โครงการหนึ่งอาจารย์หนึ่งผลงาน

ประจำปี 2557

เนื้อเยื่อพื้นฐานของสัตว์และเซลล์ที่ถูกกระตุ้นได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พาณี วรรณนิธิกุล

สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

OTOP58

ปฏิบัติการที่ 7
เนื้อเยื่อพื้นฐานของสัตว์ – Basic Animal Tissues

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พาณี วรรณนิธิกุล

เนื้อเยื่อเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีรูปร่างและและหน้าที่คล้ายกันมารวมกันเพื่อทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกัน วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับเนื้อเยื่อเรียกว่า มิญชวิทยาหรือจุลกายวิภาคศาสตร์ (Histology)

เนื้อเยื่อในร่างกายของคนหรือสัตว์แบ่งออกได้หลายชนิด แต่ละชนิดจะอยู่รวมกับเนื้อเยื่อชนิดอื่นๆ กลายเป็นอวัยวะและระบบต่างๆ (system) เนื้อเยื่อพื้นฐานในร่างกายของคนหรือสัตว์แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่

1. เนื้อเยื่อบุผิว (Epithelial tissue, Epithelium)
2. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue)
3. เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscular tissue)
4. เนื้อเยื่อประสาท (Nervous tissue)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาผ่านปฏิบัติการนี้แล้วควรจะสามารถแยกชนิดของเนื้อเยื่อสัตว์และรู้จักตำแหน่งหรือบริเวณที่เนื้อเยื่อแพร่กระจายในอวัยวะของร่างกาย

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ศึกษาเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ จากสไลด์ถาวรและภาพสีที่เตรียมไว้ให้

1. เนื้อเยื่อบุผิว

เป็นเนื้อเยื่อที่ปกคลุมร่างกายและบุผิวโพรงและช่องว่างและท่อต่างๆ พบในต่อมต่างๆด้วย มีหน้าที่ป้องกันโครงสร้างที่อยู่ใต้เนื้อเยื่อบุผิว การสร้างและหลั่งสาร (secretion) และการดูดซึม (absorption)

เนื้อเยื่อบุผิวแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ โดยอาศัยรูปร่างและการจัดเรียงชั้นของเซลล์ ได้แก่ Simple Epithelium และ Stratified Epithelium (รูปที่ 7.1- 7.4)

1.1 Simple Epithelium ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัวเป็นชั้นเดียว แบ่งเป็น 4 ชนิด ตามรูปร่างของเซลล์ ได้แก่

(1) **Simple squamous epithelium** ประกอบด้วย squamous cell เมื่อบุที่อวัยวะใดจะมีชื่อเรียกเฉพาะส่วนนั้นๆ เช่น บุหลอดเลือดเรียก **endothelium** (รูปที่ 7.2 A) บุถุงหุ้มหัวใจเรียก **pericardium** บุถุงหุ้มปอดเรียก **pleura** และหุ้ม glomerulus ในไต เป็นต้น

(2) **Simple cuboidal epithelium** ประกอบด้วย cuboidal cell มีนิวเคลียสกลมใหญ่อยู่กลางเซลล์ เป็นเยื่อบุในต่อมไทรอยด์ (thyroid gland) รังไข่ (ovary) และท่อ (tubule) ของไต (รูปที่ 7.2 B-D) เป็นต้น

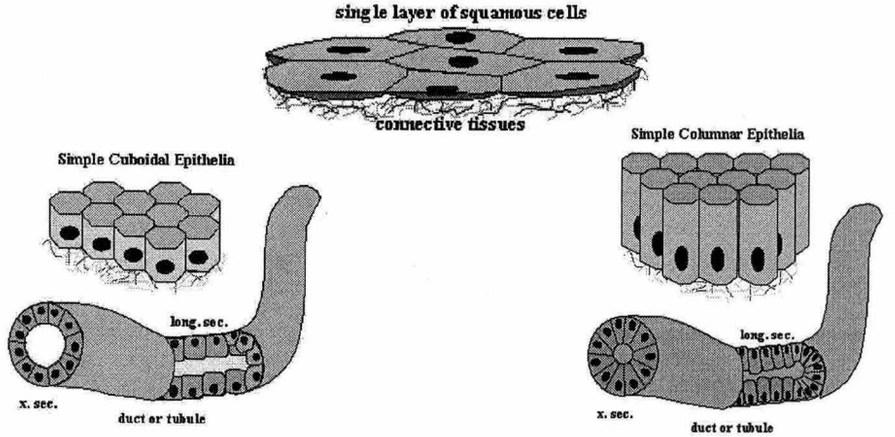
(3) **Simple columnar epithelium** ประกอบด้วย columnar cell มีนิวเคลียสยาวตามรูปเซลล์ ส่วนมากพบเป็นเยื่อบุผิวทางเดินอาหาร เช่น กระเพาะอาหาร (stomach) และลำไส้เล็ก (intestine) มักพบ goblet cells (เซลล์สร้างเมือก) แทรกอยู่ด้วย (รูปที่ 7.2 E, F)

(4) **Pseudostratified ciliated columnar epithelium** เป็นเยื่อบุผิวที่เซลล์มีความสูงไม่เท่ากัน แต่เซลล์ทุกเซลล์วางอยู่บน basement membrane นิวเคลียสของเซลล์จะเรียงไม่เป็นระเบียบ ดูคล้ายเซลล์เรียงซ้อนกัน พบเป็นเยื่อบุผิวของทางเดินหายใจ เช่น หลอดลม (trachea) (รูปที่ 7.3 A-C) และที่ epididymis ของระบบสืบพันธุ์เพศชาย

