

Basic Human Anatomy

ตำรา

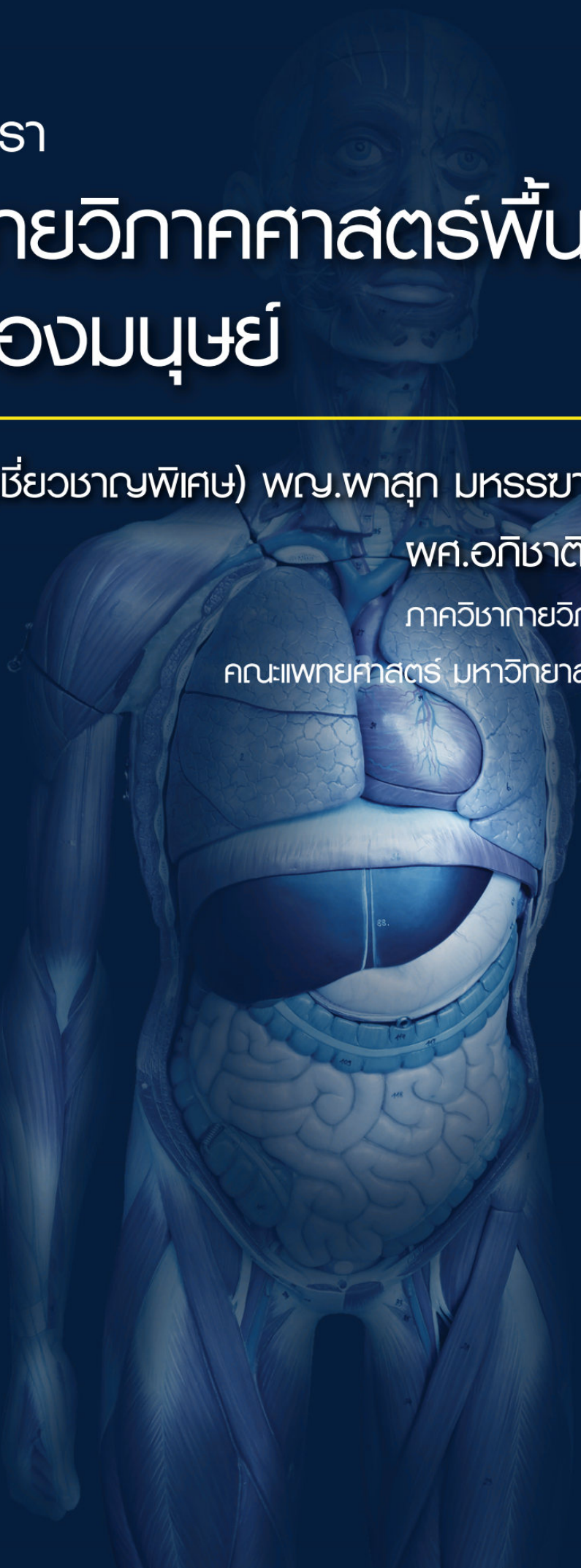
กายวิภาคศาสตร์พื้นฐาน ของมนุษย์

ศ.(เชี่ยวชาญพิเศษ) พญ.พาสุก มหรรษานุเคราะห์

พศ.อภิชาติ สีนธบัว

ภาควิชากายวิภาคศาสตร์

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



แต่. อาจารย์ใหญ่.....ครูผู้ให้

ตำรากายวิภาคศาสตร์พื้นฐานของมนุษย์

Basic Human Anatomy

ผู้แต่ง: ศ. (เชี่ยวชาญพิเศษ) พญ. ผาสุก มหรรฆานุเคราะห์
ผศ. อภิชาติ สินธุบุญ
ปีที่พิมพ์: 2559
พิมพ์ครั้งที่: 1
ISBN: 978-616-413-860-5
จัดพิมพ์โดย: ศ. (เชี่ยวชาญพิเศษ) พญ. ผาสุก มหรรฆานุเคราะห์
ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
E-mail: pasuk034@gmail.com

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Catalog in Publication Data

ผาสุก มหรรฆานุเคราะห์

ตำรากายวิภาคศาสตร์พื้นฐานของมนุษย์ = Basic human anatomy /
ผาสุก มหรรฆานุเคราะห์, อภิชาติ สินธุบุญ .-- พิมพ์ครั้งที่ 1 .--

เชียงใหม่ : ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2559

500 หน้า : ภาพประกอบ, ตาราง

ISBN 978-616-413-860-5

[DNLM: 1. Anatomy 2. Human Anatomy QS 4]

I. อภิชาติ สินธุบุญ

II. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คณะแพทยศาสตร์. ภาควิชากายวิภาคศาสตร์

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และเซลล์วิทยา (introduction to human anatomy & cytology)

การจัดโครงสร้างของร่างกาย (body organization)	3
ท่ามาตรฐานทางกายวิภาคศาสตร์ (anatomical position)	3
ส่วนต่างๆ ของร่างกาย	4
โพรงในร่างกาย (body cavity)	7
แนวแบ่งร่างกาย (plane of the body)	8
ศัพท์ที่ใช้บอกตำแหน่งและความสัมพันธ์ของอวัยวะภายใน (term of relationship)	8
เซลล์ (cell)	13

บทที่ 2 เนื้อเยื่อบุผิว ต่อม เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และผิวหนัง (Epithelium, gland, connective tissue and skin)

การแบ่งประเภทของเนื้อเยื่อบุผิว (classification of epithelial tissue)	26
ต่อมมีท่อ (exocrine gland)	31
เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)	35
ผิวหนัง (skin)	42
โครงสร้างที่เจริญมาจากผิวหนัง (skin derivative)	46

บทที่ 3 ระบบโครงกระดูก (Skeletal system)

กระดูกอ่อน (cartilage)	52
การแบ่งชนิดต่างๆ ของกระดูก (classification of bone)	56
ลักษณะทางมหกายวิภาคศาสตร์ของกระดูก	57

ลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของกระดูก (histology of bone)	58
กระดูกแกนกลาง (axial skeleton)	61
กระดูกแขนง (appendicular skeleton)	80
ข้อต่อและการเคลื่อนไหว (joint and movement)	91

บทที่ 4 ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system)

ชนิดของกล้ามเนื้อ	99
คุณสมบัติโดยทั่วไปของกล้ามเนื้อ	99
โครงสร้างระดับจุลกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อ	99
กล้ามเนื้อลาย	104
กล้ามเนื้อลายที่สำคัญของร่างกาย	107

บทที่ 5 ระบบประสาท 1 (Nervous system I)

เซลล์ประสาท (neurons)	132
การจำแนกชนิดของเซลล์ประสาท (classification of neurons)	133
เซลล์ค้ำจุน (supporting cells)	135
เส้นประสาท (nerve)	139
จุดประสาน (synapse)	141
ปลายประสาท (nerve ending)	142
Cerebrum	144
Diencephalon	157
สมองน้อย (cerebellum)	158
เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง (meninges)	159
ระบบโพรงสมอง (ventricular system)	162
หลอดเลือดเลี้ยงสมอง (cerebral vasculature)	167

บทที่ 6 ระบบประสาท 2

(Nervous system II)

ก้านสมอง (brainstem)	177
ไขสันหลัง (spinal cord)	181
ระบบประสาทส่วนปลาย	191
เส้นประสาทสมอง (cranial nerve)	191
เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve)	194
ระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system : ANS)	207

บทที่ 7 อวัยวะรับรู้ความรู้สึกพิเศษ

(special sense organs)

ตา (eye)	214
หู (ear)	229
อวัยวะรับรส (taste organs)	237
อวัยวะรับกลิ่น (olfactory epithelium)	239

บทที่ 8 ระบบไหลเวียนโลหิตและระบบน้ำเหลือง

(Circulatory and lymphatic system)

เลือด (blood)	243
หัวใจ (heart)	251
หลอดเลือด (blood vessel)	267
ระบบไหลเวียนน้ำเหลือง (lymphatic system)	280

บทที่ 9 ระบบหายใจ

(Respiratory system)

จมูกและโพรงจมูก (nose & nasal cavity)	293
หลอดคอ-คอหอย (pharynx)	297
กล่องเสียง (larynx)	298
หลอดลม (trachea)	300
ปอด (lung)	302
กลไกการหายใจ (breathing or respiration)	315

บทที่ 10 ระบบย่อยอาหาร

(Digestive system)

ปาก และช่องปาก (mouth and oral cavity)	320
เพดาน (palate)	324
หลอดคอ (pharynx)	326
หลอดอาหาร (esophagus)	326
กระเพาะอาหาร (stomach)	331
ลำไส้เล็ก (small intestine)	336
ลำไส้ใหญ่ (large intestine)	340
ไส้ตรง (rectum)	345
ท่อนทวารหนักและทวารหนัก (anal canal and anus)	345
อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร (accessory organs of digestion)	347
ตับอ่อน (pancreas)	348
ตับ (liver)	350
ถุงน้ำดี (gall bladder)	357

บทที่ 11 ระบบทางเดินปัสสาวะ (Urinary system)

ไต (kidney)	363
ท่อไต (ureter)	376
กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder)	378
กล้ามเนื้อหูรูดของท่อทางเดินปัสสาวะ	379
ท่อปัสสาวะ (urethra)	380

บทที่ 12 ระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine system)

ต่อมใต้สมอง (pituitary gland)	389
ต่อมไพเนียล (pineal gland)	396
ต่อมไทรอยด์ (thyroid gland)	397
ต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid gland)	399
ต่อมหมวกไต (adrenal gland)	399
กลุ่มเซลล์ในตับอ่อน (Islet cells of pancreas)	401
ต่อมเพศ (gonads)	404

บทที่ 13 ระบบสืบพันธุ์เพศชาย (Male reproductive system)

อัณฑะ (testis)	409
ท่อพักเชื้ออสุจิ (epididymis)	417
ท่อนำน้ำเชื้ออสุจิ (vas deferens)	417
ท่อขับน้ำกาม (ejaculatory duct)	418

องคชาติ (penis)	419
ถุงเก็บน้ำเชื้ออสุจิ (seminal vesicles)	421
ต่อมลูกหมาก (prostate gland)	421
น้ำกาม (semen)	424

บทที่ 14 ระบบสืบพันธุ์เพศหญิง (Female reproductive system)

รังไข่ (ovary)	428
การตกไข่ (ovulation)	432
ปีกมดลูก (uterine tube)	434
มดลูก (uterus)	436
วงรอบประจำเดือน (menstrual cycle)	438
ปากมดลูก (cervix)	441
ช่องคลอด (vagina)	442
อวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก (external genitalia)	445
เต้านม (breast)	447

บทที่ 15 การปฏิสนธิและคัพภวิทยา (Fertilization and embryology)

ขบวนการปฏิสนธิ (fertilization)	453
การแบ่งตัว (cleavage)	455
การฝังตัว (implantation)	456
การพัฒนาและการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์	466
การคลอด (labor หรือ delivery)	480

บทที่ 1

บทนำเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และเซลล์วิทยา

(Introduction to human anatomy and cytology)

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายและแสดงท่ามาตรฐานทางกายวิภาคศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
2. เรียกชื่อบริเวณต่างๆ ของร่างกายตามศัพท์ทางกายวิภาคศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายความสำคัญและชี้แสดงช่องภายในร่างกายได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายถึงแนวแบ่งของร่างกายได้อย่างถูกต้อง
5. อธิบายศัพท์เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว และสามารถแสดงท่าประกอบได้
6. อธิบายโครงสร้างของเซลล์ และ organelles และส่วนประกอบของเซลล์ได้ถูกต้อง
7. อธิบายโครงสร้างของ plasma membrane และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้
8. อธิบายลักษณะของ cytoplasmic organelles แต่ละชนิด และสามารถบอกความสำคัญได้
9. อธิบายรูปร่างต่างๆ ของเซลล์และระบุที่อยู่ของเซลล์รูปร่างต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ ได้

บทนำเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ และเซลล์วิทยา (introduction to human anatomy and cytology)

ความหมายของวิชากายวิภาคศาสตร์และเซลล์วิทยา

กายวิภาคศาสตร์ (anatomy) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาโครงสร้าง (structure) และส่วนต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต (organism)

คำว่า Anatomy มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ

Ana หมายความว่า "apart" แปลว่าแยกจากกันเป็นส่วนๆ

Tomy มาจากคำว่า tome หมายความว่า "a cutting" แปลว่าการตัด เพราะฉะนั้นคำว่า anatomy คือ "a cutting apart" หมายความว่า การตัดออกเป็นส่วนๆ ซึ่งตรงกับภาษาละตินว่า "dissection"

การศึกษากายวิภาคศาสตร์ แบ่งออกได้ดังนี้ คือ

1. Gross anatomy การศึกษา anatomy จากโครงสร้างที่เห็นด้วยตาเปล่า
2. Microscopic anatomy (histology) การศึกษาเซลล์และเนื้อเยื่อโดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์ช่วยในการศึกษา
3. Embryology การศึกษาถึงการปฏิสนธิและการเจริญเติบโตของทารกตั้งแต่ในครรภ์จนกระทั่งคลอด
4. Neuroanatomy การศึกษาโครงสร้างของระบบประสาท
5. Comparative anatomy การศึกษาเปรียบเทียบกายวิภาคศาสตร์ระหว่างสิ่งมีชีวิต
6. Cytology การศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์
7. Human anatomy การศึกษาโครงสร้างของมนุษย์ซึ่งแบ่งเป็นระบบต่างๆ เรียกว่า systemic anatomy

ประโยชน์ของการศึกษากายวิภาคศาสตร์

วิชากายวิภาคศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยโครงสร้างร่างกายในภาวะปกติ ซึ่งเมื่อเกิดโรคหรือร่างกายอยู่ในภาวะผิดปกติจะทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไปจากเดิม ในฐานะที่พยาบาลซึ่งมีหน้าที่ปฏิบัติเกี่ยวกับร่างกายมนุษย์ในยามเจ็บป่วย มีบทบาทในการรักษาพยาบาลเพื่อบรรเทาความเจ็บป่วยหรือความพิการให้หายหรือกลับสู่สภาพปกติ พยาบาลจึงจำเป็นต้องเรียนรู้สภาพร่างกายในสภาวะปกติ

สรุป : กายวิภาคศาสตร์ คือ การศึกษาโครงสร้าง รูปร่าง ส่วนประกอบของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายมนุษย์

สรีรวิทยา เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาหน้าที่การทำงานของสิ่งมีชีวิต อาจเป็นพืช สัตว์ หรือมนุษย์ก็ได้ สรีรวิทยามาจากคำศัพท์ภาษาอังกฤษว่า physiology ในสมัยก่อนการศึกษามุ่งถึงหน้าที่ของอวัยวะต่างๆ ซึ่งเรียกว่า สรีรวิทยาระดับอวัยวะ (organ physiology) เป็นสำคัญ ต่อมาเมื่อความเจริญทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงได้มีการศึกษามุ่งไปถึงหน้าที่ของเซลล์ ที่เรียกว่า สรีรวิทยาระดับเซลล์ (cell physiology) ซึ่งช่วยให้ทราบถึงกลไกการทำงานของละเอียดและลึกซึ้งขึ้น อย่างไรก็ตามแม้ความรู้เรื่องกลไกการทำงานของละเอียดเพิ่มขึ้น แต่ต้องตระหนักอยู่เสมอว่า การทำงานในร่างกายนั้นต้องอาศัยหน้าที่ซึ่งมีการประสานและเชื่อมโยงกันอย่างใกล้ชิด จึงมีความจำเป็นจะต้องศึกษาการเชื่อมโยงชีววิทยาของเซลล์จนถึงการวิเคราะห์การทำงานของระบบต่างๆ รวมทั้งทฤษฎีการควบคุมด้วย

การจัดโครงสร้างของร่างกาย (body organization)

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องมีการจัดระเบียบเพื่อให้ตัวเองสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ตามปกติ สัตว์เซลล์เดียวกระบวนการชีวิตทั้งหมดเกิดขึ้นภายในเซลล์เพียงเซลล์เดียวเบ็ดเสร็จจึงไม่ต้องจัดระเบียบของร่างกายเพราะมีเพียงเซลล์เดียว ตรงข้ามมนุษย์เป็นสัตว์หลายเซลล์ และมีโครงสร้างที่สลับซับซ้อนมากกว่าจะประกอบขึ้นเป็นรูปร่างที่เรามองเห็น ต้องผ่านขั้นตอนการจัดระเบียบตามลำดับดังนี้

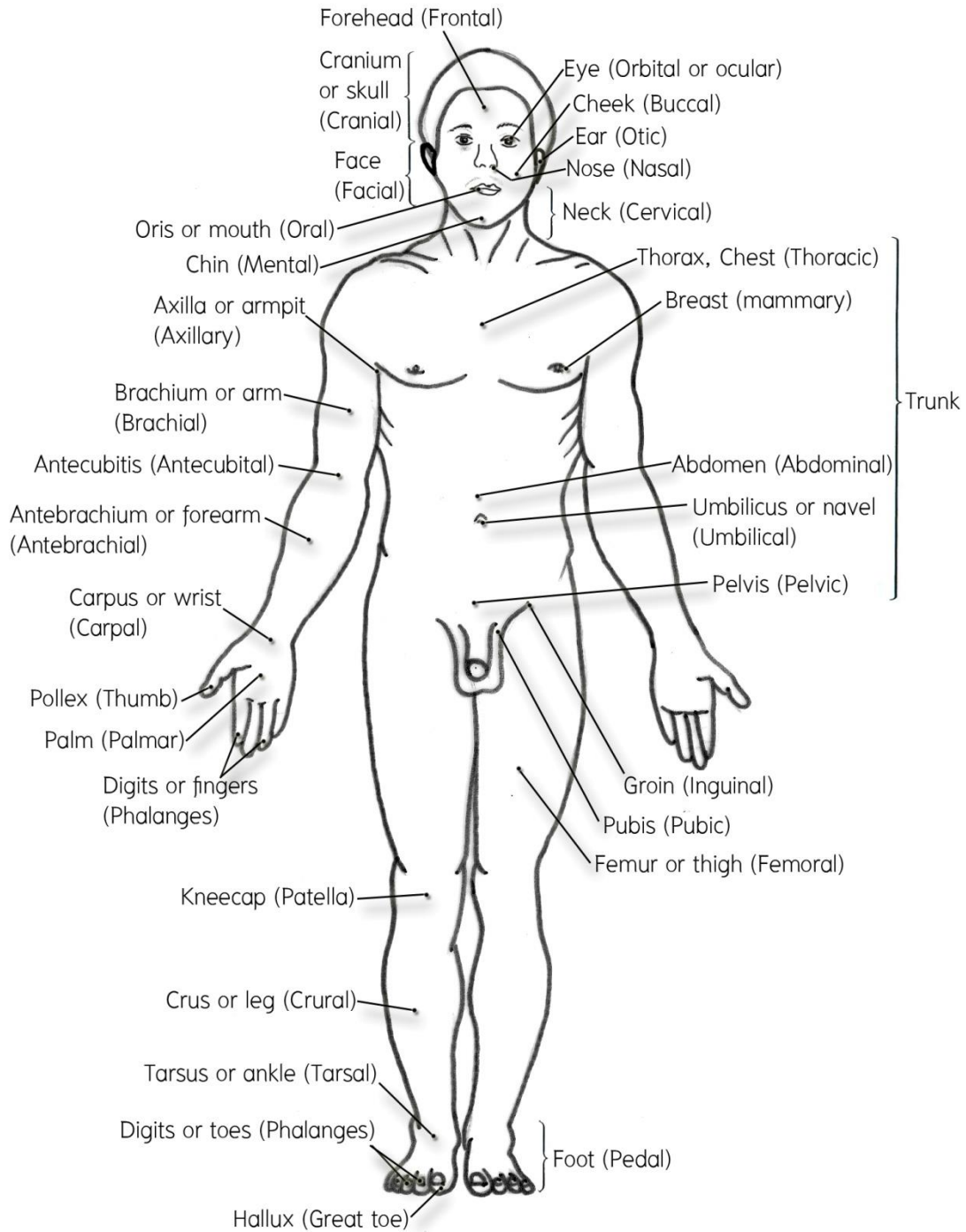
1. **เซลล์ (cells)** คือ หน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตที่สามารถทำงานได้ สิ่งมีชีวิตต้องประกอบขึ้นจากเซลล์อย่างน้อย 1 เซลล์
2. **เนื้อเยื่อ (tissue)** คือ หน่วยโครงสร้างที่ประกอบขึ้นจากเซลล์ตั้งแต่ 2 เซลล์ขึ้นไป มาทำหน้าที่ร่วมกัน
3. **อวัยวะ (organs)** คือ หน่วยโครงสร้างที่ประกอบขึ้นจากเนื้อเยื่อหลายชนิดที่ทำหน้าที่ร่วมกัน เช่น กระเพาะอาหารประกอบขึ้นจากเนื้อเยื่อหลายชนิดที่ทำงานร่วมกัน เช่น เนื้อเยื่อบุผิว เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ เป็นต้น
4. **ระบบ (systems)** คือ หน่วยโครงสร้างขนาดใหญ่ประกอบด้วยอวัยวะตั้งแต่ 2 ชนิด มาทำงานหรือทำหน้าที่ประสานกัน เช่น ระบบหายใจ ประกอบด้วย จมูก หลอดลม และปอด ทำหน้าที่ร่วมกัน เป็นต้น
5. **ร่างกาย (body)** ประกอบขึ้นจากระบบต่างๆ หลายระบบซึ่งทำงานตามหน้าที่ของแต่ละระบบเพื่อให้ร่างกายสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

