเป็น Adrenogenital syndrome ซึ่งถ้าเป็นในเพศหญิงที่โตแล้วจะทำให้มีหนวดเกิดขึ้นประจำเดือนหยุด อวัยวะสืบพันธุ์ภายนอกคลีทอรีส (Clitoris) มีลักษณะค่อนข้างมาคล้ายทางของอวัยวะเพศชาย (Penis) และเสียงต่ำเป็นผู้ชาย ถ้าเกิดกับเพศหญิงที่ยังเด็กจะทำให้มีลักษณะคล้ายเป็นกระเทย (Pseudo hermaphroditism) แต่ถ้าเกิดกับเด็กผู้ชายจะแสดงอาการเป็นหนุ่มเร็วขึ้น อ้วนขึ้น มีใบหน้ากลม (Moon face) ผมขึ้นดก

อวัยวะเป้าหมาย

1. อวัยวะทั่วไป (Organ)

ความผิดปกติของร่างกายเนื่องจากฮอร์โมนอัดรีนัลคอร์เทกซ์

1. กลุ่มอาการของโรคคูชชิ่ง (Cushing's syndrome) เกิดขึ้นจากร่างกายมีฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (Glucocorticoid hormone) มากเกินไป สภาวะเช่นนี้อาจเกิดจากตัวต่อมหมวกไตมีการเจริญและทำงานมากกว่าปกติหรือจากการที่ฮอร์โมนอัดรีโนคอร์ติโคโทรฟิก (ACTH) มากระตุ้นให้ต่อมหมวกไตทำงานมาก ทำให้มีความผิดปกติเกี่ยวกับเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น กล้ามเนื้ออ่อนแรง เนื่องจากมีการสลายโปรตีนและไขมันตามบริเวณ แขน ขา แต่มีการสะสมไขมันที่บริเวณแกนกลางลำตัว เช่น ใบหน้ากลมคล้ายพระจันทร์ (Moon face) บริเวณต้นคอมีหนอกยื่นออกมา (Buffalo hump) ผมร่วง ผิวบางและเลือดออกง่าย ความดันเลือดสูง

2. โรคแอดดิสัน (Addision's disease) เกิดจากอัดรีนัลคอร์เทกซ์ถูกทำลายจนไม่สามารถสร้างฮอร์โมนได้หรือสร้างฮอร์โมนออกมาน้อยกว่าปกติทำให้ขาดฮอร์โมนจากอัดรีนัลคอร์เทกซ์ โดยมากความผิดปกตินี้เกิดจากตัวต่อมหมวกไต ทำให้มีอาการอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย ร่างกายขาดน้ำ มีอาการซูบผอม ผิวหนังตกกระ กล้ามเนื้ออ่อนแรง ความดันเลือดและน้ำตาลในเลือดมักต่ำทำให้เวียนศีรษะและเป็นลมบ่อย ๆ ผิวหนังบริเวณข้อต่อหรือรอยพับ เช่น ข้อศอก หัวเข่า เส้นลายมือ เหงือก ใบหน้า รวมทั้งหัวนมจะดำหรือคล้ำขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้ทางเดินอาหารไม่ปกติ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องร่วงอย่างรุนแรง ร่างกาย ไม่สามารถรักษาสมดุลของแร่ธาตุได้ และอาจทำให้เสียชีวิตได้ในที่สุด

5.2 อัดรีนัลเมดัลลา (Adrenal medulla)

อัดรีนัลเมดัลลาเป็นเนื้อเยื่อชั้นในของต่อมหมวกไตประกอบขึ้นด้วยเซลล์ที่มีลักษณะคล้ายกับเซลล์ประสาทเพราะมีต้นตออันเดียวกัน เซลล์เหล่านี้ส่วนมากอยู่กันเป็นกลุ่ม ๆ โดยไม่มีระเบียบและมีแอ่งของเลือด (Sinusoid) กั้นทำให้แยกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ เรียกเซลล์ของอัดรีนัลเมดัลลาว่า Chromaffin cell

ฮอร์โมนที่อัดรีนัลเมดัลลาสร้างขึ้นมี 2 ชนิด คือ อัดรีนาลินฮอร์โมน และนอร์อัดรีนาลินฮอร์โมน ทั้งสองฮอร์โมนมีชื่อเรียกรวมกันว่า Catecholamine

1. อัดรีนาลินฮอร์โมน (Adrenalin hormone) หรือ ฮอร์โมนเอพิเนฟริน (Epinephrine) หรืออัดรีนิน (Adrenin) ซึ่งสามารถสกัดออกมาจากอัดรีนัลเมดัลลาได้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1902 โดย J.J.Able และปัจจุบันได้สังเคราะห์ขึ้นมาใช้ ฮอร์โมนนี้มักจะถูกกระตุ้นให้หลั่งออกมามากตอนที่ร่างกายต้องปรับสภาพให้เหมาะสมต่อภาวะตึงเครียดหรือร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงจากอารมณ์ เช่น โกรธ ตกใจ เสียใจ ทำให้มนุษย์สามารถทำอะไรได้อย่างไม่คาดฝันและไม่เคยทำมาก่อน เช่น เวลาไฟไหม้สามารถยกโอ่งน้ำ ซึ่งเป็นของหนักได้ โดยฮอร์โมนนี้จะไปกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic)

หน้าที่

1. กระตุ้นตับและกล้ามเนื้อให้เปลี่ยนไกลโครเจน (Glycogen) เป็นกลูโคส (Glucose) ออกสู่กระแสเลือดทำให้มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงจึงมีกำลังมากขึ้นกว่าปกติ

2. กระตุ้นให้หัวใจเต้นเร็วและแรงมีการสูบฉีดโลหิตเพิ่มขึ้น

3. กระตุ้นให้หลอดลมขยายตัวเพื่อให้อากาศผ่านเข้าปอดได้มาก ทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น เพิ่มการให้ออกซิเจน

4. ทำให้เส้นเลือดอาร์เตอรี (Artery) หรือเส้นเลือดแดงขนาดเล็ก ๆ ที่บริเวณอวัยวะต่าง ๆ ที่ต้องทำงานในขณะที่เกิดความตึงเครียดทางอารมณ์ เช่น หัวใจ สมอง และตับ ขยายตัวเพื่อให้มีเลือดไปเลี้ยงมากขึ้น แต่เส้นเลือดแดงขนาดเล็ก ๆ ที่บริเวณผิวหนังหดตัวทำให้ผิวซีด หน้าซีด ม่านตาขยาย และกล้ามเนื้อเรียบ เช่น ช่องท้องหดตัว หรือมดลูกหดตัวและยังทำให้ขนลุกอีกด้วย

5. กระตุ้นระบบประสาทกลางให้เกิดการตื่นตัว การตัดสินใจเร็วขึ้นจิตใจจะมีความกล้าเพิ่มขึ้น ทำให้แสดงพฤติกรรมกระทำในสิ่งที่ไม่กล้ากระทำมาก่อน

2. นอร์อัดรีนาลินฮอร์โมน (Noradrenalin hormone) หรือฮอร์โมน นอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) พบครั้งแรกเมื่อ ค.ศ.1949 โดย B.F. Tullar และปัจจุบันนี้สามารถสกัดออกมาจากอัดรีนัลเมดัลลาได้แล้ว ฮอร์โมนนี้นอกจากจะหลั่งมาจากอัดรีนัลเมดัลลาแล้วยังหลั่งออกมาจากปลายเส้นประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic) ของระบบประสาทอัตโนมัติอีกด้วย

หน้าที่

1. กระตุ้นเส้นเลือดอาร์เตอรีหรือเส้นเลือดแดงขนาดเล็ก ๆตามอวัยวะต่าง ๆ ให้บีบตัว ซึ่งทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับอัดรีนาลินฮอร์โมน
2. ความดันเลือดสูง
3. การเต้นของหัวใจ การขยายหลอดลม การเพิ่มน้ำตาลในเลือด การเพิ่มอัตราการหายใจของร่างกายจะน้อยกว่าอัดรีนาลินฮอร์โมน

อวัยวะเป้าหมาย

1. ตับ (Liver)
2. กล้ามเนื้อ (Muscle)
3. อวัยวะทั่วไป (Organ)

ความผิดปกติของร่างกายเนื่องจากฮอร์โมนอัดรีนัลเมดัลลา

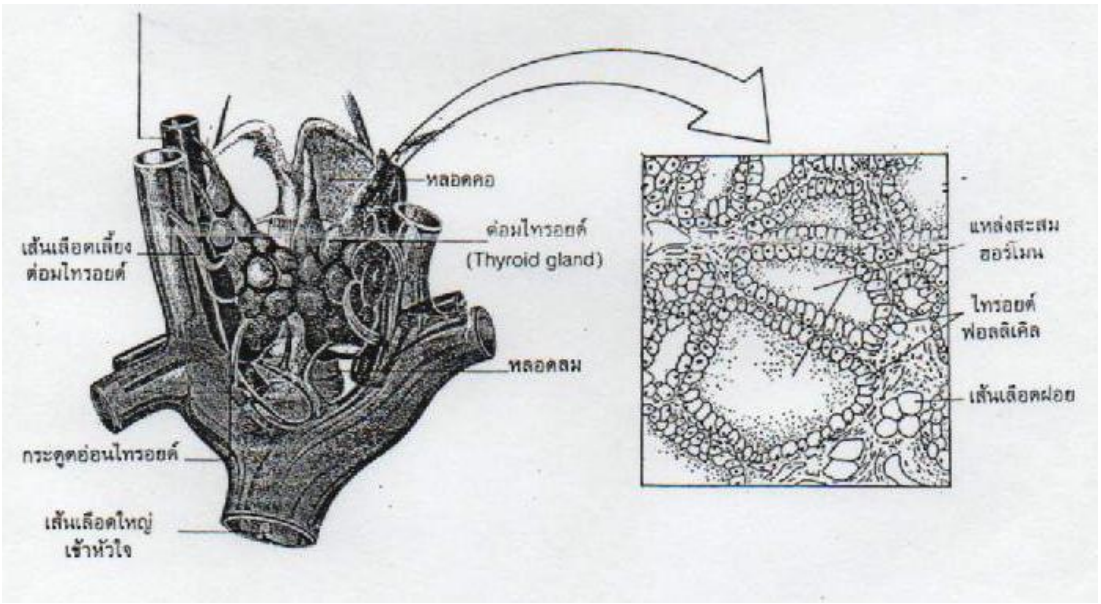
1. การหลั่งฮอร์โมนจากอัดรีนัลเมดัลลาจะอยู่ภายใต้การควบคุมของสมองส่วนไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) ในภาวะปกติจะหลั่งฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดในปริมาณที่เหมาะสมกับร่างกายโดยมีการหลั่งนอร์อัดรีนาลินฮอร์โมนมากกว่าอัดรีนาลินฮอร์โมนแต่ในภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ มีความตึงเครียดทางจิตใจ เช่น โกรธ ตกใจ กลัว ตื่นเต้น เป็นต้น ภาวะดังกล่าวนี้จะทำให้อัดรีนัลเมดัลลาถูกกระตุ้น ร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนอัดรีนาลินออกมามากกว่าปกติ ทำให้มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น เมตาโบลิซึมเพิ่มมากขึ้น ร่างกายจึงมีพลังงานมากกว่าปกติอันมีผลทำให้แสดงพฤติกรรมกระทำในสิ่งที่ยามปกติไม่กล้ากระทำ หรือกระทำไม่ได้ออกมา

6. ฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ (Thyriod gland)

ต่อมไทรอยด์(Thyriod gland) เป็นต่อมไร้ท่อที่พบในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังทุกชนิด สำหรับมนุษย์ต่อมไทรอยด์เป็นอวัยวะคู่มีลักษณะเป็นพู (Lobe) มี 2 พูอยู่ 2 ข้างบริเวณลำคอทางด้านหน้าของหลอดลมใต้ลูกกระเดือก ต่อมทั้งสองข้างจะเชื่อมติดต่อกันด้วยเนื้อเยื่อบาง ๆ แคบ ๆ เป็นคอคอด (Isthmus) ทำให้มีรูปร่างคล้ายตัว H หรือผีเสื้อกลางปีก แต่ผู้ตั้งชื่อคือ T.Wharton (ค.ศ.1614-1673) แพทย์ชาวอังกฤษกลับเห็นเป็นรูปโล่จึงให้ชื่อว่าไทรอยด์ (Thyroid) เมื่อปี ค.ศ.1656 ตามรูปที่ 2.133 และ 2.134

รูปที่ 2.133 ตำแหน่งของต่อมไทรอยด์

(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 705)



รูปที่ 2.134 ต่อมไทรอยด์และไทรอยด์ฟอลลิเคิล

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 130)

ต่อมไทรอยด์ของมนุษย์เป็นต่อมไร้ท่อที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีน้ำหนักประมาณ 25-35 กรัม เจริญงอกออกมาจากพื้นของคอหอยต่อเมื่อตัวอ่อน (Embryo) ของมนุษย์เจริญเติบโตมีขนาดยาวประมาณ 4.5 มิลลิเมตร ส่วนที่เชื่อมกับคอหอยก็จะขาดออกจากกัน ทำให้ต่อมไทรอยด์หลุดออกมาเป็นอิสระไม่ติดต่อกับคอหอยอีกต่อไป ต่อมไทรอยด์แต่ละข้างมีเยื่อเกี่ยวพันหุ้มอยู่ 2 ชั้นด้วยกัน และมีเลือดมาเลี้ยงมากมายประกอบขึ้นด้วยกลุ่มเซลล์เป็นก้อนกลม ๆ หรือรูปไข่เล็ก ๆ มีความหนาชั้นเดียวข้างในกลวงขนาดต่าง ๆ กัน เป็นจำนวนมาก ภายในช่องกลวงเรียกว่า ไทรอยด์ฟอลลิเคิล (Thyroid follicle) หรือฟอลลิเคิล (Follicle) หรือแอลเวโอลัส (Alveolus) ดังนั้น ต่อมไทรอยด์จึงประกอบด้วยไทรอยด์ฟอลลิเคิลหลายหมื่นอัน ไทรอยด์ฟอลลิเคิลประกอบด้วยเยื่อบุผิวชนิด Simple columnar หรือ Simple cuboidal ซึ่งจะเป็นชนิดใดขึ้นอยู่กับการทำงานของต่อมไทรอยด์ คือ ถ้าต่อมทำงานมากของเหลวภายในช่องกลวงถูกดูดซึมออกไปมากทำให้ช่องกลวงนั้นเล็กลง เยื่อบุผิวผนังของไทรอยด์ฟอลลิเคิลจะเป็น Simple columnar แต่ถ้าต่อมทำงานน้อยเยื่อบุผิวผนังก็จะเป็น Simple cuboidal เซลล์ที่เป็นผนังของไทรอยด์ฟอลลิเคิลเป็นผู้ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนขึ้นมาแล้วสะสมไว้ภายในช่องกลวง ดังนั้นช่องกลวงดังกล่าวจึงเต็มไปด้วยของเหลวคล้าย ๆ วุ้น มีลักษณะเป็นคอลลอย (Colloid) ซึ่งประกอบด้วยทั้งฮอร์โมนและสารเคมีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่ว่างระหว่างไทรอยด์ฟอลลิเคิลแต่ละกลุ่มจะมีเยื่อเกี่ยวพันแทรกอยู่ซึ่งอาจพบเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์บ้างเล็กน้อย

คอลลอยที่สะสมอยู่ในไทรอยด์ฟอลลิเคิลประกอบขึ้นด้วยโปรตีนชนิดไทโรโกลบูลิน (Thyroglobulin) ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) ที่มีธาตุไอโอดีน (Iodine) แต่ธาตุไอโอดีนไม่สามารถซึมออกจากไทรอยด์ฟอลลิเคิลเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อไปทำงานได้ ทั้งนี้ต้องมีเอมไซม์ (Enzyme) ชนิด Proteolytic ซึ่งสร้างจากไทรอยด์ฟอลลิเคิลเช่นกันมาสลายโปรตีนชนิดไทโรโกลบูลินให้เป็นกรดอะมิโนที่มีธาตุไอโอดีนเกาะอยู่คือ

1. ไตรไอโอโดทิโรซิน (Triiodotyrosine : T_3) หรือไตรไอโอโดไทโรนิน (Triiodothyronine)

2. ไทรอกซิน (Thyroxin : Tx) หรือเททระไอโอโดไทโรซิน (Tetraiodothyrosine : T_4) หรือ เททระไอโอโดไทโรนิน (Tetraiodothyronine)

ซึ่งทั้ง T_3 และ Tx หรือ T_4 จะซึมเข้ากระแสเลือดและไปทำหน้าที่ฮอร์โมนได้เลยโดย T_3 มีฤทธิ์แรงกว่า T_4 ถึง 7 เท่า แต่ในเลือดจะพบ T_4 มากกว่า T_3 ส่วนกรดอะมิโนอื่น ๆ เช่น โมโนไอโอโดทิโรซิน (Monoiodotyrosine : MIT) และไดไอโอโดทิโรซิน (Diiodotyrosine : DIT) ไม่ออกจากไทรอยด์ฟอลลิเคิล แต่จะสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยอาศัยเอนไซม์ชนิด Deiobinase เพื่อนำธาตุไอโอดินไปสร้างโปรตีนชนิดไทโรโกลบูลินใหม่ ดังนั้น T_3 และ T_4 นอกจากจะได้จากการสลายตัวของโปรตีนชนิดไทโรโกลบูลินแล้ว ยังได้จากการรวมตัวของ MIT และ DIT อีกด้วย

ฮอร์โมนที่สำคัญจากต่อมไทรอยด์ที่มีธาตุไอโอดีน (Iodine) เกาะอยู่มี 3 ชนิด คือ

1. ไทรอกซิน (Thyroxin : Tx) หรือเททระไอโอโดไทโรซิน (Tetraiodothyrosine : T_4) หรือ เททระไอโอโดไทโรนิน (Tetraiodothyronine)

2. ไตรไอโอโดทิโรซิน (Triiodotyrosine : T_3) หรือ ไตรไอโอโดไทโรนิน (TriioDothyronine)

3. ไทโรคอลซิโทนิน (Thyrocalcitonin) หรือ คอลซิโทนิน (Calcitonin)

1. ไทรอกซิน (Tx หรือ T_4) เป็นฮอร์โมนที่นักชีวเคมี E.C. Kendall ชาวอเมริกันสามารถแยกออกเป็นผลึกบริสุทธิ์จากเนื้อเยื่อของต่อมไทรอยด์ในสัตว์เมื่อปี ค.ศ.1914 และเป็นผู้ตั้งชื่อไทรอกซิน ต่อมาในปี ค.ศ.1926 ก็ทราบลักษณะโครงสร้างทางเคมีและในปี ค.ศ.1927 C.R. Harrington และ G.Barger ก็สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เป็นครั้งแรก

2. ไตรไอโอโดทิโรซิน (T_3) เมื่อปี ค.ศ.1952 ถูกค้นพบโดย J. Gross และ R. Pitt – Rivers ซึ่งพบว่ามีฤทธิ์แรงกว่าไทรอกซินอีกด้วย

ไทรอกซินและไตรไอโอโดทิโรซิน เป็นฮอร์โมนที่มีธาตุไอโอดีน (Iodine) เป็นส่วนประกอบสำคัญมีบทบาทและหน้าที่อย่างเดียวกันในการควบคุมเมตาโบลิซึม (Metabolism) ของร่างกายซึ่งจำเป็นต่อการเจริญและพัฒนาการของร่างกายโดยเฉพาะพัฒนาการของสมอง

หน้าที่

1. ควบคุมเมตาโบลิซึมของร่างกาย ทำให้ร่างกายใช้อาหารและออกซิเจนในการสร้างพลังงานได้อย่างเต็มที่แต่ผลดังกล่าวนี้มิได้มีสาเหตุมาจากต่อมไทรอยด์เพียงอย่างเดียว แต่อาจเป็นผลมาจากฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตของเนื้อเยื่อชั้นนอกที่เรียกว่าอัดรีนัลคอร์เทกซ์ (Adrenal cortex) ซึ่งถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนอัดรีโนคอร์ติโคโทรฟิก (Adrenocorticotrophic : ACTH) หรืออัดรีโนคอร์ติโคโทรฟิน (Adrenocorticotrophin) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า

2. ทำหน้าที่ร่วมกับโกรทฮอร์โมน (Growth hormone : GH) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าในการควบคุมการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงของระบบโครงกระดูก ระบบประสาท ระบบหัวใจ และเส้นเลือดทำให้ร่างกายเจริญเติบโตมีจิตใจ สติปัญญา เชาว์ ปฏิภาณ และไหวพริบต่าง ๆ เจริญเต็มที่ด้วย

3. ควบคุมการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงของอวัยวะสืบพันธุ์ รวมทั้งการสร้างฮอร์โมนเพศให้เป็นปกติ

4. ควบคุมเมตามอร์โฟซิส (Metamorphosis) ในพวกสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ เช่น กบ พบว่าฮอร์โมนนี้จะกระตุ้นการเปลี่ยนจากลูกอ๊อดเป็นกบเต็มวัย จากการทดลองถ้าเราตัดต่อมไทรอยด์ของลูกอ๊อดออก ลูกอ๊อดจะไม่มีโอกาสเจริญเป็นตัวเต็มวัยได้เลยตลอดชีวิต เพราะไม่มีเมตามอร์โฟซิสเกิดขึ้น แต่ถ้าเลี้ยงลูกอ๊อดที่

เกิดขึ้นใหม่ ๆ ในน้ำที่มีฮอร์โมนของต่อมไทรอยด์อยู่ ลูกอ๊อดนั้นจะมีเมตามอร์โฟซิสเกิดขึ้นกลายเป็นกบตัวเล็ก ๆ อย่างรวดเร็ว

อวัยวะเป้าหมาย

1. กล้ามเนื้อ (Muscle)
2. ตับ (Liver)
3. ไต (Kidney)
4. หัวใจ (Hearth)

ความผิดปกติของร่างกายเนื่องจากไทรอกซินและไตรไอโอโดทิโรซิน

ถ้าร่างกายมนุษย์ขาดหรือมีฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้น้อยเกินไปจะเรียกอาการเช่นนี้ว่า Hypothyroidism จะทำให้มีอัตราของเมตาโบลิซึม (Metabolism) ต่ำกว่าปกติ การเจริญเติบโตของร่างกายและจิตใจก็ด้อยลงไปด้วยมีอยู่ 3 แบบ คือ

1. ครีทินิซึม (Cretinism) เป็นความผิดปกติของร่างกายที่เกิดจากต่อมไทรอยด์ฝ่อหรือพิการตั้งแต่กำเนิดทำให้เกิดภาวะการขาดฮอร์โมนในวัยเด็ก มีผลทำให้ร่างกายไม่เจริญเติบโต การเจริญของกระดูกลดลง ตัวเล็กเตี้ยแคระ แขนขาสั้น ผิวหนังหยาบแห้ง ผมบาง ระดับสติปัญญาต่ำ เมื่อย่างเข้าสู่วัยหนุ่มสาวจะไม่มีการเจริญเติบโตทางเพศ (Secondary sexual character) เกิดขึ้น ถ้าเป็นมาก ๆ จะเป็นโรคจิตทรามแต่ถ้าทำการรักษาตั้งแต่แรกเริ่มที่เป็นเด็กก็อาจจะเติบโตมีจิตใจและสติปัญญาดีขึ้นได้

2. มิกซีดีมา (Myxedema) เป็นความผิดปกติของร่างกายเนื่องจากการขาดฮอร์โมนในวัยผู้ใหญ่ เพราะต่อมไทรอยด์หลั่งฮอร์โมนออกมาน้อยกว่าปกติ อัตราเมตาโบลิซึมลดต่ำกว่าปกติทำให้อุณหภูมิของร่างกายต่ำ ตัวเย็นทนความหนาวไม่ได้ ผิวหนังแห้ง ผมและขนร่วง หน้าและมือบวม กล้ามเนื้ออ่อนแรงเหนื่อยง่าย อ้วนแต่ไม่แข็งแรง ร่างกายอ่อนแอติดเชื้อง่าย อัตราการเต้นของหัวใจและการหายใจจะช้า นอกจากนี้ยังมีอาการซึม เฉื่อยชา ความจำเสื่อม ในเพศหญิงประจำเดือนจะน้อยและมาไม่สม่ำเสมอ โรคนี้ส่วนมากเป็นกับเพศหญิงมากกว่าเพศชาย สามารถรักษาได้โดยการฉีด Thyroid extract เข้าร่างกาย

3. โรคคอพอกหรือโรคคอหอยพอก (Goiter) หมายถึง การที่ต่อมไทรอยด์มีขนาดใหญ่กว่าปกติสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะคือ

3.1 โรคคอพอกชนิดธรรมดา (Simple goiter) หรือคอพอกชนิดไม่เป็นพิษ เนื่องจากรับประทานอาหารที่ขาดธาตุไอโอดีน (Iodine) ส่วนมากพบในพวกที่อยู่ห่างไกลจากทะเล ไม่มีโอกาสรับประทานอาหารทะเลและเกลือในท้องถิ่นนั้น ๆ เป็นเกลือที่ขาดธาตุไอโอดีน ซึ่งธาตุไอโอดีนเป็นองค์ประกอบสำคัญของฮอร์โมน ด้วยเหตุนี้การขาดธาตุไอโอดีนหรือได้รับน้อยจะมีผลให้ต่อมไทรอยด์ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนทั้งสองได้ ทำให้ไม่มีฮอร์โมนไปห้ามหรือยับยั้งการหลั่งของฮอร์โมนไทโรโทรฟิก (Thyrotrophic hormone) หรือไทรอยด์สติมิวเลติงฮอร์โมน (Thyroid stimulating hormone : TSH) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior lobe of pituitary gland) ทำให้ฮอร์โมน TSH หลั่งออกมามากก็ไปกระตุ้นต่อม

ไทรอยด์มากเกินไปกว่าระดับปกติ แต่ต่อมไทรอยด์ก็ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนไทรอกซิน (Tx) และฮอร์โมนไตรไอโอโดทิโรซิน (T_4) ขึ้นมาได้เนื่องจากขาดธาตุไอโอดีน จึงทำให้ต่อมไทรอยด์ที่ถูกกระตุ้นมากเกินไปโตขึ้นเรื่อย ๆ จนบริเวณคอพองโตยื่นออกมา ผู้ป่วยโรคคอพอกลักษณะนี้มีอาการเหมือนมิกซีดีมา (Myxedema) และมีคอพอกร่วมด้วย ในประเทศไทยโรคนี้มักพบในเพศหญิงวัยรุ่น มีรายงานว่าถ้าร่างกายขาดฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์อาจทำให้เกิดถุงน้ำ (Cyst) ขึ้นที่รังไข่อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เพศหญิงเป็นหมันได้