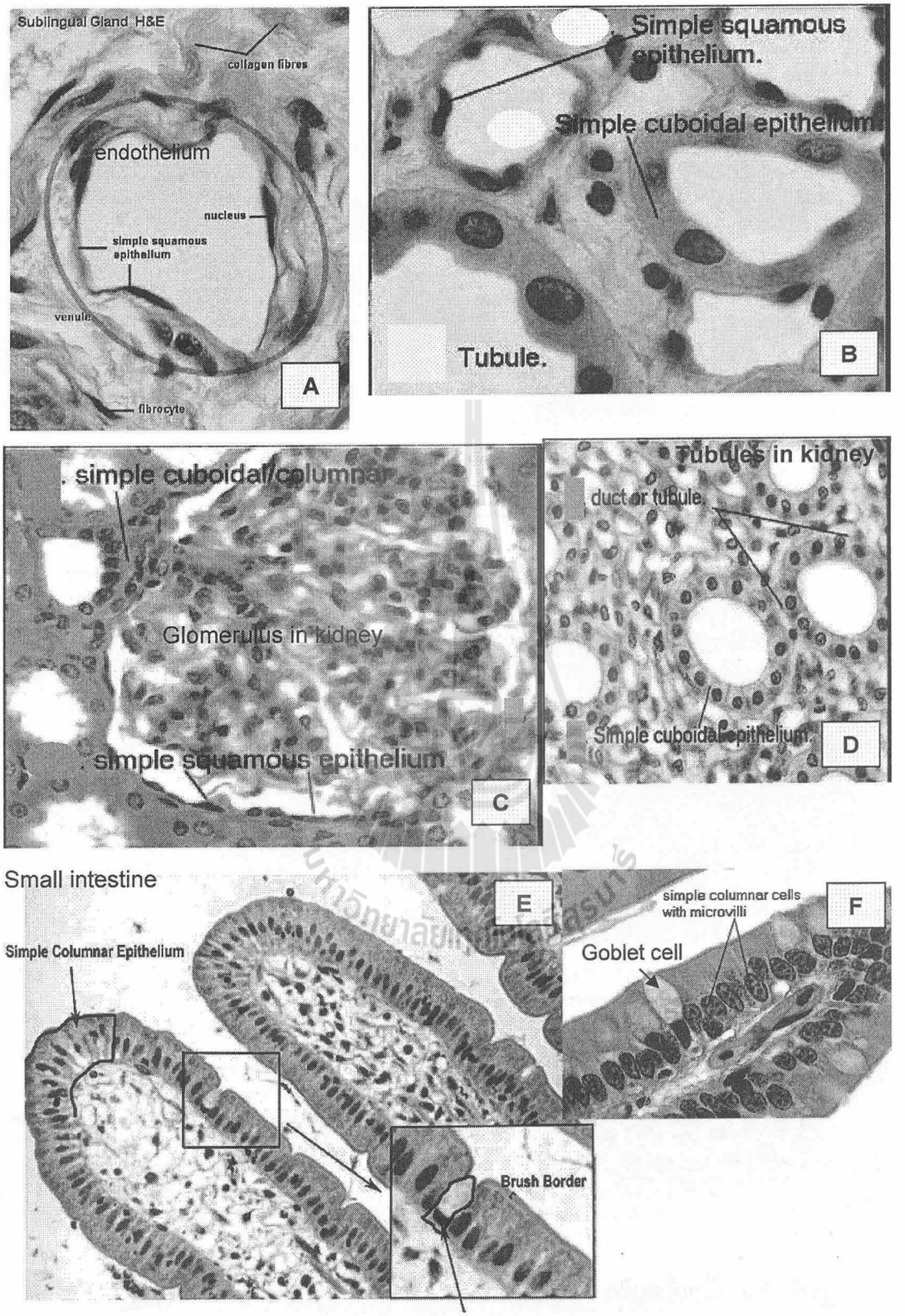
1.2 Stratified Epithelium เป็นเนื้อเยื่อบุผิวที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงซ้อนกันหลายชั้น แบ่งตามรูปร่างของเซลล์ชั้นบนได้ 4 ชนิด ในห้องปฏิบัติการศึกษาเพียง 2 ชนิด ได้แก่

(1) **Stratified squamous epithelium** ชั้นบนเป็นเซลล์แบนบาง พบได้ที่หนังกำพร้า (epidermis) ของผิวหนัง (skin) เยื่อบุหลอดอาหาร (esophagus) เป็นต้น (รูปที่ 7.3 D-G)