ท่ามาตรฐานทางกายวิภาคศาสตร์ (anatomical position) (รูปที่ 1.1)

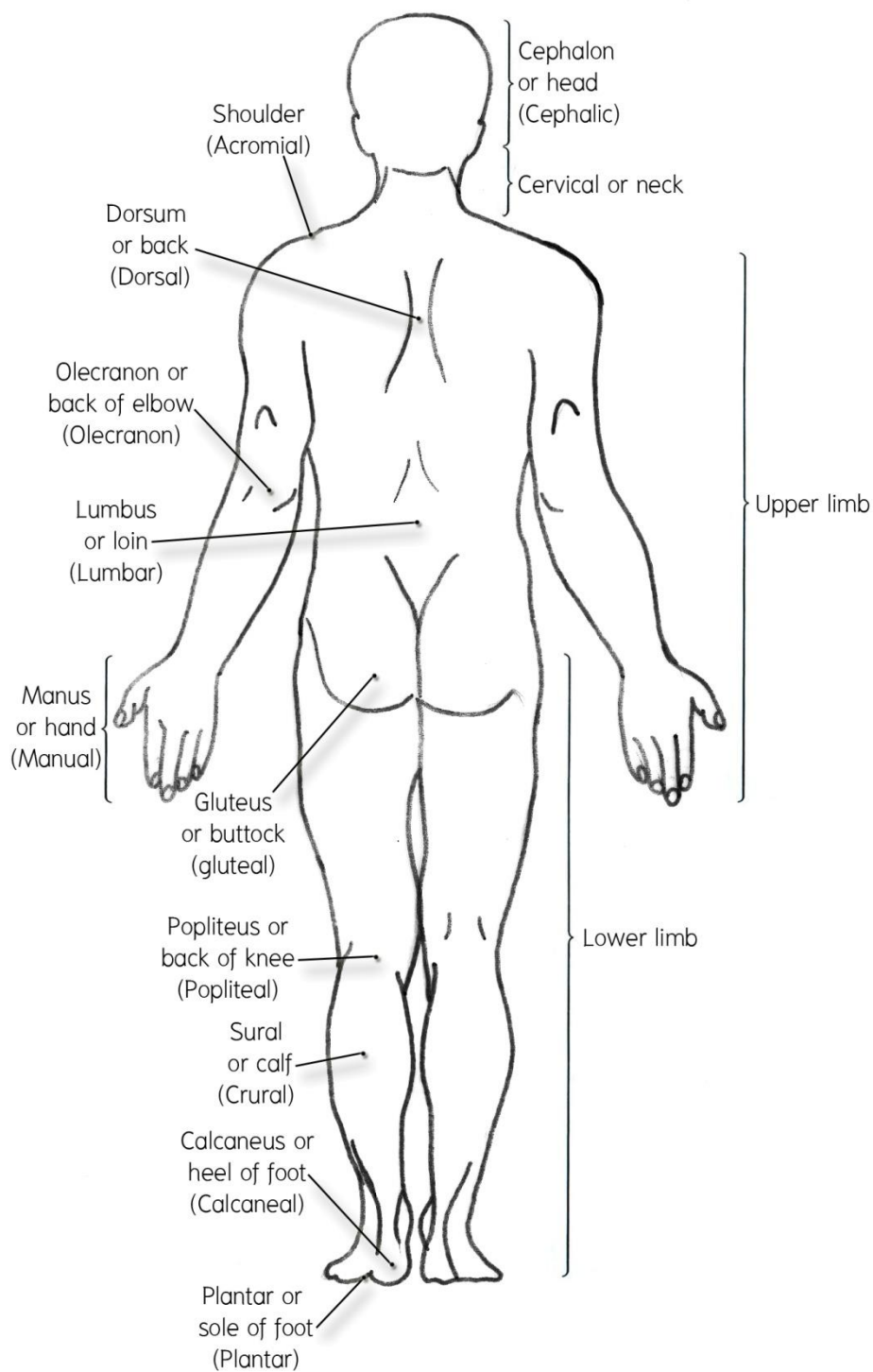
ท่ามาตรฐานทางกายวิภาคศาสตร์ เป็นท่าที่ใช้ในการอ้างอิงถึงส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยมีการจัดท่างานนี้ คือ ยืนตรง เท้าทั้งสองข้างวางขนานและชิดกัน ปลายเท้าชี้ไปข้างหน้า ศีรษะตรง ไบโหนดมองตรงไปข้างหน้า แขนเหยียดข้างลำตัว หงายฝ่ามือไปด้านหน้า

ส่วนต่างๆ ของร่างกาย (รูปที่ 1.1, 1.2)

1. ศีรษะ (head) ประกอบด้วย ส่วนกะโหลกศีรษะ (cranium) และใบหน้า (face)
2. คอ (neck หรือ cervical region)
3. ลำตัว (trunk หรือ torso) แบ่งออกเป็น
 - ส่วนอก (chest หรือ thorax)
 - ส่วนท้อง (abdomen)
 - ส่วนเชิงกราน (pelvis)
 - สะดือ (umbilicus)
 - บริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอกและทวารหนัก (perineum)
 - หลัง (back)
 - เอว (lumbar หรือ waist)
 - กระเบนเหน็บ (sacrum)
4. แขน (upper limb หรือ upper extremities)
 - Axilla รักแร้
 - Arm (brachium) ต้นแขน อยู่ระหว่างข้อไหล่ (shoulder) กับข้อศอก (elbow)
 - Forearm (antebrachium) ปลายแขน อยู่ระหว่าง ข้อศอก (elbow) กับข้อมือ (wrist)
 - Hand มือ
 - * Palmar surface ฝ่ามือ
 - * Dorsal surface หลังมือ
 - * Fingers นิ้วมือ
 - * Thumb นิ้วหัวแม่มือ
5. ขา (lower limb หรือ lower extremities)
 - Groin (inguinal) ขาหนีบ
 - Buttock (gluteal) ก้น
 - Thigh (femoral) ต้นขา อยู่ระหว่าง ข้อสะโพก (hip joint) กับข้อเข่า (knee joint)
 - Leg (crural) ขา อยู่ระหว่าง ข้อเข่า (knee joint) กับข้อเท้า (ankle joint)
 - Foot เท้า
 - * Plantar surface ฝ่าเท้า
 - * Dorsal surface หลังเท้า
 - * Toe นิ้วเท้า
 - * Great (big) toe นิ้วหัวแม่เท้า



รูปที่ 1.1 แสดงการเรียกชื่อส่วนต่างๆ ของร่างกายทางด้านหน้า (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)



รูปที่ 1.2 แสดงการเรียกชื่อส่วนต่างๆ ของร่างกายทางด้านหลัง (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

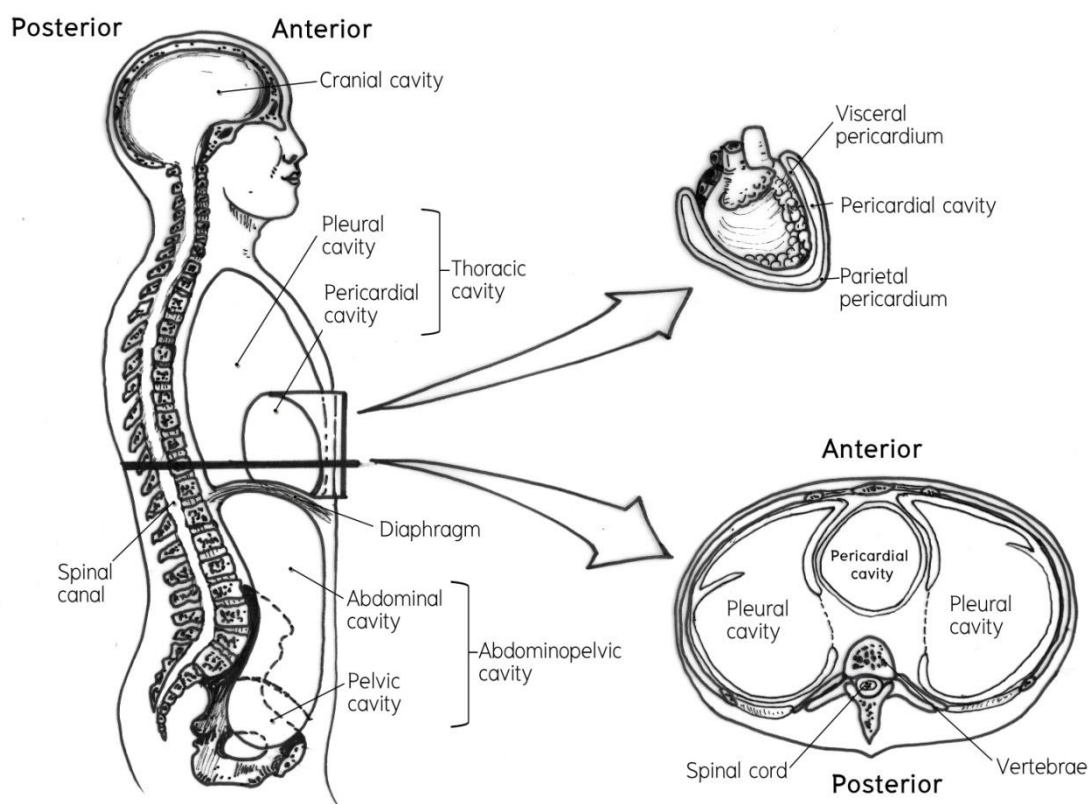
โพรงในร่างกาย (body cavity) (รูปที่ 1.3)

1. **Dorsal cavity** เป็นโพรงที่อยู่ทางด้านหลังของลำตัว ประกอบด้วย

- Cranial cavity เป็นโพรงภายในกะโหลกศีรษะ (cranium) ซึ่งเป็นที่อยู่ของสมอง
- Vertebral canal หรือ spinal canal เป็นโพรงที่อยู่ภายในกระดูกสันหลัง (vertebrae) ซึ่งเป็นที่อยู่ของไขสันหลัง (spinal cord)

2. **Ventral cavity** เป็นโพรงที่อยู่ภายในลำตัวด้านหน้า แบ่งย่อยออกเป็น

- Thoracic cavity หรือ ช่องอก เป็นที่อยู่ของ ปอด, หัวใจ, หลอดเลือดขนาดใหญ่, หลอดลม หลอดอาหาร ฯลฯ โดยแบ่งออกเป็น pleural cavity กับ pericardial cavity
- Abdominopelvic cavity หรือ ช่องท้องและช่องเชิงกราน เป็นช่องที่อยู่ของอวัยวะภายใน ที่เกี่ยวกับการย่อยอาหาร การขับถ่าย รวมทั้งอวัยวะสืบพันธุ์ภายใน abdominopelvic cavity แบ่งออกจาก thoracic cavity ด้วยกระบังลม (diaphragm) Abdominopelvic cavity แบ่งย่อยออกเป็น
 - Abdominal cavity คือ ช่องท้อง เป็นที่อยู่ของกระเพาะอาหาร ลำไส้ ตับ และม้าม
 - Pelvic cavity คือ ช่องเชิงกราน เป็นที่อยู่ของลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย กระเพาะปัสสาวะ และอวัยวะสืบพันธุ์ภายใน

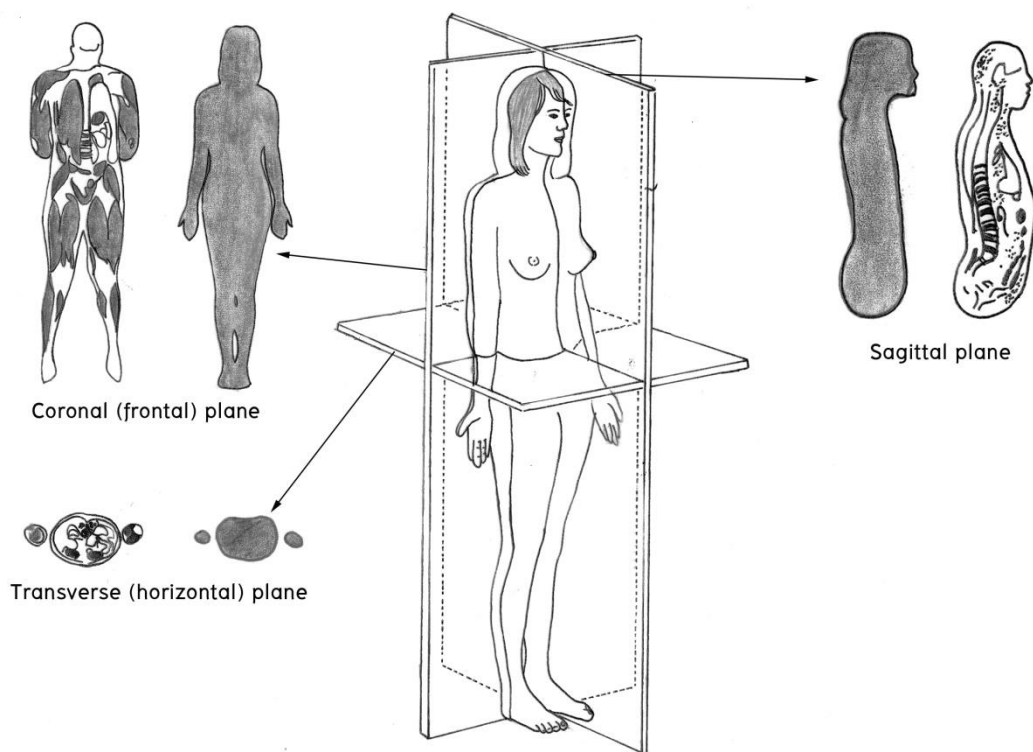


รูปที่ 1.3 แสดงโพรงในร่างกาย (body cavity) (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

แนวแบ่งร่างกาย (plane of the body) (รูปที่ 1.4)

ในการศึกษาวิชากายวิภาคศาสตร์ จำเป็นต้องมีเส้นสมมุติในแนวต่างๆ เพื่อความสะดวกในการศึกษาและการอ้างอิงถึง แนวเส้นสมมุติที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่

1. **Midsagittal plane** หรือ **median plane** คือ แนวตัดแบ่งร่างกายในแนวตั้งผ่านจุดกึ่งกลางลำตัว แบ่งร่างกายออกเป็น ซีกซ้ายและซีกขวา เท่าๆ กัน
2. **Parasagittal plane** คือ แนวตัดแบ่งร่างกายในแนวตั้งที่ขนานกับแนว median plane แบ่งร่างกายออกเป็น ซีกซ้ายและซีกขวา โดยไม่จำเป็นต้องเท่ากัน
3. **Coronal plane** หรือ **frontal plane** เป็นแนวตัดแบ่งร่างกายในแนวตั้งที่ตัดขนานกับรอยต่อของกะโหลกศีรษะที่ เรียกว่า coronal suture แบ่งร่างกายออกเป็นซีกหน้าและซีกหลัง
4. **Horizontal plane** หรือ **transverse plane** เป็นแนวตัดแบ่งร่างกายตามแนวขวางตั้งฉากกับแกนยาว แบ่งลำตัวหรือส่วนของร่างกายออกเป็นส่วนบนและส่วนล่าง

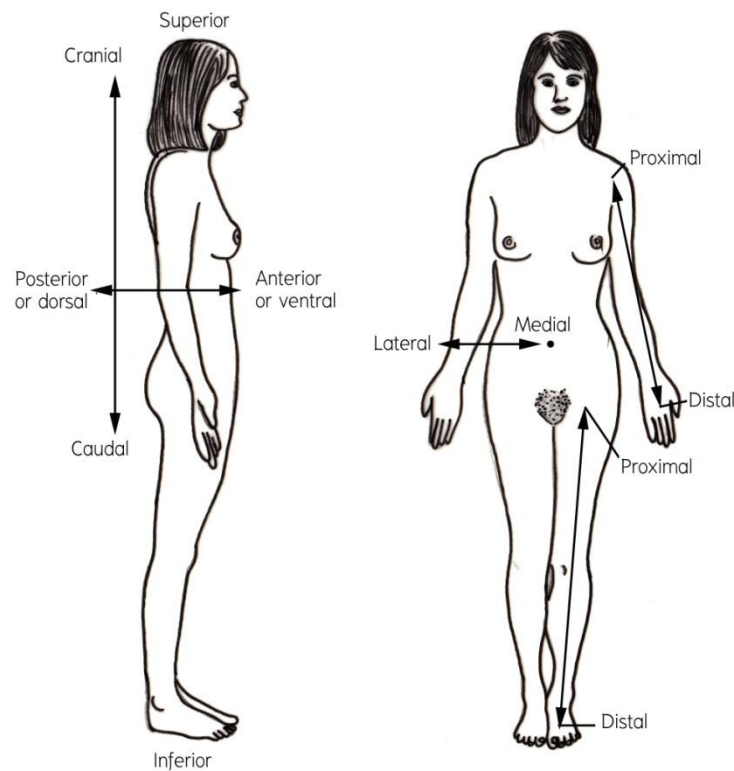


รูปที่ 1.4 แสดงแนวแบ่งของร่างกาย (plane of the body) (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

ศัพท์ที่ใช้บอกตำแหน่งและความสัมพันธ์ของอวัยวะภายในร่างกาย (term of relationship) (รูปที่ 1.5)

- Superior ค่อนไปทางด้านศีรษะหรืออยู่เหนือต่อ
- Inferior ค่อนไปทางด้านปลายเท้าหรืออยู่ใต้ต่อ