การรักษา

1. ถ้ารักษาในระยะแรก ๆ ให้ร่างกายได้รับอาหารที่มีธาตุไอโอดีนเพียงพอจะสามารถช่วยฟื้นฟูให้ต่อมไทรอยด์ทำงานได้เป็นปกติ อาการผิดปกติต่าง ๆ จะหายไปรวมทั้งคอก็จะยุบลงไปด้วย ในแต่ละวันร่างกายปกติต้องการไอโอดีนประมาณ 0.2 มิลลิกรัม

2. ถ้ารักษาในระยะที่เป็นมาก ๆ แล้วจะพบว่ามีอาการหายใจหอบหรือรับประทานอาหารลำบาก จะต้องรักษาด้วยวิธีผ่าตัดและให้ยาพวกไอโอดีน

3.2 โรคคอพอกเป็นพิษ (Toxic goiter) หรือคอพอกตาโปน (Exophthalmic goiter) เกิดจากร่างกายมีฮอร์โมนไทรอกซิน (Tx) และฮอร์โมนไตรไอโอโดทิโรซิน (T_4) มากเกินไป เรียกว่า Heperthyroidism ซึ่งส่วนมากมีสาเหตุมาจากต่อมไทรอยด์ผิดปกติ

ผู้ป่วยโรคนี้จะมีอัตราเมตาโบลิซึมเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในร่างกายมากอย่างรวดเร็ว มีเหงื่อออกมากกว่าปกติ ความดันเลือดสูง หัวใจเต้นเร็วจนใจสั่น เหนื่อยง่าย มือสั่น อ่อนเพลีย มีอาการหิวอย่างรุนแรงทำให้กินจุ แต่น้ำหนักตัวลดลงและผอมลงเนื่องจากอาหารที่รับประทานเข้าไปถูกใช้อย่างรวดเร็ว ประสาทเครียด นอนไม่หลับ หงุดหงิดฉุนเฉียวง่าย นอกจากนี้คอจะโตขึ้นแต่ไม่โตมากนักอาการนี้เรียกว่า คอพอกเป็นพิษ และถ้ามีอาการตาบวมถลนจากเบ้าเรียกว่า คอพอกตาโปน ซึ่งมักเกิดกับเพศหญิงและอาจถึงตายได้ในที่สุด นายแพทย์ชาวไอริช R. Graves ได้อธิบายอาการคอพอกตาโปนเป็นคนแรกเมื่อปี ค.ศ.1835

การรักษา

1. รักษาโดยให้คนไข้กินยาที่ไปขัดขวางการสร้างฮอร์โมนซึ่งต้องใช้เวลานานประมาณ 12 -18 เดือน และต้องอยู่ในความดูแลของแพทย์เพราะผลจากยาจะทำให้เม็ดเลือดขาวลดลง

2. ใช้วิธีการผ่าตัดบางส่วนของต่อมไทรอยด์ออก แล้วรักษาด้วยรังสีเอ็กซ์ เพื่อทำลายเซลล์บางส่วนให้ตายไปทำให้สร้างฮอร์โมนต่อไปไม่ได้หรือฉีดแอนติบอดี (Antibody) เพื่อไปต้านสารที่กระตุ้นต่อมไทรอยด์หรือฉีดสารไอโอดีนกัมมันตรังสี (Radioactive iodine) เข้าร่างกาย เมื่อต่อมไทรอยด์สะสมไอโอดีนไว้แล้วรังสีของมันจะทำลายเซลล์เหล่านั้นได้

3. ไทโรคอลซิโทนิน (Thyrocalcitonin) หรือคอลซิโทนิน (calcitonin) เป็นฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ที่สร้างขึ้นจากเซลล์ที่อยู่นอกไทรอยด์ฟอลลิเคิล (Thyroid follicle) เรียกว่า Parafollicular cell ซึ่งแต่เดิมเข้าใจว่าสร้างมาจากต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid gland) แล้วตั้งชื่อว่า Calcitonin โดย D.H.Copp กับพวก แล้วต่อมา P.F.Hirsch กับพวกพบว่าสร้างมาจากต่อมไทรอยด์ แล้วจึงตั้งชื่อว่า Thyrocalcitonin ฮอร์โมนนี้เป็น

พวกโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) สายเดียว การหลั่งฮอร์โมนนี้ไม่ได้ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมองส่วนหน้า แต่ถูกควบคุมโดยระดับแคลเซียม (Calcium) ในเลือด ถ้าแคลเซียมในเลือดสูงขึ้นคอลซิโทนินก็สูงขึ้น และถ้าแคลเซียมในเลือดลดลงคอลซิโทนินในเลือดก็ลดลงเช่นกัน

หน้าที่

1. ลดระดับแคลเซียมในเลือดที่สูงเกินปกติให้เข้าสู่ระดับปกติ โดยการดึงแคลเซียมส่วนเกินไปสะสมไว้ในกระดูกมากขึ้นทำให้กระดูกหนาขึ้น วิธีนี้เป็นการช่วยป้องกันการทำลายกระดูกในระยะตั้งครรภ์และระยะให้นมลูก และเพิ่มการขับแคลเซียมออกในปัสสาวะ
2. จะทำงานร่วมกับฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์และวิตามินดี

อวัยวะเป้าหมาย

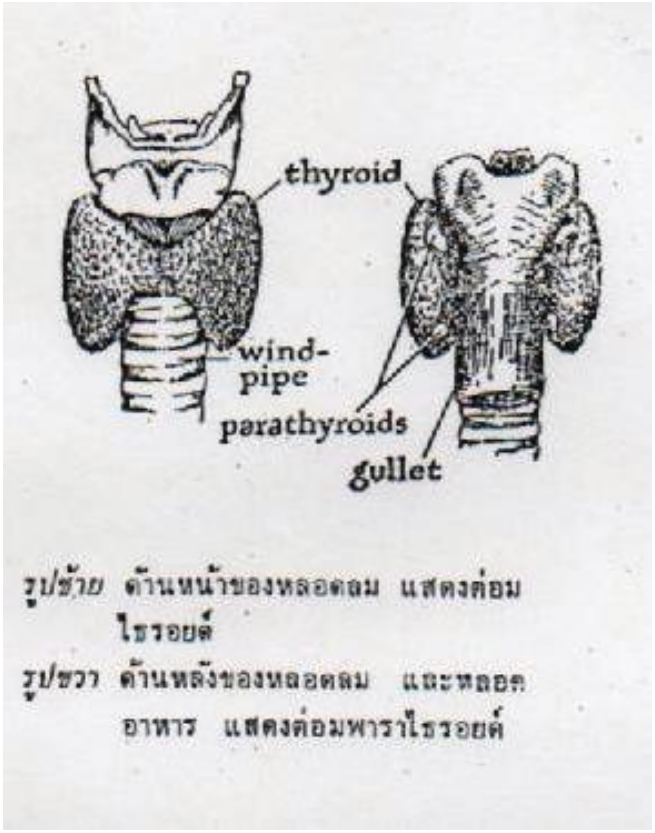
1. กระดูก (Bone)
2. ไต (Kidney)

7. ฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid gland)

ต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid gland) พบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1880 โดย I.V. Sandstrom ซึ่งต่อมนี้จะเริ่มมีในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำเป็นต้นไป สำหรับในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำพวกปลาจะไม่มีต่อมพาราไทรอยด์ เนื่องจากในเลือดของปลามีแคลเซียมสูงกว่าในสัตว์ที่มีต่อมนี้

ต่อมพาราไทรอยด์ของมนุษย์มีลักษณะเป็นก้อนของเนื้อเยื่อขนาดเท่าเมล็ดถั่วเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 – 13 มิลลิเมตร มีจำนวน 4 ต่อม ฝังอยู่ด้านหลังของต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland) ข้างละ 2 ต่อม อยู่ข้างบน 2 ต่อม ข้างล่าง 2 ต่อม แต่ละต่อมจะห้อมล้อมด้วยเยื่อเกี่ยวพันประกอบกันเป็นแคปซูล (Capsule) และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนี้ยื่นเข้าไปในเนื้อของต่อมไทรอยด์แต่ไม่แบ่งเนื้อของต่อมออกเป็นก้อนเล็ก ๆ อีกที่หนึ่ง ซึ่งไม่เหมือนกับต่อมไทรอยด์ที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันยื่นเข้าไป แล้วแบ่งเนื้อของต่อมไทรอยด์ออกเป็นก้อนเล็ก ๆ หรือฟอลลิเคิล (Follicle) อย่างชัดเจน

เนื้อของต่อมพาราไทรอยด์ประกอบขึ้นด้วยเซลล์ที่คล้าย ๆ กับของต่อมไทรอยด์ แต่เซลล์จะอยู่เบียดกันแน่นมากทำให้การเรียงตัวของเซลล์ไม่เหมือนของต่อมไทรอยด์ ส่วนคอลลอย (Colloid) ที่เป็นของเหลวคล้ายวุ้นที่อยู่ภายในฟอลลิเคิลก็คล้าย ๆ กับต่อมไทรอยด์เพียงแต่ไม่มีส่วนประกอบของธาตุไอโอดีน (Iodine) อยู่เลย สำหรับการเจริญเติบโตของต่อมพาราไทรอยด์ในตอนที่ยังเป็นตัวอ่อน (Embryo) มีการเจริญเติบโตจากการงอกออกมาจากคอหอยและมีวิวัฒนาการของเหงือก (Gill pouch) มาเกี่ยวข้องด้วยเช่นเดียวกับต่อมไทมัส (Thymus gland) ตามรูปที่ 2.135



รูปที่ 2.135 ตำแหน่งของต่อมพาราไทรอยด์
(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 705)

ฮอร์โมนสำคัญที่ต่อมไทรอยด์สร้างขึ้นคือพาราทอร์โมน (Parathormone : PTH) เป็นสารประกอบพวกโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) สายเดียวประกอบขึ้นด้วยกรดอะมิโนประมาณ 48 อณูต่อกัน นักวิทยาศาสตร์แคนาดาชื่อ J.B. Collip สกัดออกจากต่อมได้เป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1925 และตั้งชื่อว่าพาราทอร์โมนเพราะฮอร์โมนนี้มีความสำคัญต่อชีวิตมาก ในสัตว์ถ้าตัดต่อมพาราไทรอยด์ออกไปมันจะตายภายใน 7 วันเท่านั้น สำหรับคนที่เป็นโรคคอพอกที่มีอาการคอโต ต่อมพาราไทรอยด์จะถูกบดบังด้วยเนื้อของต่อมไทรอยด์ แพทย์ที่ทำการรักษาจะต้องผ่าตัดด้วยความระมัดระวังมิให้ตัดส่วนของต่อมพาราไทรอยด์ติดไปโดยเด็ดขาด เพราะจะทำให้เกิดอันตรายถึงกับเสียชีวิตในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งแต่ก่อนเชื่อกันว่าสาเหตุที่ผู้ป่วยตายนั้นเนื่องจากตัดเอาต่อมไทรอยด์ออกไป แต่ปัจจุบันทราบแน่ชัดแล้วว่าไม่เกี่ยวกับการตัดต่อมไทรอยด์เลยหากแต่เกี่ยวกับการตัดเอาต่อมพาราไทรอยด์ออกไปนั้นเอง

หน้าที่

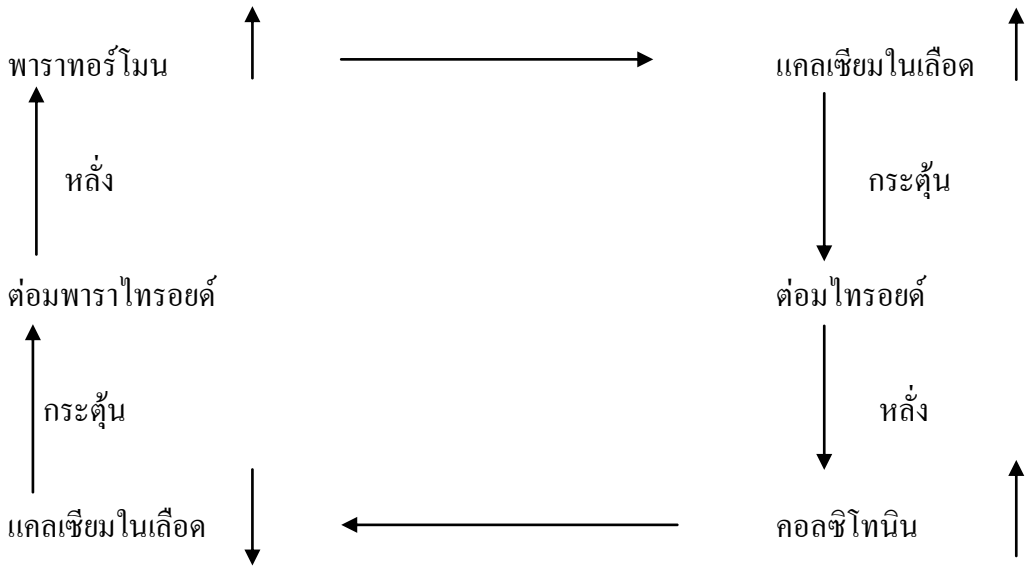
ฮอร์โมนพาราทอร์โมนมีหน้าที่ควบคุมเมตาโบลิซึม (Metabolism) ปรับสมดุลของแคลเซียม (Calcium) และฟอสฟอรัส (Phosphorus) ในร่างกายดังนี้

1. กระตุ้นเซลล์ในกระดูกทำให้แคลเซียมและฟอสฟอรัสละลายจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือด เป็นผลให้แคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือดสูง

2. กระตุ้นไตให้ขับฟอสฟอรัสออกนอกร่างกายโดยไปลดอัตราการดูดกลับของฟอสฟอรัสในหลอดไต แต่ไปเพิ่มอัตราการดูดกลับของแคลเซียม เป็นผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างในเลือดอยู่ในภาวะสมดุล

3. เพิ่มอัตราการดูดซึมแคลเซียมจากอาหารที่ลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดโดยทำงานร่วมกับวิตามินดีและวิตามินซี เมื่อเลือดมีแคลเซียมมากขึ้นจะเป็นผลให้แคลเซียมไปสะสมที่เนื้อเยื่ออ่อนนุ่มได้

4. ทำงานร่วมกับฮอร์โมนคอลซิโทนิน (Calcitonin) จากต่อมไทรอยด์ ถ้าในเลือดมีระดับแคลเซียมต่ำลงกว่าระดับปกติจะกระตุ้นให้ต่อมพาราไทรอยด์หลั่งฮอร์โมนพาราทอร์โมนออกมามากขึ้น เป็นผลให้ระดับแคลเซียมในเลือดสูงขึ้น และเมื่อแคลเซียมสูงขึ้นกว่าปกติจะกระตุ้นให้ต่อมไทรอยด์หลั่งฮอร์โมนคอลซิโทนินออกมามากขึ้น เป็นผลให้แคลเซียมในเลือดต่ำลง ตามแผนภูมิที่ 2.11



แผนภูมิที่ 2.11 การทำงานร่วมกันของฮอร์โมนต่อมพาราไทรอยด์และต่อมไทรอยด์

อวัยวะเป้าหมาย

1. กระดูก (Bone)
2. ไต (Kidney)
3. ลำไส้ (Intestine)

ความผิดปกติของร่างกายเนื่องจากฮอร์โมนพาราทอร์โมน

ธาตุแคลเซียมมีความจำเป็นสำหรับเมตาโบลิซึมของกระดูก การผสมพันธุ์ การทำงานของประสาทและกล้ามเนื้อและธาตุฟอสฟอรัสก็เป็นตัวประกอบที่สำคัญในการทำหน้าที่ควบคุมความสมดุลของกรดและด่างในเลือดอีกทั้งเป็นส่วนประกอบสำคัญของโคเอนไซม์ (Coenzyme) หลายชนิด รวมทั้งเป็นปัจจัยสำคัญในเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าพาราทอร์โมนทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมร่างกายให้อยู่ในสภาพที่เป็นปกติ นอกจากนี้แล้วยังช่วยทำลายพิษภายในร่างกายที่เกิดจากเมตาโบลิซึมของโปรตีนอีกด้วย

1. ถ้าต่อมพาราไทรอยด์บกพร่องทำงานน้อยเกินไป (Hypoparathyroidism) ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดและเนื้อเยื่อลดลงต่ำเรียกว่า Hypocalcemia ซึ่งเมื่อมีบาดแผลเกิดขึ้นก็ทำให้เลือดไหลไม่หยุด ในขณะเดียวกันระดับของฟอสฟอรัสในเลือดก็สูงขึ้นด้วยเรียกว่า Hyperphosphatemia และถ้าร่างกายมีฮอร์โมนพาราทอร์โมน (Parathormone) ลดลงมาก ๆ หรือร่างกายไม่สามารถสร้างฮอร์โมนนี้ได้จะมีผลทำให้การดูดแคลเซียมกลับที่ท่อของหน่วยไตลดน้อยลง ทำให้สูญเสียแคลเซียมไปในปัสสาวะและเป็นผลให้ระดับแคลเซียมในเลือดลดต่ำลงมาก กล้ามเนื้อและประสาทเกิดความรู้สึกไวต่อสิ่งเร้ามากกว่าปกติเป็นผลให้มีอาการเกร็งและชักกระตุก (Tetany) ปอด (Lung) ไม่สามารถทำงานได้และตายในที่สุด อาการในลักษณะนี้จะไม่พบในมนุษย์นอกจากเราตัดเอาต่อมพาราไทรอยด์นี้ออกไปโดยตรง สำหรับอาการผิดปกติเนื่องจากฮอร์โมนพาราทอร์โมนมีน้อยสามารถรักษาได้โดยการฉีดฮอร์โมนพาราทอร์โมนพร้อมกับวิตามินดี เพราะวิตามินดีจะช่วยทำให้ฮอร์โมนพาราทอร์โมนทำงานได้ดียิ่งขึ้น หรือด้วยวิธีรับประทานอาหารที่มีวิตามินดีและมีธาตุแคลเซียมมากแต่มีธาตุฟอสฟอรัสน้อยก็ได้

2. ถ้าต่อมพาราไทรอยด์สร้างฮอร์โมนพาราทอร์โมนมากเกินไป (Hyperparathyroidism) จะไปกระตุ้นให้มีการละลายแคลเซียมและฟอสฟอรัสออกจากกระดูกและฟันเข้ากระแสเลือดมากกว่าปกติด้วย จึงทำให้เลือดมีแคลเซียมสูงเรียกว่า Hapercalcemia และมีฟอสฟอรัสต่ำเรียกว่า Hypophosphatemia ดังนั้นเมื่อกระดูกเสียแคลเซียมและฟอสฟอรัสออกไปมาก ๆ จะมีผลทำให้กระดูกบางและอ่อนลง ทำให้กระดูกงอหรือหักได้ ฟันหักและผุได้ง่าย กล้ามเนื้อลีบอ่อนเปลี้ยมีอาการปวดกระดูก กล้ามเนื้อในขณะเดียวกันก็มีผลให้พวกเกลือแร่ต่าง ๆ ไปสะสมกันอยู่ตามที่ที่ไม่สมควร ทำให้แข็งเช่นที่ไตก็จะทำให้เป็นนิ่วในไตได้ สำหรับการรักษาสามารถทำได้โดยการฉายรังสีเอ็กซ์เพื่อไปทำลายเซลล์บางส่วนได้

8. ต่อมเพศ (Gonads)

ต่อมเพศเป็นอวัยวะสืบพันธุ์ที่ดูไม่ออกว่าเป็นอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้หรือเพศเมียกันแน่ เพราะมีรูปร่างลักษณะเหมือนกันแยกไม่ออกจนกว่าจะได้รู้ว่าเซลล์สืบพันธุ์ที่ต่อมเพศนั้นสร้างขึ้นมาเป็นตัวอสุจิ (Sperm or Spermatozoon) หรือไข่ (Egg or Orum) ซึ่งถ้าเป็นตัวอสุจิของเพศผู้ต่อมเพศที่ว่านั้นก็เป็นอัณฑะ (Testis) และถ้าเป็นไข่ของเพศเมียต่อมเพศนั้นก็เป็นรังไข่ (Ovary) ซึ่งเราเรียกอัณฑะและรังไข่เป็นชื่อรวมกันว่าต่อมเพศ

ในขณะที่ยังเล็กการเจริญเติบโตและการทำงานของอวัยวะสืบพันธุ์จะเกิดขึ้นน้อยจนเมื่อย่างเข้าสู่วัยหนุ่มสาว (Puberty) ต่อมใต้สมองส่วนหน้าจะหลั่งฮอร์โมนโกนาโดโทรฟิน (Gonadotrophin) ประกอบด้วยฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติง (Folicle stimulating hormone : FSH) และฮอร์โมนลูทิไนซิง (Luteinizing hormone : LH) ในปริมาณที่สูงขึ้น เพื่อมากระตุ้นให้อวัยวะสืบพันธุ์เจริญพัฒนาเพิ่มขึ้นและเริ่มสร้างเซลล์สืบพันธุ์อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้อวัยวะสืบพันธุ์สร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศ ซึ่งฮอร์โมนเพศจะมีผลกระตุ้นอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายให้มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อพร้อมในการสืบพันธุ์ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางจิตใจและอารมณ์ด้วย

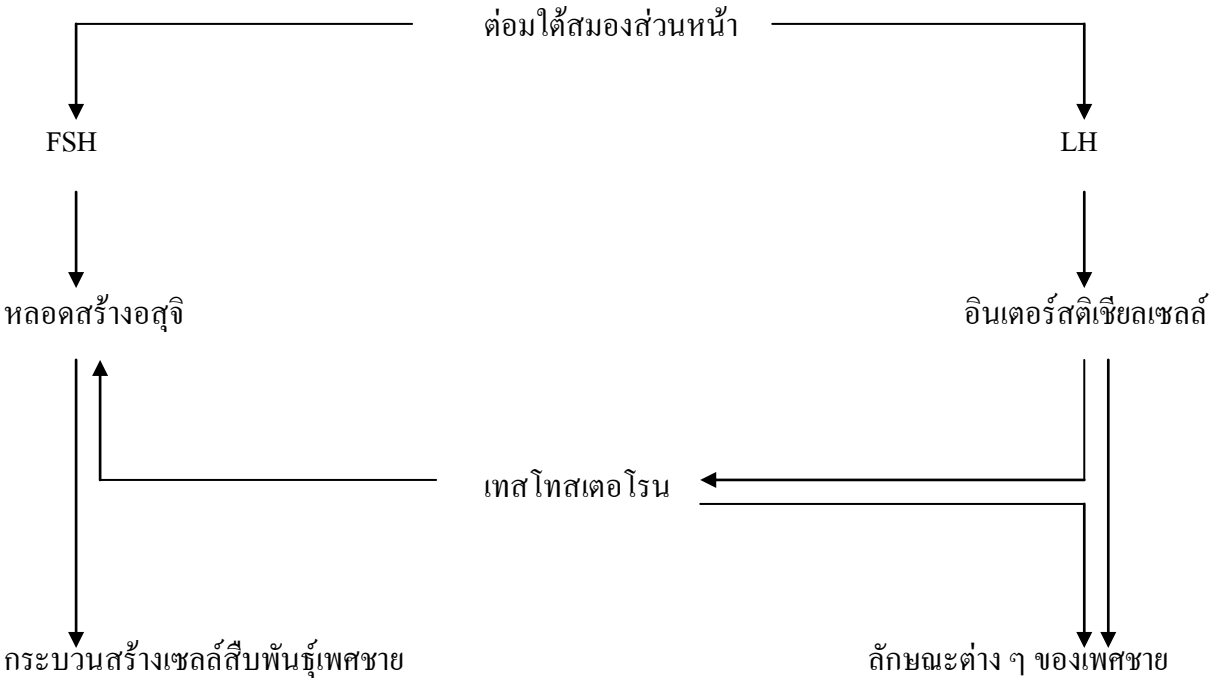
8.1 ฮอร์โมนจากอวัยวะเพศชาย

8.1.1 อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายจะมีอัณฑะ (Testis) ทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการคือสร้างตัวอสุจิและสร้างฮอร์โมนเพศ โดยมีอินเตอร์สติเชียลเซลล์ (Interstitial cell) ซึ่งแทรกอยู่ระหว่างหลอดสร้างตัวอสุจิของลูกอัณฑะ ซึ่งเป็นแหล่งที่สร้างฮอร์โมนเพศชาย