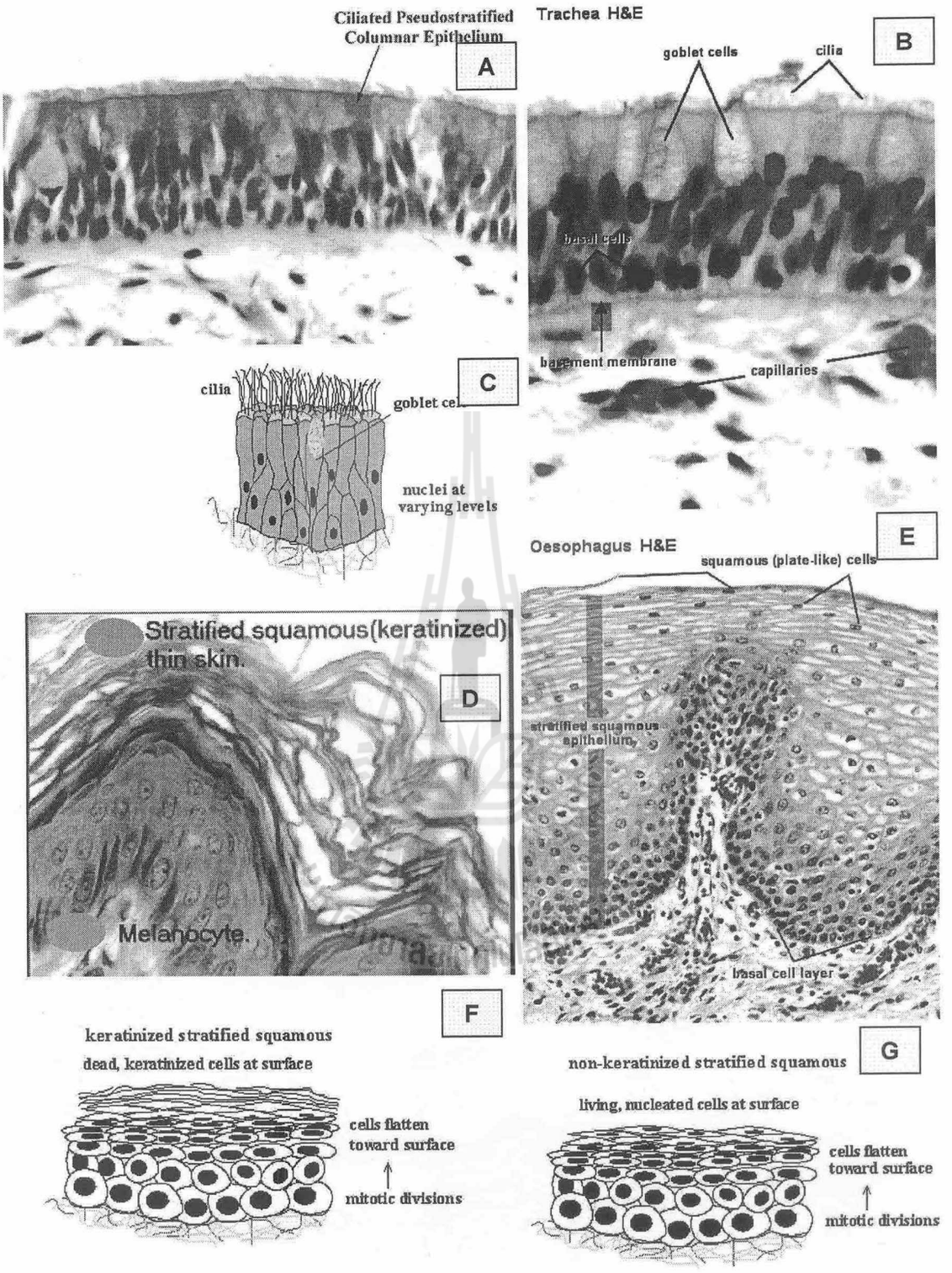
(2) **Transitional epithelium** พบเป็นเยื่อบุผิวของกระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) และทางเดินของระบบขับถ่าย เมื่อผนังของอวัยวะเหล่านี้อยู่ในสภาวะปกติ (หดตัว) ไม่มีปัสสาวะขังอยู่ เนื้อเยื่อบุผิวจะประกอบด้วย cuboidal cells หลายชั้น เซลล์ชั้นบนสุดมีรูปร่างกลมใหญ่ แต่เมื่ออวัยวะขยายตัว เยื่อบุผิวจะยืดตัวมีลักษณะคล้าย stratified squamous epithelium และดูคล้ายกับมีจำนวนชั้นเซลล์ลดน้อยลง (รูปที่ 7.4)



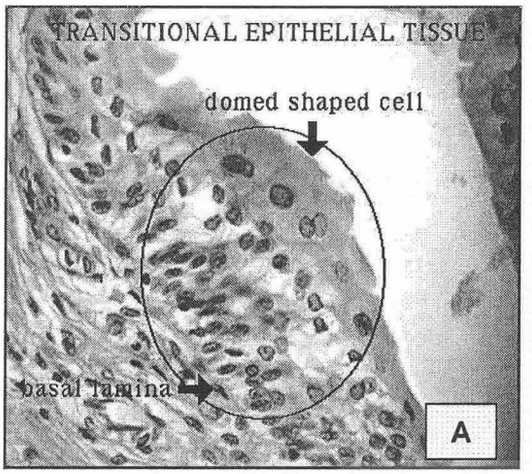
รูปที่ 7.1 ไดอะแกรมรูปร่างเซลล์ชนิดต่างๆและเนื้อเยื่อบุผิวชนิด simple epithelium