- Anterior ค่อนไปทางด้านหน้าของร่างกาย หรืออยู่ทางด้านหน้า
- Posterior ค่อนไปทางด้านหลังของร่างกาย หรืออยู่ทางด้านหลัง
- Ventral ค่อนไปทางด้านท้อง
- Dorsal ค่อนไปทางด้านหลัง
- Median อยู่แนวกลางลำตัวพอดี
- Medial อยู่ใกล้กับแนวกลางลำตัว
- Lateral อยู่ห่างไปจากแนวกลางลำตัว



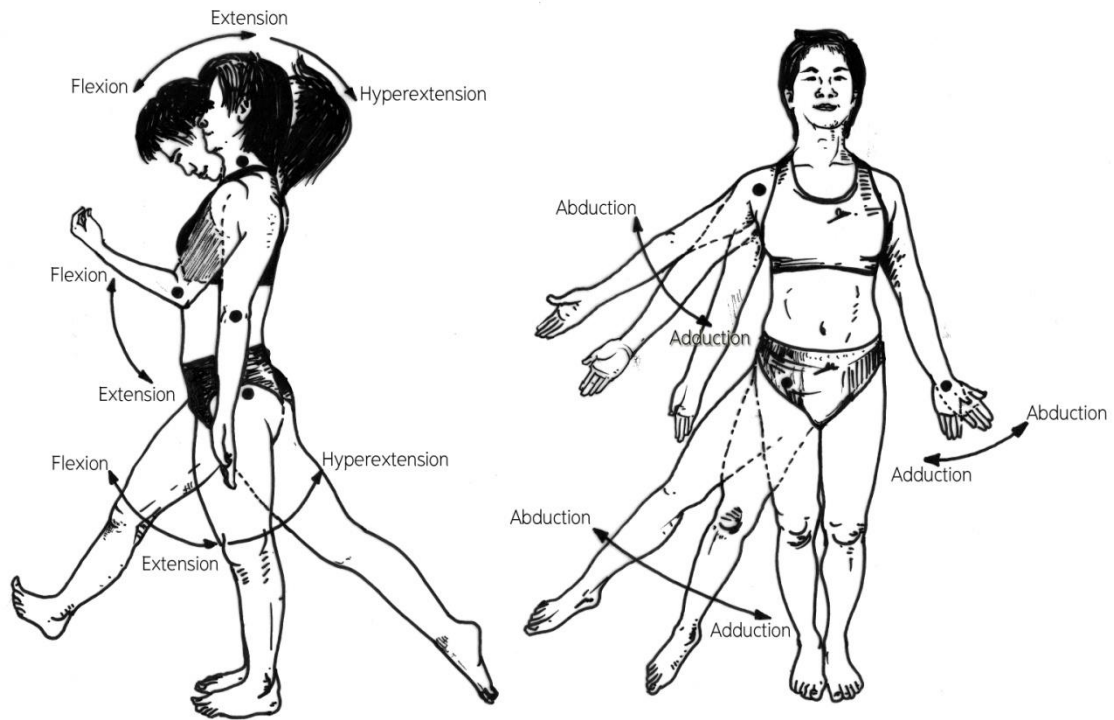
รูปที่ 1.5 แสดงความหมายของศัพท์ต่างๆ ที่ใช้อธิบายตำแหน่งของร่างกาย
(วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

- Intermediate อยู่ระหว่าง 2 โครงสร้าง
- Proximal อยู่ใกล้ส่วนต้น
- Distal อยู่ไกลส่วนต้น หรือ อยู่ใกล้ปลาย
- Superficial อยู่ใกล้ผิว, ตื้น
- Deep อยู่ลึกลงไปจากผิว
- External อยู่ด้านนอก
- Internal อยู่ด้านใน

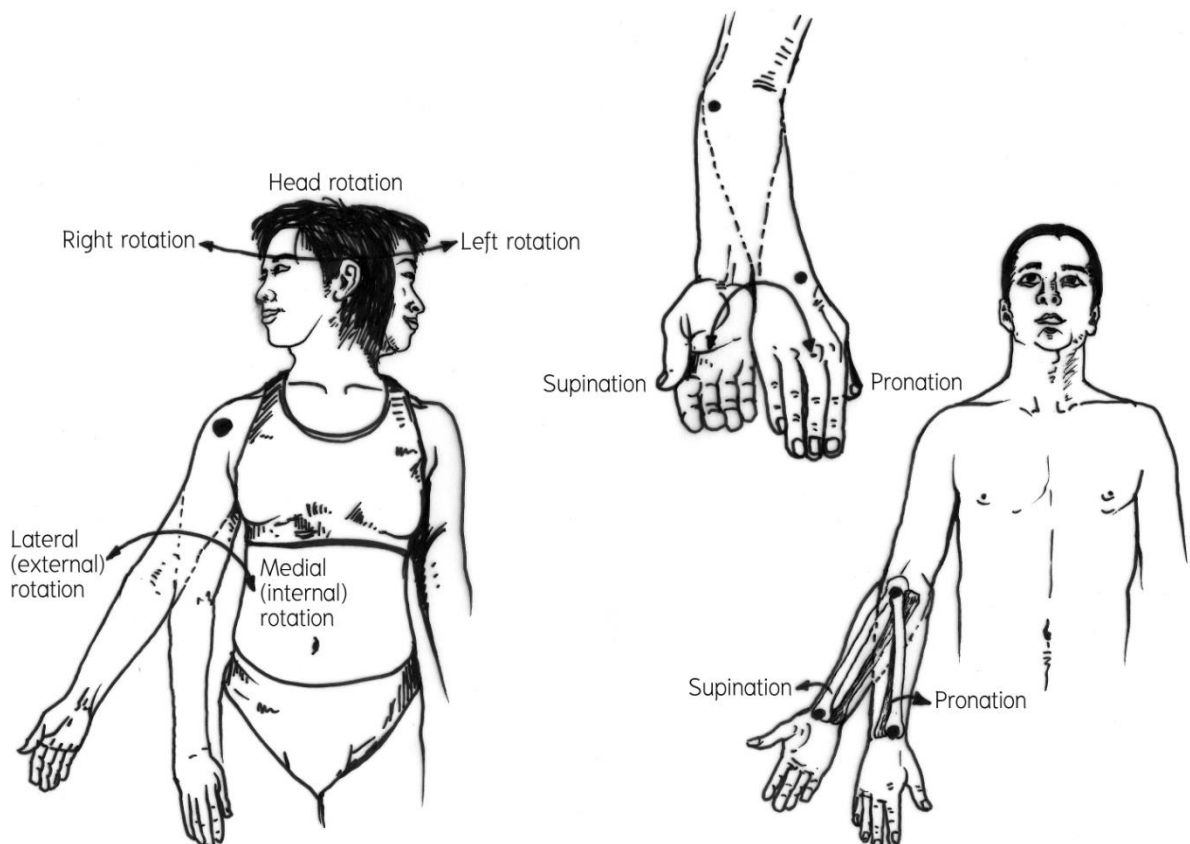
- Parietal อยู่ชิดผนังด้านนอก
- Visceral อยู่ชิดผนังด้านใน
- Central เกี่ยวกับศูนย์กลาง
- Peripheral อยู่ไกลจากศูนย์กลาง / ส่วนปลาย
- Ipsilateral อยู่ด้านเดียวกันของร่างกาย
- Contralateral อยู่ด้านตรงข้ามกันของร่างกาย

ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว (terminology of movement) (รูปที่ 1.6, 1.7, 1.8, 1.9)

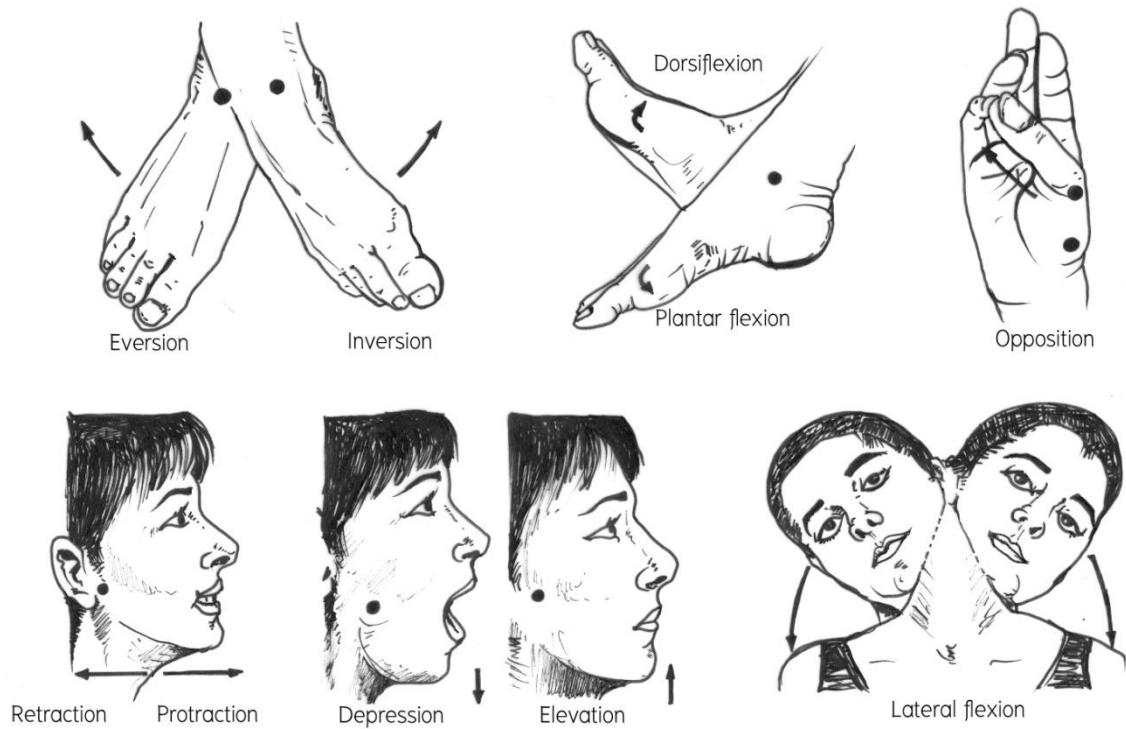
- Abduction การกางออกจากแนวกลาง
- Adduction การหุบเข้าหาแนวกลาง
- Extension การเหยียดออก ทำให้มุมกว้างขึ้น
- Flexion การงอ หรือ พับ ทำให้มุมแคบลง
- Lateral flexion การเอียง หรือการงอลำตัวไปด้านข้าง
- Rotation การหมุนรอบแกนยาวของอวัยวะนั้นๆ
- Circumduction การหมุนแบบเขียนรูปวงกลม ซึ่งเป็นการทำ flexion--> abduction --> extension--> adduction ต่อเนื่องกัน
- Supination การหงายฝ่ามือ
- Pronation การคว่ำมือ
- Inversion การพลิกฝ่าเท้าหันเข้าด้านใน
- Eversion การพลิกฝ่าเท้าหันออกด้านนอก
- Dorsiflexion การกระดกหลังมือ หรือ หลังเท้าขึ้น
- Palmar / plantar flexion การกระดกฝ่ามือ หรือ ฝ่าเท้าลง
- Opposition การเคลื่อนบริเวณหัวแม่มือ (pulp) จากท่า anatomical position ไปแตะกับ pulp ของนิ้วอื่นๆ
- Reposition การเคลื่อนนิ้วหัวแม่มือจากท่า opposition กลับสู่ท่าปกติ
- Protraction การเคลื่อนหรือยื่นไปข้างหน้า
- Retraction การเคลื่อนถอยหลัง
- Elevation การยกให้สูงขึ้น
- Depression การกด หรือ ลดต่ำลง



รูปที่ 1.6 แสดงการเคลื่อนไหวของ คอ ข้อไหล่ ข้อศอก ข้อสะโพก และข้อมือ
(วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

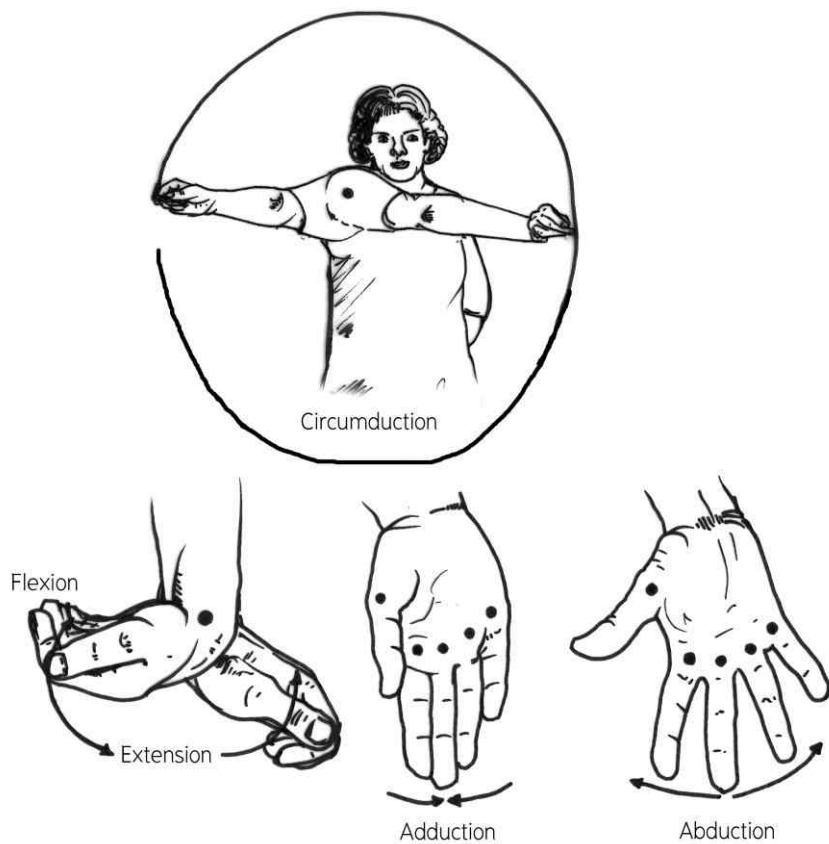


รูปที่ 1.7 แสดงการเคลื่อนไหวของ คอ ข้อไหล่ ข้อศอก และข้อมือ (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)



รูปที่ 1.8 แสดงเคลื่อนไหวของ ข้อเท้า คอ ข้อต่อขากรรไกรล่าง และ ข้อนิ้วมือ

(วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)



รูปที่ 1.9 แสดงการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ ข้อมือ และข้อต่อของฝ่ามือและนิ้ว

(วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

Clinical correlation

การเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนไหวในท่าต่างๆ เป็นความรู้พื้นฐานที่จะนำไปใช้ในการทำกายภาพบำบัดผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว ผู้ป่วยโรคข้อต่อหรือแม้กระทั่งผู้ป่วยโรคสมองที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้เอง การเคลื่อนไหวข้อต่อต่างๆ ต้องดูความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อนั้นๆ (range of motion) ด้วย (ซึ่งได้กล่าวไว้ในระบบกระดูก (skeletal system)) เพื่อหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บต่อข้อต่อ

เซลล์ : หน่วยชีวิตพื้นฐานของร่างกาย

ทฤษฎีเซลล์ (cell theory) ซึ่งเป็นรากฐานของวิชาชีววิทยาและสรีรวิทยาสสมัยใหม่ กล่าวว่า

1. สิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบไปด้วยเซลล์และผลิตภัณฑ์จากเซลล์
2. เซลล์ใหม่ย่อมเกิดจากเซลล์ที่มีอยู่เดิมเท่านั้น
3. ทุกเซลล์มีส่วนประกอบพื้นฐานทางเคมีและกระบวนการเมตาบอลิซึมเหมือนกันหมด
4. กิจกรรม พฤติกรรม และกระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตล้วนเป็นผลจากการทำงานร่วมกันและการประสานงานกันเป็นอย่างดีระหว่างกลุ่มเซลล์ในร่างกาย

ในธรรมชาติมีเซลล์อยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ **เซลล์ยูคาริโอต (eukaryotic cells)** และ **เซลล์โปรคาริโอต (prokaryotic cells)** ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างเซลล์ 2 ประเภทนี้คือการมีหรือปราศจากเยื่อหุ้มกลุ่มของสารพันธุกรรม (DNA) ในเซลล์โปรคาริโอต สาร DNA จะกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในของเหลวภายในเซลล์ (ไซโตพลาสซึม, cytoplasm) ไม่มีเยื่อหุ้มเพื่อแบ่งแยกออกเป็นสัดส่วนเหมือนในเซลล์ยูคาริโอต ซึ่ง DNA จะรวมกันอยู่อย่างเป็นสัดส่วนตรงกลางเซลล์และมีเยื่อหุ้มล้อมรอบนั้นคือส่วนที่เรียกว่า นิวเคลียส (nucleus) ตัวอย่าง เช่น แบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นพวกเซลล์โปรคาริโอต แต่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมเป็นพวกเซลล์ยูคาริโอต

เซลล์เป็นหน่วยชีวิตที่เล็กที่สุดของร่างกายมีความสามารถอยู่ได้ด้วยตัวของมันเอง อย่างเป็นอิสระภายใต้ภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

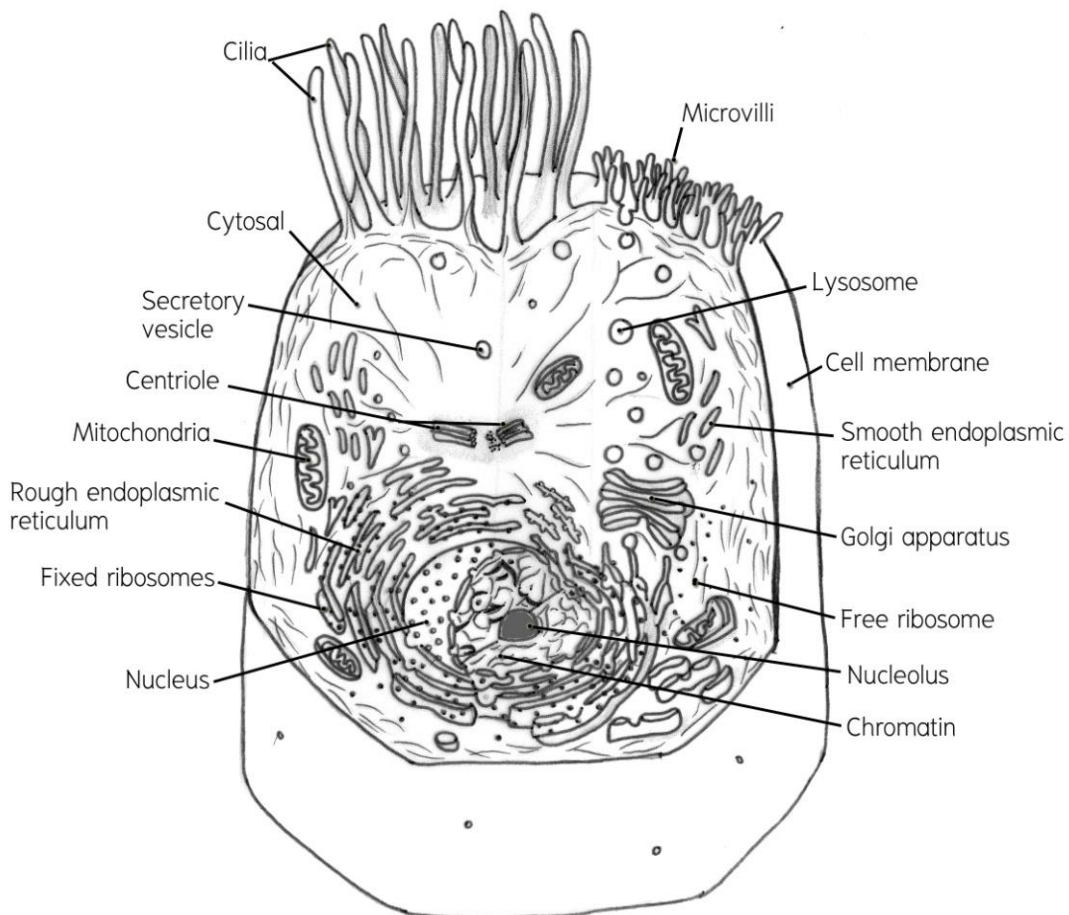
โครงสร้างของเซลล์ (รูปที่ 1.10)