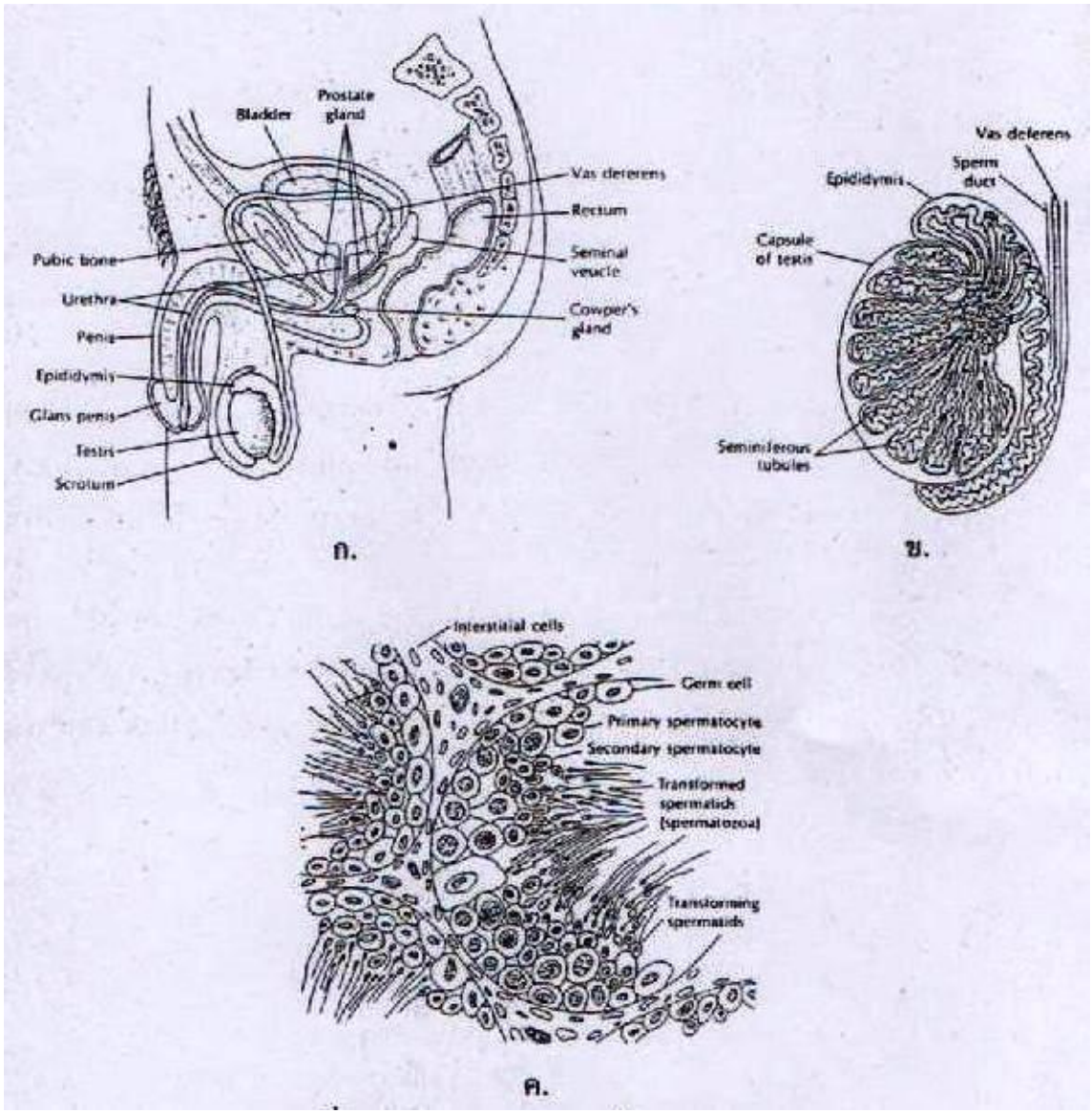
8.1.2 เมื่อเริ่มเข้าสู่วัยหนุ่มอินเตอร์สติเชียลเซลล์จะได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมนลูทิไนซิง (Luteinizing hormone : LH) หรือฮอร์โมนอินเตอร์สติเชียลเซลล์สติมิวเลติง (Interstitial cell stimulating hormone :ICSH)จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้สร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศชาย (Male sex hormone) ซึ่งมีอยู่หลายชนิดล้วนแต่เป็นสเตรอยด์ (Steroid) ทั้งสิ้น ซึ่งรวมเรียกกันว่าแอนโดรเจน (Androgens) ที่รู้จักกันและสำคัญที่สุดคือ เทสโทสเตอโรน

8.1.3 เทสโทสเตอโรน (Testosterone) แยกออกมาเป็นผนึกบริสุทธิ์จากเซลล์ของอัณฑะได้เมื่อปี ค.ศ.1935 โดย K.David และพวกพร้อมกับตั้งชื่อว่าเทสโทสเตอโรน ฮอร์โมนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของเพศชายที่สำคัญ ๆ ที่เรียกว่า Male secondary sexual character เช่น ตัวใหญ่ กระดูกหัวไหล่กว้างแข็งแรง นมขึ้นพาน ลูกกระเดือกแหลม เสียงแตก มีหนวดเคราขึ้น มีขนขึ้นบริเวณหน้าแข้ง รักแร้ อวัยวะเพศ และมีความต้องการทางเพศ เป็นต้น ถ้าตัดลูกอัณฑะออกหรือตอน (Castrate) ขณะที่ยังเป็นเด็กจะทำให้อวัยวะสืบพันธุ์ไม่เจริญเติบโตและไม่มี Secondary sexual character และถ้าตัดออกเมื่อเป็นผู้ใหญ่แล้วอวัยวะเพศสืบพันธุ์จะไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลง แต่คนนั้นจะมีความรู้สึกและลักษณะท่าทางไปคล้ายผู้หญิง

8.1.4 ทำงานร่วมกับฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติง (Follicle stimulating hormone : FSH) ควบคุมกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ตามแผนภูมิที่ 2.12 และตามรูปที่ 2.135



แผนภูมิที่ 2.12 การทำงานร่วมกันของฮอร์โมน FSH และ LH
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 137)



รูปที่ 2.136 ฮอร์โมนจากอวัยวะเพศชาย

ก-ข อวัยวะเพศชาย

ค หลอดสร้างตัวอสุจิและอินเตอร์สติเชียลเซลล์

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 136)

อวัยวะเป้าหมาย

1. อวัยวะทั่วไป

8.2 ฮอร์โมนจากอวัยวะเพศหญิง

8.2.1 อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศหญิงจะมีรังไข่ (Ovary) ซึ่งมีอยู่ 2 ข้างภายในช่องท้อง ทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการ คือ สร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่เรียกว่าไข่ (Egg or Ovum) และสร้างฮอร์โมนเพศหญิง

8.2.2 เมื่อย่างเข้าสู่วัยสาวหรือวัยเจริญพันธุ์รังไข่จะได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมนลูทิไนซิง (Luteinizing hormone : LH) และฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติง (Follicle stimulating hormone : FSH) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าไปกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในรังไข่เป็นวงจรทุก ๆ เดือน เพื่อให้เกิดการสร้างไข่หรือการตกไข่มีระยะเวลาที่แน่นอนตายตัว ตามปกติไข่จะตกเดือนละหนึ่งฟองจากรังไข่ซ้ายและขวาสลับกัน แต่ในรายที่ผิดปกติอาจจะเกิดการตกไข่มากกว่าหนึ่งฟองอันมีผลทำให้เกิดลูกฝาแฝด ไข่จะสุกและตกไข่ทุก ๆ ระยะประมาณ 28 วัน ไข่ที่ตกมานี้มีอายุอยู่ได้ประมาณ 24 ชั่วโมงเท่านั้น เมื่อไข่ที่สุกแล้วหลุดออกมาจากผิวของรังไข่ไปลงที่กรวยปากแตรที่ปากของท่อนำไข่ ภายในปากท่อนำไข่จะมีเซลล์ซึ่งมีขนคอยพัดโบกอยู่ตลอดเวลาทำให้ไข่ถูกดูดไปยังมดลูกเพื่อให้เกิดการผสมพันธุ์หรือการปฏิสนธิ

8.2.3 ในขณะเดียวกันกับที่รังไข่ถูกกระตุ้นด้วยฮอร์โมน LH และ FSH นั้น รังไข่ก็จะสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศหญิง (Female sex hormone) ที่สำคัญ 3 ชนิด คือ อีสโทรเจน (Estrogens) และโพรเจสเทอโรน (Progesterone) เป็นพวกสเตรอยด์ (Steroid) ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือ รีแลคซิน (Relaxin) ที่รังไข่สร้างขณะที่ตั้งครรภ์ซึ่งไม่ใช่พวกสเตรอยด์

8.2.4 ฮอร์โมนอีสโทรเจน (Estrogens) ที่พบในมนุษย์มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เมื่อฮอร์โมน FSH ไปกระตุ้นกลุ่มเซลล์สร้างไข่กลายเป็นฟอลลิเคิล (Follicle) ที่เจริญเต็มที่พร้อมที่จะหลุดออกจากรังไข่ (Ovary) ซึ่งเรียกว่า กราเฟียนฟอลลิเคิล (Graafian follicle) ในขณะเดียวกันฮอร์โมน FSH จะทำงานร่วมกับฮอร์โมน LH กระตุ้นกราเฟียนฟอลลิเคิลให้มีการสร้างและหลั่งฮอร์โมนอีสโทรเจนออกมาเพื่อทำหน้าที่

1. กระตุ้นเซลล์บุผนังมดลูกให้เจริญเติบโตเตรียมการฝังตัวของไข่
2. ทำให้กล้ามเนื้อมีความกระชับตัวมากขึ้นมดลูกจะหดตัว
3. ควบคุมลักษณะของเพศหญิงคือมีเสียงแหลม สะโพกผาย การขยายใหญ่ของอวัยวะเพศและเต้านม การมีขนขึ้นตามอวัยวะเพศ และรักแร้ มีความต้องการทางเพศ
4. อีสโทรเจนปริมาณสูง ๆ จะมีผลไปยับยั้งการหลั่งของฮอร์โมน FSH แต่ยังมีการหลั่งของฮอร์โมน LH ออกมาตามปกติจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า
5. เมื่อไข่สุกเต็มที่และหลุดจากรังไข่แล้วกราเฟียนฟอลลิเคิลก็หมดหน้าที่ในการสร้างฮอร์โมนอีสโทรเจน

ในน้ำปัสสาวะของคนปกติจะพบฮอร์โมนอีสโทรเจนเป็นจำนวนเล็กน้อยแต่จะพบมากในหญิงที่กำลังตั้งครรภ์ ซึ่งในขณะที่มีครรภ์ รก (Placenta) จะทำหน้าที่สร้างอีสโทรเจนขึ้นมาแทนกราเฟียนฟอลลิเคิล นอกจากนี้อีสโทรเจนยังได้มาจากต่อมหมวกไตเนื้อเยื่อชั้นนอก (Adrenal cortex) และอัณฑะ (Testis) ของเพศชายแต่จะมีจำนวนน้อย

อวัยวะเป้าหมาย

1. อวัยวะทั่วไป

8.2.5 ฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน (Progesterone) เมื่อฮอร์โมน LH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้ามีปริมาณสูงขึ้นก็จะไปกระตุ้นให้ผนังของกราเฟียนฟอลลิเคิลแตกออก ทำให้เซลล์ไข่หลุดออกมาจากรังไข่เข้าไปในท่อนำไข่หรือปีกมดลูก (Follopian tube or Oviduct) ซึ่งเรียกว่าการตกไข่ (Ovulation) แล้วฮอร์โมน LH จะกระตุ้นเซลล์ที่ฟอลลิเคิล (Follicle) ในรังไข่ให้กลายเป็นเนื้อเยื่อสีเหลืองเรียกว่า คอร์ปัสลูเทียม (Corpus luteum) เพื่อสร้างฮอร์โมนโพรเจสเตอโรนออกมาให้ทำหน้าที่

1. ทำงานร่วมกับอีสโทรเจนในการกระตุ้นให้ผนังเยื่อชั้นในของมดลูก (Endometrium) ให้มีการเจริญเติบโตเพื่อเตรียมตัวรอรับการฝังตัวของไข่ที่ถูกผสมหรือปฏิสนธิแล้ว ถ้าไข่ไม่ถูกผสมไข่จะสลายตัวภายใน 24 ชั่วโมง และคอร์ปัสลูเทียมจะสร้างฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนอยู่ได้ประมาณ 10 -14 วัน จากนั้นก็จะเสื่อมสลายกลายเป็นแผลซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาแทนที่เรียกว่าคอร์ปัสอัลบิแคนส์ (Corpus albicans) ทำให้ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนที่จะทำงานร่วมกับอีสโทรเจนเพื่อควบคุมความหนาของผนังเยื่อชั้นในของมดลูกได้ ดังนั้นผนังเยื่อชั้นในมดลูกจึงสลายตัวออกมาทางช่องคลอด (Vagina) เรียกว่าการมีประจำเดือนหรือมีระดู (Menstruation) และจะมีการเริ่มต้นเข้าสู่วงจรเดียวกันนี้ในแต่ละรอบเดือน

2. กระตุ้นต่อมน้ำนม (Mammary gland) ขยายตัวขึ้นเพื่อเตรียมสร้างน้ำนม

3. เมื่อไข่ที่ถูกผสมเจริญเติบโตในมดลูก (Uterus) ได้ดี ฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนมีมากเพิ่มขึ้นก็จะไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน FSH และ LH จากต่อมสมองส่วนหน้า ทำให้ไม่มีการเจริญเติบโตของฟอลลิเคิล (Follicle) อันใหม่เป็นผลให้ไม่มีการตกไข่และไม่มีประจำเดือนมาอีก

4. ฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนยังได้มาจากต่อมหมวกไตเนื้อเยื่อชั้นนอก (Adrenal cortex) และอัณฑะ (Testis)

5. ฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนจะถูกขับออกมากับน้ำปัสสาวะได้โดยเฉพาะในขณะที่กำลังตั้งครรภ์

อวัยวะเป้าหมาย

1. มดลูก (Uterus)

2. ต่อมน้ำนม (Mammary gland)

ฮอร์โมนอีสโทรเจนและฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน ถ้ามีมากหรือน้อยเกินไปจะไม่มีผลดีต่อร่างกาย เช่น ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้โตเป็นสาวเร็วกว่าปกติทั้ง ๆ ที่อายุยังน้อยอยู่ ถ้ามีน้อยเกินไปจะไปทำให้อวัยวะสืบพันธุ์เจริญเติบโตช้า เป็นสาวช้ากว่าปกติทั้ง ๆ ที่อายุมากแล้ว และมีลักษณะคล้ายไปทางผู้ชายมากกว่า

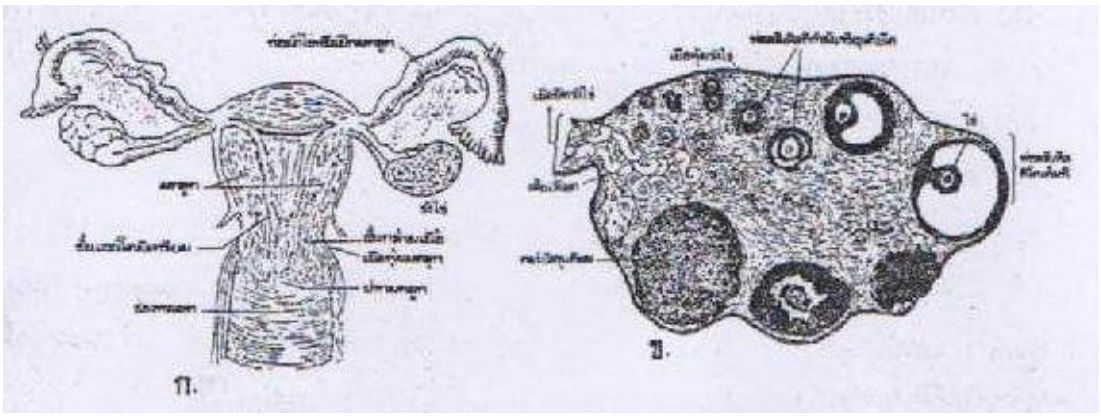
8.2.6 ฮอร์โมนรีแลคซิน (Relaxin) เป็นฮอร์โมนเพศหญิงอีกชนิดหนึ่งของรังไข่ (Ovary) ขณะที่ตั้งครรภ์เป็นสารประกอบพวกโปรตีนที่ละลายน้ำได้ เมื่อปี ค.ศ.1926 F.L. Hisaw เป็นผู้ค้นพบฮอร์โมน

นี้ มีหน้าที่สำคัญช่วยให้เอ็นของกระดูกเชิงกรานบริเวณหัวเหน่า (Pubic symphysis) ของสัตว์ดูดนมทุกชนิดและมนุษย์ คลายตัวออกและปากมดลูก (Cervix) อ่อนนุ่มขึ้นเพื่อทำให้คลอดลูกออกมาได้สะดวกง่ายขึ้น นอกจากจะมีในรังไข่แล้วฮอร์โมนรีแลคซินยังมีในมดลูก (Uterus) และรก (Placenta) อีกด้วย

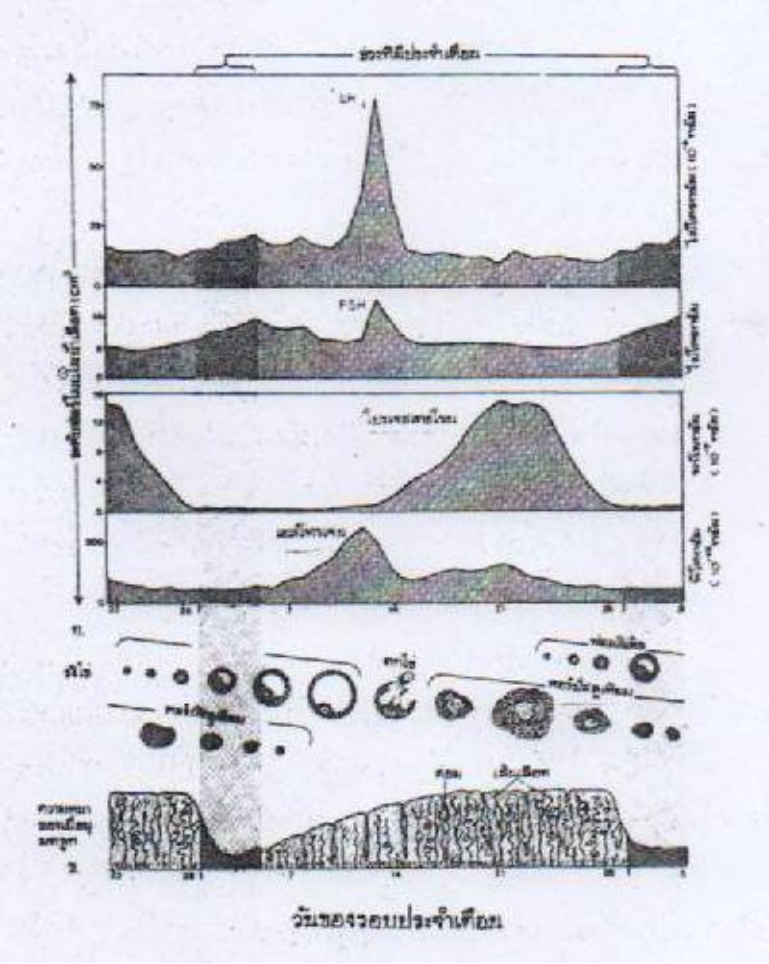
8.2.7 รก (Placenta) เป็นอวัยวะสำหรับการช่วยเหลือให้อาหารแก่ตัวอ่อน แต่ถ้ามีการตั้งครรภ์ รกยังทำหน้าที่เป็นต่อมไร้ท่อชั่วคราว โดยสร้างฮอร์โมนหลายชนิด เช่น อีสโทรเจน โพรเจสเทอโรน และฮอร์โมน HCG (Human chorionic gonadtrophin) เป็นต้น ฮอร์โมนต่าง ๆ จากรกจะมีมากมายในขณะตั้งครรภ์ ส่วนที่เหลือก็จะถูกขับออกมาพร้อมกับปัสสาวะทำให้เราทดสอบได้ว่าผู้นั้นกำลังตั้งครรภ์อยู่ และดัชนีอันหนึ่งในการตรวจสอบว่ามีการตั้งครรภ์หรือไม่ก็คือฮอร์โมน HCG

อวัยวะเป้าหมาย

1. คอร์ปัสลูเทียม (Corpus luteum) คือ เป้าหมายของฮอร์โมน HCG ตามรูปที่ 2.137 และ 2.138



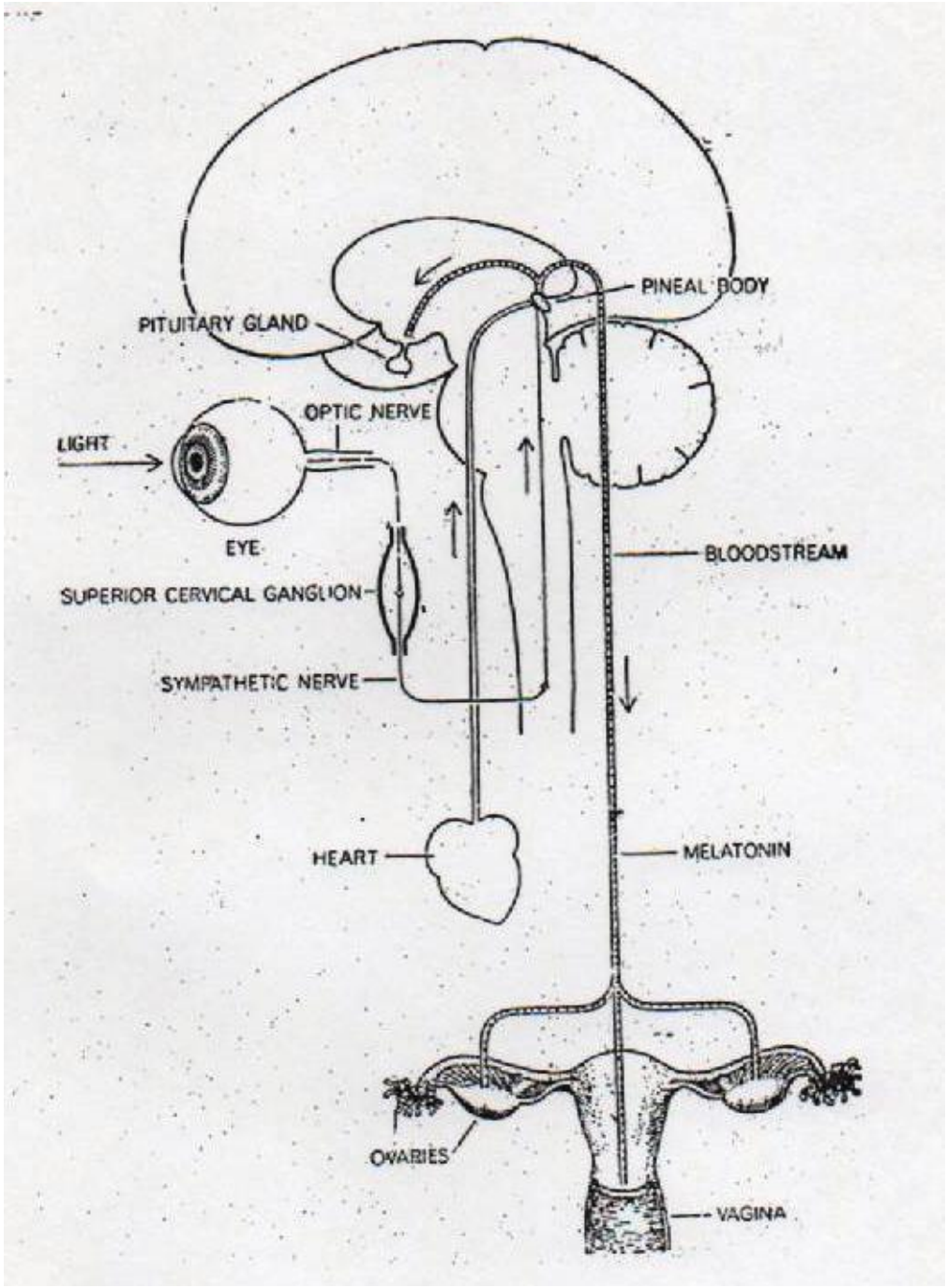
รูปที่ 2.137 ฮอร์โมนจากอวัยวะเพศหญิง
ก. อวัยวะเพศหญิงแสดงรังไข่
ข. รังไข่แสดงฟอลลิเคิลและคอร์ปัสลูเทียม
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 138)



รูปที่ 2.138 แสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับออร์โมนของเพศหญิงในช่วงต่าง ๆ ของรอบประจำเดือน (พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 139)

9. ฮอร์โมนจากต่อมไพเนียลหรือต่อมเหนือสมอง (Pineal gland or Epiphysis)

ต่อมไพเนียลเป็นต่อมสีขาวขนาดเล็กและกลมคล้ายกระจุกของดอกตัวเมียพวกสนสองใบหรือสนสามใบ (Pine cone) จึงถูกเรียกว่า Pineal มีตำแหน่งอยู่บริเวณด้านบนตรงกลางสมองที่รอยต่อส่วนเซรีบรัม (Cerebrum) พูซ้ายและพูขวาจะสร้างฮอร์โมนเมลาโทนิน (Melatonin) ซึ่งเกิดจาก Tryptophan แล้วเปลี่ยนเป็น Serotonin และเปลี่ยนแปลงเป็น Melatonin ในการผลิตฮอร์โมนนี้ ต่อมไพเนียลจะต้องได้รับการกระตุ้นจากแสงสว่างที่ผ่านเข้ามาทางนัยน์ตาและอาศัยระบบประสาทอัตโนมัติของระบบซิมพาเทติก (Sympathetic nervous system) ควบคุมด้วย ตามรูปที่ 2.139



รูปที่ 2.139 อิทธิพลของแสงที่มีต่อวงจรของการมีประจำเดือน (Estrus cycle) ของหนู (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 741)

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาต่อมไพเนียลพบว่า

1. มนุษย์และสัตว์ชั้นสูง ฮอร์โมนนี้มีความสำคัญในช่วงก่อนวัยหนุ่มสาว โดยฮอร์โมนเมลาโทนิน (Melatonin) จะไปยับยั้งการเจริญของรังไข่และการเกิดวงจรของการมีประจำเดือนในสัตว์ (Estrus cycle) ทำให้รังไข่มีน้ำหนักลดลงและทำให้วงจรของการมีประจำเดือนในสัตว์ช้าลงและยับยั้งการเจริญของอัณฑะรวมทั้งไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนโกนาโดโทรฟิน (Gonadotrophin) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เป็นผลให้การเจริญเติบโตเป็นหนุ่มสาวช้า ดังนั้นถ้าต่อมไพเนียลผิดปกติ และผลิตฮอร์โมนเมลาโทนินมากเกินไป ก็จะทำให้การเจริญเติบโตเป็นหนุ่มสาวช้ากว่าปกติ แต่ถ้าต่อมนี้ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนเมลาโทนินได้จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตเป็นหนุ่มสาวเร็วกว่าปกติ

2. ในสัตว์บางชนิดต่อมไพเนียลถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติของระบบซิมพาเทติก เมื่อเรตินาที่นัยน์ตาได้รับแสงก็จะส่งกระแสประสาทไปยังเซลล์ประสาทของระบบซิมพาเทติกแล้วส่งต่อไปยังต่อมไพเนียล เพื่อยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนเมลาโทนินจะเห็นได้ว่าการทำงานของต่อมไพเนียลของสัตว์พวกนี้จะมีความสัมพันธ์กับแสงสว่าง ด้วยเหตุนี้ในตอนกลางวันต่อมไพเนียลจะหลั่งเมลาโทนินได้น้อยกว่าเวลากลางคืน ในฤดูหนาวที่มีช่วงกลางวันสั้นต่อมไพเนียลจะหลั่งฮอร์โมนเมลาโทนินมากและมีผลไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนเพศให้ลดลงทำให้สัตว์ไม่ผสมพันธุ์ในฤดูนี้

3. ในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและสัตว์เลื้อยคลานบางชนิดและปลา ฮอร์โมนเมลาโทนินมีผลทำให้สีผิวของสัตว์มีสีจางลง โดยต่อมไพเนียลจะทำหน้าที่เป็นกลุ่มเซลล์รับแสงคล้าย ๆ เนื้อเยื่อเรตินาของนัยน์ตา เมื่อได้รับแสงแล้วจะส่งกระแสประสาทไปที่เซลล์ประสาททำให้กระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนเมลาโทนินมีผลทำให้รงควัตถุเมลานินในเซลล์ผิวหนังรวมกลุ่มกัน สีผิวหนังของสัตว์จึงมีสีจางลง เพื่อปรับสีของตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ทำงานคล้าย ๆ กับฮอร์โมนเมลาโนไซต์สติมิวเลติง (Melanocyte stimulating hormone : MSH) จากต่อมใต้สมองส่วนกลาง

4. สัตว์เลือดเย็นซึ่งเป็นสัตว์ที่ไม่สามารถปรับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่อยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ต่อมไพเนียลจะทำหน้าที่รับความรู้สึกเท่านั้น

5. กิ้งก่าสามตาหรือทัวทารา (Tuatara) เป็นสัตว์เลื้อยคลานโบราณชนิดหนึ่งที่ยังไม่สูญพันธุ์อยู่ในประเทศนิวซีแลนด์ ต่อมไพเนียลจะยื่นออกมานอกกะโหลกศีรษะทางด้านหลังจะเจริญเติบโตดีที่สุดสามารถรับภาพได้เช่นเดียวกับตาสองข้างจึงเรียกว่าตาที่สาม (Pineal eye) ซึ่งมีอยู่ชนิดเดียว

6. ต่อมไพเนียลของมนุษย์จะเริ่มเสื่อมหน้าที่และมีขนาดเล็กลงในขณะที่ย่างเข้าสู่วัยหนุ่มสาว ถ้าต่อมนี้ถูกทำลายในวัยเด็กจะเป็นผลให้การเจริญเติบโตเป็นหนุ่มสาวเร็วกว่าปกติ

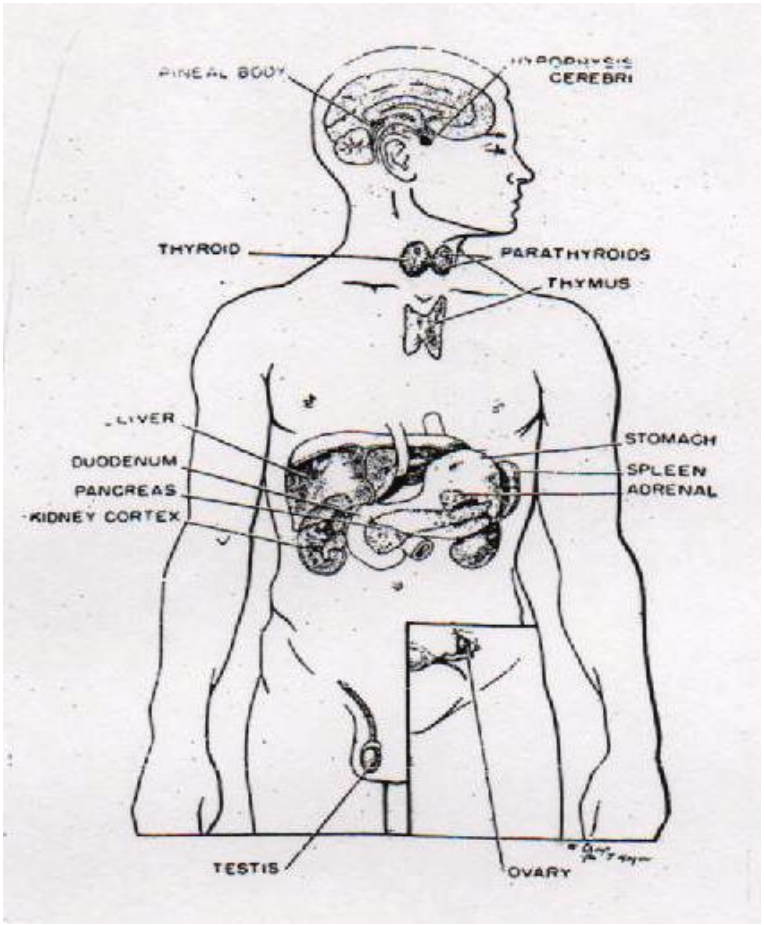
อวัยวะเป้าหมาย

1. เซลล์ผิวหนัง
2. อวัยวะเพศ

10. ฮอร์โมนจากต่อมไทมัส (Thymus gland)

ต่อมไทมัสมีลักษณะเป็นพู มี 2 พู มีการเจริญเติบโตงอกออกมาจากบริเวณคอหอยและมีวิวัฒนาการของเหงือก (Gill pouch) มาเกี่ยวข้องด้วย มีตำแหน่งอยู่ตรงทรวงอกรอบเส้นเลือดใหญ่ที่ขั้วหัวใจ ในมนุษย์พบว่าเจริญเติบโตเต็มทีตั้งแต่ทารกอยู่ในครรภ์มารดามีขนาดใหญ่มาก เมื่ออายุยังน้อย แต่พออายุเริ่มเข้าสู่วัยรุ่นจะค่อย ๆ เสื่อมมีขนาดเล็กลงและเสื่อมสภาพฝ่อไปในที่สุดเมื่อเป็นผู้ใหญ่ ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุ

ต่อมไทมัสเป็นเนื้อเยื่อน้ำเหลืองทำหน้าที่เป็นแหล่งสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ชนิดที (T – Lymphocyte) หรือเซลล์ที (T – cell) การที่เนื้อเยื่อต่อมไทมัสจะสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ชนิดทีได้นั้น จะต้องได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมนไทโมซิน (Thymosin) ซึ่งฮอร์โมนไทโมซินก็สร้างขึ้นมาจากเนื้อเยื่อบางส่วนของต่อมไทมัส เพื่อทำหน้าที่กระตุ้นต่อมไทมัสให้สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ชนิดทีขึ้น ทำให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันและต่อต้านเชื้อโรคได้ดี ดังนั้นต่อมไทมัสจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในวัยเด็กในการสร้างระบบภูมิคุ้มกันในช่วงแรกของทารก แต่เมื่อเป็นผู้ใหญ่ความจำเป็นจะลดลงเพราะจะมีแหล่งสร้างภูมิคุ้มกันจากอวัยวะอื่น เช่น ม้าม เป็นต้น ดังนั้นต่อมไทมัสจึงไม่พบในผู้ใหญ่ ตามรูปที่ 2.140



รูปที่ 2.140 ตำแหน่งของต่อมไทมัส
(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 686)

11. ฮอร์โมนจากกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก (Gastrointestinal tract)

เนื้อเยื่อชั้นใน (Mucosa) ของกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กมีเซลล์สำหรับสร้างฮอร์โมน ซึ่งมีผลต่อการทำงานของอวัยวะที่เกี่ยวกับการย่อยอาหารและทำงานร่วมกับระบบประสาทอัตโนมัติด้วย ฮอร์โมนที่สร้างขึ้นเป็นสารประเภทโปรตีนมีหลายชนิด คือ

1. แกสตริน (Gastrin) เป็นฮอร์โมนที่สร้างขึ้นจากเนื้อเยื่อชั้นในของกระเพาะอาหารส่วนปลาย (Pylorus) จะหลั่งออกมาในขณะที่อาหารลงสู่กระเพาะอาหาร มีหน้าที่ไปกระตุ้นให้เกิดการหลั่งน้ำย่อยอาหารและกรดเกลือ นอกจากนี้ยังไปกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อน (Pancreas) รวมทั้งควบคุมการเคลื่อนไหวของกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก

แกสตรินประกอบขึ้นด้วยกรดอะมิโน 17 อณูมีอยู่ 2 ชนิด คือ แกสตริน เอ (Gastryin A) และแกสตริน บี (Gastrin B)

2. ซีครีติน (Secretin) สร้างจากเนื้อเยื่อชั้นในส่วนต้นของลำไส้เล็กดูโอดินัม (Duodenum) ที่อยู่ต่อจากกระเพาะอาหารทำหน้าที่กระตุ้นให้ตับอ่อน (Pancreas) หลั่งน้ำย่อยออกมา กระตุ้นตับ (Liver) ให้สร้างน้ำดี และกระตุ้นการบีบตัวของท่อน้ำดีให้หลั่งน้ำดีในขณะที่อาหารจากกระเพาะอาหาร (Stomach) ผ่านเข้าไปยังลำไส้เล็ก (Small intestine)

ฮอร์โมนนี้ W.M.Bayliss และ E.H.starling พบเมื่อปี ค.ศ.1902 แล้ว Starling ตั้งชื่อว่า ซีครีติน

3. โคลีซีสโตไคนิน (Cholecystokinin) แพนครีโอไซนิน (Pancreozymin) ในปี ค.ศ.1928 A.C. Ivy กับพวกได้ตั้งชื่อฮอร์โมนโคลีซีสโตไคนิน และ ปี ค.ศ.1942 Haper และ Roper เป็นคนตั้งชื่อฮอร์โมนแพนครีโอไซนิน เดิมทีเดียวมีความเข้าใจว่าเป็นฮอร์โมน 2 ชนิด คือชนิดหนึ่งเป็นโคลีซีสโตไคนินทำหน้าที่กระตุ้นถุงน้ำดีให้บีบตัวและอีกชนิดหนึ่งเป็นแพนครีโอไซมินทำหน้าที่กระตุ้นตับอ่อนให้หลั่งน้ำย่อยออกมา

ในปัจจุบันทราบแน่ชัดแล้วว่าฮอร์โมนทั้งสองเป็นฮอร์โมนชนิดเดียวกันจึงตั้งชื่อรวมกันเป็นโคลีซีสโตไคนิน – แพนครีโอไซมิน (CCK or PZ) จะหลั่งออกมาขณะที่อาหารพวกไขมัน กรดไขมัน กรดเจือจาง และอื่น ๆ ลงไปสู่ส่วนต้นชของลำไส้เล็กดูโอดินัมที่อยู่ต่อจากกระเพาะอาหารเพื่อทำหน้าที่กระตุ้นถุงน้ำดีให้บีบตัวและกระตุ้นตับอ่อนให้สร้างและหลั่งน้ำย่อยออกมา ในขณะเดียวกันก็จะมีฮอร์โมนซีครีตินอยู่ด้วย

4. เอนเทโรแกสโตน (Enterogastrone) ในปี ค.ศ.1930 K. Kosaka และ Lim เป็นผู้ตั้งชื่อฮอร์โมนเอนเทโรแกสโตน เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากเนื้อเยื่อชั้นในส่วนต้นของลำไส้เล็กดูโอดินัมแล้วหลั่งออกมาตอนที่อาหารประเภทไขมันผ่านลงมา ซึ่งไม่ทราบชนิดและโครงสร้างทางเคมี ทราบแต่เพียงว่าสามารถเข้าสู่กระแสเลือดแล้วมีผลไปยับยั้งการสร้างกรดเกลือของกระเพาะอาหารและยับยั้งการเคลื่อนไหวของกระเพาะอาหาร

5. เอนเทโรไคนิน (Enterocrinin) และดูโอไคนิน (Duocrinin) เป็นฮอร์โมนทำหน้าที่กระตุ้นต่อมในลำไส้เล็กให้หลั่งน้ำย่อยออกมา

6. วิลไลไคนิน (Villikinin) เป็นฮอร์โมนทำหน้าที่กระตุ้นการเคลื่อนไหวของพื้นด้านในของลำไส้เล็กที่ยื่นออกมาเรียกว่าวิลลัส (Villus) หรือ วิลไล (Villi)

2.3.18 ร่างกายของมนุษย์ (Body of Human)

ร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วยโครงร่างเพื่อให้ร่างกายมีรูปร่างทรงตัวอยู่ได้ ป้องกันอวัยวะต่าง ๆ ภายในไม่ให้เป็นอันตรายได้ และสามารถเคลื่อนไหวได้ ซึ่งโครงร่างของร่างกายนี้จึงประกอบด้วยระบบเครื่องห่อหุ้มร่างกาย (Integumentary system) ระบบโครงกระดูก (Skeletal system) และระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system)

1. ระบบเครื่องห่อหุ้มร่างกาย (Integumentary system)

ระบบเครื่องห่อหุ้มร่างกายของมนุษย์คือ หนัง (Skin) และสิ่งที่เปลี่ยนแปลงมาจากหนัง เช่น ขนและผม (Hair) เล็บ (Nail) ต่อมเหงื่อ (Sweat gland) ต่อมน้ำมัน (Oil gland) เป็นต้น

1.1 หนังของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammal skin)

หนังเป็นอวัยวะปกคลุมร่างกาย หนังของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมี 2 ชั้น คือ หนังกำพร้า (Epidermis) และหนังแท้ (Dermis or Corium)

1.1.1 หนังกำพร้า (Epidermis)

หนังกำพร้าเป็นเยื่อคลุมตัวชั้นนอกสุด หนาประมาณ 0.07 – 0.12 มิลิเมตร ตามฝ่ามือฝ่าเท้าหนาที่สุดประมาณ 0.8-1.4 มิลลิเมตร ส่วนที่หนังตาและองคชาตจะบางที่สุด ไม่มีเส้นเลือดมาเลี้ยงเจริญเปลี่ยนแปลงมาจากเอ็มบริโอ (Embryo) ในส่วนที่เรียกว่าเนื้อเยื่อชั้นเอกโทเดิร์ม (Ectoderm) ประกอบด้วยเยื่อบุผิวเรียงซ้อน ๆ กัน 4 ชั้น คือ Stratum germinativum ,Stratum granulosum , Stratum lucidum และ Stratum corneum

1. Stratum germinativum หรือ Germinative layer หรือ Malpighian layer เป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุด ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวกันหลายชั้น เยื่อชั้นนี้เป็นผู้สร้างส่วนอื่น ๆ ของหนังกำพร้าทั่วตัวรวมทั้ง ขน ผม และเล็บ เซลล์ที่แบ่งตัวออกจากเยื่อชั้นนี้จะค่อย ๆ ขยับตัวออกมาข้างนอกอยู่เสมอ และขณะที่เคลื่อนที่ออกมานั้นรูปร่างของเซลล์จะเปลี่ยนไปโดยจะมีรูปร่างแบนลงประกอบด้วยชั้นย่อย ๆ 2 ชั้น คือ

1.1 Stratum basale อยู่ชั้นในสุด เซลล์มีรูปร่างทรงสูง (Columnar) แถวเดียวและเป็นเซลล์ที่กำลังแบ่งตัว (Mitosis) เพื่อเจริญไปเป็นเยื่อชั้นถัดออกไปอีกทีหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีเมลาโนไซต์ (Melanocyte) กระจายอยู่ด้วย ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีรงควัตถุพวกเมลานินทำให้ผิวสีของมนุษย์มีสีน้ำตาลหรือดำนั้นเอง เมลาโนไซต์อาจกระจายไปจนถึงเยื่อชั้น Stratum granulosum ได้ สำหรับมนุษย์ที่มีผิวสีเข้มมาก ๆ สารพวกเมลานินเกิดจากโปรตีนพวกที่ให้กรดอะมิโนชนิดไทโรซิน (Tyrosine) โดยอาศัยปฏิกิริยา Tyrosinase enzyme ดังนั้นมนุษย์ที่ไม่มียีน (Gene) สำหรับควบคุมการสร้าง Tyrosinase ก็จะไม่เกิด Tyrosinase เพื่อไปเปลี่ยนไทโรซินให้เป็นเมลานินได้ คน ๆ นั้นจึงกลายเป็นคนเผือก (Albino)

1.2 Stratum spinosum จะอยู่ถัดออกมาประกอบด้วยเซลล์ที่มีรูปร่างหลายเหลี่ยมซ้อนกันหลายชั้นและมีการแบ่งตัวด้วยเหมือนกัน เซลล์ชั้นนอก ๆ จะมีลักษณะแบนเซลล์ของชั้นนี้จะสร้าง Tonofibril ขึ้นมาอยู่รอบ ๆ เซลล์เพื่อเชื่อมเซลล์ให้ติดต่อกันและเชื่อมติดต่อกับเซลล์อื่น ๆ ด้วยทำให้เซลล์มีลักษณะคล้ายหนามเรียกว่า Prickle cell

2. Stratum granulosum เป็นเนื้อเยื่อชั้นที่อยู่ถัดออกมาเป็นชั้นที่สอง ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างแบน ๆ 2 – 3 แถว ซึ่งนิวเคียสของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นนี้จะเริ่มจางและแตกทำลายหมดจะเห็นเป็นจุด ๆ ดูทึบกว่าส่วนอื่นตามฝ่ามือ ฝ่าเท้า

3. Stratum lucidum เป็นเนื้อเยื่อชั้นที่อยู่ถัดออกมาเป็นชั้นที่สาม เนื้อเยื่อในชั้นนี้ครึ่งหนึ่งเคยเป็นเนื้อเยื่อชั้นที่สองมาก่อน และเมื่อเซลล์เปลี่ยนมาเป็นชั้นใหม่ จุดทึบ ๆ จากเดิมในชั้นที่สองจะเปลี่ยนไปเป็นสารเคมีอีกอย่างหนึ่งที่เรียกว่า Eleidin ซึ่งมีลักษณะเป็นกึ่งของเหลว (Semiliquid) ใส ๆ ทำให้เนื้อเยื่อชั้นนี้ใสสว่างกว่าเนื้อเยื่อชั้นอื่น ๆ เล็บเป็นที่พิเศษแห่งเดียวที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ Stratum- lucidum หรือบริเวณที่มีหนังหนามาก ๆ

4. Stratum corneum เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดมีความหนามาก ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้วจะหลุดออกมาเป็นขี้ไคลจึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Stratum disjunction และการที่เนื้อเยื่อชั้นนี้หลุดออกมาเรื่อย ๆ ก็เรียกว่า Desquamation สิ่งที่หลุดออกมาจะมีสารโปรตีนที่เรียกว่า เคราทิน (Keratin) เป็นส่วนมากซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจาก Eleidin และเมื่อเซลล์ชั้นนี้ตายและหลุดไป เซลล์ของ Stratum germinativum ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อชั้นที่หนึ่งจะทำการแบ่งตัวเจริญมาแทนที่เรื่อย ๆ

ในขณะที่เซลล์ชั้นที่หนึ่งแบ่งตัวเจริญออกมาข้างนอกเรื่อย ๆ นั้น เซลล์ก็จะเปลี่ยนแลงรูปร่างไปผนังหนาขึ้นนิวเคียสแตกทำลายและตัวเซลล์จะอัดกันแบนจนในที่สุดก็ตายกลายเป็นขี้ไคลหลุดออกมา ในเวลาเดียวกันเซลล์ใหม่ ๆ ที่อยู่ชั้นที่หนึ่งก็จะเจริญเพิ่มขึ้นมาแทนที่อยู่เสมอ เพราะฉะนั้นหนังกำพร้าจึงมีส่วนประกอบคงที่อยู่ตลอดเวลา การที่หนังกำพร้าชั้นนอกตายไป เพราะว่าขาดอาหาร เนื่องจากเส้นเลือดฝอยจะไม่แทงทะลุขึ้นมาจนถึงหนังกำพร้า ดังนั้นอาหารจึงต้องซึมผ่านชั้นหนังแท้ (Dermis) ออกมา ส่วนปลายเส้นประสาทรับความรู้สึกก็เหมือนกับเส้นเลือดฝอยคือมาหมดที่ผิวหนังแท้ เพียงแต่หนังกำพร้าบางเราจึงรู้สึกคล้าย ๆ กับว่ามันอยู่ข้างนอก

1.1.2 หนังแท้ (Dermis or Corium or Cutis)

หนังแท้เป็นส่วนที่เจริญเปลี่ยนแปลงจากเอ็มบริโอ (Embryo) ในส่วนที่เรียกว่ามีโซเดิร์ม (Mesoderm) ดังนั้นจึงประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นส่วนมากจะมีเส้นเอ็นแทรกอยู่บ้างเล็กน้อย ส่วนบริเวณฝ่ามือฝ่าเท้าจะมีหนังแท้หนามากประมาณ 2-4 มิลลิเมตร แต่บริเวณหนังตา ถุงอัณฑะ และองคชาตจะบางมาก หนังแท้เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากหนังกำพร้าเข้ามาด้านในเป็นชั้นที่หนาและแข็งแบ่งออกได้เป็น 2 ชั้น คือ

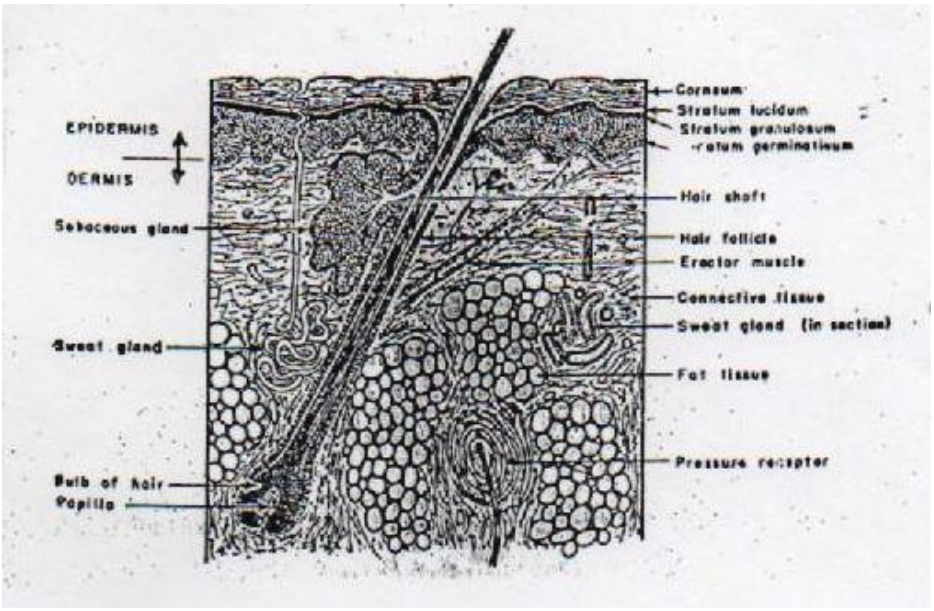
1. Papillary layer เป็นชั้นที่อยู่ถัดหนังกำพร้าเข้ามาด้านในมีลักษณะเป็นคลื่น จะมีปลายประสาท เส้นเลือดและท่อน้ำเหลืองมาเลี้ยงอยู่ด้วย นอกจากนี้ก็มีรูขุมขน (Hair follicle) ต่อมน้ำมัน (Sebaceous gland) และกล้ามเนื้อเรียบของขน (Arrector pili muscle or Erector muscle) ซึ่งเมื่อหดตัวจะทำให้ขนลุกตั้งได้

2. Reticular layer อยู่ถัดจาก Papillary layer เข้ามาด้านในส่วนใหญ่ประกอบด้วยเส้นเอ็นสานกันแน่นหนา มีเยื่อมัน (Adipose tissue) ปนอยู่มาก มีเส้นเลือด เส้นประสาท ตุ่มประสาท ต่อมเหงื่อ (Sweat gland) และเซลล์ที่ทำให้มีสีผิวต่าง ๆ เป็นต้น

1.1.3 สิ่งที่เปลี่ยนแปลงมาจากหนัง (Modified skin)

1. ต่อม (Gland) เป็นอวัยวะที่มีหน้าที่สร้างของเพื่อเอาไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ร่างกาย ต่อมจะเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงมาจากเอ็มบริโอ (Embryo) มีส่วนที่เรียกว่า เนื้อเยื่อชั้นเอกโทเดิร์ม (Ectoderm) หรือหนังกำพร้า (Epidermis) ชั้น Stratum germinativum และในส่วนที่เรียกว่าเนื้อเยื่อชั้นมีโซเดิร์ม (Mesoderm) หรือหนังแท้ (Dermis) ซึ่งมีช่องเปิดอยู่บนผิวหนังต่อมมีมากอยู่หลายชนิดในส่วนนี้จะกล่าวถึงต่อมที่สร้างสารขึ้นตามผิวหนังเท่านั้น คือ

1.1 ต่อมเหงื่อ (Sweat gland) มีลักษณะเป็นหลอดยาว ตอนล่างของหลอดประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะเป็นต่อม ซึ่งส่วนนี้จะยาวมากแต่จะขดกันอยู่เพื่อไม่ให้เปลืองพื้นที่ ส่วนตอนบนจะบิดเป็นเกลียวเล็กน้อย มีหน้าที่นำเหงื่อมาเปิดออกบนผิวหนัง มนุษย์มีต่อมเหงื่อประมาณ 2,500,000 ต่อม หรือ 60 - 80 ต่อม ต่อพื้นที่ผิว 1 ตารางเซนติเมตร และทุก ๆ ต่อมมีทางออกของตนเอง ส่วนในบริเวณฝ่ามือฝ่าเท้ามีหนาแน่นกว่าที่อื่นประมาณ 400 ต่อมต่อ 1 ตารางเซนติเมตร และต่อมในช่องรักแร้มีขนาดใหญ่ที่สุด ตามปกติมนุษย์จะมีเหงื่อออกประมาณ 0.5 -1 ลิตร แต่ถ้าอากาศร้อนหรือหลังออกกำลังกายจะมีเหงื่อออกมาประมาณ 2-3 ลิตร ตามรูปที่ 2.141



รูปที่ 2.141 หนังของมนุษย์ตัดตามขวาง
(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 338)