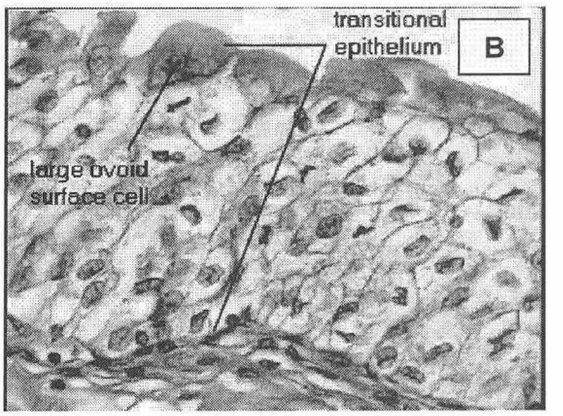


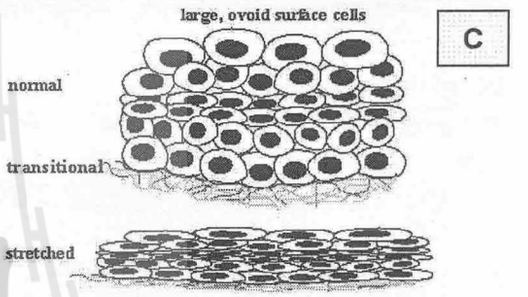
รูปที่ 7.2 เนื้อเยื่อบุผิว Simple squamous epithelium (A, B, C), Simple cuboidal epithelium (B, C, D) และ Simple columnar epithelium (E, F)



รูปที่ 7.3 เนื้อเยื่อบุผิว Pseudostratified ciliated columnar epithelium (A, B, C), Keratinized stratified squamous epithelium (D, F) และ Non-keratinized stratified squamous epithelium (E, G)







รูปที่ 7.4 เนื้อเยื่อบุผิว Transitional epithelium (A, B, C)

2. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

(1) **เซลล์** มีเซลล์หลายชนิด เช่น fibroblasts, macrophages

(2) **เส้นใย** ได้แก่ collagen fibers, elastic fibers และ reticular fibers

(3) **Intercellular ground substance** ซึ่งเมื่อรวมกับเส้นใยจะเรียกว่า intercellular matrix

2.1 ชนิดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

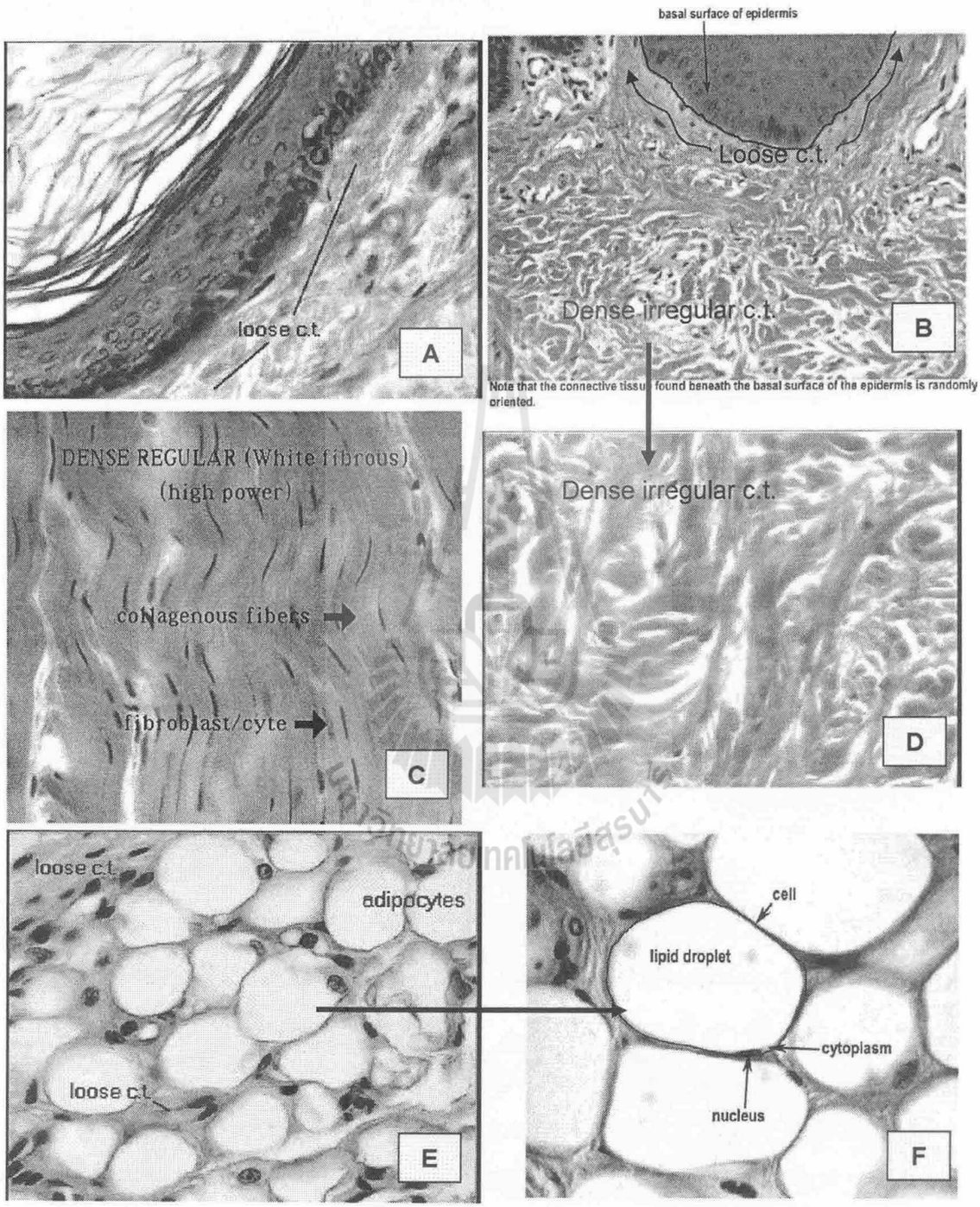
ในห้องปฏิบัติการให้ศึกษาเนื้อเยื่อต่อไปนี้