เซลล์ ประกอบด้วย น้ำ ประมาณ 70–85 % อิเล็กโตรไลต์ที่สำคัญ คือ โซเดียมคลอไรด์ แมกนีเซียม คลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และแคลเซียม และมีชีวโมเลกุลที่สำคัญ คือ โปรตีน ประมาณ 10–20% ไขมัน (พวกฟอสโฟลิปิดและคลอเลสเทอรอล) ประมาณ 2% คาร์โบไฮเดรต ประมาณ 1% ไกลโคโปรตีนเป็นแหล่งอาหารของเซลล์ ในเซลล์คาร์โบไฮเดรตจะอยู่ในรูปไกลโคเจนซึ่งไม่ละลายน้ำ สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้รวดเร็ว ส่วนกลูโคสในน้ำนอกเซลล์มีอยู่มากกว่าในเซลล์

องค์ประกอบพื้นฐานของเซลล์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane, plasma membrane หรือ cell wall ในพืช)
2. โปรโตพลาสซึม (protoplasm) ซึ่งประกอบด้วย ซัยโตพลาสซึม (cytoplasm) กับ นิวเคลียส (nucleus)

Cytoplasm ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า **cytosol** ซึ่งเป็นสารประกอบกึ่งแข็งกึ่งเหลว ที่มีโปรตีน และเกลือแร่ละลายอยู่ในน้ำ และส่วนที่มีรูปร่าง เรียกว่า **form bodies** ซึ่งจะแบ่งออกเป็น **cytoplasmic organelles** ซึ่งเปรียบเสมือนอวัยวะของเซลล์ และ **cytoplasmic inclusion** หรือ **inclusion bodies** เป็นผลิตภัณฑ์ของเซลล์และสิ่งที่เซลล์สร้างขึ้น

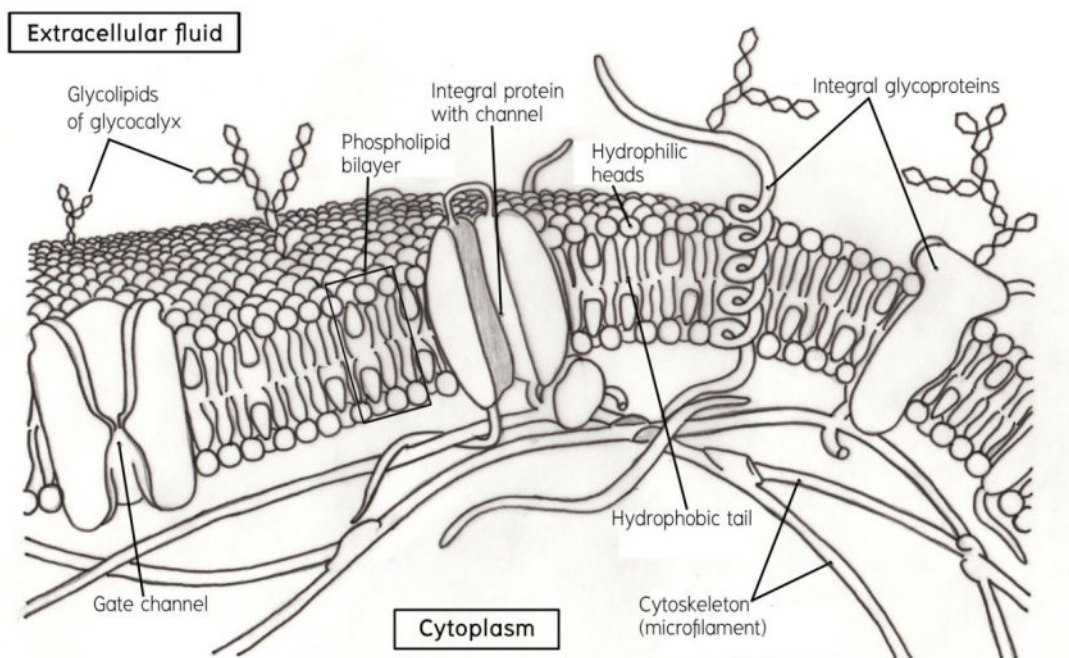


รูปที่ 1.10 แสดงลักษณะโครงสร้างของเซลล์ (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane หรือ plasma membrane) (รูปที่ 1.11)

เยื่อหุ้มเซลล์ เป็นเยื่อบางๆ หุ้มเซลล์ไว้ทั้งหมดทำให้ protoplasm ที่อยู่ข้างในคงรูปอยู่ได้ และมีคุณสมบัติที่สามารถยอมให้วัตถุซึมผ่านเข้าออกจาก cell และทำให้ protoplasm ของเซลล์ไม่รวมกันกับ tissue fluid ที่อยู่รอบๆ เซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วย โปรตีนประมาณ ร้อยละ 62 ไขมัน ร้อยละ 35 และ polysaccharide ร้อยละ 3 ไขมันส่วนใหญ่ ประกอบด้วย ฟอสโฟไลปิด และ คอลเลสเตอรอล เยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติ ดังนี้

1. เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิต
2. มีความยืดหยุ่น ยึดหดได้
3. ตามปกติเป็นเนื้อเยื่อบางๆ ไม่ทึบ ถ้าดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงๆ จะเห็นเป็นเยื่อบางประกอบขึ้นจากโมเลกุลของไขมัน 2 ชั้น (lipid bilayer)
4. มีรูพรุนให้สารละลายผ่านเข้าออกได้ สารบางชนิดก็ผ่านง่าย แต่บางชนิดก็ผ่านยาก จึงเรียกคุณสมบัตินี้ว่า **differential permeable membrane** หรือ **semipermeable membrane** หรือ **selective permeable membrane** ซึ่งได้แก่
 - ก. น้ำ monosaccharide, amino acid, oxygen, urea, glycerol, และเกลือแร่ ผ่านเข้าออกง่าย
 - ข. สารที่มีโมเลกุลเล็ก ผ่านเข้าออกได้ง่ายกว่าสารที่มีโมเลกุลใหญ่ แต่สารที่มีโมเลกุลใหญ่บางชนิดก็ผ่านเข้าออกได้ง่ายเป็นกรณีพิเศษ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ที่มีโมเลกุลใหญ่ต้องอาศัยกระบวนการขนส่งแบบพิเศษ



รูปที่ 1.11 แสดงลักษณะโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

Clinical correlation

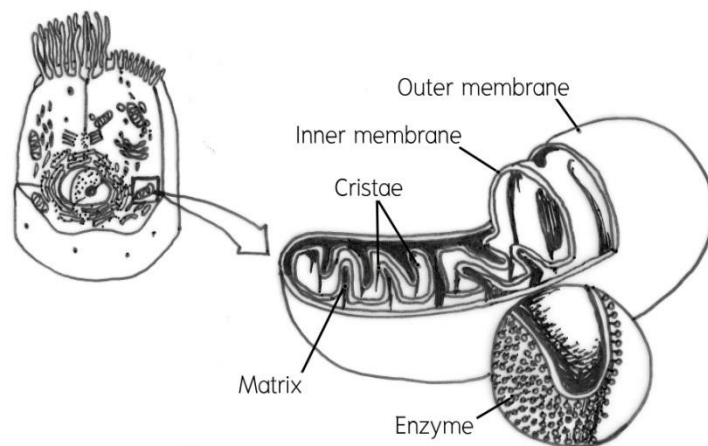
เซลล์สัตว์และเซลล์มนุษย์ มี plasma membrane เป็นตัวควบคุมสมดุลสารระหว่างในเซลล์กับนอกเซลล์ ดังนั้นในทางการแพทย์การให้สารน้ำในผู้ป่วยจึงมีผลอย่างยิ่งต่อเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือด สารน้ำประเภทที่มีค่าเป็น hypertonic solution สูงๆ จะทำให้เกิดเซลล์เม็ดเลือดแดงเหี่ยว ตรงกันข้ามถ้าให้สารน้ำที่มีค่าเป็น hypotonic solution ก็จะทำให้เพิ่มแรงดัน osmosis ส่งผลให้น้ำเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงมากขึ้น ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงบวมและแตกได้ในที่สุด

ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) (รูปที่ 1.10)

ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว (cytosol) อวัยวะเล็ก ๆ (organelles) และ สิ่งที่เซลล์สร้างขึ้น (inclusion bodies)

1. **ไซโตซอล (cytosol)** เป็นของเหลวภายในเซลล์ มีสารละลายอินทรีย์และเกลือแร่ รวมทั้ง สารแขวนลอยคล้ายวุ้น ถ้าย้อมด้วย H&E จะติดสีแดงภายใน cytosol จะมีอวัยวะเล็ก ๆ อยู่ มีน้ำย่อยอยู่เป็นจำนวนมาก cytosol จึงเป็นแหล่งกลางของปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ (intermediary metabolism)
2. **ออร์แกเนลล์ (cytoplasmic organelles)** ประกอบด้วย
 - 2.1 Mitochondria
 - 2.2 Rough endoplasmic reticulum (rER)
 - 2.3 Smooth endoplasmic reticulum (sER)
 - 2.4 Golgi apparatus
 - 2.5 Lysosome
 - 2.6 Ribosome
3. **ผลิตภัณฑ์ของเซลล์ (cytoplasmic inclusion หรือ inclusion bodies)**

ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) (รูปที่ 1.12)



รูปที่ 1.12 แสดงลักษณะโครงสร้างของ mitochondria (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006.)

Mitochondria มีขนาดยาว 2.3 ไมครอน เส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 0.5 ไมครอน ถ้าดูด้วย กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาจะเห็นเป็นจุดกลมหรือแท่ง พบมากในเซลล์ของ ตับ ไต เมื่อดูด้วยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอน จะเห็นมีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ชั้นนอกมีลักษณะคล้ายถุงหุ้มอยู่ด้านนอก ชั้นในม้วน เป็นพับเรียกว่า **cristae** ซึ่งจะแบ่ง mitochondria ออกเป็นส่วนๆ มี matrix และมีแกรนูลติดสีที่ป mitochondria มี RNA และ DNA ของตนเอง เพื่อควบคุมการสร้างโปรตีน และเอนไซม์อีกด้วย

mitochondria มีเอนไซม์ของ Krebs cycle อยู่ใน matrix และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับ respiratory chain อยู่ที่เยื่อหุ้มชั้นใน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้าง ATP ที่จำเป็นสำหรับใช้ในกิจกรรมของ active transport การส่งสัญญาณ (impulse) ของเซลล์ประสาท การหดตัวของกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหวของเซลล์ เป็นต้น

Clinical correlation

เซลล์ร่างกายมนุษย์ที่ต้องใช้พลังงาน เช่น เซลล์กล้ามเนื้อ เซลล์ตับ เซลล์เยื่อบุท่อในไต เซลล์เยื่อบุผนังท่อทางเดินอาหาร จะมีออร์แกเนลชนิดที่เป็น mitochondria อยู่เป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการทำงานของเซลล์นั้นๆ

ในทางนิติวิทยาศาสตร์ mitochondria เป็นออร์แกเนลของเซลล์ที่สามารถนำมาตรวจหา DNA หรือ RNA ได้ เพราะ mitochondria เป็นออร์แกเนลที่มี DNA และ RNA ของตัวเอง

ไรโบโซม (ribosome) (รูปที่ 1.10)

ไรโบโซม เป็น RNA protein complex (nucleoprotein) ถูกสังเคราะห์ใน nucleolus และถูกคัดหลั่งออกมาใน cytoplasm โดยผ่านออกมาทาง nuclear pore ออร์แกเนลชนิดนี้มีขนาดเล็กมาก อาจจะลอยอยู่เป็นอิสระใน cytoplasm หรือเกาะกับชั้นนอกของร่างแหภายในเซลล์กลายเป็นร่างแหหยาบ (rER) สำหรับไรโบโซมใน cytoplasm ที่อยู่โดดๆ เรียกว่า **free ribosome** ส่วน ribosome ที่จับกันเป็นแถวหรือกลุ่ม ที่เรียกว่า **polyribosome** ซึ่งมีหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีนภายในเซลล์

Endoplasmic reticulum ; ER (รูปที่ 1.13)

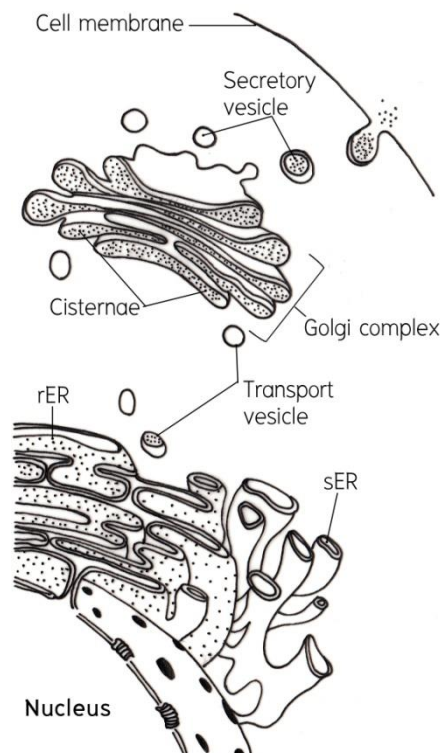
ร่างแห (endoplasmic reticulum) ภายในเซลล์มี 2 ชนิด คือ

1. Rough endoplasmic reticulum (rER) เป็นร่างแหชนิดที่มีไรโบโซมเกาะอยู่ มีลักษณะเป็นถุง (cisternae) ที่เชื่อมต่อกันเอง และเชื่อมต่อกับเยื่อหุ้มนิวเคลียสชั้นนอก (outer nuclear membrane) ร่างแหชนิดหยาบนี้จะมีไรโบโซมเกาะติดที่เยื่อหุ้มเป็นระยะๆ บางครั้งพบไรโบโซมเป็นกลุ่ม (polyribosome) อยู่ใน cytoplasm ทั้ง rER, free ribosome และ polyribosome มีหน้าที่สร้างและสะสมโปรตีนไว้ใน cisternae เพื่อส่งต่อไปให้ golgi apparatus หรือใช้ใน cytoplasm

2. Smooth endoplasmic reticulum (sER) เป็นร่างแหชนิดเรียบมีลักษณะเป็นถุง (cisternae) คล้าย rER แต่ไม่มีไรโบโซมเกาะอยู่ sER พบมากในเซลล์ที่สร้างสเตียรอยด์ฮอร์โมน ช่วยในการขนส่งไอออน และทำลายสารพิษ เป็นต้น

Golgi complex (apparatus) (รูปที่ 1.13)

Golgi complex (apparatus) มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว ประกอบด้วยถุงแบนๆ (saccul หรือ cisternae) เรียงตัวขนานกันและซ้อนกันโค้งเกือบเป็นรูปครึ่งวงกลม ด้านโค้งนูน (convex) ที่หันเข้าหา นิวเคลียสจะประกอบด้วยถุง (vesicle) ขนาดเล็ก เรียก transfer vesicle ซึ่งส่งต่อมาจาก rER ส่วน ด้านโค้งเว้า (concave) ที่หันออกจากนิวเคลียส ตรงบริเวณส่วนปลายของ golgi sac จะขยายออก และมี secretory granule vesicle ขนาดต่างๆ กัน อยู่ใกล้กันเพื่อหลุดออกและเคลื่อนไปยังผิวเซลล์ golgi complex มีหน้าที่ช่วยในการ concentrate พวกรโปรตีนที่สร้างจาก rER ให้อยู่ในรูปของ secretory vesicle หรือ concentrate พวกร hydrolytic enzyme ให้เป็น lysosome และสร้าง polysaccharide เพื่อรวมกับโปรตีน ในเซลล์ที่ทำหน้าที่ขับหลังจะมี golgi complex เจริญดี



รูปที่ 1.13 แสดง organelles ของเซลล์ (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

Lysosome (รูปที่ 1.10)

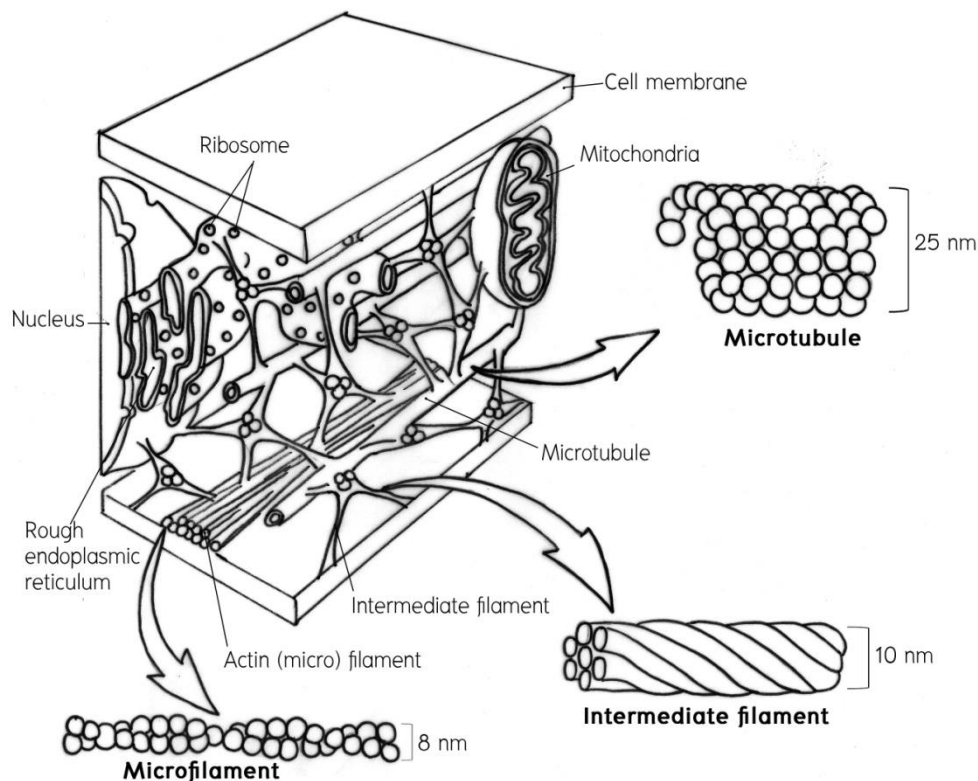
Lysosome (lyso=dissolution, soma=body) มีเยื่อหุ้มที่สร้างจาก golgi apparatus มีลักษณะกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2–0.8 ไมโครเมตร อาจมีเยื่อหุ้ม 1 หรือ 2 ชั้น มีชื่อเรียกตามบทบาท 2 ชื่อ คือ primary lysosome (virgin) ยังไม่มีบทบาทในการย่อยสลายสิ่งใด เป็นถุงของเอนไซม์แท้ๆ ส่วน secondary lysosome ทำหน้าที่ย่อยหรือผ่านกระบวนการย่อยสิ่งของมาชั้นหนึ่งแล้ว lysosome มีเอนไซม์อยู่มากถึง 50 ชนิด เอนไซม์สำคัญ คือ acid phosphatase เอนไซม์ทุกชนิดจะถูกปล่อยออกมาทันทีโดยเยื่อหุ้มเปิดออก และย่อยสิ่งแปลกปลอมในขณะที่มีพยาธิสภาพ