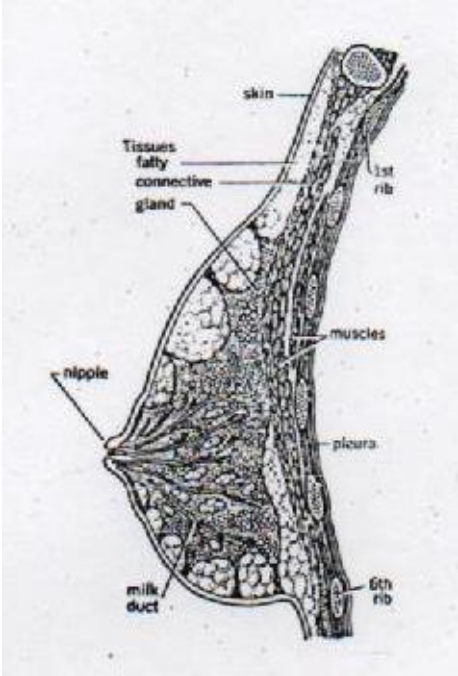
1.2 ต่อมกุ้งยิง (Ciliary gland or Moll) มีลักษณะเป็นหลอดจะอยู่บริเวณโคนขนตา 2 – 3 แถว ถ้าต่อมนี้อักเสบโดยรับเชื้อโรคเข้าไปจะทำให้เป็นกุ้งยิงได้

1.3 ต่อมน้ำมัน (Sebaceous gland or oil gland) จะมีตำแหน่งอยู่ข้าง ๆ ผมและขน (Hair) ส่วนต่อมน้ำมันที่อยู่โดยลำพังไม่เกี่ยวกับขน เช่น ต่อมน้ำมันบริเวณริมฝีปากและอวัยวะสืบพันธุ์โดยเฉพาะบนจมูกจะพบรูเล็ก ๆ ซึ่งเป็นทางออกของน้ำมันจะเห็นได้ชัดเจน ประโยชน์ของต่อมน้ำมันคือทำให้ขนหรือผมไม่เปราะและทำให้หนังมีน้ำมันไม่แห้งแตกง่าย

1.4 Tarsal gland หรือ Meibomian gland มีตำแหน่งอยู่ตามขอบของหนังตาเป็นต่อมที่เปลี่ยนไปจากต่อมน้ำมันมีหน้าที่สร้างน้ำมันเคลือบลูกตากับหนังตาเพื่อกันไม่ให้น้ำตาไหลออกมา

1.5 ต่อมขี้หู (Ceruminous gland) มีตำแหน่งอยู่ในรูหู มีรูปร่างลักษณะคล้ายต่อมชนิดหลอดมีหน้าที่สร้างสารเหนียว ๆ คล้ายขี้ผึ้งที่เรียกกันว่าขี้หูเพื่อจับฝุ่นและป้องกันแมลงไม่ให้เข้าหูได้สะดวก

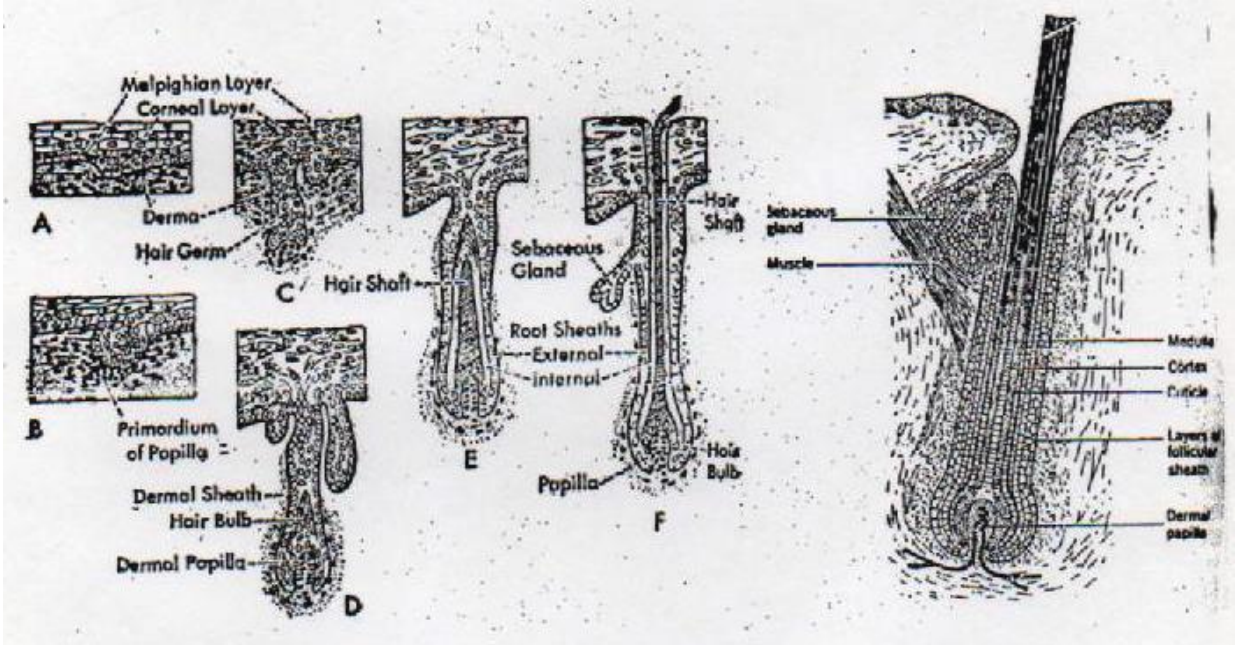
1.6 ต่อมน้ำนม (Mammary gland) เป็นต่อมที่มีลักษณะคล้ายต่อมน้ำมันแต่มีหน้าที่คล้ายต่อมเหงื่อ มีอวัยวะสำหรับสร้างน้ำนม ประกอบด้วยต่อมน้ำนม (Mammary gland) หัวนม (Nipple) และเต้านม (Breast) ซึ่งเป็นส่วนพองของหนังเนื่องจากมีต่อมน้ำนมอยู่ข้างใต้โดยมนุษย์จะมีนม 2 เต้า มีจำนวนท่อน้ำนมประมาณ 20 ท่อ มาเปิดน้ำนมออกบนหัวนมอันเดียว ตามรูปที่ 2.142



รูปที่ 2.142 อวัยวะกลั่นน้ำนมของมนุษย์
(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 342)

2. ขนและผม (Hair) ขนและผมเป็นเส้นของหนังกำพร้าที่แทงออกมาจากแอ่งในหนัง ส่วนที่ฝังอยู่ในแอ่งเรียกว่า รากขนและผม (Hair root) ตอนล่างสุดของรากมีลักษณะเป็นกระเปาะส่วนนี้จะมีเซลล์ของ Stratum germinativum อยู่มากเป็นที่สำหรับสร้างขนและผม ใต้กระเปาะมีหนังแท้ยื่นขึ้นมากระจุกอยู่เรียกว่า Papilla หรือ Dermal papilla ซึ่งเป็นที่รวมกันของปลายเส้นประสาทและเส้นเลือดเพื่อบำรุงเลี้ยงรากขนและผม ส่วนรากผมและขนที่ฝังอยู่ในแอ่งจะมีปลอกหุ้มอยู่ 2 ชั้น คือปลอกชั้นใน (Inner sheath) และปลอกชั้นนอก (Outer sheath) ในแอ่งของขุมขนจะมีท่อของต่อมน้ำมัน (Sebaceous gland) เปิดออกมาหลายต่อมถ้าตัดเส้นขนและผม (Hair shaft) ตามขวางจะเห็นเซลล์เรียงซ้อนกันอยู่ 3 ชั้น ชั้นในเป็นแกนเรียกว่า Medulla **ชั้**นถัดออกมาเรียกว่า Cortex ซึ่งจะมีความหนากว่าชั้นอื่นและชั้นนอกสุดเป็นเปลือกหุ้มบาง ๆ เรียกว่า Cuticle

ถึงแม้ว่าขนและผมจะฝังลึกลงไปอยู่ในหนังแท้ แต่ส่วนประกอบของขนและผมก็เป็นหนังกำพร้าล้วน ๆ ส่วน Dermal papilla ซึ่งเป็นหนังแท้ทำหน้าที่ให้อาหาร ขนและผมทุก ๆ เส้นมีกล้ามเนื้อเรียบที่เรียกว่า Arrector pili muscle หรือ Erector muscle กำกับอยู่เสมอโดยที่ปลายข้างหนึ่งของกล้ามเนื้อเรียบจะอยู่ติดกับพื้นบนของหนังแท้อีกปลายข้างหนึ่งติดอยู่กับโคนขนและผม เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวก็จะดึงโคนขนและผมเข้ามา จึงทำให้ขนและผมตั้งขึ้นเรียกว่า ขนลุก ผมของมนุษย์มีอายุประมาณ 2 – 5 ปี ส่วนขนตาและคิ้วมีอายุประมาณ 3 -5 เดือน การควบคุมการเจริญเติบโตและการร่วงของขนและผมขึ้นอยู่กับฮอร์โมนเพศ ตามรูปที่ 2.143



รูปที่ 2.143 โครงสร้างของขนและผม
(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 348)

หน้าที่ของเครื่องห่อหุ้มร่างกาย

1. ป้องกันการกระทบกระเทือนจากภายนอกเพราะเครื่องห่อหุ้มร่างกายจะเหนียวและยืดหยุ่นได้ ป้องกันเชื้อโรคเมื่อเป็นแผลที่ผิวหนัง แต่ถ้าไม่ใช้ยาฆ่าเชื้อโรคก็อาจกลายเป็นหนองได้และยังป้องกันไม่ให้น้ำระเหยจากร่างกายออกมามากเกินไปซึ่งถ้าน้ำระเหยมากไปจะทำให้เซลล์แห้งตายได้

2. สะสมอาหาร ชั้นที่ลึกที่สุดของหนัง (Skin) เป็นชั้นที่เก็บสะสมอาหารประเภทไขมันเอาไว้ใช้ในเวลาที่ร่างกายต้องการ ถ้าไขมันชั้นนี้มีน้อยเกินไปก็จะผอมแต่ถ้ามีมากเกินไปก็จะอ้วน

3. ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากเมตาโบลิซึม (Metabolism) ที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย ถ้ามีมากเกินไปจะต้องมีการระบายออกข้างนอก เช่น ทางลมหายใจ ทางอุจจาระ ปัสสาวะ และทางผิวหนังจะมีมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้อุณหภูมิของร่างกายคงที่

4. รับความรู้สึก เครื่องห่อหุ้มร่างกายจะมีเครื่องรับความรู้สึก เมื่อเราเอาเข็มแทงหรือกดส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายเราก็จะรู้สึกได้เพียงแต่ว่าเครื่องห่อหุ้มร่างกายไม่ใช้เครื่องรับความรู้สึกอันแท้จริงเพียงแต่เป็นเครื่องประกอบสำคัญอย่างหนึ่งเท่านั้น

5. ขับถ่ายของเสียโดยต่อมเหงื่อ ถ้าอากาศร้อนต่อมเหงื่อจะช่วยไตขับถ่ายของเสียออกจากเลือดได้

6. สร้างสิ่งที่เป็นประโยชน์ ต่อมน้ำนม (Mammary gland) สร้างน้ำนมเป็นอาหารเลี้ยงเด็กทารก ต่อมน้ำมัน (Oil gland) ตามผิวหนังจะช่วยทำให้ผิวหนังไม่แห้งแตกง่ายและทำให้ขนหรือผมไม่แห้งเปราะได้ง่าย นอกจากนี้ยังช่วยสร้างวิตามินดี (Vitamin D) เมื่อถูกกับแสงอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet)จากดวงอาทิตย์

7. เคลื่อนไหว เครื่องห่อหุ้มร่างกายจะทำหน้าที่ร่วมกับกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการเคลื่อนไหวร่างกาย

8. สำหรับสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (Amphibian) จะใช้หายใจ เพราะมีหนังที่บางและชุ่มชื้นอยู่เสมอจึงใช้ประโยชน์ในการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดี

2. ระบบโครงกระดูก (Skeletal system)

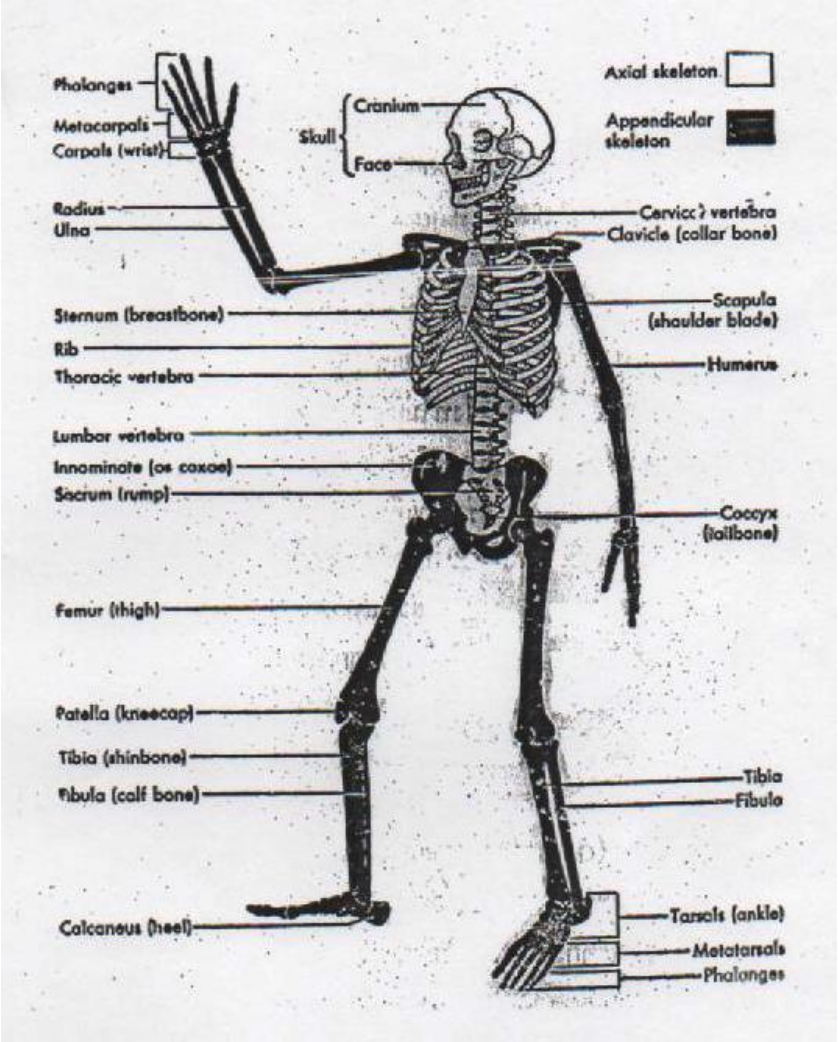
โครงกระดูกทั่วไปของมนุษย์และสัตว์อื่น ๆ ในโลกสามารถแบ่งแยกออกได้ 2 ชนิด คือ

2.1 Exoskeleton หรือ Dermal skeleton เป็นโครงร่างที่แข็งอยู่ภายนอกร่างกาย เช่น เปลือกกุ้ง ปู หอย เกล็ด กระดอง ของสัตว์ต่าง ๆ และหนังจระเข้ เป็นต้น ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับอวัยวะที่อยู่ภายในเปลือกได้เป็นอย่างดี แต่ข้อจำกัดคือ ทำให้ร่างกายเจริญเติบโตได้ยากมีกระบวนการยุ่งยาก เพราะเปลือกด้านนอกจะแข็งและไม่มีชีวิตไม่สามารถเจริญเติบโต ดังนั้นเมื่อสัตว์บางชนิดเจริญเติบโตขึ้นจึงต้องสลัดเปลือกเก่าทิ้ง เรียกว่า ลอกคราบ (Molting) เพื่อให้ผิวที่อ่อนนิ่มเจริญเติบโตได้แล้วจึงสร้างเปลือกใหม่มาหุ้ม และถ้าเจริญเติบโตต่อไปก็จะลอกคราบอีกเช่น กุ้งและแมลง เป็นต้น เปลือกของสัตว์พวกนี้จะเป็นสาร Chitin ส่วนพวกหอยจะเป็นสัตว์ที่มีเปลือกแข็งเป็นโครงหุ้มตัวไม่ลอกคราบแต่ตัวมันจะสร้างเปลือกเพิ่มเติมขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ตัวมันที่อยู่ภายในก็เจริญเติบโตใหญ่ขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้พวกสัตว์ชั้นต่ำเช่น ปะการัง หรือกัลปังหาก็จะสร้างโครงร่างแข็งห่อหุ้มตัวได้เช่นกัน

2.2 Endoskeleton เป็นโครงร่างที่แข็งอยู่ภายในร่างกาย เช่น โครงกระดูกของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ โครงกระดูกอ่อนตลอดชีวิต ได้แก่ ปลาฉลาม ปลาฉนาก ปลากระเบน และโครงกระดูกอ่อนที่เปลี่ยนไปเป็นโครงกระดูกแข็ง เรียกว่า Bone ได้แก่ ปลาชั้นสูง และสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังอื่น ๆ รวมทั้งมนุษย์ด้วย

3. โครงกระดูกของมนุษย์

โครงกระดูกของมนุษย์เป็นโครงร่างสำหรับให้กล้ามเนื้อและเอ็นมายึดเพื่อให้ร่างกายมีรูปร่างอยู่ได้ และทำหน้าที่ป้องกันอันตรายส่วนที่สำคัญแต่อ่อนนุ่ม เช่น สมอง ไขสันหลัง หัวใจ และปอดเป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นที่อยู่ของเยื่อสำหรับสร้างเม็ดเลือดอีกด้วย มนุษย์มีโครงกระดูกอยู่ 206 ชิ้น มีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหว กระดูกส่วนใหญ่จะเป็นโพรงและมีเซลล์ไขกระดูก (Bone marrow cell) ทำหน้าที่ผลิตเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว โครงกระดูกของมนุษย์นั้นสามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ตามตำแหน่งที่อยู่ คือ กระดูกแกน (Axial skeleton) มีอยู่ 80 ชิ้น เป็นกระดูกที่อยู่กลางลำตัว และกระดูกรยางค์ (Appendicular skeleton) มีอยู่ 126 ชิ้น เป็นกระดูกที่อยู่ห่างจากกลางตัวออกไป ตามรูปที่ 2.144 และ 2.145

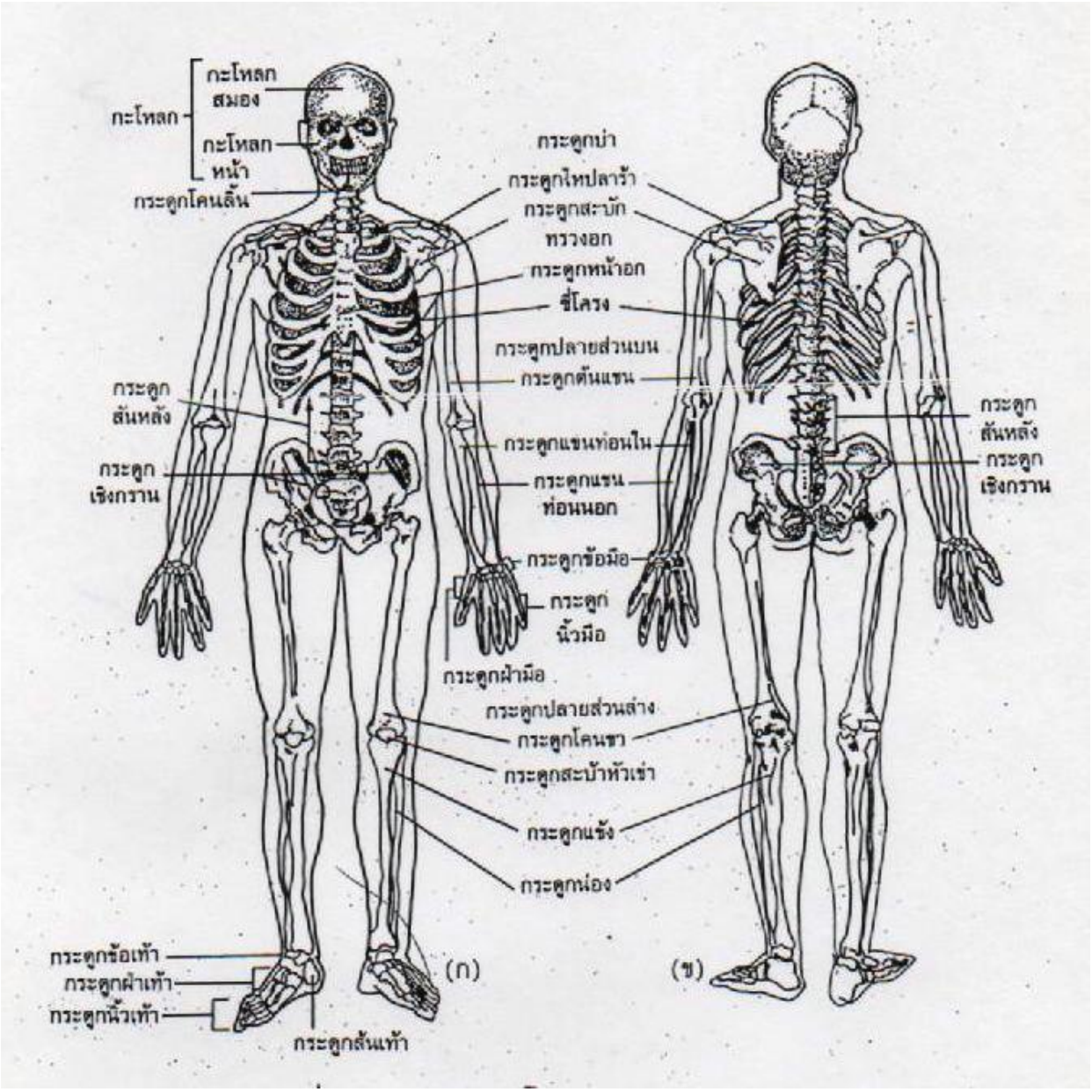


รูปที่ 2.144 โครงกระดูกของมนุษย์

กระดูกแกนสีขาว

กระดูกรยางค์สีดำ

(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 352)



รูปที่ 2.145 โครงกระดูกของมนุษย์

ก. ด้านหน้า

ข. ด้านหลัง

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 200)

3.1 กระดูกแกน (Axial skeleton)

กระดูกแกนเป็นโครงกระดูกที่ประกอบด้วยกระดูกแข็งและกระดูกอ่อนทำหน้าที่เป็นแกนกลางของร่างกายมีทั้งหมดรวมกัน 80 ชิ้น ประกอบด้วยกระดูกกะโหลกศีรษะ (Skull) และกระดูกท่อนสันหลัง (Vertebral column) ดังนี้ คือ

3.1.1 กระดูกกะโหลกศีรษะ (Skull) ประกอบด้วยกระดูก 2 พวก คือ Cranium หมายถึงกระดูกกะโหลกศีรษะส่วนที่บรรจุสมอง ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้มและป้องกันสมองมีจำนวน 21 ชิ้น และ Visceral skeleton หมายถึง กระดูกกะโหลกศีรษะส่วนที่หุ้มอยู่บริเวณรอบช่องปากมีจำนวน 8 ชิ้น ดังนั้นกระดูกกะโหลกศีรษะรวมทั้งสิ้นมี 29 ชิ้นดังนี้

1. กระดูกกะโหลกศีรษะส่วนที่บรรจุสมอง (Cranium) จำนวน 21 ชิ้น ประกอบด้วย

1.1 หัวกะโหลกหุ้มสมองแท้ ๆ หรือกล่องหุ้มสมองแท้ ๆ (Cranium proper) มีกระดูก 8 ชิ้นมาเชื่อมติดเข้าด้วยกัน บริเวณที่เชื่อมติดกันเรียกว่า Suture กระดูกทั้ง 8 ชิ้น คือ

1.1.1 กระดูกท้ายทอย (Occipital) 1 ชิ้น

1.1.2 กระดูกผนัง (Parietal) 2 ชิ้น

1.1.3 กระดูกหน้าผาก (Frontal) 1 ชิ้น

1.1.4 กระดูกขมับ (Temporal) 2 ชิ้น

1.1.5 กระดูกคล้ายตะแกรง (Ethmoid) 1 ชิ้น

1.1.6 กระดูกคล้ายลิ่ม (Sphenoid) 1 ชิ้น

1.2 กล่องหุ้มจมูก (Olfactory capsule) ทำหน้าที่ดมกลิ่น มีกระดูก 5 ชิ้น คือ

1.2.1 กระดูกดั้งจมูก (Nasal) 2 ชิ้น

1.2.2 กระดูกคล้ายไถ (Vomer or Ploughshare) 1 ชิ้น

1.2.3 กระดูกปลายยอด (Inferior nasal conchae or Inferior turbinate) 2 ชิ้น

1.3 กล่องหุ้มตา (Optic capsule) ทำหน้าที่มองเห็นมีกระดูก 2 ชิ้น คือ Lacrimal

1.4 กล่องหู (Auditory capsule) ทำหน้าที่การฟังมีกระดูก 6 ชิ้น คือ

1.4.1 กระดูกฆ้อน (Malleus) 2 ชิ้น

1.4.2 กระดูกทั่ง (Incus) 2 ชิ้น

1.4.3 กระดูกโกลน (Stapes) 2 ชิ้น

2. กระดูกกะโหลกศีรษะส่วนที่หุ้มอยู่บริเวณรอบช่องปาก (Visceral skeleton) จำนวน 8 ชิ้น ประกอบด้วย