(1) **Loose connective tissue** (Areolar tissue) พบแทรกกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป พบได้ชัดเจนบริเวณ papilla ของหนังแท้ (dermis) ประกอบด้วย fibroblasts, macrophages, collagen fibers, elastic fibers มี reticular fibers น้อยที่สุด ส่วนประกอบเหล่านี้อยู่กันแบบหลวมๆ มี intercellular ground substances บรรจุในช่องว่าง (รูปที่ 7.5 A, B)

(2) **Dense regular connective tissue** พบในเอ็น (tendon) และเอ็นยึดข้อ (ligament) มี collagen fibers มากและเรียงเป็นระเบียบ ทำให้ทนต่อการดึงรั้งที่มาในทิศทางเดียวได้ดี (รูปที่ 7.5 C)

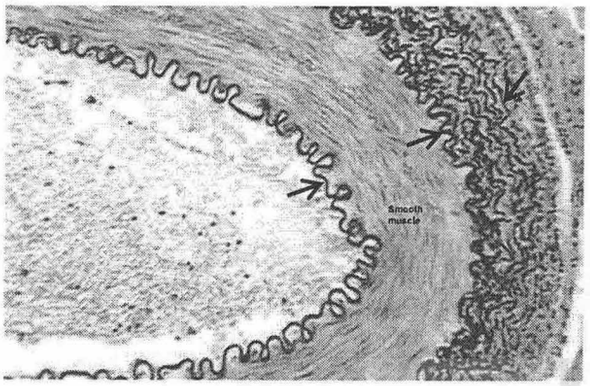
(3) **Dense irregular connective tissue** พบได้ที่หนังแท้ใต้ชั้นของ loose connective tissue เส้นใยส่วนมากเป็น collagen fibers แต่มีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ทนต่อแรงดึงรั้งที่มาทุกทิศทางได้ดี (รูปที่ 7.5 B, D)

(4) Adipose tissue พบตามส่วนต่างๆของร่างกาย ประกอบด้วย fat cells ที่เรียกว่า adipocytes ซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมไขมัน เซลล์จะมีหยดไขมัน (oil droplet) ขนาดใหญ่อยู่เต็มทำให้ไซโทพลาซึมและนิวเคลียสถูกผลักไปอยู่ชิดขอบเซลล์ (รูปที่ 7.5 E, F)



รูปที่ 7.5 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน Loose connective tissue (A, B), Dense irregular connective tissue (B, D), Dense regular connective tissue (C) และ Adipose tissue (E, F)

(5) **Elastic tissue** ประกอบด้วย elastic fibers เป็นหลักรวมกันเป็นมัด มี fibroblasts แทรกอยู่ในช่องระหว่าง fibers เนื้อเยื่อนี้มีสีเหลืองและยืดหยุ่นได้ดี พบใน ligament ของกระดูกสันหลัง, suspensory ligament ของ penis และ ผนังของ medium และ large artery (รูปที่ 7.6)



รูปที่ 7.6 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน
Elastic tissue ในผนังของ medium artery (ลูกศรชี้)

(6) **Hyaline Cartilage** พบที่ส่วนปลายกระดูกของข้อต่อต่างๆ ส่วนจมูกที่มีความอ่อน เช่น กระดูกอ่อนที่กั้นช่องจมูก ลิ้นปี่ กล่องเสียง (larynx) และหลอดลมใหญ่ (trachea) collagen fibers เส้นเล็กมากจนมองไม่เห็นเมื่อย้อมสีด้วยวิธีธรรมดา เซลล์กระดูกอ่อนเรียกว่า **chondrocytes** รูปร่างยาวรี อยู่ภายใน lacuna และรวมอยู่เป็นกลุ่ม มีเยื่อหุ้มกระดูกอ่อนเรียกว่า **perichondrium** (รูปที่ 7.7 A, B)

(7) **Elastic cartilage** มี chondrocytes กระจัดกระจายไม่ได้จับเป็นกลุ่ม และมี elastic fibers แทรกอยู่ระหว่างเซลล์ มี elastic fibers มากกว่า collagen fibers สานกันเป็นร่างแหเห็นได้ชัดเจน มีเยื่อหุ้ม perichondrium มักพบใกล้หรือต่อเนื่องจาก hyaline cartilage พบที่ใบหู (pinna) ฝาปิดกล่องเสียง (epiglottis) เป็นต้น (รูปที่ 7.7 C, D)