หน้าที่หลักของ lysosome

1. Storage vacuole หรือ storage granule
2. Digestive vacuole หรือ heterophagic vacuole
3. Autophagic vacuole, autophagosome, cytolysosome
4. Residual body ซึ่งเป็นผลผลิตของการย่อยที่ไม่หมด ยังเหลือค้างในเซลล์ จึงทำให้ lysosome มีความทึบเข้มต่างกัน

Cytoskeleton (รูปที่ 1.14)

ภายในเซลล์นอกจากจะประกอบด้วย ออแกเนลล์ชนิดต่างๆ แล้วยังมีโครงสร้างที่ประกอบตัวเป็น network ทำหน้าที่เป็นโครงร่างของเซลล์ network เหล่านี้ ประกอบขึ้นจากโครงสร้างขนาดต่างๆ กัน ได้แก่ microtubule, microfilament และ microfibril (intermediate filament) โครงสร้างเหล่านี้ช่วยในการคงรูปของเซลล์และยังช่วยในการเคลื่อนไหวของเซลล์อีกด้วย



รูปที่ 1.14 แสดงโครงสร้างของ cytoskeleton (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

1. **Microtubule** มีลักษณะโครงสร้างเป็นท่อกลวง (tubular structure) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงนอก ประมาณ 24 nm แต่ความยาวไม่แน่นอน microtubule อาจจะกระจายอยู่ทั่วไปใน cytoplasm หรืออาจจะประกอบกันขึ้นเป็นโครงสร้างของ cilia, flagella, centriole และ basal body นอกจากนี้จะทำหน้าที่เป็น cytoskeleton แล้ว ยังเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของ organelle ต่างๆ ภายในเซลล์

2. Microfilaments ประกอบด้วยเส้นใยโปรตีนขนาดต่างๆ กันพบได้ในเซลล์ทั่วไปในหลายๆ รูป เช่น แบบที่พบในเซลล์กล้ามเนื้อลาย (striated หรือ skeletal muscle) มี microfilaments ขนาด 5–7 nm ชื่อว่า actin filament และยังพบ filament ขนาดใหญ่กว่า ชื่อว่า myosin filament ร่วมกันทำหน้าที่ให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ (muscle contraction) และแบบที่กระจายอยู่ทั่วไปภายใน cytoplasm เพื่อทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์ (cytoskeleton)

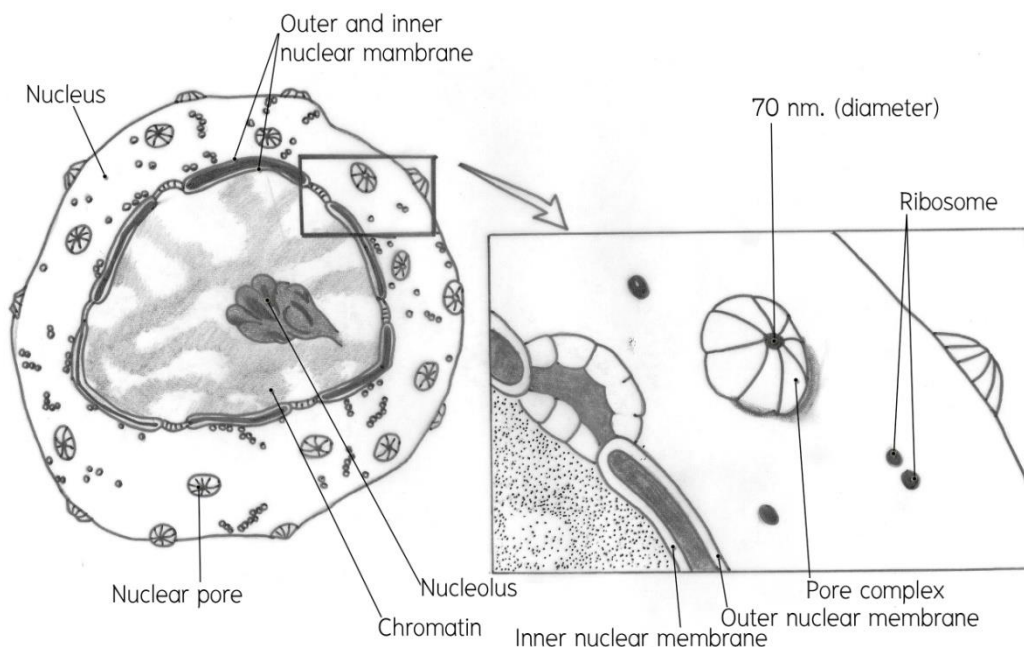
3. Intermediate filament ที่ประกอบด้วยอยู่ในเซลล์ จัดว่าเป็นเส้นใยโปรตีนชนิดที่สาม นอกจาก thin filaments และ thick filament

Cytoplasmic inclusion

เป็นผลิตภัณฑ์ของเซลล์ หรืออาจเป็นของเสียที่เซลล์จะขับถ่ายทิ้ง หรือ เป็นอาหารที่สะสมไว้ใน cytoplasm เช่น secretory granule, pigment granule หรือ lipid droplets

นิวเคลียส (nucleus) (รูปที่ 1.15)

Nucleus ของเซลล์มีรูปร่างกลมหรือรี อยู่ภายในเซลล์ อาจอยู่ตรงกลางเซลล์หรือไม่ก็ได้ แล้วแต่ชนิดของเซลล์ นิวเคลียสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5–10 ไมครอน ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ nuclear envelope, chromatin, nucleolus และ nuclear matrix ขนาดและรูปร่างของ nucleus ของเซลล์แต่ละชนิดจะมีรูปร่างเฉพาะตามลักษณะของเซลล์นั้น ๆ



รูปที่ 1.15 แสดงโครงสร้างของ nucleus (วาดใหม่จาก Martini FH., 2006)

1. Nuclear membrane โดยการดูทางกล้อง LM (light microscope) เยื่อหุ้มนิวเคลียสเป็นเส้นติดสีเข้มรอบนิวเคลียส ถ้าดูด้วยกล้อง EM (electron microscope) พบว่าเยื่อหุ้มเซลล์ มีลักษณะเป็น double membrane โดยทั้งสองชั้น รวมกันเป็น cisterna และประกอบขึ้นเป็น nuclear envelope

หรือ nuclear membrane ที่บางตำแหน่งของ nuclear membrane มีโครงสร้างที่เรียกว่า **nuclear pore** มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 70 nm ซึ่งเป็นช่องทางติดต่อระหว่างภายนอกและภายในนิวเคลียส มีคุณสมบัติที่ permeable สำหรับ mRNA และ cytoplasmic protein

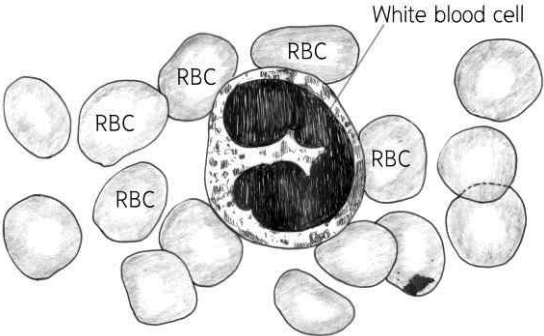
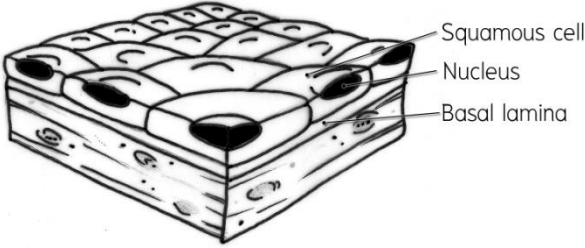
2. **Chromatin** ภายในนิวเคลียสมี 2 ประเภท คือ heterochromatin และ euchromatin ถ้าดูด้วยกล้อง EM จะพบว่า **chromatin** ประกอบขึ้นจากสาย **DNA** พันรอบก้อน histone proteins จึงทำให้เส้นใยโครมาตินมีลักษณะคล้ายสายลูกปัด ขณะที่จะมีการแบ่งเซลล์เส้นใยโครมาตินเหล่านี้จะรวมกันมีลักษณะเฉพาะ เรียกว่า **โครโมโซม** (chromosome) ตามปกติแล้วมีโครโมโซมอยู่ 46 เส้น (23 คู่) ภายในนิวเคลียสหนึ่งๆ ในจำนวนนี้แบ่งออกเป็นโครโมโซมที่มียีนกำหนดลักษณะทางร่างกาย (autosome) จำนวน 22 คู่ และโครโมโซมเพศ (sex chromosome) 1 คู่ ซึ่งประกอบด้วย XX (เพศหญิง) หรือ XY (เพศชาย)

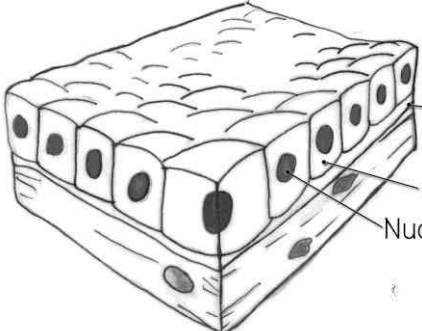
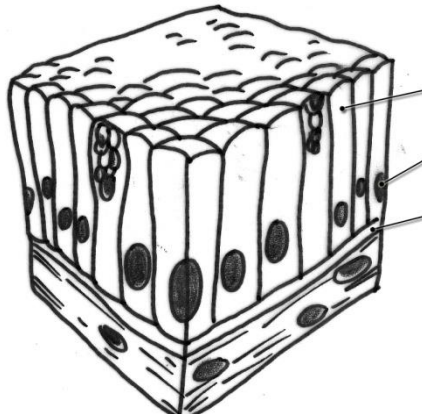
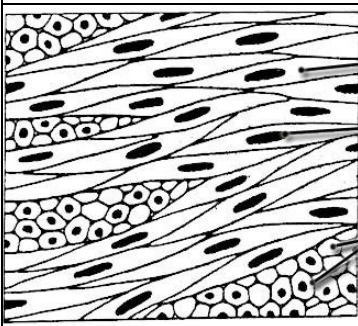
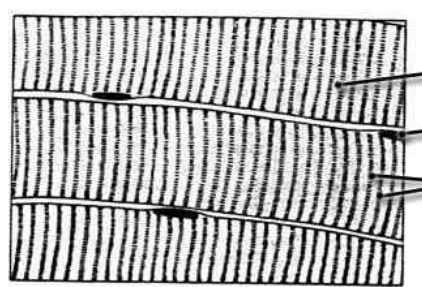
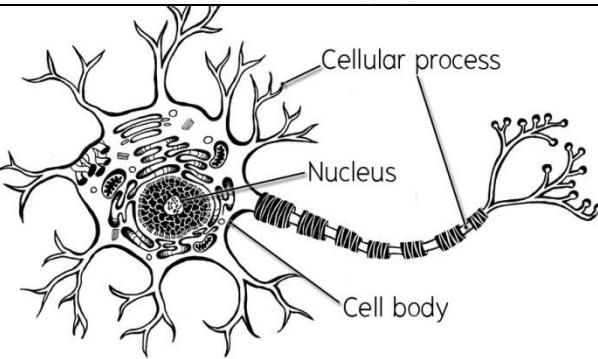
หน้าที่ของนิวเคลียส

1. เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์
2. เป็นแหล่งสังเคราะห์ DNA และ RNA
3. ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนภายในเซลล์
4. ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลาน

รูปร่างของเซลล์ชนิดต่างๆ

เซลล์มีรูปร่างแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของเซลล์นั้นๆ เซลล์ที่พบในร่างกายมีรูปร่างดังต่อไปนี้

	1. รูปร่างทรงกลม (spherical shape) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างทรงกลม มักจะเป็นเซลล์ที่ลอยอยู่อย่างอิสระ เช่น เซลล์ไข่ เซลล์เม็ดเลือดขาว หรือเซลล์ไขมันที่อยู่กันอย่างหลวมๆ
	2. รูปร่างหลายเหลี่ยม (squamous shape : polygonal หรือ polyhedral shape) เป็นเซลล์ที่เมื่อมองดูจากด้านบนจะเห็นเป็นรูปร่างหลายเหลี่ยม แต่ถ้าดูทางด้านข้างจะเห็นเซลล์มีรูปร่างแบน มี nucleus กลมอยู่กลางเซลล์และด้านผิวของเซลล์บริเวณ nucleus ให้นูนกว่าบริเวณอื่นเล็กน้อยคล้ายไข่ดาว

	3. รูปลูกบาศก์ (cuboidal shape) เป็นเซลล์ที่มีด้านทุกด้านมีความยาวพอๆ กัน ทำให้เซลล์มีรูปร่างคล้ายแท่งสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มักมี nucleus กลมโตอยู่กลางเซลล์
	4. รูปแท่ง (columnar shape) เป็นเซลล์ที่มีส่วนสูงมากกว่าส่วนกว้าง ทำให้เซลล์มีรูปร่างคล้ายแท่งสี่เหลี่ยมทรงกระบอก nucleus มีรูปร่างคล้ายไข่และมักอยู่ใกล้ฐานของเซลล์
	5. รูปกระสวย (fusiform shape) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างเรียวยาว ตรงกลางมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าปลาย เป็นที่อยู่ของ nucleus ส่วนปลายทั้งสองเรียวยาวเล็กลงจนแหลม ตัวอย่างเช่น เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ
	6. รูปทรงกระบอก (cylindrical shape) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกยาว หน้าตัดขวางเป็นรูปร่างกลม เช่น เซลล์กล้ามเนื้อลาย ซึ่งเป็นเซลล์ที่หลายนิวเคลียส (multinucleated cell)
	7. รูปลดาว (stellate shape) เป็นเซลล์ที่ประกอบด้วย cell body (เป็นส่วนที่มี nucleus อยู่) และมีกิ่งก้านของ cytoplasmic process ยื่นออกไปจึงทำให้มีรูปร่างคล้ายดาว ตัวอย่างเช่น เซลล์ประสาท (nerve cells หรือ neuron)

บรรณานุกรม

1. Amenta PS. Histology and human microanatomy. 6th ed. Japan: Piccin Nuova Libreria S.p.A. Padova, 1991: 11-53.
2. Anthony CP. and Thibodeau GA. Textbook of anatomy & physiology. 10th ed. U.S.A: The C.V. Mosby Company, 1983: 32-59.
3. Cormack DH. Essential histology. 2nd ed. U.S.A: Lippincott Williams & Wilkins, 2001: 24-90.
4. Faller A, Schuenke M. The human body: An introduction to structure and function. U.S.A: Thieme Medical Publisher Inc, 2004: 4-32.
5. Fawcett DW. Bloom and Fawcett: A textbook of histology. 11th ed, Japan: W.B. Saunders Company, 1994: 1-53.
6. Frederich H. Martini. Edwin F. Bartholomew. Essentials of anatomy and physiology. U.S.A., Prentice-Hall , Inc. 2006.
7. Frank H. Netter. Clinical anatomy. 3rd edition. Hoechstetter printing company inc. 2010.
8. Gartner LP, Hiatt JL. Color atlas of Histology. 3rd ed. U.S.A: Lippincott Company, 1997.
9. Junqueira LC, Carneiro J, Kelly RO. Basic histology. 9th ed. U.S.A: Appleton & Lange, 1998.
10. Moore KL. and Dally AF. Clinical oreinted anatomy. 4th ed. Philadelphia; Wolters Kluwer, 1999.
11. Ross MH, Kaye GI, Pawlina W. Histology: A textbook and atlas. 4th ed. U.S.A: Lippincott Williams & Wilkins, 2003
12. Spencer AP. Basic human anatomy. 3rd ed. California : The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc, 1990.



บทที่ 2

เนื้อเยื่อบุผิว ต่อม เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และผิวหนัง (Epithelium, gland, connective tissue and skin)

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะและแยกแยะเยื่อบุผิว (epithelium) ชนิดต่าง ๆ ได้
 2. บอกตำแหน่งที่พบเนื้อเยื่อบุผิวชนิดต่างๆ ในร่างกาย และหน้าที่ของเยื่อบุผิวแต่ละชนิดได้
 3. อธิบายลักษณะของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ได้
 4. บรรยายรูปร่างของ connective tissue cells และลักษณะของ connective tissue fibers ได้
 5. บอกความแตกต่างระหว่าง loose และ dense connective tissue ได้ถูกต้อง
 6. อธิบายโครงสร้างชั้นต่างๆ ของผิวหนัง ได้แก่ epidermis และ dermis ได้
 7. อธิบายและชี้แสดงโครงสร้างที่เจริญมาจากผิวหนังได้ เช่น ขน (hair), ต่อมไขมัน (sebaceous gland), ต่อมเหงื่อ (sweat gland)
-
-

เนื้อเยื่อบุผิว (epithelial tissue)

โครงสร้างของเนื้อเยื่อบุผิว (structure of the epithelial tissue)

เนื้อเยื่อบุผิว (epithelium) ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์จำนวนมากที่เรียงตัวชิดติดกันเป็นแถวชั้นเดียว หรือ อาจจะซ้อนกันหลายชั้นก็ได้ และที่ฐานของเซลล์ (basal surface) ถูกค้ำจุนด้วย basement membrane (basal lamina) ซึ่งเป็นชั้นที่มีลักษณะคล้ายวุ้นและมีเส้นใยร่างแหทำหน้าที่ในการยึดเนื้อเยื่อบุผิวไว้กับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ลึกกว่า พื้นผิวทางด้านบนของเซลล์ (apical surface) เยื่อบุผิวมักอยู่เป็นอิสระไม่ยึดติดกับอะไร ส่วนด้านข้างของเซลล์ (lateral surface) เหล่านี้จะยึดติดกันด้วยโครงสร้างที่เรียกว่า **junctional complex** ทำให้ระหว่างเซลล์ (intercellular space) มีช่องว่างเหลืออยู่เล็กน้อย เนื้อเยื่อบุผิวจะบุอยู่ทั่วพื้นผิวของอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย รวมทั้งช่อง (cavities) และท่อ (tubes) ต่างๆ เนื้อเยื่อบุผิวเป็นเนื้อเยื่อที่ไม่มีหลอดเลือดมาหล่อเลี้ยง (avascular tissue) แต่ได้รับสารอาหารต่างๆ มาจากการแพร่ของหลอดเลือดฝอยที่อยู่ในชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ลึกกว่า

หน้าที่ของเนื้อเยื่อบุผิว (function of the epithelial tissue)

1. Protection คือ ป้องกันสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ไม่ให้เข้าไปสู่ส่วนลึกของเนื้อเยื่อ และป้องกันอวัยวะต่างๆ ไม่ให้เกิดการฉีกขาดจากการเสียดสี เช่น ผิวหนัง เยื่อบุหลอดเลือด เป็นต้น
2. Absorption คือ ความสามารถในการดูดซึม เช่น เยื่อบุผิวในลำไส้ เยื่อบุผิวของท่อในไต
3. Lubrication ความสามารถในการสร้างสารหล่อลื่นหรือสร้างสารเมือก เพื่อลดการเสียดสีของอวัยวะต่างๆ เช่น สารเมือกที่สร้างขึ้นโดยเซลล์เยื่อบุผิวของทางเดินอาหาร และบริเวณข้อต่อ
4. Secretion คือ ความสามารถในการสร้างและคัดหลั่งสารต่างๆ เช่น ฮอร์โมน เอนไซม์
5. Excretion คือ ความสามารถในการแยกและขับเอาของเสียทิ้ง เช่น เหงื่อ ปัสสาวะ
6. Sensation คือ ความสามารถในการรับความรู้สึก เช่น เซลล์รับรส และเซลล์รับกลิ่น
7. Reproduction คือ ความสามารถในการสร้างหรือเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์ เช่น เซลล์เยื่อบุผิวในรังไข่ และ เยื่อบุผิวของ seminiferous tubule ในอัณฑะ