2.1 กระดูกขากรรไกร (Jaw or Visceral arch) มีกระดูก 7 ชิ้น คือ

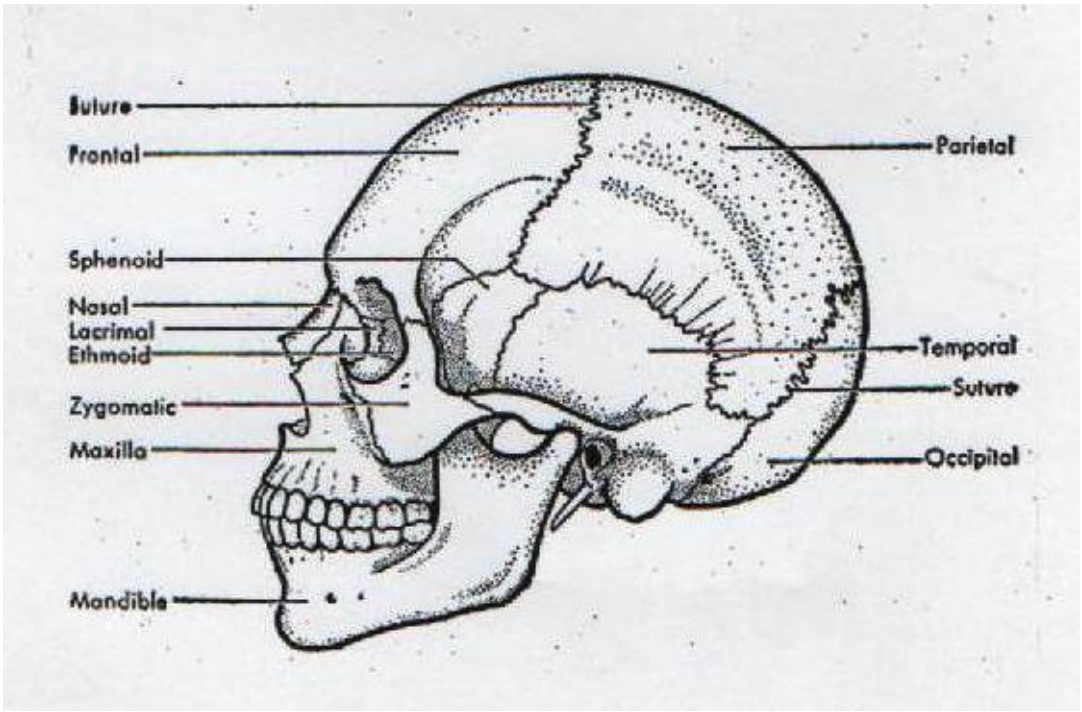
2.1.1 กระดูกขากรรไกรบน (Maxilla) 2 ชิ้น

2.1.2 กระดูกขากรรไกรล่าง (Mandible) 1 ชิ้น ถ้าแบ่งออกเป็นซีกขวาและซีกซ้ายจะเรียกว่าแขนง (Ramus)

2.1.3 กระดูกเพดาน (Palatine) 2 ชิ้น

2.1.4 กระดูกโหนกแก้ม (Zygomatic) 2 ชิ้น

2.2 กระดูกข้างในคอมีกระดูกเดี่ยว ๆ เรียกว่า Hyoid bone มีลักษณะคล้ายรูปตัวยูหรือวาย 1 ชิ้น ตามรูปที่ 2.146



รูปที่ 2.146 กระดูกกะโหลกศีรษะมนุษย์

(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 354)

3.1.2 กระดูกท่อนสันหลัง (Vertebral colum) ประกอบด้วยกระดูกสันหลัง (Vertebra) 26 ชิ้น กระดูกซี่โครง (Rib) 24 ชิ้น และกระดูกอก (Sternum) 1 ชิ้น ดังนั้นกระดูกท่อนสันหลังรวมทั้งสิ้นมี 51 ชิ้น ดังนี้

1. กระดูกสันหลัง (Vertebra) เป็นแนวกระดูกที่ทอดอยู่ทางด้านหลังของร่างกาย เริ่มตั้งแต่กระดูกคอที่ต่อจากกะโหลกศีรษะจนถึงกระดูกก้นกบ ประกอบด้วยกระดูก 26 ชิ้น ต่อกันเป็นข้อ ๆ ติดกัน กระดูกแต่ละข้อเชื่อมต่อกันด้วยกล้ามเนื้อและเอ็น ระหว่างกระดูกสันหลังแต่ละข้อจะมีแผ่นกระดูกอ่อนที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าหมอนรองกระดูก (Intervertebral disc or Pad) คั่นอยู่ทำหน้าที่รองและเชื่อมกระดูกสันหลังแต่ละข้อเพื่อป้องกันการเสียดสี ถ้าแผ่นกระดูกอ่อนนี้เสื่อมเราจะไม่สามารถบิดตัวหรือเอี้ยวตัวได้ กระดูกสันหลังแต่ละชิ้นจะมีช่องให้ไขสันหลังสอดผ่าน ในแต่ละด้านจะมีจะงอยยื่นออกมาเป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อและเอ็น กระดูกสันหลังจะทำให้หลังเป็นรูปทรงอยู่ได้และทำหน้าที่หุ้มไขสันหลัง (Spinal cord) เป็นปลอกป้องกันอันตราย กระดูกสันหลังสามารถแบ่งตามลักษณะความคล้ายคลึงของรูปร่างและตามที่อยู่นับจากคอจนถึงกระดูกก้นกบได้ 5 หมู่ คือ

1.1 กระดูกสันหลังตอนคอหรือกระดูกคอ (Cervical vertebra) มีอยู่ 7 ชิ้น ซึ่งกระดูกคอชิ้นแรกมีชื่อเฉพาะว่ายักษ์ (Atlas) และกระดูกคอชิ้นที่สองมีชื่อเฉพาะว่าแกน (Axis)

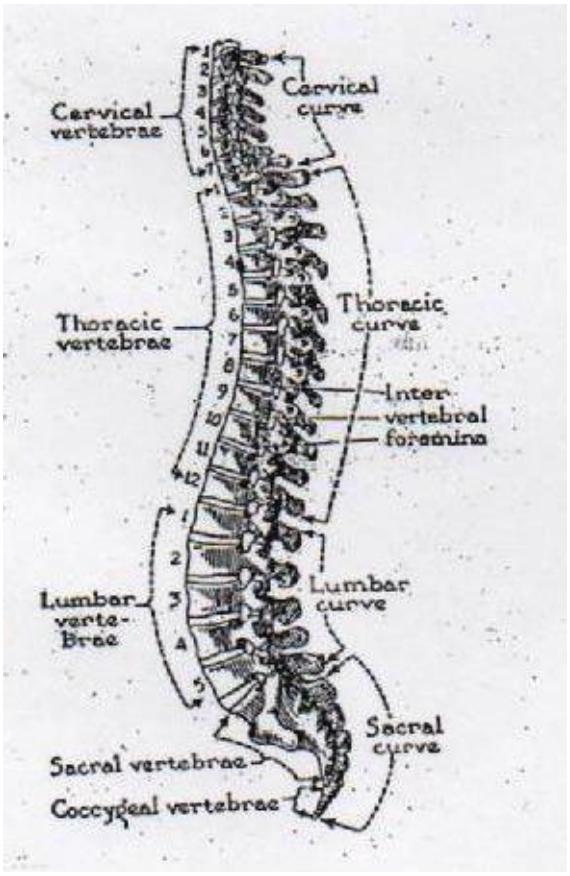
1.2 กระดูกสันหลังตอนอก (Thoracic vetebra) มีอยู่ 12 ชิ้น ทุก ๆ ชิ้นมีกระดูกซี่โครง (Rib) ติดอยู่ด้วย 1 คู่ ดังนั้น กระดูกซี่โครงจึงมีทั้งหมด 12 คู่ หรือ 24 ชิ้น กระดูกซี่โครงทุกชิ้นต่อกับกระดูกหน้าอก (Sternum) มีอยู่ 1 ชิ้น ซึ่งนับเป็นส่วนหนึ่งของกระดูกท่อนสันหลังเหมือนกัน กระดูกซี่โครงนี้ประกอบด้วย 2 ตอน ตอนที่ติดต่อกับกระดูกสันหลังตอนอกเป็นกระดูกแข็งเรียกว่า Vertebral rib และตอนที่ติดต่อกับกระดูกหน้าอกเป็นกระดูกอ่อนเรียกว่า Sternal rib สำหรับซี่โครง 7 คู่แรกนั้นปลายหนึ่งติดกับกระดูกสันหลังตอนอก และอีกปลายหนึ่งติดกับกระดูกหน้าอกโดยตรงจึงเรียกกระดูกซี่โครงเหล่านี้ว่า True rib อีก 3 คู่ถัดลงมาข้างล่างคือ คู่ที่ 8 คู่ที่ 9 และคู่ที่ 10 ปลายหนึ่งติดกับกระดูกสันหลังตอนอก แต่อีกปลายข้างหนึ่งไม่ได้ติดกับกระดูกหน้าอก แต่มันไปติดกับกระดูกซี่โครงอันบนถัดขึ้นไปจึงเรียกกระดูกซี่โครงเหล่านี้ว่า False rib ส่วนที่เหลืออีก 2 คู่ คือ คู่ที่ 11 และ คู่ที่ 12 ปลายข้างหนึ่งติดกับกระดูกสันหลังตอนอก แต่ปลายอีกข้างหนึ่งจะเป็นซี่สั้น ๆ ไม่ติดกับอะไรเลย เป็นซี่โครงลอยเรียกว่า Floating rib ส่วนกระดูกหน้าอกเป็นกระดูกสำหรับให้กระดูกซี่โครงเป็นที่ยึดและส่วนปลายล่างสุดของกระดูกหน้าอกเราเรียกว่ากระดูกลิ้นปี่ (Xiphisternum or Xiphoid cartilage) และระหว่างกระดูกซี่โครงมีกล้ามเนื้อยึดทั้งแถบนอกและแถบใน การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ 2 ชุด นี้จะสลับกันมีผลทำให้กระดูกซี่โครงเคลื่อนขึ้นและลง ปริมาตรภายในช่องอกจะเปลี่ยนแปลง เกิดการเคลื่อนที่เข้าออกของอากาศภายนอกและภายในช่องอก การเคลื่อนไหวของกระดูกซี่โครงนอกจากช่วยในการหายใจแล้วยังช่วยเป็นเกราะป้องกันอันตรายให้กับหัวใจ ปอดและอวัยวะอื่น ๆ ที่อยู่ภายในด้วย

1.3 กระดูกสันหลังตอนเอวหรือกระดูกบั้นเอว (Lumbar vertebra) มีอยู่ 5 ชิ้น

1.4 กระดูกกระเบนเหน็บ (Sacral vertebra or Sacrum) เป็นกระดูกที่ประกอบด้วยกระดูกชิ้นเล็ก ๆ จำนวน 5 ชิ้น เมื่อมนุษย์โตเต็มวัยกระดูกทั้ง 5 ชิ้น จะรวมกันเป็นชิ้นเดียว โดยด้านข้างของกระดูกกระเบนเหน็บจะติดต่อกับกระดูกเชิงกราน (Pelvic girdle)

1.5 กระดูกก้นกบหรือกระดูกหาง (Coccyx or Caudal vertebra) เป็นกระดูกที่ประกอบด้วยกระดูกชิ้นเล็ก ๆ จำนวน 4 ชิ้น เมื่อมนุษย์โตเต็มวัยกระดูกทั้ง 4 ชิ้น จะรวมกันเป็นชิ้นเดียวกัน

เมื่อมนุษย์ยังอ่อนวัยอยู่จะพบว่ากระดูกกระเบนเหน็บกับกระดูกก้นกบหรือกระดูกหางจะประกอบด้วยกระดูกหลายชิ้นต่อกันโดยยังไม่รวมเป็นชิ้นเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ามนุษย์ก็มีหางประกอบด้วยกระดูกหลายชิ้นเป็นกระดูกเล็ก ๆ ต่อกันไม่ยื่นออกมาข้างนอกเหมือนสัตว์อื่น ๆ ตามรูปที่ 2.147



รูปที่ 2.147 ส่วนประกอบกระดูกสันหลัง

(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 355)

ส่วนประกอบของกระดูกสันหลังทั่วไป

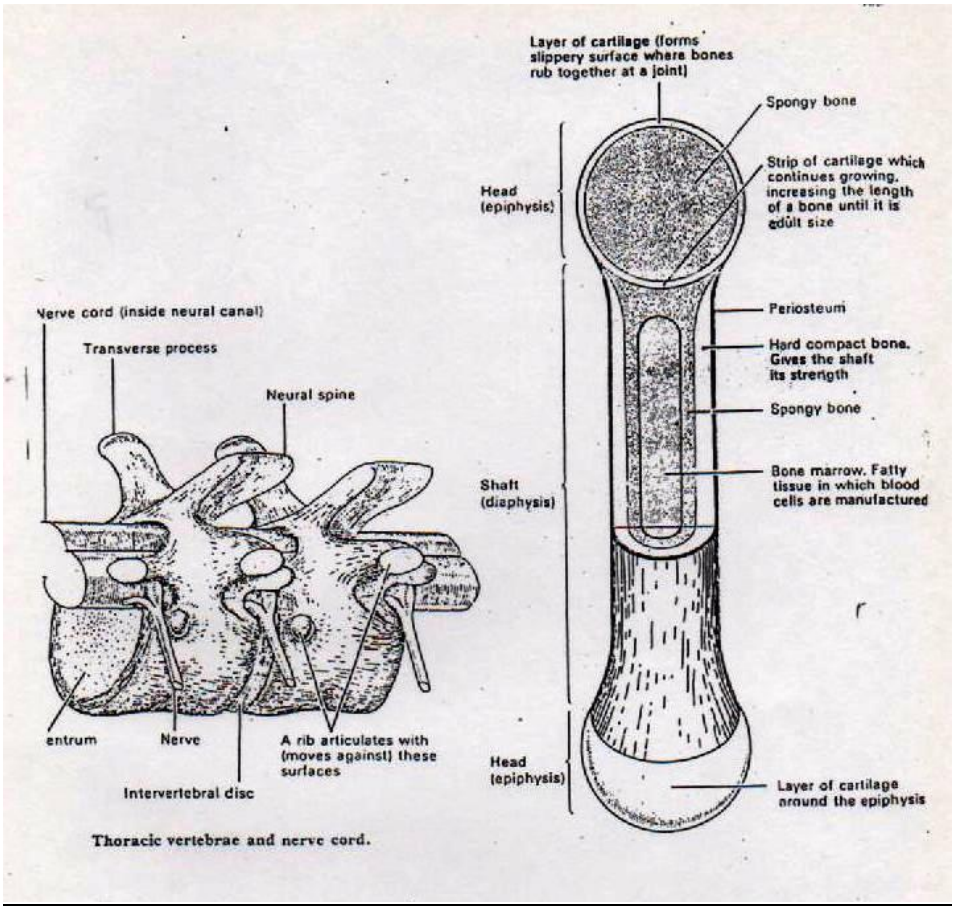
กระดูกสันหลังแต่ละชิ้นมีส่วนประกอบคล้ายกัน จะมีต่างกันบ้างในรูปร่างและรายละเอียดบางอย่าง ในกรณีนี้จะยกตัวอย่างกระดูกสันหลังตอนอกซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ท่อไขสันหลัง (Neural canal) เป็นช่องกลวงใหญ่ซึ่งเป็นที่อยู่ของไขสันหลัง
2. ศูนย์กลาง (Centrum) เป็นส่วนที่เป็นพื้นที่ของท่อไขสันหลังและมีผิวทั้งสองด้านแบนราบ ซึ่งเป็นลักษณะของกระดูกสันหลังพวกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมนุษย์เรียกว่า Acoilous centrum
3. Epiphysis เป็นแผ่นกระดูกอ่อนที่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามความยาวของกระดูกเป็นส่วนหนึ่งของ Centrum แต่เนื้อของกระดูกจะมีรอยต่อกับกระดูกชิ้นใหญ่ ถ้าเมื่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมนุษย์มีอายุโตเต็มวัยแล้ว Epiphysis จะกลายเป็นกระดูกที่แข็งรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับ Centrum และปิดปลายหัวท้ายของ Centrum
4. Neural arch เป็นส่วนที่อยู่ด้านข้างและหลังคาที่คลุมท่อไขสันหลังประกอบด้วย
   4.1 Neural spine เป็นยอดที่ขึ้นไปจาก Neural arch
   4.2 Lamina เป็นแผ่นหลังคาที่คลุมท่อไขสันหลังและเป็นโคนของ Neural Spine
   4.3 Pedicle เป็นคล้ายเท้าเล็ก ๆ อยู่ด้านข้างของท่อไขสันหลัง
5. Transverse process เป็นแผ่นกระดูกที่ยื่นออกมาจากด้านข้างตรงรอยต่อระหว่าง Pedicle กับ Lamina
6. Zygapophysis หรือ Articular process เป็นแผ่นกระดูกแบนเล็ก ๆ อยู่บนท่อไขสันหลัง ทำหน้าที่ประกบกับข้อกระดูกสันหลังเพื่อช่วยยึดให้กระดูกสันหลังติดต่อกันมั่นคงยิ่งขึ้นมี 3 แบบ คือ

   6.1 Pre zygapophysis หรือ Anterior articular process หรือ Superior articular process เป็น Zygapophysis แบบที่อยู่ทางด้านบนของกระดูกสันหลัง มีลักษณะเป็นแผ่นกระดูกเล็ก ๆ ยื่นออกมาจาก Neural arch พื้นของแผ่นกระดูกจะเป็นแอ่งเล็กน้อยสำหรับรองรับส่วนที่ยื่นจากปลายทางด้านล่างของกระดูกสันหลังชิ้นบน

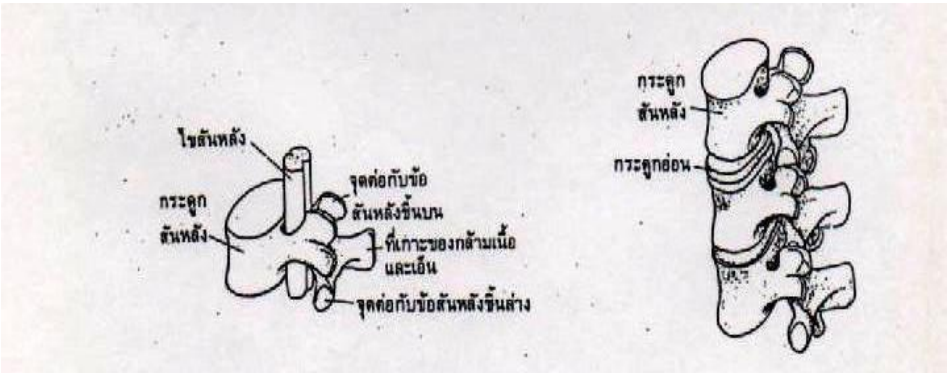
   6.2 Post zygapophysis หรือ Posterior articular process หรือ Inferior articular process เป็น Zygapophysis แบบที่อยู่ทางด้านล่างของกระดูกสันหลัง มีลักษณะเป็นแผ่นกระดูกเล็ก ๆ ยื่นออกมาจาก Neural arch สำหรับประกบกับส่วนที่ยื่นจากปลายด้านบนของกระดูกสันหลังชิ้นล่างที่อยู่ถัดลงมา (Pre zygapophysis)

   6.3 Anapophysis หรือ Accessory process เป็นกระดูก Centrum กับ Post zygapophysis เป็นส่วนที่ยื่นออกมาจากทางด้านล่างของกระดูกสันหลังอยู่ระหว่าง Centrum กับ Post zygapophysis ตามรูปที่ 2.148 และ 2.149



รูปที่ 2.148 กระดูกสันหลังของร่างกายมนุษย์

(กันยา กมุทชาติ. ม.ป.ป. : 240)



รูปที่ 2.149 กระดูกสันหลังของร่างกายมนุษย์

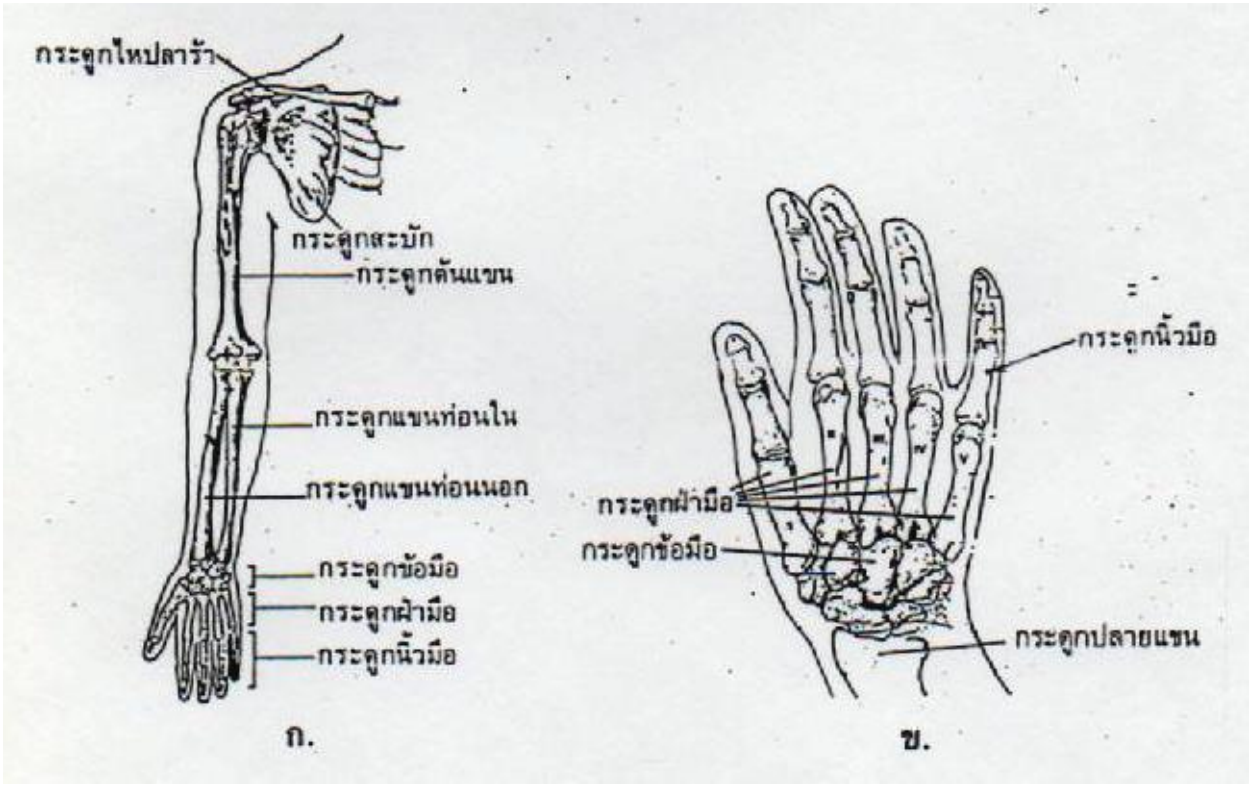
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 201)

3.2 กระดูกรยางค์ (Appendicular skeleton)

กระดูกรยางค์ ได้แก่พวกกระดูกสะบัก (Pectoral girdle) กระดูกแขน (Arm) พวกกระดูกเชิงกราน (Pelvic girdle) และกระดูกขา (Leg) มีทั้งหมด 126 ชิ้น ดังนี้คือ

3.2.1 พวกกระดูกสะบัก (Pectoral girdle) ประกอบด้วยกระดูก 4 ชิ้น คือ กระดูกสะบัก (Scapula) ด้านซ้าย 1 ชิ้น ด้านขวา 1 ชิ้น รวม 2 ชิ้น และกระดูกไหปลาร้า (Clavicle) ด้านซ้าย 1 ชิ้น ด้านขวา 1 ชิ้น รวม 2 ชิ้น อยู่บริเวณหัวไหล่ ทำหน้าที่เป็นฐานของแขนเชื่อมโยงระหว่างกระดูกสันหลังส่วนบนของลำตัวกับกระดูกต้นแขน (Humerus)

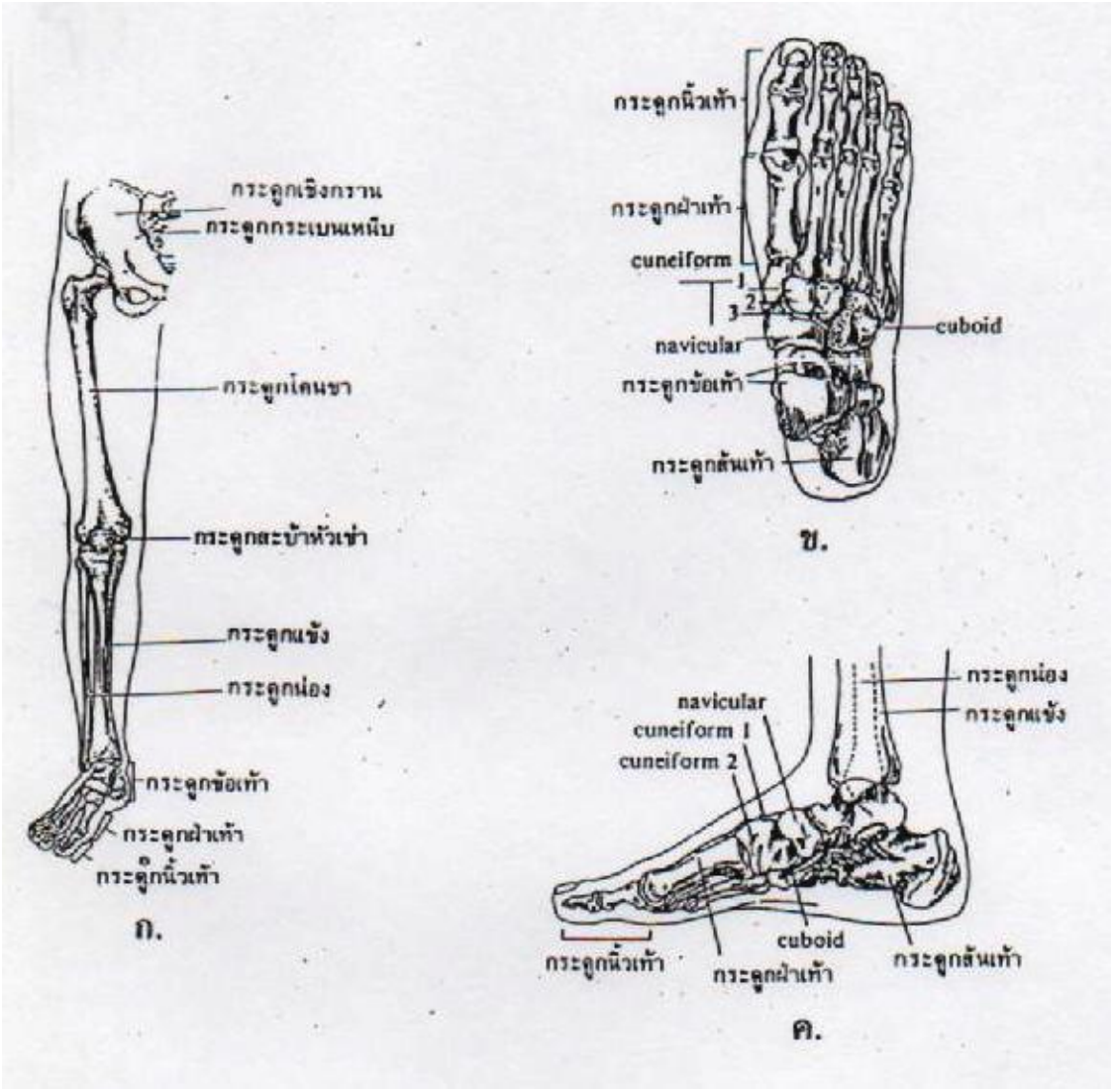
3.2.2 กระดูกแขน (Arm) ประกอบด้วยกระดูกแขนด้านซ้าย 30 ชิ้น และกระดูกแขนด้านขวา 30 ชิ้น รวม 60 ชิ้น กระดูกแขนแต่ละข้างมีดังนี้ คือ กระดูกต้นแขน (Humerus)ที่เชื่อมยึดกับพวกกระดูกสะบัก (Scapula) บริเวณหัวไหล่เป็นกระดูก 1 ชิ้น ส่วนกระดูกปลายแขนมี 2 ชิ้น ได้แก่ กระดูกปลายแขนท่อนใน (Ulna) และกระดูกปลายแขนด้านนอก (Radius) ต่อจากกระดูกปลายแขนเป็นกระดูกข้อมือ (Carpal) มี 8 ชิ้น กระดูกฝ่ามือ (Metacarpal) มี 5 ชิ้น และกระดูกนิ้วมือ (Phalanges) มี 14 ชิ้น ระหว่างกระดูกแต่ละท่อนมีข้อต่อเชื่อมโยงให้แขน ข้อมือบิดและหมุนกลับไปกลับมาได้ ตามรูปที่ 2.150