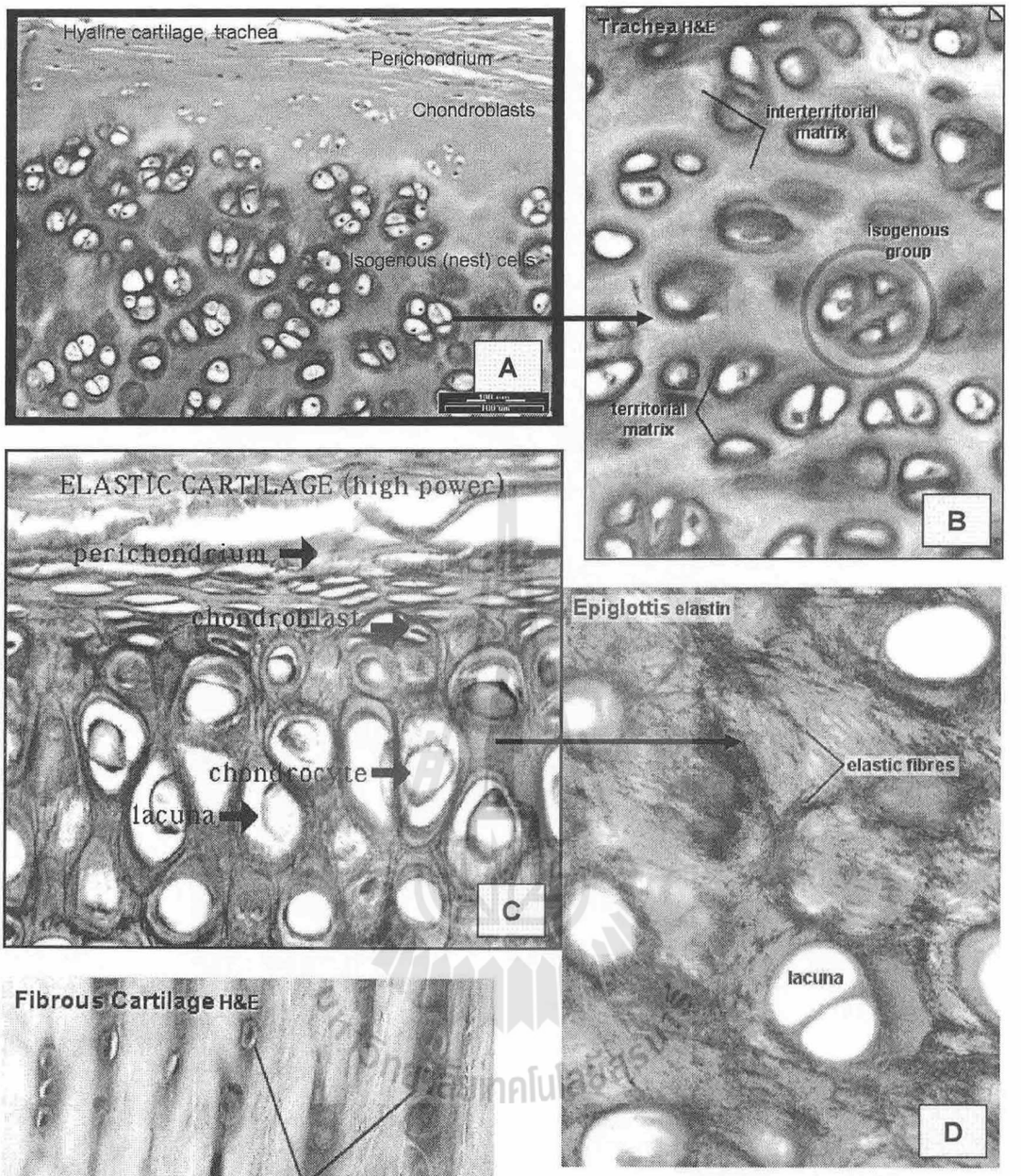
(8) **Fibrocartilage** (Fibrous cartilage) พบได้ไม่กี่แห่ง เช่น ในหมอนกระดูกสันหลัง (intervertebral disk) และ symphysis pubis เป็นต้น ประกอบด้วย collagen fibers เป็นส่วนใหญ่ มี chondrocytes คล้ายของ hyaline cartilage เรียงเป็นแถว (รูปที่ 7.7 E)

(9) **Bone** (กระดูก) ประกอบด้วย **Haversian systems** จำนวนมาก (รูปที่ 7.8 A) แต่ละ Haversian system ประกอบด้วย (รูปที่ 7.8 B)

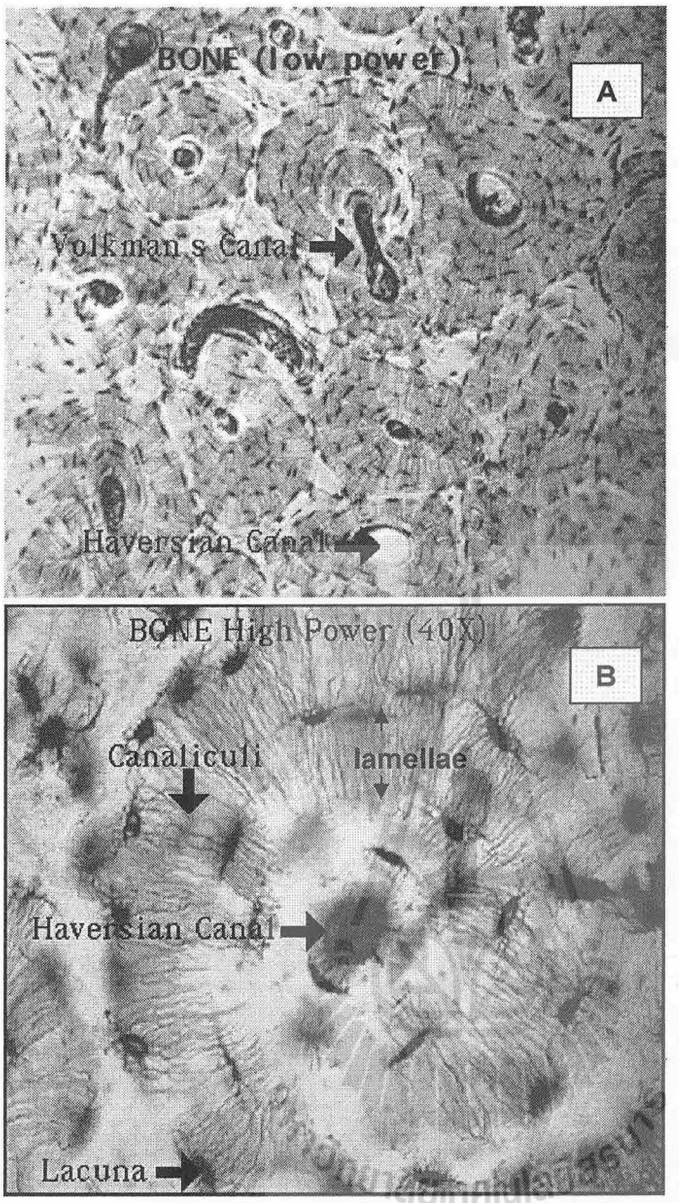
ก. **Haversian canal** เป็นทางเข้าออกของหลอดเลือด หลอดน้ำเหลืองและเส้นประสาท