การแบ่งประเภทของเนื้อเยื่อเยื่อบุผิว (classification of the epithelial tissue)

เนื้อเยื่อเยื่อบุผิว แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ คือ

1. **Covering หรือ lining epithelium** ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัว หรือซ้อนกันเป็นชั้นๆ คลุมอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกายทั้งภายในและภายนอก เช่น บุอยู่บนผิวหนังของร่างกาย อวัยวะที่เป็นท่อ เช่น หลอดเลือด หลอดอาหาร หลอดลม ฯลฯ หรือ บุอยู่ภายในช่องต่างๆ เช่น ช่องอก ช่องท้อง เป็นต้น

2. **Glandular epithelium** ประกอบด้วยเซลล์ที่รวมตัวกันเพื่อทำหน้าที่พิเศษ พบบริเวณส่วนลึกในเนื้อเยื่อต่างๆ มักทำหน้าที่ในการสร้างและคัดหลั่งสาร (secretion) เช่น เมือก (mucous) ฮอรโมน (hormone) ไขมัน (lipid) เป็นต้น

1. Covering หรือ lining epithelium (รูปที่ 2.1) สามารถแบ่งได้ดังนี้

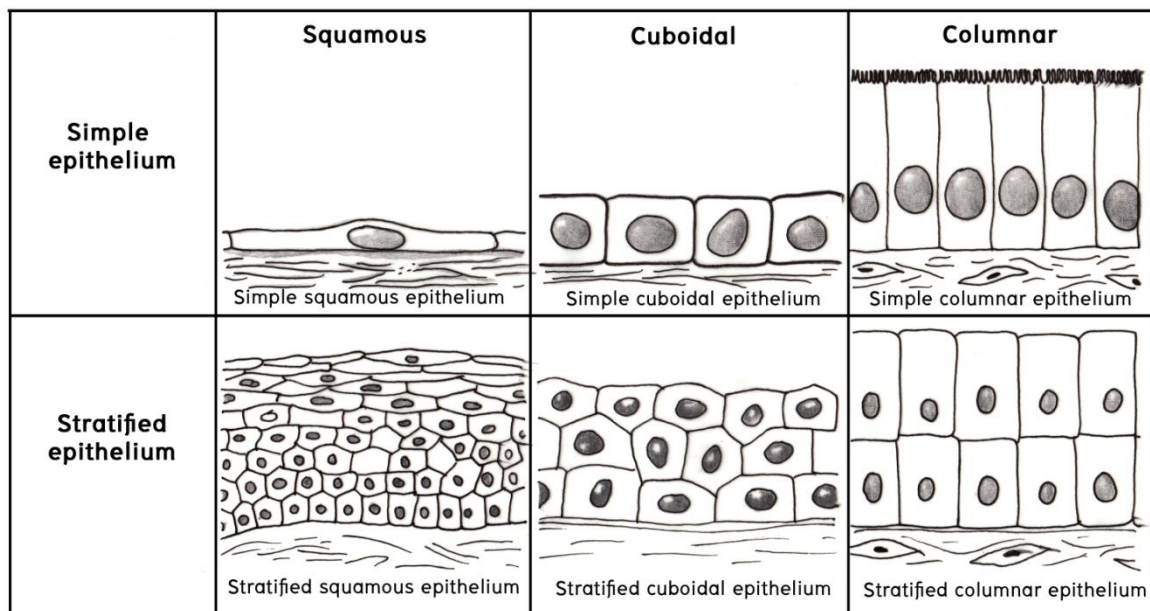
การจำแนกชนิด (classification of covering หรือ lining epithelium) อาศัยหลัก 2 ประการ คือ

1. แบ่งตามจำนวนชั้นของเซลล์ที่มาเรียงประกอบกันเป็นเนื้อเยื่อเยื่อบุผิว แบ่งได้ 3 ชนิด คือ

1.1 Simple type หมายถึง เยื่อบุผิวที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวกันอยู่เพียงชั้นเดียว

1.2 Stratified type หมายถึง เยื่อบุผิวที่ประกอบขึ้นจากการเรียงตัวของเซลล์มากกว่า 2 ชั้นขึ้นไป

1.3 Pseudostratified type หมายถึง เยื่อบุผิวที่ประกอบขึ้นจากการเรียงตัวของเซลล์เพียงชั้นเดียว แต่เซลล์มีลักษณะสูงต่ำไม่เท่ากัน จึงทำให้มองเห็นลักษณะคล้ายมีหลายชั้น



รูปที่ 2.1 แสดงชนิดของ covering epithelium (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

2. แบ่งตามรูปร่างและลักษณะของเซลล์ ประกอบด้วย

2.1 Squamous รูปร่างของเซลล์จะเป็นรูปหลายเหลี่ยมแบนบาง มีนิวเคลียสรูปไข่รีอยู่ตรงกลาง

2.2 Cuboidal รูปร่างของเซลล์จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีนิวเคลียสกลมอยู่ตรงกลางเซลล์

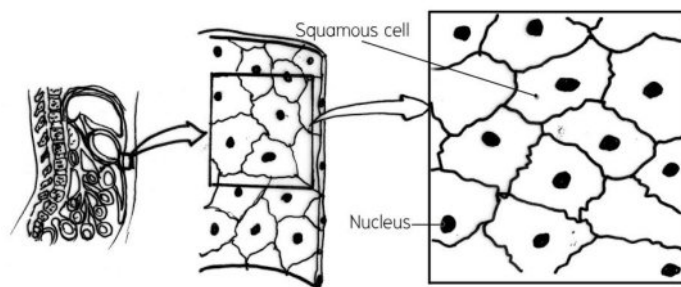
2.3 Columnar รูปร่างของเซลล์จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมทรงสูง นิวเคลียสรูปร่างรูปไข่และมักจะอยู่ค่อนมาทางด้านฐานของเซลล์

2.4 Transitional รูปร่างของเซลล์ชั้นบนสุดไม่แน่นอนสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้

ลักษณะและโครงสร้างของเนื้อเยื่อผิวแบบ covering หรือ lining epithelium

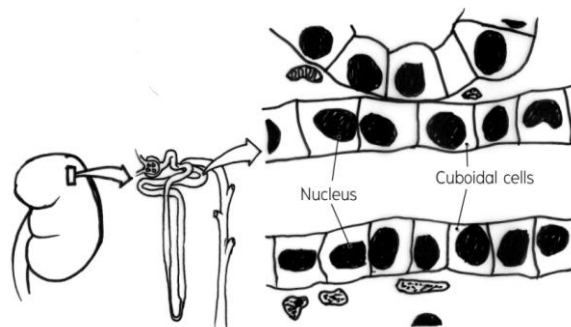
1. **Simple epithelium** ประกอบด้วยเซลล์ที่จัดเรียงตัวเพียงชั้นเดียวบน basement membrane แบ่งออกได้เป็น

1.1 Simple squamous epithelium (รูปที่ 2.2) ประกอบด้วยเซลล์แบนๆ คล้ายเกล็ดปลา เรียงตัวเพียงชั้นเดียว มีนิวเคลียสเป็นรูปไข่อยู่ตรงกลางเซลล์ epithelium ชนิดนี้พบอยู่ในผนังถุงลมปอด ผนังหลอดเลือด เยื่อช่องปอด เยื่อช่องหัวใจ และเยื่อช่องท้อง เป็นต้น



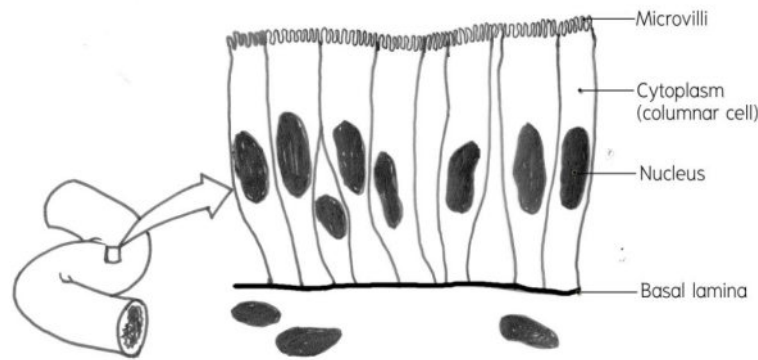
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของ simple squamous epithelium (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

1.2 Simple cuboidal epithelium (รูปที่ 2.3) ประกอบด้วยเซลล์ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ เรียงตัวชั้นเดียว มีนิวเคลียสกลมอยู่ตรงกลางเซลล์ epithelium ชนิดนี้ทำหน้าที่เกี่ยวกับการคัดหลั่ง (secretion) การขับถ่าย (excretion) และการดูดซึม (absorption) พบได้ตามท่อต่างๆ เช่น ท่อในไต ท่อของต่อมน้ำลาย และตับอ่อน เป็นต้น



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของ simple cuboidal epithelium (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

1.3 Simple columnar epithelium (รูปที่ 2.4) ประกอบด้วยเซลล์สี่เหลี่ยมทรงสูง เรียงตัวเป็นชั้นเดียว นิวเคลียสมีลักษณะเป็นรูปไข่ อยู่ค่อนมาทางด้านฐานของเซลล์ epithelium ชนิดนี้ทำหน้าที่เกี่ยวกับการดูดซึมอาหาร จึงมักพบ microvilli ที่ด้านยอด (apical surface) ของเซลล์นี้เสมอ พบเยื่อชนิดนี้บุอยู่บริเวณท่อทางเดินอาหาร เป็นส่วนใหญ่

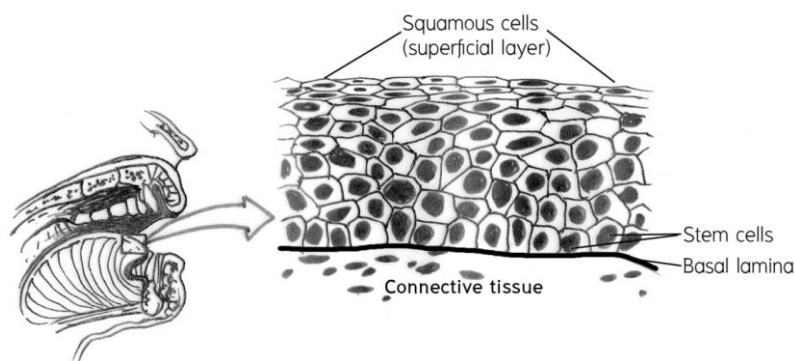


รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของ simple columnar epithelium (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

2. Stratified epithelium เป็นเนื้อเยื่อผิวหนังที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวกัน 2 - 3 ชั้น ขึ้นไป มักมีหน้าที่เกี่ยวกับการป้องกันเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการเสียดสีทั้งจากภายนอกและภายในร่างกาย การแยกชนิดของ stratified epithelium นั้นดูจากรูปร่างของเซลล์ที่อยู่ชั้นบนสุดเท่านั้น ทั้งนี้เพราะเซลล์ที่อยู่ใกล้ basement membrane ทั้งหมดมักมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์หรือสี่เหลี่ยมทรงสูง stratified epithelium แบ่งออกเป็น

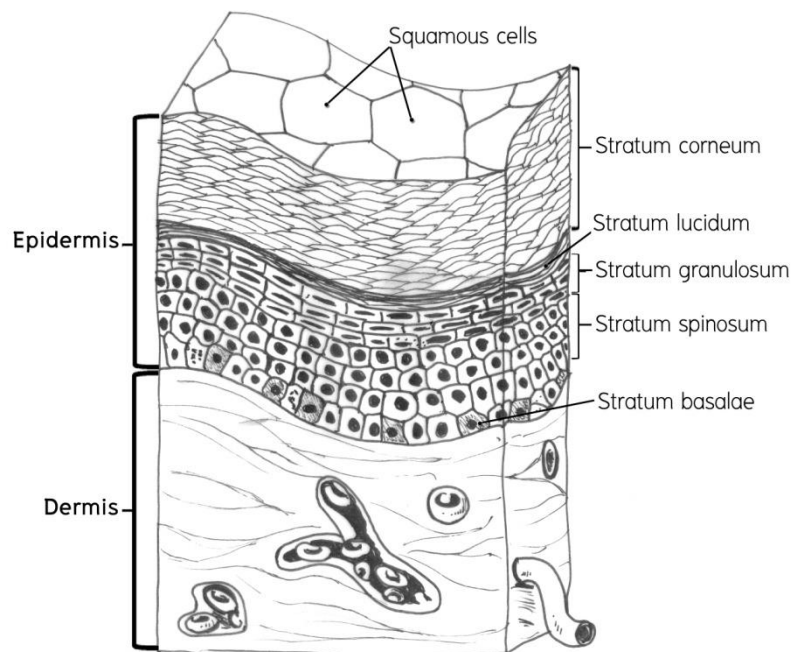
2.1 Stratified squamous epithelium ประกอบด้วยเซลล์ซ้อนกันหลายชั้น เซลล์ชั้นบนเป็นเซลล์ที่มีรูปร่าง squamous ส่วนเซลล์ชั้นล่างอาจเป็นรูปสี่เหลี่ยม หรือรูปหลายเหลี่ยมก็ได้ แบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.1.1 Stratified squamous non-keratinizing epithelium (รูปที่ 2.5) เป็นเนื้อเยื่อผิวหนังชนิดชื้น (moist type) พบบริเวณที่มีการเสียดสีมากๆ ในร่างกาย ได้แก่ ช่องปาก หลอดคอ (pharynx) หลอดอาหาร (esophagus) ช่องคลอด (vagina) เป็นต้น



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของ stratified squamous non-keratinizing epithelium (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

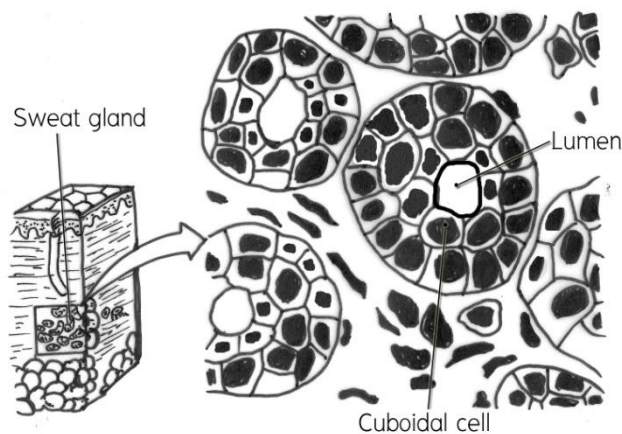
2.1.2 Stratified squamous keratinizing epithelium (รูปที่ 2.6) เป็นเนื้อเยื่อบุผิวชนิดแห้ง (dry type) เซลล์ที่อยู่ชั้นบนของ epithelium ชนิดนี้จะมีการสร้างและสะสมสารที่เรียกว่า keratin ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งออกมาปกคลุมผิว เพื่อป้องกันการเสียดสีและการระเหยของน้ำออกจากร่างกาย พบได้บริเวณผิวหนังชั้นหนังกำพร้า (epidermis) epithelium ชนิดนี้มักจะพบว่าเซลล์ที่อยู่ชั้นบนสุด (superficial) มักจะเป็นเซลล์ที่ตายแล้วเนื่องจากขาดเลือดมาเลี้ยง และมักจะเกิดการหลุดลอกออกไป (disjunction)



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของ stratified squamous keratinizing epithelium

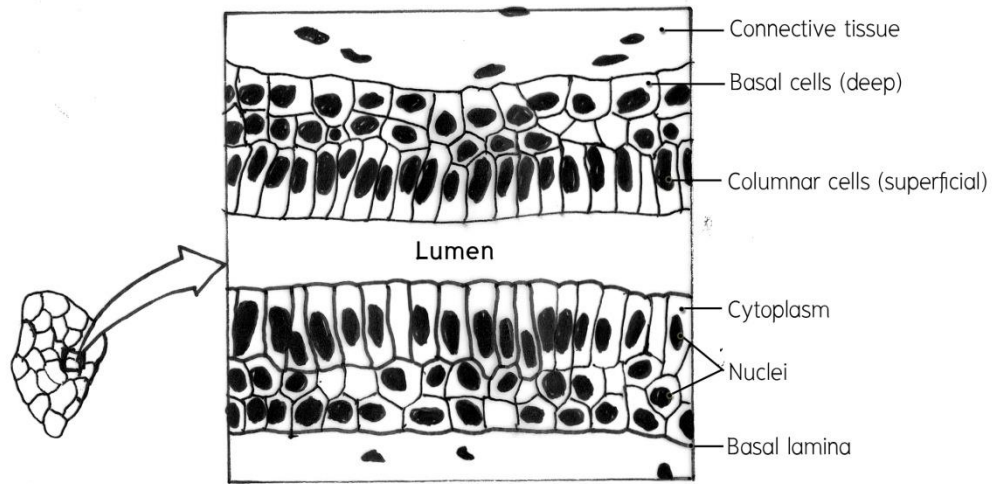
(วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

2.2 Stratified cuboidal epithelium (รูปที่ 2.7) ประกอบด้วยเซลล์ 2 – 3 ชั้น โดยชั้นบนสุดเป็นสี่เหลี่ยมทรงลูกบาศก์ พบเฉพาะท่อขนาดใหญ่ของต่อมต่างๆ เช่น ท่อของต่อมน้ำลาย (salivary duct) ท่อของตับอ่อน (pancreas duct) และท่อของต่อมเหงื่อ (sweat duct) เป็นต้น



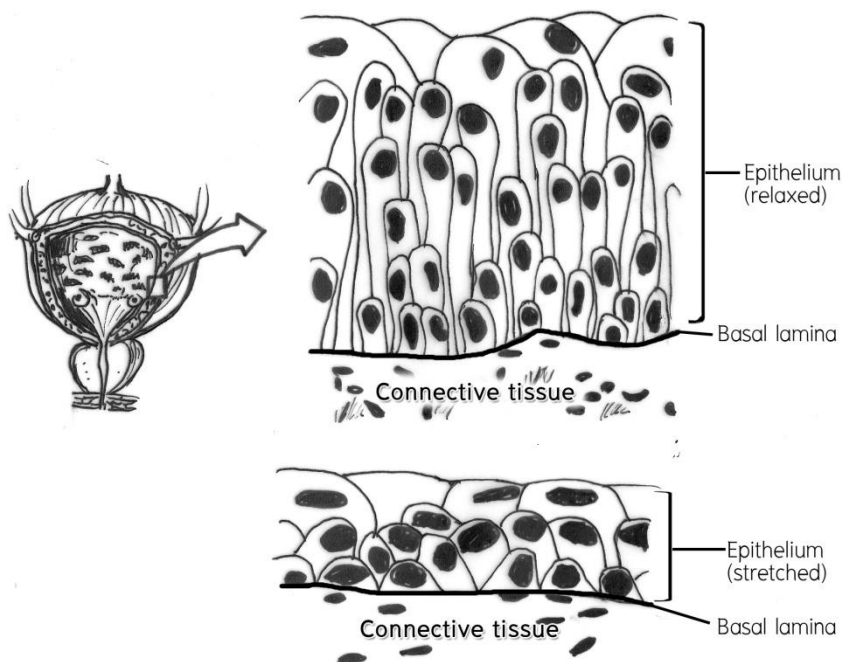
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของ stratified cuboidal epithelium (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