รูปที่ 2.150 ก. กระดูกหัวไหล่และแขน
ข. กระดูกข้อมือ ฝ่ามือ และนิ้วมือ
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 202)

3.2.3 พวกกระดูกเชิงกราน (Pelvic girdle) ประกอบด้วยกระดูก 2 ชิ้น อยู่ด้านขวา 1 ชิ้น ด้านซ้าย 1 ชิ้น กระดูกเชิงกรานเกิดจากกระดูก 3 ชิ้น คือ Ilium Ischium และ Pubis เชื่อมเป็นชิ้นเดียวกันเรียกว่า Os innominatum หรือ Os coxae บริเวณที่กระดูกทั้ง 3 ชิ้น เชื่อมติดกันจะมีลักษณะเป็นแอ่งเรียกว่า Acetabulum หรือ Acetabular cavity ซึ่งเป็นที่สำหรับเชื่อมติดกับหัวของกระดูกโคนขา (Femur) ส่วนด้านหัวของกระดูกเชิงกรานจะเชื่อมติดกับกระดูกสันหลังส่วนล่าง

3.2.4 กระดูกขา (Leg) มีโครงสร้างคล้ายกับกระดูกแขนแต่มีขนาดใหญ่และยาว ประกอบด้วยกระดูกขาด้านซ้าย 30 ชิ้น และกระดูกขาด้านขวา 30 ชิ้น รวม 60 ชิ้น กระดูกขาแต่ละข้างมีดังนี้ คือ กระดูกโคนขา (Femur) ที่เชื่อมยึดติดกับพวกกระดูกเชิงกราน (Pelvic girdle) เป็นกระดูก 1 ชิ้น ส่วนกระดูกปลายขามี 2 ชิ้น ได้แก่ กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) และกระดูกน่อง (Fibula) กระดูกช่วงนี้มีความเหนียวและแข็งแรงมาก ช่วยในการรับน้ำหนักของร่างกาย กระดูกปลายขาช่วงบนจะเชื่อมติดกับกระดูกโคนขาบริเวณกระดูกสะบ้าหัวเข่า (Patella) 1 ชิ้น มีขนาดใหญ่ฝังอยู่ในเอ็นของกล้ามเนื้อ จากกระดูกสะบ้าหัวเข่ามีเอ็นออกไปติดต่อกับกระดูกหน้าแข้ง ส่วนกระดูกปลายขาช่วงล่างจะเชื่อมต่อกับกระดูกข้อเท้า (Tarsal) มี 7 ชิ้น กระดูกฝ่าเท้า (Metatarsal) มี 5 ชิ้น และกระดูกนิ้วเท้ามี 14 ชิ้น ตามรูปที่ 2.151 และ 2.152

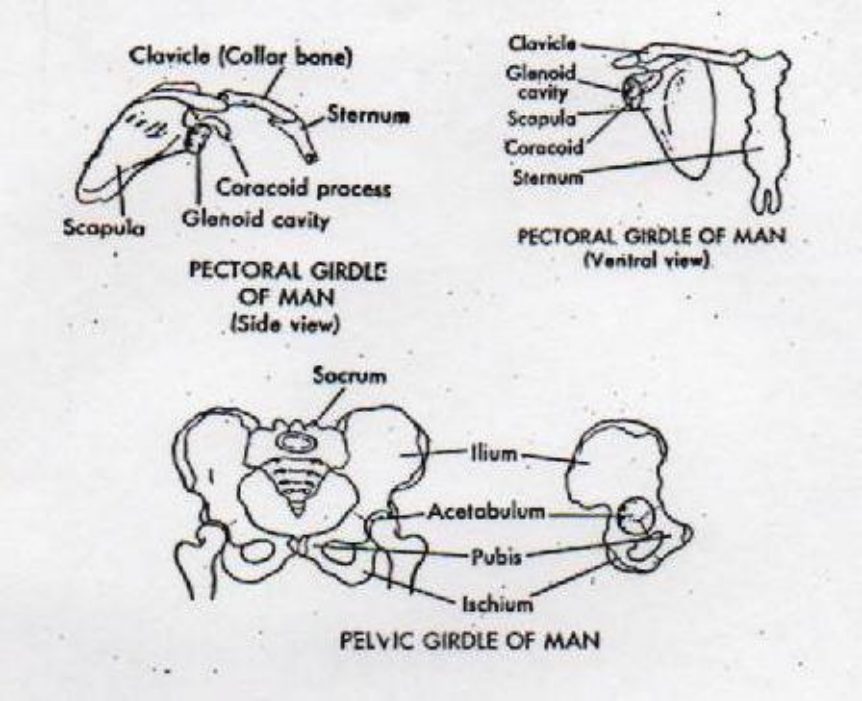


รูปที่ 2.151 ก. กระดูกขา

ข. กระดูกฝ่าเท้า

ค. กระดูกข้อเท้าและฝ่าเท้า

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 203)



รูปที่ 2.152 กระดูกเชิงกรานที่เชื่อมต่อกับกระดูกสันหลังส่วนล่าง
(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 360)

3.3 ข้อต่อ (Joint)

ข้อต่อเป็นตำแหน่งที่ปลายกระดูกอย่างน้อย 2 ชิ้น มาเชื่อมต่อกันแยกออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.3.1 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Immovable joint) เป็นข้อต่อที่ต่อกันอย่างสนิทเคลื่อนไหวไม่ได้ มีความแข็งแรง ได้แก่ ข้อต่อของกระดูกกะโหลกศีรษะ (Skull)

3.3.2 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้ (Movable joint) สามารถแยกออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้บ้างเล็กน้อย (Amphiartthoses) เป็นข้อต่อที่ประกอบด้วยกระดูกอ่อน (Fibrocartilage) อยู่ระหว่างปลายกระดูกทั้งสองที่มาต่อกัน เรียกว่า ข้อต่อกระดูกอ่อน (Cartilage joint) ได้แก่ ข้อต่อกระดูกเชิงกรานตรงบริเวณหัวเหน่า และข้อต่อกระดูกสันหลังตรงบริเวณข้อต่อของกระดูกสันหลัง

2. ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก (Diarthrosis) เป็นข้อต่อที่มีช่องว่างอยู่ภายใน (Synovial joint) และภายในมีแผ่นเยื่อที่ทำหน้าที่สร้างของเหลวเรียกว่า น้ำไขข้อ (Synovial fluid) สามารถแบ่งลักษณะของข้อต่อได้ ดังนี้

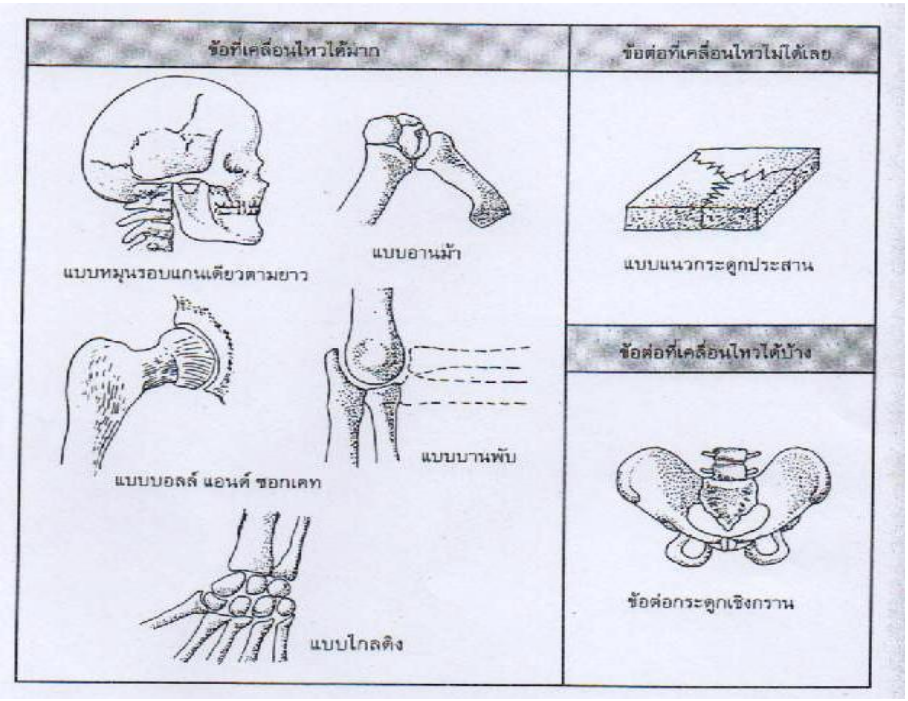
2.1 ข้อต่อแบบบานพับ (Hinge joint) ข้อต่อแบบนี้ทำให้กระดูกเคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกัน คือ งอเข้าและเหยียดออกคล้ายบานพับประตู ได้แก่ บริเวณข้อศอก ซึ่งเป็นข้อต่อที่เชื่อมระหว่างกระดูกต้นแขน (Humerus) กับกระดูกปลายแขนท่อนใน (Ulna) และกระดูกปลายแขนท่อนนอก (Radius) ข้อต่อบริเวณหัวเข่าและข้อต่อของนิ้วต่าง ๆ ยกเว้นนิ้วหัวแม่มือ

2.2 ข้อต่อแบบอานม้า (Saddle joint) ข้อต่อแบบนี้คล้ายกับแบบบานพับแต่สามารถเคลื่อนไหวได้ 2 ทิศทาง คือ เคลื่อนที่ได้แนวหน้าหลังและแนวด้านข้าง ได้แก่ ข้อต่อโคนนิ้วหัวแม่มือ

2.3 ข้อต่อแบบไกลดิง (Gliding joint) เป็นข้อต่อที่มีลักษณะแบนราบ ทำให้กระดูกเคลื่อนไหวได้บ้างเล็กน้อยโดยการขยับหรือถูไถซึ่งกันและกัน ได้แก่ ข้อต่อกระดูกสันหลังข้อต่อของข้อมือ ข้อเท้า

2.4 ข้อต่อแบบรูปเดือย (Pivotal joint) เป็นข้อต่อแบบหมุนรอบแกนเดียวตามยาว ทำให้กระดูกชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ แกนของกระดูกอีกชิ้นหนึ่ง ได้แก่ ข้อต่อระหว่างกะโหลกศีรษะ (Skull) กับกระดูกสันหลัง (Vertebra) ส่วนคอชิ้นแรกทำให้ศีรษะหันขวาไปซ้าย และหันซ้ายไปขวาได้

2.5 ข้อต่อแบบบอลล์แอนด์ซอกเกท (Ball and socket joint) เป็นข้อต่อกลม (Ball) อยู่ภายในแอ่ง (Socket) จึงหมุนได้สะดวกมีการเคลื่อนไหวได้อิสระทุกทิศทางและเคลื่อนไหวได้คล่องมาก ได้แก่ ข้อต่อบริเวณหัวไหล่ระหว่างหัวของกระดูกต้นแขน (Humerus) กับพวกกระดูกสะบัก (Scapula) และข้อต่อบริเวณกระดูกโคนขา (Femur) กับพวกกระดูกเชิงกราน (Pelvic girdle) ตามรูปที่ 2.153



รูปที่ 2.153 ข้อต่อชนิดต่าง ๆ

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 205)

3.4 การต่อของกระดูก (Connect of Bones)

ในการต่อกระดูกโดยเฉพาะข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้บริเวณตอนปลายของกระดูกทั้งสองชิ้นที่มาต่อกัน จะมีกระดูกอ่อน (Cartilage) ที่มีลักษณะเหนียวสั้นและยืดหยุ่นได้ปกคลุมอยู่ กระดูกอ่อนได้รับอาหารจากน้ำไขข้อ (Synovial fluid) ซึ่งเป็นของเหลวสำหรับการหล่อลื่น คล้ายกับน้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ระหว่างกระดูกอ่อน ทั้งกระดูกอ่อนและน้ำไขข้อจะช่วยลดการเสียดสีของกระดูกขณะที่เกิดการเคลื่อนไหว ในขณะที่มนุษย์ยังเล็กอยู่น้ำไขข้อจะเกิดขึ้นเรื่อย ๆ แต่เมื่ออายุมากขึ้นน้ำไขข้อจะเกิดน้อยลงและเสื่อมคุณภาพลงจึงทำให้ข้อต่อของมนุษย์ที่มีอายุมากมีการเคลื่อนไหวลำบาก

กระดูกแต่ละท่อนที่เชื่อมต่อกันยังมีเอ็นที่เรียกว่า ลิกาเมนต์ (Ligament) ซึ่งมีความเหนียวมากทำหน้าที่เชื่อมกระดูกให้ติดกันและช่วยบังคับให้กระดูกเคลื่อนไหวในวงจำกัด ในระหว่างกระดูกกับกล้ามเนื้อยังมีเอ็นยึดกล้ามเนื้อให้ติดกับกระดูกด้วยเอ็นที่เรียกว่าเท็นดอน (Tendon) ช่วยในการเคลื่อนไหว

ถ้ากระดูกอ่อนสึกกร่อนหรือปริมาณน้ำไขข้อลดน้อยลงจะทำให้กระดูกแต่ละท่อนเบียดเข้ามาชิดและเสียดสีกันจนเกิดการอักเสบ เมื่ออักเสบนานจะทำให้ปลายกระดูกที่เสียดสีกันงอกออกมาเป็นปุ่มตามขอบและมีเอ็นผังผืดเกิดขึ้นรอบ ๆ ข้อต่อ ทำให้บริเวณข้อต่อบวมโตบริเวณที่พบมากได้แก่ ข้อต่อสะโพก ข้อต่อเข่า ข้อต่อเท้า ส่วนข้อต่อไหล่ ข้อต่อศอก ข้อต่อมือ และข้อต่อของกระดูกสันหลังมีโอกาสเกิดได้น้อยมาก

4. เนื้อเยื่อของมนุษย์ (Human tissue)

เนื้อเยื่อของมนุษย์และสัตว์ชั้นสูงพวกที่มีกระดูกสันหลัง แบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ

1. เนื้อเยื่อบุผิว (Epithelial tissue or Epithelium) เจริญมาจากระยะตัวอ่อนหรือเอ็มบริโอ (Embryo) ในครรภ์มารดาจากแผ่นเซลล์ชั้นบนที่เป็นส่วนของผนังถุงน้ำคร่ำ เรียกว่า เอกโทเดิร์ม (Ectoderm) เช่น ผิวหนังที่ปกคลุมร่างกายทำหน้าที่ป้องกันอันตรายหรือจากแผ่นเซลล์ชั้นล่าง ซึ่งเป็นส่วนของผนังถุงไข่แดงเรียกว่าเอนโดเดิร์ม (Endoderm) เช่น เนื้อเยื่อบุภายในลำไส้ซึ่งเป็นทางเดินอาหารทำหน้าที่ดูดซึมสารอาหารเข้าสู่กระแสเลือด หรือจากแผ่นเซลล์มีโซเดิร์ม (Mesoderm) ที่เกิดมาแทรกอยู่ระหว่างเอกโทเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม เช่น เนื้อเยื่อบุอวัยวะขับถ่าย เนื้อเยื่อสืบพันธุ์ (Reproductive tissue) ทำหน้าที่สร้างเมือก รับความรู้สึก สร้างเซลล์สืบพันธุ์

2. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) เจริญมาจากระยะตัวอ่อนหรือเอ็มบริโอ (Embryo) ในครรภ์มารดาจากเซลล์มีโซเดิร์ม (Mesoderm) เป็นเนื้อเยื่อทำหน้าที่เชื่อมยึดอวัยวะและโครงสร้างต่าง ๆ ของร่างกายให้ติดต่อถึงกัน ซึ่งทำให้การลำเลียงอาหารและออกซิเจนให้กับเซลล์ต่าง ๆ ได้สะดวก และยังทำหน้าที่ช่วยพยุงหรือค้ำจุนส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Supporting tissue

3. เนื้อเยื่อประสาท (Nervous tissue) เจริญมาจากระยะตัวอ่อนหรือเอ็มบริโอ (Embryo) ในครรภ์มารดารจากเซลล์เอกโทเดิร์ม (Ectoderm) ซึ่งเปลี่ยนแปลงมาทำหน้าที่พิเศษในการควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย รับและถ่ายทอดความรู้สึกระหว่างอวัยวะภายใน และระหว่างร่างกายกับ

สิ่งแวดล้อม เนื้อเยื่อประสาทประกอบด้วย เซลล์ประสาท(Nerve cell) อยู่ทั่วโครงสร้างต่าง ๆ ของร่างกายคล้าย เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) โดยมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษของเนื้อเยื่อประสาทเชื่อมโยงเอาไว้อย่างสลับซับซ้อน

4. เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscular tissue) เจริญมาจากระยะตัวอ่อนหรือเอ็มบริโอ (Embryo) ในครรภ์มารดาจากเซลล์มีโซเดิร์ม (Mesoderm) ในร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วยเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดจากการทำงานร่วมกันของโครงกระดูก เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ และระบบประสาท โดยมีการหดตัวของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่ยึดติดกับโครงกระดูกทำให้กระดูกและข้อต่อเกิดการเคลื่อนไหว ดังนั้นกลไกสำคัญของการเคลื่อนไหวคือการทำงานของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ซึ่งเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อจะทำงานโดยการหดตัว (Contraction) เมื่อหยุดทำงานเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อจะคลายตัว (Relaxation) การหดตัวของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบางชนิดเกิดขึ้นรวดเร็ว เช่น การเคลื่อนไหวของนัยน์ตา แต่เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบางชนิดจะค่อยเป็นค่อยไป เช่น กระเพาะอาหาร เป็นต้น

เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

4.1 เส้นใยมีลาย (Striated muscle) แบ่งได้ 2 ลักษณะตามตำแหน่งที่อยู่ ดังนี้

4.1.1 กล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle) จะยึดอยู่กับกระดูกในร่างกาย บางครั้งเรียกว่ากล้ามเนื้อโครงกระดูก เป็นกล้ามเนื้อที่มีอยู่มากที่สุดสำหรับให้ร่างกายมีการเคลื่อนไหว

4.1.2 กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle) เป็นกล้ามเนื้อของหัวใจโดยเฉพาะ

4.2 เส้นใยไม่มีลาย (Non striated muscle or Smooth muscle) เป็นกล้ามเนื้อเรียบส่วนผนังของอวัยวะภายใน

คุณสมบัติของกล้ามเนื้อ

1. การหดตัว (Contraction) ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงานและการเคลื่อนไหวของร่างกาย

2. การตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle tone) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อเพียงบางส่วนทำให้กล้ามเนื้ออยู่ในสภาพตึงตัว แต่ถ้ากล้ามเนื้อคลายตัว ความตึงตัวก็จะลดลง

3. การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Excitability) กล้ามเนื้อสามารถตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้นทำให้เกิดการหดตัว เมื่อถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้าซึ่งเป็นกระแสประสาทมาจากเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง เป็นผู้นำไปโดยเฉพาะกล้ามเนื้อลาย ถ้าเราทำให้เส้นประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อลายหยุดทำงาน (Block) จะเป็นผลให้ก้อนเนื้อนั้นอ่อนเปลี้ยลงไป ส่วนกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบสามารถหดตัวได้อัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยการกระตุ้นและการนำไปของเส้นประสาท ถ้าเราตัดเส้นประสาทที่มาเลี้ยงหัวใจและทางเดินอาหารออก อวัยวะทั้งสองก็ทำงานได้ปกติ

4. การคลายตัวสู่สภาพเดิม (Extensibility and Elasticity) กล้ามเนื้อสามารถคลายตัวกลับมาสู่สภาพเดิมได้โดยไม่ต้องมีแรงกระตุ้นจากเส้นประสาท สมบัติข้อนี้เป็นการป้องกันการฉีกขาดของ

กล้ามเนื้อเมื่อมีแรงกระตุ้นมาก ๆ เช่น หลอดเลือดขยายตัวเมื่อมีเลือดไหลผ่านและจะหดตัวตามมา ซึ่งจะทำให้เลือดไหลติดต่อกันไปเรื่อย ๆ ในหลอดเลือดหรือผนังกระเพาะปัสสาวะสามารถยืดตัวได้มากเมื่อมีปัสสาวะเต็มและหดตัวกลับสภาพเดิมเมื่อปัสสาวะหมดไป

5. ระบบเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscular system)

เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของมนุษย์แบ่งตามลักษณะเซลล์และหน้าที่ได้ดังนี้

5.1 กล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle)

กล้ามเนื้อลายมีลักษณะเป็นท่อนยาวประกอบขึ้นด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีรูปร่างทรงกระบอกรวมกันเป็นมัดด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดหนึ่ง กล้ามเนื้อลายแต่ละมัดก็ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เหนียวและอ่อนนุ่ม ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อลายมัดอื่น ๆ ที่อยู่ติดกันเคลื่อนไหวได้สะดวกมีความเสียดทานน้อย ปลายทั้งสองข้างของกล้ามเนื้อลายจะยึดติดกับกระดูกต่างชนิดกันบางครั้งจึงเรียกว่า กล้ามเนื้อโครงกระดูก บางมัดของกล้ามเนื้อลายยึดระหว่างกระดูกกับหนังและบางมัดของกล้ามเนื้อลายก็ยึดระหว่างหนังส่วนหนึ่งกับหนังอีกส่วนหนึ่ง เช่น กล้ามเนื้อลายที่เกี่ยวกับการพูดและการแสดงออกของหน้า ถ้าปลายข้างหนึ่งของกล้ามเนื้อลายยึดอยู่กับที่เมื่อมีการหดตัวเกิดขึ้น เรียกว่า Origin ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งเคลื่อนที่ไปได้เรียกว่า Insertion และส่วนที่กล้ามเนื้อลายหนาตรงกลางเรียกว่า Belly กล้ามเนื้อลายมีความแข็งแรงสามารถหดตัวได้สูง การทำงานของกล้ามเนื้อลายจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทส่วนกลาง กล้ามเนื้อลายพวกนี้อาจ เรียกว่า กล้ามเนื้อโวลันทารี (Voluntary) ในการศึกษากล้ามเนื้อลายมัดต่าง ๆ ของมนุษย์ควรรู้จักคำจำกัดความของกล้ามเนื้อลาย คือ

1. Name ชื่อของกล้ามเนื้อลายแต่ละมัด
2. Origin ตำแหน่งของจุดตั้งต้นที่อยู่กับที่ของกล้ามเนื้อลายมัดนั้น ๆ
3. Insertion ตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่เคลื่อนที่ไปได้ของกล้ามเนื้อลายมัดนั้น ๆ
4. Action การทำงานของกล้ามเนื้อลายแต่ละมัด
5. Location ตำแหน่งที่อยู่ของกล้ามเนื้อลายตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
6. Shape รูปร่างของกล้ามเนื้อลายแต่ละมัดมีลักษณะอย่างไรคล้ายกับอะไรบ้าง

7. Blood and nerve supplies กล้ามเนื้อลายมีเส้นเลือด หรือเส้นประสาทอะไรมาเลี้ยงและเป็นแขนงย่อยของเส้นเลือดหรือเส้นประสาทใหญ่ ๆ อะไรบ้าง

ลักษณะของกล้ามเนื้อลายมัดต่าง ๆ ที่ตั้งชื่อตามหน้าที่ (Action) ประกอบด้วย

1. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่ยกไหล่ (Levator scapulae) ความหมายของคำว่า Levator คือ ยก และ Scapulae คือ ไหล่หรือสะบัก

2. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่กดส่วนของร่างกายเรียกว่า Depressor

3. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่อ้าปาก (Depresso r mandibulac) มีตำแหน่งของจุดตั้งต้นอยู่กับที่ (Origin) ที่ผังผืด (Fascia) บนหลังและกระดูกสะบัก (Scapula) โดยที่ตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่เคลื่อนไหวไปได้ (Insertion) ของมัดกล้ามเนื้อลายอยู่ที่กระดูกขากรรไกรล่าง (Mandible) ทำให้อ้าปากได้

4. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่เหยียดมือ (Extensor carpi ulnaris) ความหมายของคำว่า Extensor คือ เหยียด และ carpi ulnaris คือ ตำแหน่งของจุดตั้งต้นที่อยู่กับที่ (Origin) ที่โคนกระดูกข้อศอก (Ulna) และตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่เคลื่อนไหวไปได้ (Insertion) ของมัดกล้ามเนื้อลายที่ด้านบนของกระดูกฝ่ามือทำให้ฝ่ามือเหยียดไปด้านหลัง

5. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่งอมือ (Flexor carpi radialis) ความหมายของคำว่า Flexor คือ งอ และ carpi radialis คือ ตำแหน่งของจุดตั้งต้นที่อยู่กับที่ (Origin) ที่กระดูกปลายแขน (Radius) และตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่เคลื่อนไหวไปได้ (Insertion) ของมัดกล้ามเนื้อลายที่กระดูกข้อมือ (Carpus) ทำให้ฝ่ามืองอมาด้านหน้า

6. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่หมุนโคนขาหรือโคนแขน เรียกว่า Rotator

7. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่กางขาหรือกางแขน เรียกว่า Abductor

8. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่ดึงขา หรือ ดึงแขน เรียกว่า Adductor

9. กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่ดึงขาเข้าหาตัว (Adductor magnus) มีตำแหน่งของจุดตั้งต้นอยู่กับที่ (Origin) ที่กระดูกเชิงกราน (Pelvic girdle) ของกระดูกส่วน Pubis และกระดูกส่วน Ischium โดยที่ตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่เคลื่อนไหวไปได้ (Insertion) ของมัดกล้ามเนื้อลายที่ปลายกระดูกโคนขา (Femur) ด้านในทำให้ดึงขาเข้าหาตัวได้

ลักษณะของกล้ามเนื้อลายมัดต่าง ๆ ที่ตั้งชื่อตามตำแหน่งที่อยู่ (Location) ประกอบด้วย

1. กล้ามเนื้อลายที่อยู่บริเวณขมับ (Temporal) เรียกว่า Temporalis

2. กล้ามเนื้อลายที่อยู่บริเวณระหว่างกระดูกซี่โครง (Rib) เรียกว่า Intercostal

ลักษณะของกล้ามเนื้อลายมัดต่าง ๆ ที่ตั้งชื่อตามรูปร่าง (Shape) ประกอบด้วย

1. กล้ามเนื้อลายที่มีหัวหรือโคนแยกออกเป็นสองแฉกสำหรับยึดกระดูก เรียกว่า Biseps

2. กล้ามเนื้อลายบริเวณคอมีรูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมู เรียกว่า Trapezius

ลักษณะของกล้ามเนื้อลายมัดต่าง ๆ ที่ตั้งชื่อตามตำแหน่งจุดตั้งต้นอยู่กับที่ (Origin) และตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่เคลื่อนไหวไปได้ (Insertion) ประกอบด้วย

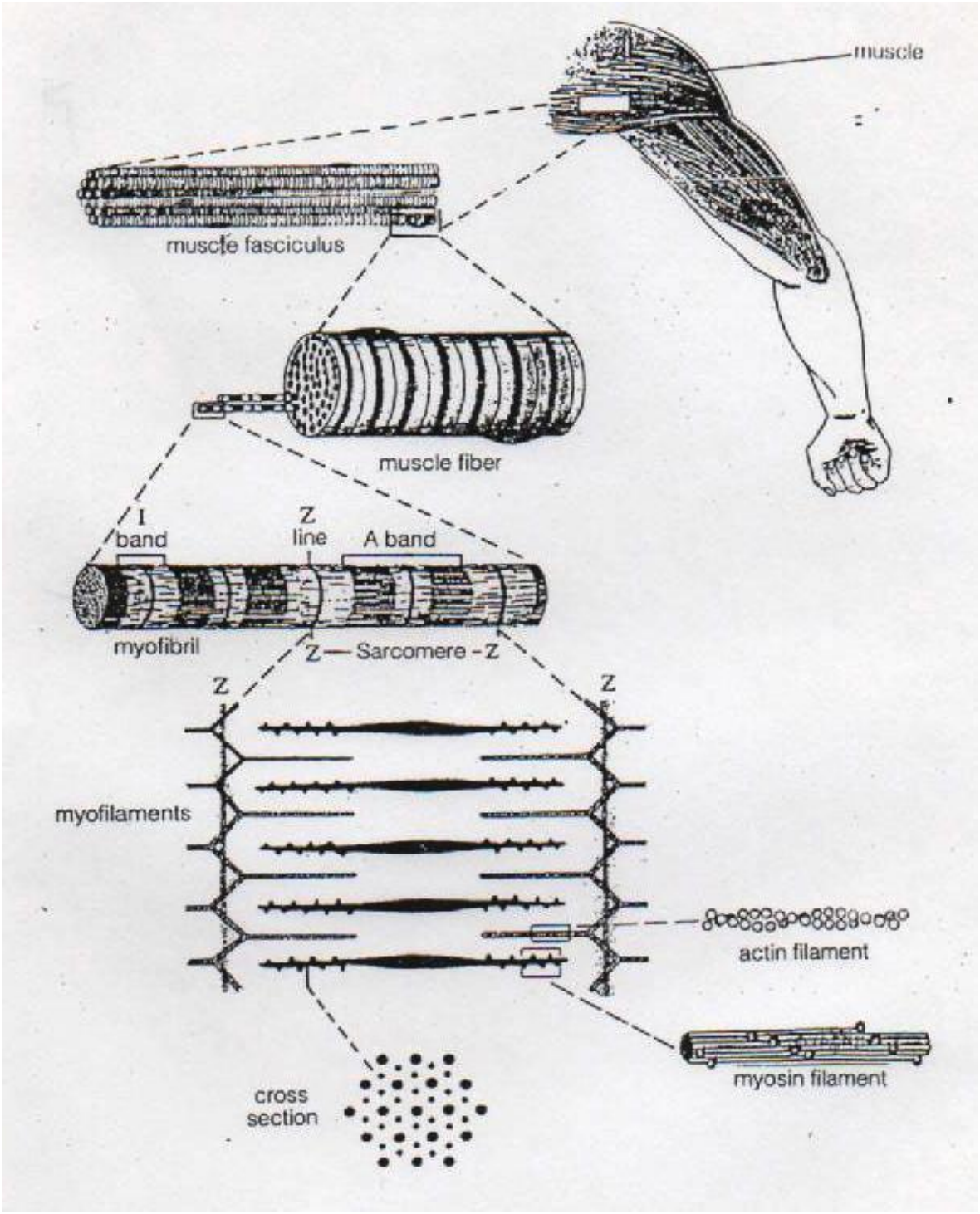
1. กล้ามเนื้อลายที่ยึดอยู่ระหว่างส่วนปลายสุดของกระดูกโคนขา (Femur) และเอ็นยึดหัวเข่ากับเอ็นยึดข้อเท้าหรือเอ็นร้อยหวาย (Tendo achillis or Achilles tendo) เรียกว่า กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius)

โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายมีส่วนประกอบเป็นน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นโปรตีน (Protein) และมีไขมัน (Fat) ไกลโครเจน (Glycogen) ฟอสฟาเจน (Phosphagen) อยู่เล็กน้อย จะอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ที่หน้าอก ที่ท้อง ที่หลัง ที่แขน และที่ขาเป็นต้น กล้ามเนื้อลายแต่ละมัดมีปลาย 2 ปลาย แต่ละปลายยึดติดกับกระดูก มีเนื้อเยื่อบาง ๆ หุ้มอยู่โดยรอบ มีปลายแขนแอกซอน (Axon) แทรกปนอยู่ด้วย กล้ามเนื้อลายแต่ละมัดประกอบด้วยกลุ่มเซลล์กล้ามเนื้อ (Muscle fasciculi) หลายกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มเซลล์กล้ามเนื้อประกอบด้วยเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 10 - 20 ไมครอนและมีขนาดความยาวตั้งแต่ 1 – 40 มิลลิเมตร มีลักษณะยาวเป็นเส้นใยเรียงตัวอยู่มากมาย ภายในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยฝอยหรือเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเล็ก (Myofibrits) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 – 2 ไมครอน มีลักษณะยาวเรียงซ้อนกันตามยาวรวมเป็นมัด และภายในเส้นใยฝอยประกอบด้วยไมโอฟิลาเมนต์ (Myofilament) เป็นเส้นใยเล็ก ๆ เรียงตัวกันอยู่ทำให้เห็นกล้ามเนื้อเป็นลาย ไมโอฟิลาเมนต์ประกอบด้วยโปรตีน (Protein) 2 ชนิด คือ ไมโอซิน (Myosin) และแอกทิน (Actin) เรียงซ้อนกันในแนวขนานกัน โดยเส้นใยไมโอซินหนึ่งเส้นจะล้อมรอบด้วยเส้นใยแอกทินหกเส้น ไมโอซินเป็นโปรตีนที่มีเส้นใยหนา มีสีเข้มตรงปลายมีลักษณะเป็นปมเรียงตัวสลับกันเป็นเกลียว ส่วนแอกทินเป็นโปรตีนที่มีเส้นใยบางทำให้มีสีจางมีลักษณะพันกันเป็นเกลียวสองเส้น และที่ร่องระหว่างเกลียวมีปมของไมโอซินอยู่ เมื่อกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวจะทำให้แอกทินเคลื่อนที่อยู่ภายในปมของไมโอซิน ซึ่งไมโอซินจะทำหน้าที่เป็นตัวบังคับทำให้โปรตีนทั้งสองชนิดรวมตัวหดสั้นเข้าหากันไปเป็นแอกโทไมโอซิน (Actomyosin)

จากผลการศึกษากล้ามเนื้อลายด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่ากล้ามเนื้อลายประกอบไปด้วยเซลล์ยาว ๆ จำนวนมาก ซึ่งเรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) โดยแต่ละเส้นมีแถบ (Band) หรือเส้น (Line) ที่ทึบและลึกมองเห็นชัดเจนสลับกันโดยตลอด ในกรณีที่เป็นแถบที่หนาและทึบแสง เรียกว่า เอแบนด์ (A-band) ประกอบด้วยโปรตีน (Protein) สองชนิดที่เรียงตัวซ้อนกันอยู่ในแนวขนานกัน คือ แอกทิน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) ส่วนบริเวณตรงกลางของเอแบนด์จะโปร่งแสงเรียกว่า เอชแบนด์ (H-band) ประกอบด้วยโปรตีนไมโอซิน (Myosin)

ในกรณีของบริเวณแถบที่บางและโปร่งแสงเรียกว่า ไอแบนด์ (I-band) ระหว่างไอแบนด์แต่ละช่วงจะถูกแบ่งกึ่งกลางด้วยเส้นทึบเรียกว่าแซดไลน์ (Z-line) สำหรับระยะห่างระหว่างแซดไลน์ เรียกว่า ซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) ซึ่งเป็นหน่วยที่จะบีบตัวอย่างต่อเนื่องของกล้ามเนื้อขณะทำงาน การที่กล้ามเนื้อทั้งหมดหดตัวเป็นผลรวมของการหดตัวของซาร์โคเมียร์หลาย ๆ หน่วยภายในเซลล์ของกล้ามเนื้อ บริเวณส่วนปลายของซาร์โครเมียร์ประกอบด้วยโปรตีนแอกทิน (Actin) ตามรูปที่ 2.154



รูปที่ 2.154 โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย

(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 211)

การทำงานของกล้ามเนื้อลาย

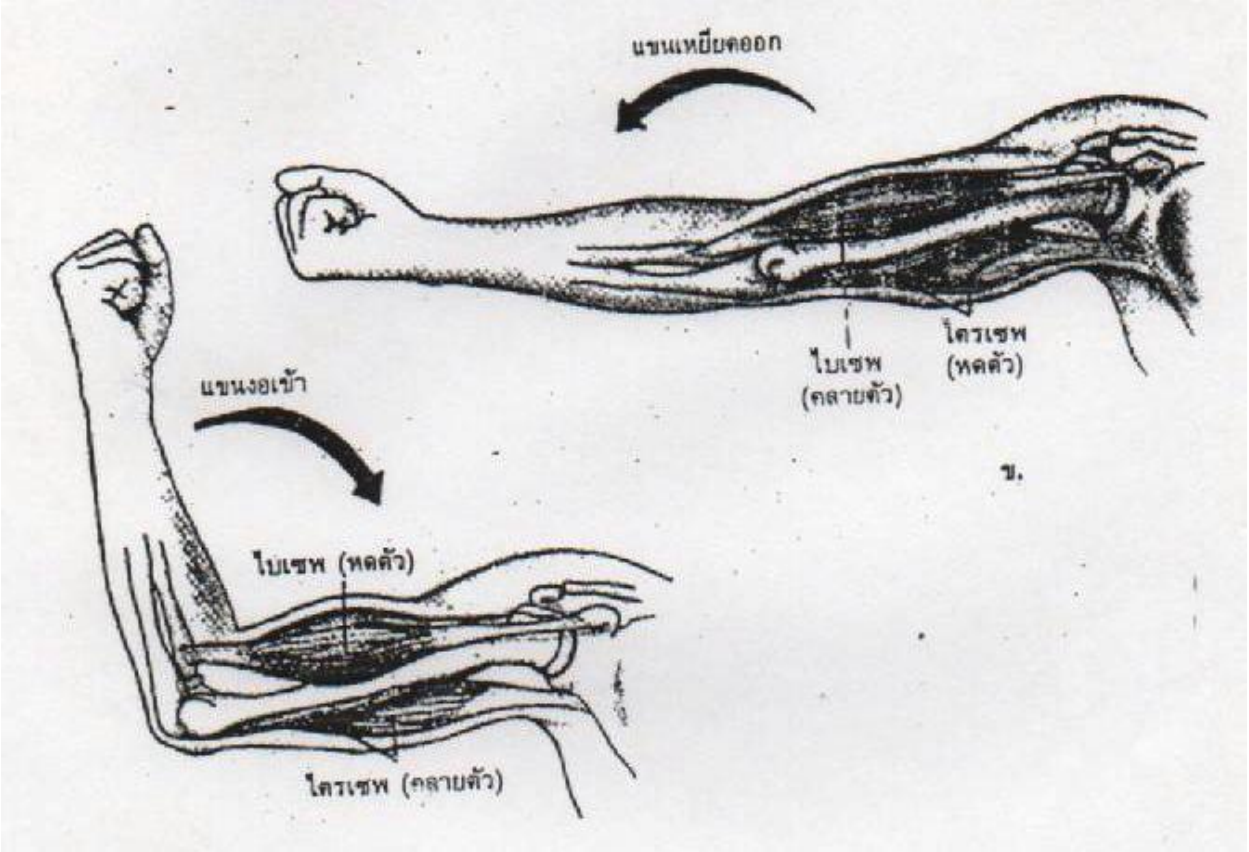
ตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 ได้มีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อลายด้วยกล้องจุลทรรศน์หลายราย เช่น นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษสองท่านคือ เอ เอฟ ฮักซเลย์ (A.F. Huxley) และ นีเดอร์เกอร์ดี (Niedergerde) พบว่าในขณะกล้ามเนื้อลายหดตัวนั้นความยาวของแถบเอแบนด์ (A-band) ส่วนที่ทึบแสงไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนบริเวณตรงกลางของเอแบนด์ที่โปร่งแสง ซึ่งเรียกว่า เอชแบนด์ (H-band) และแถบไอแบนด์ (I – band) จะหดตัวแคบลงกว่าเดิม

ในขณะเดียวกันนักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อ เอช อี ฮักซ์เลย์ (H.E. Huxley) และ จีน แฮนสัน (Jean Hanson) ได้ศึกษาการหดตัวและในสภาพปกติของกล้ามเนื้อลาย ได้เสนอสมมุติฐานว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อลายเกิดจากการเลื่อนผ่านของโปรตีนแอกทิน (Actin) เข้าหากัน โดยทั้งสองพบว่าในขณะกล้ามเนื้อลายอยู่ในระยะฟักตัวหรือคลายตัว โปรตีนแอกทิน (Actin) และโปรตีนไมโอซิน (Myosin) ในใยกล้ามเนื้อลายไม่เลื่อนเข้าหากัน แต่เมื่อกล้ามเนื้อลายหดตัวโปรตีนแอกทิน และโปรตีนไมโอซินจะเลื่อนเข้าหากัน โดยโปรตีนแอกทินในแถบเอแบนด์ (A – band) หดตัวเข้าสู่กึ่งกลาง ทำให้ระยะห่างระหว่างแซดไลน์ (Z – line) ลดลง ส่วนไอแบนด์ (I –band) จะค่อย ๆ ลดลงและอาจหายไปเมื่อมีการหดตัวเต็มที่ ในส่วนของบริเวณตรงกลางของเอแบนด์ (A-band) ที่โปร่งแสงที่ เรียกว่า เอชแบนด์ (H-band) จะพบว่าในขณะกล้ามเนื้อลายหดตัวเอชแบนด์จะหายไป แต่เมื่อกล้ามเนื้อลายคลายตัวจะเห็นเอชแบนด์เป็นเส้นขาวเล็ก ๆ

การเคลื่อนไหวด้วยการอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อลายที่ยึดติดกับโครงกระดูก

การเคลื่อนไหวในลักษณะนี้ หมายถึง เมื่อกล้ามเนื้อลายด้านหนึ่งหดตัว กล้ามเนื้อลายด้านตรงกันข้ามคลายตัว เรียกว่า สภาวะตรงกันข้าม (Antagonism) ซึ่งอาศัยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อลายเป็นคู่ ๆ คือ เมื่อกล้ามเนื้อลายหดตัวจะทำให้อวัยวะนั้นงอเข้ามา (Flexion) เรียกว่า กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ (Flexor) หรือ เมื่อกล้ามเนื้อลายหดตัวแล้วทำให้อวัยวะนั้นเหยียดออก (Extension) เรียกว่า กล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ (Extensor) เช่น การทำงานของกล้ามเนื้อแขนประกอบด้วยกล้ามเนื้อลายไบเซพ (Biceps) และกล้ามเนื้อลายไตรเซพ (Triceps) ปลายข้างหนึ่งของกล้ามเนื้อทั้งสองยึดติดกับกระดูกต้นแขน (Humerus) ที่เชื่อมยึดกับพวกกระดูกสะบัก (Scapula) บริเวณหัวไหล่ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งยึดติดอยู่กับกระดูกปลายแขน คือ กระดูกปลายแขนท่อนใน (Ulna) และกระดูกปลายแขนด้านนอก (Radius) เมื่อกล้ามเนื้อลายไบเซพ (Biceps) หดตัวทำให้แขนงอเข้าตรงบริเวณข้อศอก (Flexior) จึงเรียกว่า กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ (Flexon) ขณะเดียวกันถ้ากล้ามเนื้อลายไตรเซพ (Triceps) หดตัวทำให้แขนเหยียดออก (Extension) จึงเรียกว่ากล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ (Extensor) ขณะเดียวกันกล้ามเนื้อลายไบเซพ (Biceps) จะคลายตัวทำให้แขนเหยียดตรง

การเคลื่อนไหวที่คล้ายกันในลักษณะนี้ ได้แก่ การหุบเข้า (Adduction) การกางออก (Abduction) การหงายฝ่ามือ (Supination) การคว่ำฝ่ามือ (Pronation) เป็นต้น ตามรูปที่ 2.155



รูปที่ 2.155 การงอแขนและการเหยียดแขน
(พัชรี พิพัฒวรรณกุล. 2536 : 213)

5.2 กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle or Heart muscle or Myocardium)

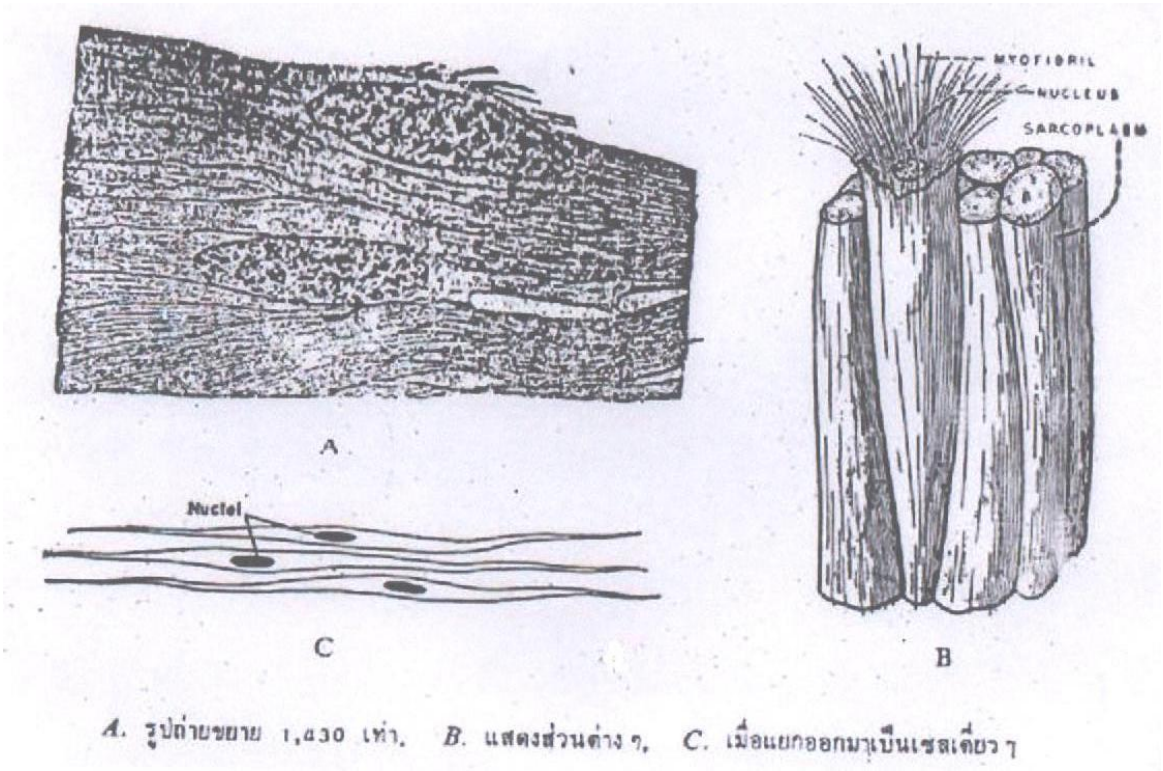
กล้ามเนื้อหัวใจเป็นกล้ามเนื้อของหัวใจโดยเฉพาะ ที่เส้นใยจะมีลาย (Striated muscle) คล้ายกล้ามเนื้อลาย แต่มีระบบการทำงานที่ควบคุมด้วยระบบประสาทอัตโนมัติไม่อยู่ในอำนาจจิตใจคล้ายกับกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) มีการทำงานที่หดตัวเป็นจังหวะสม่ำเสมอกัน โดยทำงานไปเรื่อย ๆ ช้า ๆ เช่น การเต้นของชีพจรจะต้องวัดได้ 70 ครั้งต่อนาทีสำหรับคนปกติ

5.3 กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle)

กล้ามเนื้อเรียบเป็นกล้ามเนื้อที่เส้นใยไม่มีลาย (Non striated muscle) มีระบบการทำงานที่ควบคุมด้วยระบบประสาทอัตโนมัติไม่อยู่ในอำนาจจิตใจที่จะบังคับให้เกิดการหดตัวได้ตามความต้องการ ลักษณะการทำงานจะมีการหดตัวและขยายตัวได้เอง เช่น กล้ามเนื้อเรียบของกระเพาะอาหาร เมื่ออาหารตกถึงกระเพาะอาหาร ผนังของกระเพาะอาหารจะหดตัวและขยายตัวเพื่อคลุกเคล้าอาหารกับน้ำย่อยให้เข้ากัน การทำงานจะเป็นไปอย่างเรื่อย ๆ ช้า ๆ ทำอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นกล้ามเนื้อเรียบพวกนี้อาจเรียกว่ากล้ามเนื้ออินโวลันทารี (Involuntary muscle) ตัวอย่างของกล้ามเนื้อเรียบ ได้แก่ ผนังทางเดินอาหารตั้งแต่หลอดอาหาร

(Oesophagus) ส่วนกลางไปจนถึงลำไส้ใหญ่ (Large intestine) ส่วนไส้ตรง (Rectum) ช่องทวารหนัก (Anus) รอบทวารหนักมีกล้ามเนื้อหูรูด (Sphinctor muscle) หุ้มอยู่สองชั้น ส่วนชั้นใน (Internal sphinctor) เป็นกล้ามเนื้อเรียบส่วนชั้นนอกเป็นกล้ามเนื้อลาย ผนังเส้นเลือด ผนังกระเพาะปัสสาวะ ปอด และผนังมดลูก เป็นต้น

กล้ามเนื้อเรียบประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fibre) ซึ่งแต่ละเส้นมีเซลล์ที่มีลักษณะรูปร่างยาวตรงกลางป่องและแหลมหัว แหลมท้ายคล้าย ๆ กระสวยมีความกว้างประมาณ 3 -8 ไมครอน และความยาวประมาณ 40 – 100 ไมครอน ภายในเซลล์มีนิวเคียสอยู่ตรงกลางคล้ายรูปไข่ มีเส้นใยเล็ก (Fibril or Myofibril) ขนานกันจำนวนมากอยู่รอบ ๆ นิวเคียส และมีเยื่อหุ้มเซลล์อยู่รอบนอก เรียกว่า ซาร์โคพลาสซึม (Sarcoplasm) ตามรูปที่ 2.156



รูปที่ 2.156 กล้ามเนื้อเรียบ

(เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2540 : 318)

บรรณานุกรม

กันยา กมุทชาติ. (ม.ป.ป.) **ชีววิทยา ว 041.** กรุงเทพมหานคร: ซายน์ เซ็นเตอร์.

_____. (ม.ป.ป.) **ชีววิทยา ว 042.** กรุงเทพมหานคร: ซายน์ เซ็นเตอร์.

_____. (ม.ป.ป.) **ชีววิทยา ว 043.** กรุงเทพมหานคร: ซายน์ เซ็นเตอร์.

_____. (ม.ป.ป.) **ชีววิทยา ว 044.** กรุงเทพมหานคร: ซายน์ เซ็นเตอร์.

กิตติภูมิ มีประดิษฐ์. (2542). **มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: จามจุรีโปรดักท์.

เกษม ศรีพงษ์. (ม.ป.ป.). **ชีววิทยา ว 045.** กรุงเทพมหานคร: ภูมิบัณฑิต.

คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์. (2544). **วิทยาศาสตร์ ว 203.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา.

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2540). **ชีววิทยา 1.** กรุงเทพมหานคร: ศิลปาบรรณาคาร.

พจมาน หวังสันติวงศา. (ม.ป.ป.). **ชีววิทยา 041.** กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

พัชรี พิพัฒวรรณกุล. (2536). **ชีววิทยา 042.** กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

_____. (2536). **ชีววิทยา 043.** กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

_____. (2536). **ชีววิทยา 044.** กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

Chiras, Daniel D. (1992). **Environmental Science.** Benjamin: Cummings Publishing Company,Inc;

Oram, Hummer and Smoot. (1986). **Biology Living Systems.** Ohio: Merrill Publishing Company.

ผู้แต่ง / ผู้รังสรรค์
ว่าที่ร้อยตรีวิชัย ไกศัลวัฒน์

พิมพ์ที่ : ส.เสริมมิตรการพิมพ์
26/56 ถ.บางกรวย-ไทรน้อย ต.บางกรวย อ.บางกรวย 11130
Tel. /Fax : 02-447-1692, 02-447-1693
E-mail : s.sermmit@gmail.com