ข. วงเล็กๆที่ล้อมรอบ Haversian canal ซ้อนกันหลายๆวง แต่ละวงเรียกว่า **lamella** ภายใน lamella มี **lacuna** แทรกอยู่เป็นระยะ ภายใน lacuna มีเซลล์กระดูก **(osteocyte)** บรรจุอยู่ แต่ละ lacuna จะติดต่อกันและติดต่อกับ Haversian canal โดยช่องทาง **canaliculi** ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นฝอยๆ เป็นทางให้สารอาหารผ่านไปถึง osteocyte ได้

กระดูกมีเยื่อหุ้มภายนอกเรียกว่า **periostium** ช่องที่เชื่อมต่อระหว่างหลอดเลือดที่อยู่ภายนอกเข้ามายังหลอดเลือดที่อยู่ใน Haversian canal เรียกว่า Volkmann's canal (รูปที่ 7.8 A)



รูปที่ 7.7 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน Cartilages ได้แก่ Hyaline cartilage (A, B), Elastic cartilage (C, D) และ Fibrocartilage หรือ Fibrous cartilage (E)

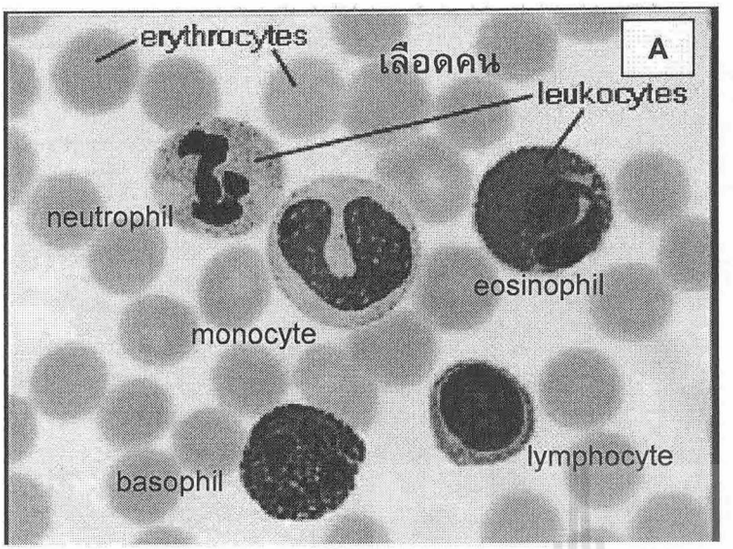


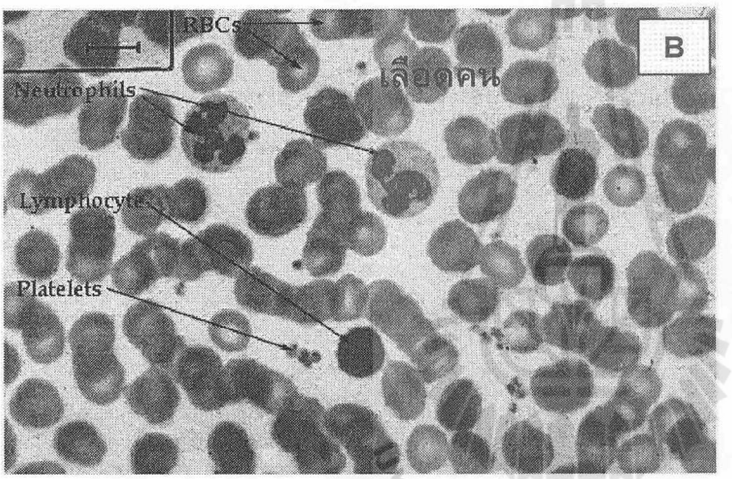
รูปที่ 7.8 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน Bone แสดง Haversian systems (A) แต่ละ Haversian system ประกอบด้วย Haversian canal, lamellae, canaliculi, และ lacunae (B)