2.3 Stratified columnar epithelium (รูปที่ 2.8) ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้น ชั้นบนสุดเป็นรูปสี่เหลี่ยมทรงสูง พบได้น้อยในร่างกายที่พบได้คือ บริเวณท่อขนาดใหญ่ของต่อมบางชนิด และท่อปัสสาวะในเพศชาย



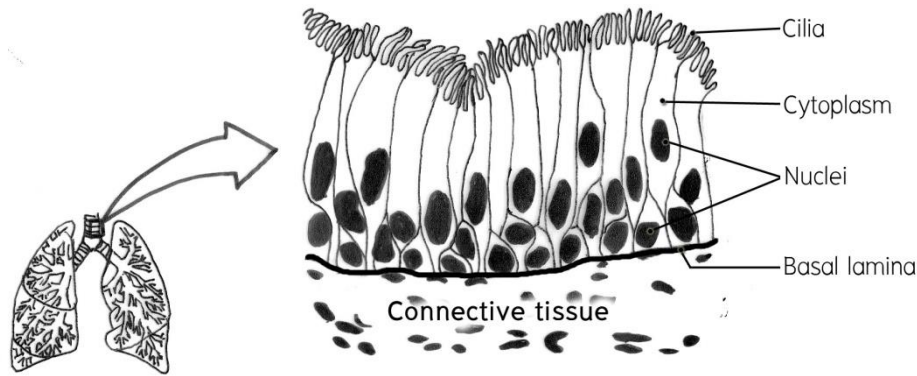
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของ stratified columnar epithelium (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

2.4 Transitional epithelium (รูปที่ 2.9) จัดเป็น stratified epithelium ชนิดหนึ่ง พบได้ตามอวัยวะในทางเดินปัสสาวะ เช่น กระเพาะปัสสาวะ (bladder) ท่อปัสสาวะ (urethra) และ ท่อไต (ureter) มีลักษณะพิเศษคือ เซลล์ชั้นบนสุดสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามสิ่งแวดล้อม เช่น ขณะที่กระเพาะปัสสาวะว่าง (empty bladder) จะพบว่าเซลล์ที่บุกระเพาะปัสสาวะมีลักษณะเป็น cuboidal shape แต่ถ้ามีปัสสาวะอยู่เต็ม (full bladder) เซลล์จะถูกเปียดหรือกดให้แบนลงจนมีรูปร่างเป็นลักษณะ squamous shape



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของ transitional epithelium (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

3. **Pseudostratified ciliated columnar epithelium** (รูปที่ 2.10) จัดเป็น simple epithelium ชนิดหนึ่งแต่ประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีขนาดสูงต่ำไม่เท่ากัน ทำให้มองเห็นนิวเคลียสเรียงตัวกันหลายระดับ คล้ายชนิด stratified แต่เซลล์ทั้งหมดตั้งอยู่บน basement membrane เดียวกัน และมี cilia อยู่บริเวณด้านบนของเซลล์ epithelium ชนิดนี้พบได้ตามท่อทางเดินหายใจและท่อในระบบสืบพันธุ์เพศชาย



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของ pseudostratified ciliated columnar epithelium

(วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

Glandular epithelium

Glandular epithelium ประกอบด้วยเซลล์ที่รวมตัวกันเพื่อทำหน้าที่พิเศษ พบบริเวณส่วนลึกในเนื้อเยื่อต่างๆ มักทำหน้าที่ในการสร้างและคัดหลั่งสาร (secretion) เช่น ฮอรโมน (hormone) ไขมัน (lipid) หรือ เมือก (mucous) เป็นต้น

ต่อมในร่างกายสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างออกเป็น **unicellular gland** เช่น goblet cell กับ **multicellular gland** ที่เจริญมาจากส่วนของ epithelium นอกจากนี้ยังแบ่งออกเป็นต่อมไร้ท่อ (endocrine gland) และต่อมมีท่อ (exocrine gland)

ต่อมมีท่อ (exocrine gland)

ต่อมมีท่อ (รูปที่ 2.11) เป็นต่อมที่เกิดจากการเจริญของเนื้อเยื่อบุผิวโดยมีการเว้าตัวลงไปในส่วนลึก แล้วทำหน้าที่ในการผลิต secretion โครงสร้างของต่อมมีท่อจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนลึกเป็นโครงสร้างที่มีกลุ่มเซลล์ทำหน้าที่ผลิตสารคัดหลั่ง (secretion) เรียกว่า **secretory part** และอีกส่วนเป็นกลุ่มเซลล์ที่ประกอบกันขึ้นเป็นส่วนของท่อที่ทำหน้าที่คัดหลั่งหรือลำเลียง secretion ที่ต่อมสร้างขึ้นมาออกสู่ภายนอก เรียกว่า **duct** หรือ **excretory part** การแยกประเภทของต่อมมีท่อนี้จะอาศัย

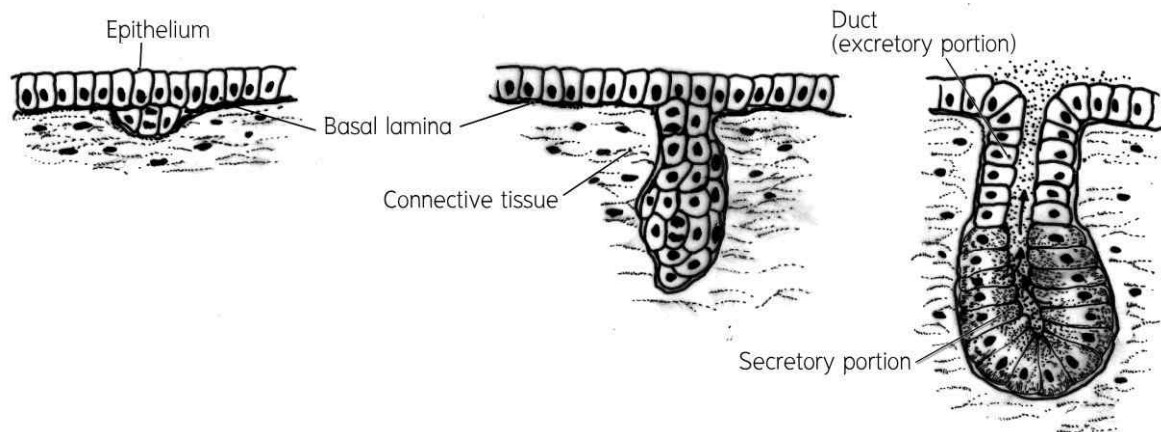
1. ลักษณะของท่อ (duct) ที่นำสิ่งที่คัดหลั่งออกมา

- 1.1 Simple gland คือ เป็นต่อมที่มีท่อต่อมาจาก secretory portion เปิดสู่ภายนอกเพียงท่อเดียว
- 1.2 Compound gland คือ เป็นต่อมที่มีลักษณะคล้าย simple gland หลายต่อม และส่งสารออกมาตามท่อต่างๆ หลายๆ ท่อ และมารวมกันเป็นท่อใหญ่เปิดออกสู่ภายนอกเพียงท่อเดียว

2. รูปร่างของกลุ่มเซลล์ที่สร้างสิ่งคัดหลั่ง (secretory unit) ที่อยู่ปลายสุดของท่อ

- 2.1 Tubular ส่วนที่สร้างสารคัดหลั่งมีรูปร่างเป็นท่อ
- 2.2 Alveolar หรือ acinar ส่วนที่สร้างสารคัดหลั่งมีลักษณะคล้ายถุงลมปอด หรือ พวงองุ่น
- 2.3 Tubulo-alveolar คือ ส่วนที่สร้างสารคัดหลั่งมีทั้ง 2 ลักษณะผสมกัน

จากการแบ่งลักษณะของต่อมมีท่อออกเป็น 2 อย่าง คือ ส่วนที่เป็นท่อ และส่วนของเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างสารคัดหลั่ง จึงอาจแยกชนิดของต่อมมีท่อได้ดังนี้

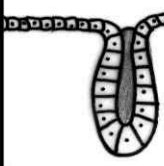


รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการเจริญของต่อมมีท่อ (วาดใหม่จาก Gartner LP, 1997)

1. Simple gland แบ่งออกได้เป็น (รูปที่ 2.12)

1.1 Simple tubular gland เป็นต่อมที่มีท่อเปิดออกภายนอกเพียงท่อเดียว และมีหน่วยคัดหลั่ง (secretory unit) มีลักษณะเป็นท่อ ซึ่งแบ่งย่อยตามลักษณะ secretory unit ได้แก่

- 1.1.1 Simple straight tubular gland มี secretory unit ที่มีลักษณะตรง เช่น crypt of Lieberkuhn ในทางเดินอาหาร
- 1.1.2 Simple coiled tubular gland มี secretory unit ที่มีลักษณะเป็นท่อขดไปมา เช่น ต่อมเหงื่อ (sweat gland)
- 1.1.3 Simple branched tubular gland มี secretory unit ที่มีลักษณะเป็นท่อแตกแขนง เช่น gastric gland ในกระเพาะอาหาร

SIMPLE GLANDS		
		
Simple (straight) tubular <i>Example :</i> - Intestinal glands	Simple coiled tubular <i>Example :</i> - Sweat glands	Simple branched tubular <i>Example :</i> - Gastric glands - Mucous glands of esophagus, tongue, duodenum
		
Simple alveolar (acinar) <i>Example :</i> - Not found in adult (a stage in development of simple branched alveolar glands)	Simple branched alveolar (acinar) <i>Example :</i> - Sebaceous (oil) glands	

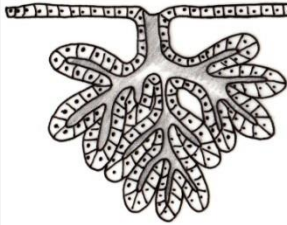
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของ simple gland (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

1.2 Simple alveolar (acinar) gland เป็นต่อมที่มีท่อเปิดออกภายนอกเพียงท่อเดียว และ secretory unit มีลักษณะเป็นกระเปาะ ได้แก่

1.2.1 Simple alveolar (acinar) gland มี secretory unit ที่มีลักษณะเป็นกระเปาะเพียงอันเดียว

1.2.2 Simple branched alveolar (acinar) gland มี secretory unit ที่มีลักษณะเป็นกระเปาะ และแตกแขนงออกเป็นหลายๆ กระเปาะ เช่น ต่อมไขมันที่ผิวหนัง (sebaceous gland)

2. Compound gland แบ่งออกได้เป็น (รูปที่ 2.13)

COMPOUND GLANDS		
		
Compound tubular <i>Example :</i> - Mucous glands (in mouth) - Bulbourethral glands (in male reproductive system) - Testis (Seminiferous tubule)	Compound alveolar <i>Example :</i> - Mammary glands	Compound tubuloalveolar <i>Example :</i> - Salivary glands - Glands of respiratory tract - Pancreas

รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของ compound gland (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

2.1 Compound tubular gland มีลักษณะเป็นท่อหลายท่อ ที่มาเปิดเข้าที่รวมอันหนึ่ง เช่น ต่อมที่อยู่ในไต

2.2 Compound alveolar (acinar) gland มีลักษณะเป็นพวงองุ่นหลายพวง ที่มาเปิดรวมกัน เช่น ต่อมน้ำนม (mammary gland)

2.3 Compound tubulo-alveolar (tubulo-acinar) gland มีลักษณะทั้งแบบเป็นท่อและพวงองุ่นอยู่รวมกัน เช่น ต่อมในตับอ่อน ต่อมน้ำลาย (salivary gland)

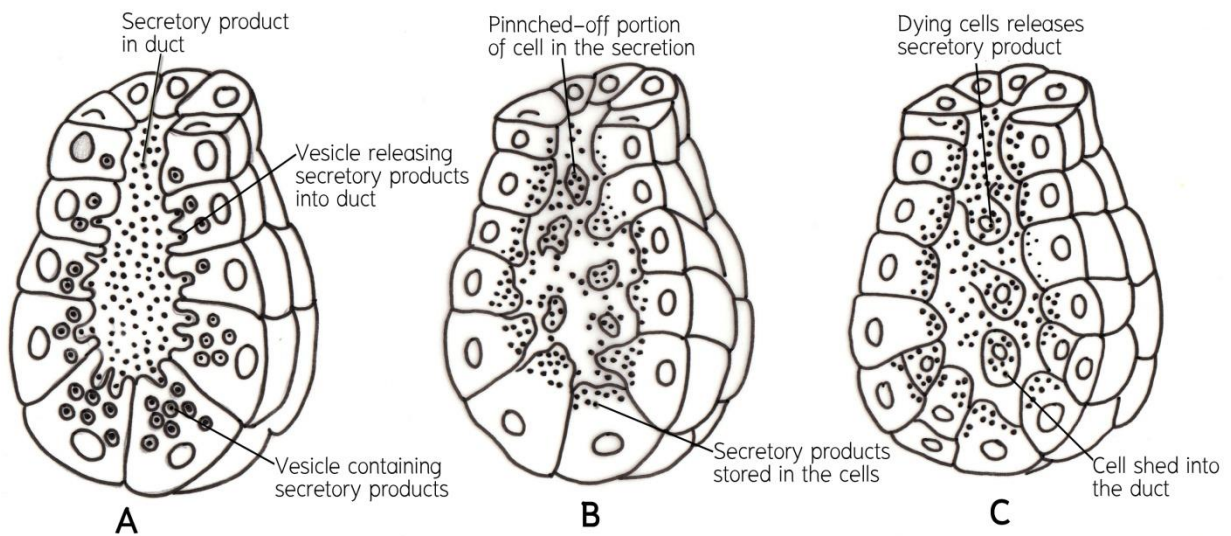
ถ้าแบ่งต่อมมีท่อตามลักษณะของสิ่งที่คัดหลั่งออกมา แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. **Mucous gland** หมายถึง ต่อมที่มีเซลล์สร้างและคัดหลั่งสารที่มีลักษณะเหนียวเป็นเมือกออกมา

2. **Serous gland** หมายถึง ต่อมที่มีเซลล์สร้างและคัดหลั่งสารลักษณะเป็นน้ำใสออกมา มักเป็นพวกเอนไซม์ (enzyme)

3. **Mixed sero-mucous gland** หมายถึง ต่อมที่มีเซลล์สร้างทั้งสารที่มีลักษณะเหนียวเป็นเมือกและเป็นน้ำใสออกมาปะปนกัน

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งต่อมมีท่อ ตามลักษณะของการคัดหลั่งสารที่สร้างขึ้น โดยแบ่งออกเป็น



A : Merocrine gland / B : Apocrine gland / C : Holocrine gland

รูปที่ 2.14 แสดงต่อมที่แบ่งตามลักษณะการคัดหลั่งสารที่สร้างขึ้น

(วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

1. **Merocrine gland** (รูปที่ 2.14 A.) เป็นต่อมที่สร้างและคัดหลั่งเฉพาะสารที่สร้างขึ้น โดยวิธี exocytosis เช่น ต่อมน้ำลาย (salivary gland)

2. **Apocrine gland** (รูปที่ 2.14 B.) เป็นต่อมที่สร้างและเก็บสิ่งที่จะคัดหลั่งเอาไว้ในไซโตพลาสซึม และรวมกันอยู่บริเวณผิวด้านบนของเซลล์ (apical surface) ดังนั้นเวลาคัดหลั่งสารที่สร้างขึ้น จึงมี cytoplasm บางส่วนโดยเฉพาะบริเวณยอดของเซลล์หลุดออกมาด้วย เช่น ต่อมน้ำนม (mammary gland)

3. **Holocrine gland** (รูปที่ 2.14 C.) เป็นต่อมที่สร้างและเก็บสารที่สร้างเอาไว้ในไซโตพลาสซึม เมื่อต้องการคัดหลั่งสารที่สร้างขึ้น เซลล์จึงต้องมีการสลายตัวหรือหลุดออกมาทั้งเซลล์ ดังนั้นต่อมชนิดนี้จึงมีการแบ่งตัวที่รวดเร็วเพื่อทดแทนเซลล์ที่สลายตัวหรือหลุดออกไป เช่น ต่อมไขมัน (sebaceous gland)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เป็นเนื้อเยื่อที่ช่วยยึดเนื้อเยื่ออื่นๆ เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งพบอยู่ทั่วไปในร่างกาย มีลักษณะที่แตกต่างไปจาก epithelium ในเรื่องของจำนวนเซลล์ และสารที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์ นั่นคือ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะมีจำนวนเซลล์น้อย แต่มีสารที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์มาก

หน้าที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

1. ยึดเนื้อเยื่อชนิดอื่นๆ เข้าไว้ด้วยกัน
2. ให้ความแข็งแรงต่อเนื้อเยื่อ

3. ห่อหุ้มและป้องกันอันตรายให้กับเนื้อเยื่อต่างๆ
4. เป็นโครงร่างให้อวัยวะบางชนิด
5. เป็นแหล่งสะสมอาหาร
6. ช่วยขนส่งสารอาหารต่างๆ ให้กับร่างกาย

โครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (รูปที่ 2.15)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันประกอบด้วยโครงสร้างที่สำคัญ 2 อย่าง คือ

1. **เซลล์ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน** (connective tissue cells) เป็นกลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกันหรือต่างกันที่อยู่กระจัดกระจาย เช่น ไฟโบรบลาสต์ (fibroblast) เซลล์มาสต์ (mast cells) เซลล์ไขมัน (adipocytes) เป็นต้น
2. **สารที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์** (intercellular substance หรือ matrix) ซึ่งได้แก่
 - 2.1 เส้นใยของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue fibers) เป็นสิ่งที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์ ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะพวกเส้นใยชนิดต่างๆ เช่น คอลลาเจน (collagen) และเส้นใยอีลาสติก (elastic fiber) เป็นต้น
 - 2.2 สารที่มองไม่เห็นรูปร่าง (amorphus ground substance) เป็นสิ่งที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์เช่นเดียวกัน มีลักษณะเป็นของเหลวใส ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกโปรตีน

เซลล์ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (รูปที่ 2.15)

เซลล์ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดต่างๆ ที่พบได้ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ได้แก่

1. **Fibroblast** เป็นเซลล์ที่พบมากที่สุด มีลักษณะเป็นเซลล์รูปร่างยาวรีคล้ายกระสวย (fusiform shape) หรือ รูปดาว ที่มี process ยื่นออกมาจากตัวเซลล์ นิวเคลียสมีลักษณะเป็นรูปไข่ cytoplasm ย่อมตืดสีจางๆ fibroblast มีหน้าที่ในการสร้างสารระหว่างเซลล์ทั้ง fibers และ amorphus ground substance ให้กับเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน fibroblast จะพบได้ใน connective tissue ทุกชนิดที่กำลังเจริญเติบโต รวมทั้งบริเวณที่มีการซ่อมแซมบาดแผล ขนาดของ fibroblast ที่มีอายุมากขึ้นจะมีขนาดเล็กลง นิวเคลียสจะบีบอัดแน่น และย้อมติดสีเข้มจัด เรียกว่า fibrocyte
2. **Macrophage** หรือ histiocyte พบได้ทั่วๆ ไปใน connective tissue มี 2 ชนิด คือ
 - 2.1 Fixed macrophage เป็น macrophage ที่อยู่ประจำที่ มีรูปร่างคล้ายคลึงกับ fibroblast คือ เป็นเซลล์รูปกระสวย นิวเคลียสเป็นรูปไข่ มี cytoplasmic process ยื่นออกไปจากตัวเซลล์

2.2 Free macrophage เป็น macrophage ที่เคลื่อนไหวได้ มีรูปร่างกลมหรือรี เพื่อสะดวกในการเคลื่อนไหว

macrophage มีหน้าที่ช่วยในการทำลายและกำจัดเชื้อโรค หรือสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่เข้าไปในร่างกาย หรือเซลล์ที่ตายแล้ว ด้วยวิธีการกิน (phagocytosis) แล้วย่อยสลายด้วย lysosome บางทีในเซลล์จะเห็นมีสิ่งแปลกปลอมบางอย่างที่ทนทานต่อการย่อยเหลือตกค้างอยู่ใน cytoplasm ของ macrophage

3. **Mast cell** เป็นเซลล์ที่พบมากตามผนังด้านนอกของหลอดเลือดขนาดเล็ก เซลล์มีขนาดใหญ่ นิวเคลียสอยู่กลางเซลล์และย้อมติดสีจางๆ ภายใน cytoplasm จะมีเม็ด (granules) สะสมอยู่เป็นจำนวนมาก mast cell มีหน้าที่ช่วยในการสร้างและคัดหลั่งสารที่สำคัญ คือ **เฮพาริน** (heparin) ซึ่งเป็นสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด และสาร **histamine** ซึ่งเป็นสารที่ช่วยในการขยายตัวของหลอดเลือด

4. **เซลล์ไขมัน** (adipocyte, adipose cells หรือ fat cells) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม นิวเคลียสอยู่ชิดขอบด้านใดด้านหนึ่ง เนื่องจากถูกส่วนที่เป็นไขมันใน cytoplasm ดันไว้ และ cytoplasm จะใส เพราะเมื่อผ่านขั้นตอนในการทำสไลด์ ไขมันที่อยู่ภายใน cytoplasm จะถูกชะล้างออกไปกับแอลกอฮอล์จนหมด ทำให้ลักษณะของ adipocyte มองดูคล้ายวงแหวน

Adipocyte มีหน้าที่ในการกักเก็บไขมันที่เรียกว่า triglyceride เพื่อสะสมพลังงานให้กับร่างกาย อาจแยกอยู่เดี่ยวๆ หรือเกาะรวมกันเป็นกลุ่ม ถ้ารวมเป็นกลุ่มที่มีจำนวนมากจะเรียกว่า เนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue)

5. **เซลล์เม็ดสี** (pigmented cell) เป็นเซลล์ที่มีเม็ดสีอยู่ใน cytoplasm มีรูปร่างหลายแบบ เซลล์มักมี process ยื่นออกไปจากตัวเซลล์ด้วย เซลล์ชนิดนี้มีหน้าที่ในการสร้างสีผิว ได้แก่ melanocytes ของผิวหนัง

6. **เซลล์เม็ดเลือดขาว** (leukocyte) เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ออกมาจากกระแสเลือด แล้วเข้ามาอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีหน้าที่ในการกำจัดและทำลายเชื้อโรค และจะมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้นเมื่อมีการอักเสบ หรือ เกิดภูมิแพ้ เม็ดเลือดขาวที่พบในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ได้แก่

6.1 Neutrophils เป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ รูปร่างกลม nucleus มีลักษณะเป็นก้อนหลายอันเชื่อมติดกัน พบได้ในบริเวณที่มีการอักเสบ

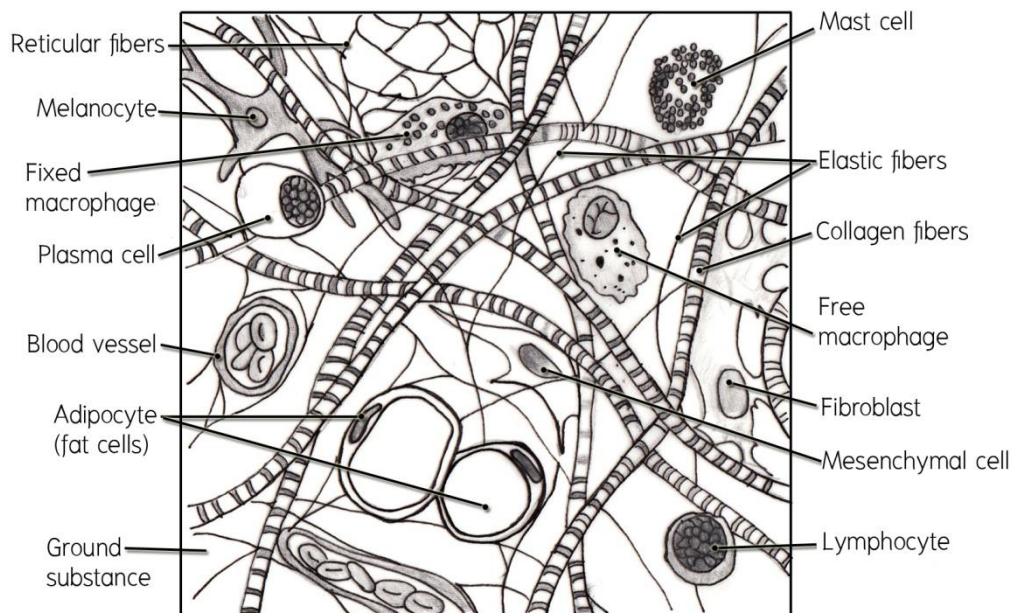
6.2 Eosinophils เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีขนาดใหญ่มีรูปร่างกลม nucleus บิบบคอดเป็นก้อนสองก้อนติดกัน ใน cytoplasm มี granule ที่ย้อมติดสีส้ม หรือ แดงกระจายอยู่ทั่วไป พบได้น้อยใน connective tissue แต่พบมากในบริเวณที่มีการเกิดภูมิแพ้ หรือ มีการอักเสบ โดยเฉพาะจากพวกปรสิต (parasite) ที่เข้าสู่ร่างกาย

6.3 Lymphocyte เป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็กเท่าๆ กับเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์มีรูปร่างกลม นิวเคลียสกลมใหญ่เกือบเต็มเซลล์ และย้อมติดสีเข้มชัดเจน พบได้น้อยใน

connective tissue ยกเว้นบริเวณที่มีการอักเสบเรื้อรัง lymphocyte มี 2 ชนิด คือ T-lymphocyte และ B-lymphocyte ซึ่งมีบทบาทเกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน (immune)

6.4 Monocyte เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีขนาดใหญ่ที่สุด นิวเคลียสมีขนาดใหญ่เช่นเดียวกับ lymphocyte แต่มีลักษณะเว้าคล้ายเกือกม้า

6.5 Plasma cell เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีลักษณะคล้าย lymphocyte ทั้งนี้เนื่องจากพัฒนามาจาก B-lymphocyte ที่ถูกกระตุ้นด้วยแอนติเจน (antigen) แล้วสร้างแอนติบอดี (antibody) ขึ้นมาต่อต้าน antigen นั้น เซลล์มีลักษณะเป็นรูปไข่ นิวเคลียสอยู่เอียงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง (eccentric nucleus) chromatin ในนิวเคลียสจับตัวเป็นกลุ่มอยู่ตามขอบทำให้ดูคล้ายกับตัวเลขบนหน้าปัดนาฬิกา plasma cell มีหน้าที่ในการสร้าง antibodies ต่างๆ



รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างของ connective tissue (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

สารที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์ ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (intercellular substance) (รูปที่ 2.15)

สารที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์ของ connective tissue เป็นส่วนประกอบที่ไม่มีชีวิต ได้แก่

1. เส้นใย (connective tissue fibers) ได้แก่

1.1 Collagenous fibers เป็นเส้นใยที่พบมากที่สุดเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทุกชนิด ถูกสร้างขึ้นและคงสภาพอยู่ได้ด้วยเซลล์ fibroblast ซึ่ง collagen ประกอบไปด้วยโปรตีน โดยปกติไม่มีสี แต่เมื่อรวมกันเป็นมัดจะเห็นเป็นสีขาว เมื่อย้อมสีจะติดสีชมพู (acidophilic) มีคุณสมบัติคงทนต่อแรงยืด แรงดึง collagen fiber จึงพบในเนื้อเยื่อที่ต้องทนแรงดึง เช่น เส้นเอ็น (tendon) ที่มีหน้าที่ในการสร้างความแข็งแรงให้กับโครงสร้าง เป็นต้น

1.2 Reticular fibers เป็น collagenous fiber ชนิดหนึ่ง ที่มีขนาดเล็กและแตกแขนงประสานกันเป็นร่างแห เมื่อย้อมสีด้วยวิธีธรรมดาจะไม่ติดสี จึงต้องย้อมด้วยสารประกอบของ เกลือเงินจึงจะติดสี ทำหน้าที่พุงเป็นโครงร่างให้แก่อวัยวะที่มีเซลล์อยู่มาก เช่น ตับ ม้าม ไชกระดูก และต่อมน้ำเหลือง เป็นต้น

1.3 Elastic fibers เป็นเส้นใยโปรตีน elastin สร้างจากเซลล์ fibroblast เมื่ออยู่ในสภาวะสดๆ จะเห็นเป็นสีเหลือง เมื่อย้อมสีจะติดสี acidophilic เป็นเส้นใยที่มีความยืดหยุ่นดี คือประมาณเท่าครึ่งของความยาวทั้งหมด ทนต่อสารเคมีและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ พบมากบริเวณเนื้อเยื่อที่ต้องการความยืดหยุ่น เช่น ที่ผนังหลอดเลือดขนาดใหญ่ (large artery) เป็นต้น

Clinical correlation

เซลล์ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีความสำคัญในการซ่อมแซม คือ fibroblast โดยเมื่อเกิดบาดแผลขึ้นกับเนื้อเยื่อ fibroblast จะทำหน้าที่ในการซ่อมแซมเนื้อเยื่อโดยการผลิตเส้นใย collagen ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น ขณะเดียวกัน fibroblast จะทำให้แผลสองข้างเข้ามาชิดติดกันมากขึ้นและเกิดการซ่อมแซมเนื้อเยื่อให้แข็งแรงเหมือนเดิม

Mast cell ที่อยู่ใน connective tissue ทำหน้าที่หลั่ง histamine ที่ช่วยให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดและนำเลือดมาเลี้ยงบริเวณที่เป็นแผลช่วยให้การซ่อมแซมดีขึ้น heparin ช่วยป้องกันการแข็งตัวของเลือดช่วยให้การไหลเวียนเลือดดีขึ้น

Macrophage และกลุ่มของเม็ดเลือดขาวทำหน้าที่เก็บกินเนื้อเยื่อที่ตายป้องกันการขาดขวางการหายของแผล เม็ดเลือดขาวมีส่วนช่วยในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมรวมทั้งเชื้อโรคป้องกันการติดเชื้อแทรกซ้อน และช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น

2. Amorphous ground substance ประกอบขึ้นจาก glycosaminoglycans ซึ่งมี คุณสมบัติจับกับน้ำและสารที่มีประจุบวกได้ดี จึงเหมาะแก่การเป็นตัวกลางของการแพร่ของ tissue fluid ระหว่างเซลล์กับหลอดเลือดฝอย และมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดใสคล้ายเจลที่มีดัชนีการหักเหของแสงเท่ากับน้ำ ทำหน้าที่เป็นที่ฝังตัวของเซลล์และเส้นใยชนิดต่างๆ ช่วยในการพุงรูปร่างของ connective tissue

ประเภทของ connective tissue

Connective tissue ที่พบในร่างกายผู้ใหญ่ (adult connective tissue) มีการแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ โดยอาศัยทั้งลักษณะของเส้นใย จำนวนเซลล์ ลักษณะของ amorphous ground substance และ หน้าที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนั้นๆ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันแท้ (connective tissue proper)
2. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษ (special connective tissue)

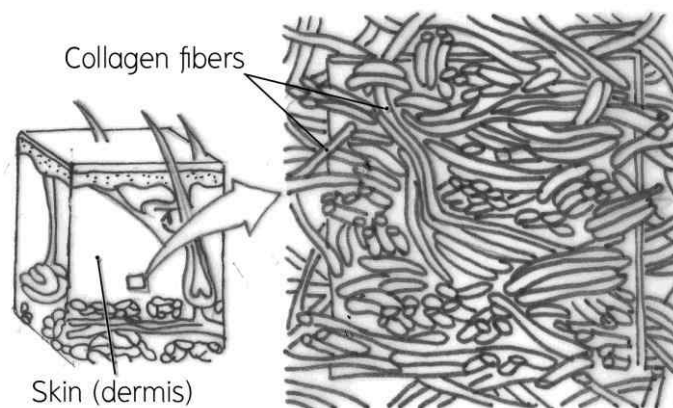
Connective tissue proper

Connective tissue proper ประกอบด้วยเซลล์ และสารระหว่างเซลล์ที่มีลักษณะ ค่อนข้างนุ่ม แบ่งย่อยออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1. **Loose (areolar) connective tissue** (รูปที่ 2.15) เป็น connective tissue ที่เซลล์ และเส้นใย อยู่กันอย่างหลวมๆ และเรียงตัวห่างๆ กัน ประกอบไปด้วยเซลล์หลายชนิด แต่เซลล์ที่พบมากที่สุด คือ fibroblast และ macrophage ส่วนเส้นใยมีทั้ง collagen และ elastic fibers แต่พบมากที่สุดคือ collagen fiber จะพบ connective tissue ชนิดนี้ได้ทั่วไปรอบๆ อวัยวะต่างๆ เช่น บริเวณชั้นไขมันใต้ผิวหนัง (hypodermis หรือ subcutaneous tissue) รอบๆ หลอดเลือด เส้นประสาท และเยื่อช่องท้อง เป็นต้น

2. **Dense connective tissue** เป็น connective tissue ที่เซลล์และเส้นใยอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น แบ่งออกเป็น

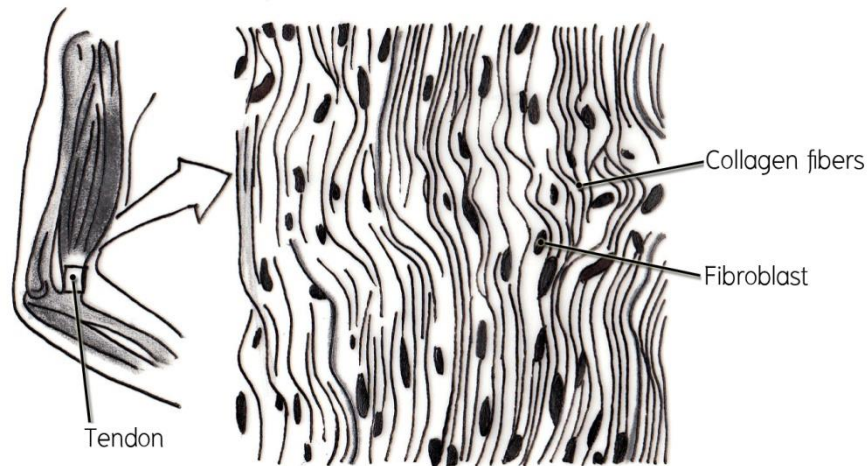
2.1 Dense irregular connective tissue (รูปที่ 2.16) เป็น connective tissue ที่มีเส้นใยเรียงตัวกันอยู่อย่างหนาแน่นแต่ไม่เป็นระเบียบ ทำให้มีคุณสมบัติทนทานต่อแรงดึงหรือแรงยืดได้ทุกทิศทาง เซลล์ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็น fibroblast ส่วนเส้นใยที่พบอาจแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับหน้าที่ของเนื้อเยื่อ เช่น ชั้นหนังแท้ (dermis) ของผิวหนัง ฟังพิด เยื่อหุ้มกระดูก จะมี collagen fibers เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพื่อให้มีความคงทนต่อแรงดึงหรือแรงฉีก แต่ในหลอดเลือดแดงขนาดใหญ่จะมี elastic fibers เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้มีความยืดหยุ่นสูง



รูปที่ 2.16 แสดงโครงสร้างของ dense irregular connective tissue

(วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

2.2 Dense regular connective tissue (รูปที่ 2.17) เป็น connective tissue ที่มีเส้นใยเรียงตัวกันอยู่หนาแน่นและขนานกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้มีเซลล์และสารพื้นที่อยู่ระหว่างเซลล์ (ground substance) น้อย มีคุณสมบัติในการทนต่อแรงดึงหรือแรงยืดได้เพียงทิศทางเดียว เส้นใยที่พบอาจแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับหน้าที่ของเนื้อเยื่อ เช่น เอ็น (tendon) จะมี collagen fibers เป็นส่วนใหญ่ เรียงตัวขนานและอัดกันแน่นเป็นมัดๆ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความแข็งแรงที่จะยึดเกาะกับกระดูกอย่างมั่นคง แต่ในบางแห่งอาจพบ elastic fibers เป็นส่วนใหญ่ เช่น ที่สายเสียง (vocal cord)

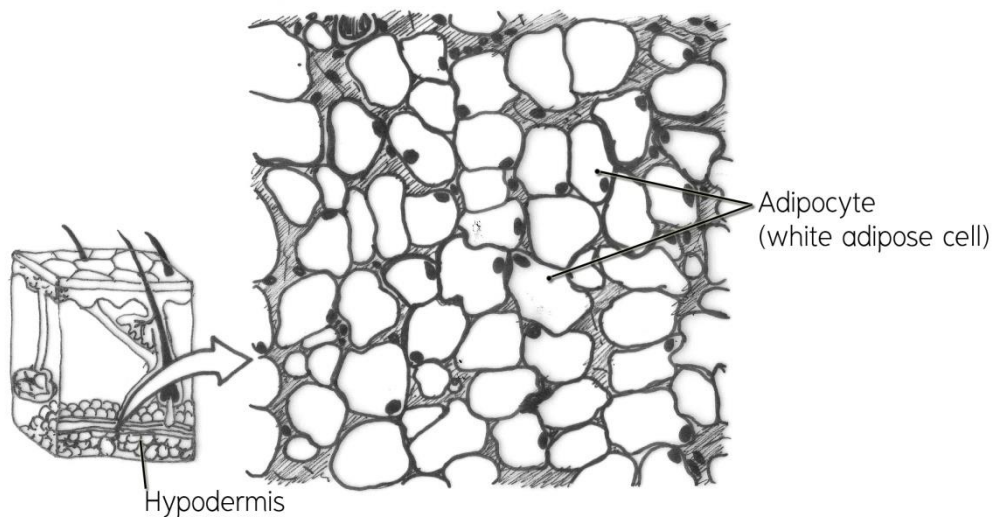


รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างของ dense regular connective tissue (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

Special connective tissue

เป็น connective tissue ที่ทำหน้าที่พิเศษ แบ่งย่อยออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1. **Adipose connective tissue** (รูปที่ 2.18) เป็นเนื้อเยื่อไขมันที่ประกอบด้วย adipocytes รวมอยู่เป็นกลุ่ม พบได้ตามส่วนต่างๆ ของร่างกายที่รองรับน้ำหนักเพื่อป้องกันการกระแทก รวมทั้งบริเวณใต้ผิวหนังของหน้าท้อง ต้นขา ท้องแขน



รูปที่ 2.18 แสดงโครงสร้างของ adipose connective tissue (วาดใหม่จาก Martini FH, 2006)

2. **Reticular connective tissue** (รูปที่ 2.19) เป็น connective tissue ที่ประกอบไปด้วย reticular fibers เป็นส่วนใหญ่ พบได้ในระบบการสร้างและทำลายเม็ดเลือดต่างๆ (reticulo – endothelial system) เช่น ตับ ไต ไขกระดูก ต่อม้ำเหลือง และม้าม เป็นต้น