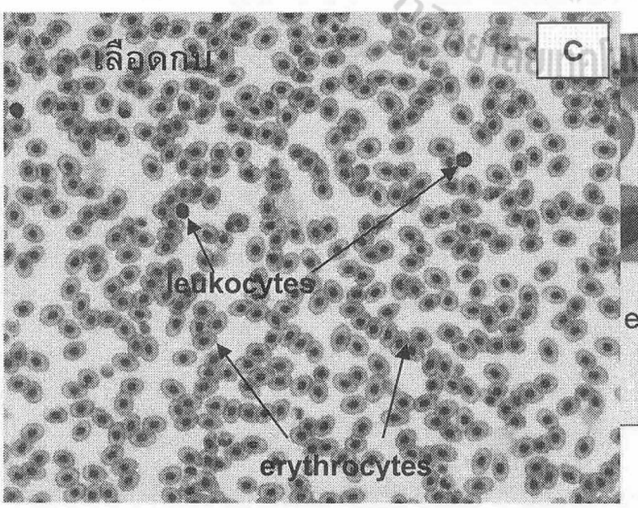
เลือด (Blood)

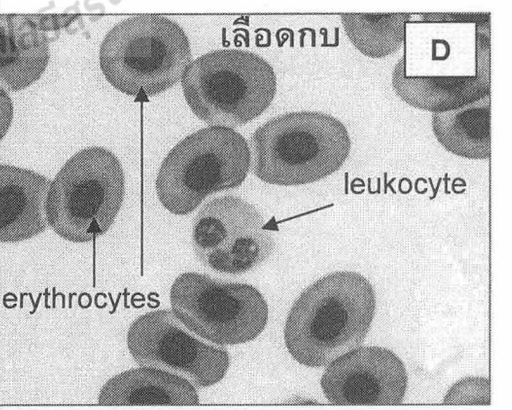
เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดที่เป็นของเหลว ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นเซลล์เม็ดเลือด (blood cells) และเกล็ดเลือด (platelets) และส่วนที่เป็นน้ำของเลือด (blood plasma) เซลล์เม็ดเลือดแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เซลล์เม็ดเลือดแดง (red blood cells) และเซลล์เม็ดเลือดขาว (white blood cells, leukocytes) เซลล์เม็ดเลือดแดงของคนไม่มีนิวเคลียส ส่วนเซลล์เม็ดเลือดแดงของปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะมีนิวเคลียส

ให้ศึกษาเปรียบเทียบเซลล์เม็ดเลือดของคนและกบจากสไลด์ blood smear (รูปที่ 7.9)









รูปที่ 7.9 เลือด ภาพ A และ B แสดงเกล็ดเลือด (platelets) เซลล์เม็ดเลือดแดง (erythrocytes) และเซลล์เม็ดเลือดขาว (leukocytes) ได้แก่ neutrophil, eosinophil, basophil, lymphocyte และ monocyte ของคน ส่วนภาพ C และ D แสดงเซลล์เม็ดเลือดแดงและเซลล์เม็ดเลือดขาวของกบ

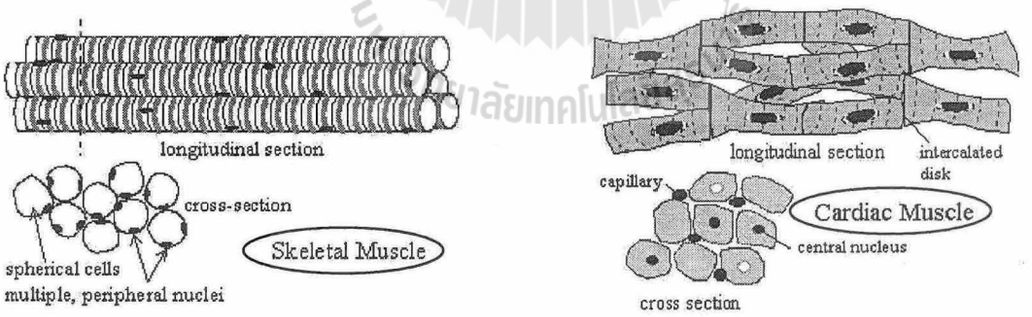
3. เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

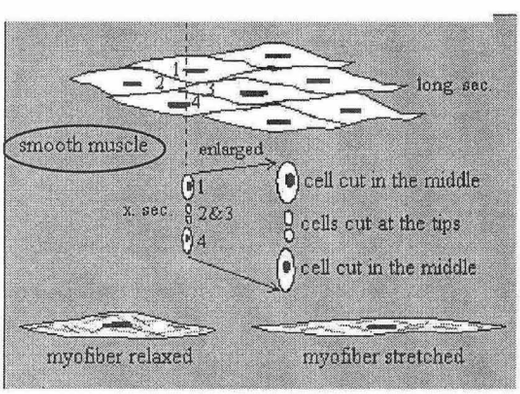
เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย เซลล์กล้ามเนื้อเรียก muscle fiber กล้ามเนื้อแบ่งตามลักษณะและหน้าที่ได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

3.1 **กล้ามเนื้อโครงร่างหรือกล้ามเนื้อลาย** (Striated skeletal muscle) ประกอบด้วย muscle fibers ทรงกระบอกยาวไม่มีการแตกแขนง หนึ่งเซลล์มีหลายนิวเคลียสอยู่ใต้เยื่อหุ้มเซลล์ muscle fibers จะวางเรียงขนานกันและมีแถบขาว-ดำ ตามแนวขวางสลับกัน ทำให้ดูเหมือนกับมีลายตามขวาง เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบเป็นโครงร่างของร่างกายทั้งหมด (รูปที่ 7.10 และ 7.11 A, B) ทำงานภายใต้การควบคุมของระบบประสาทส่วนกลาง (voluntary control)

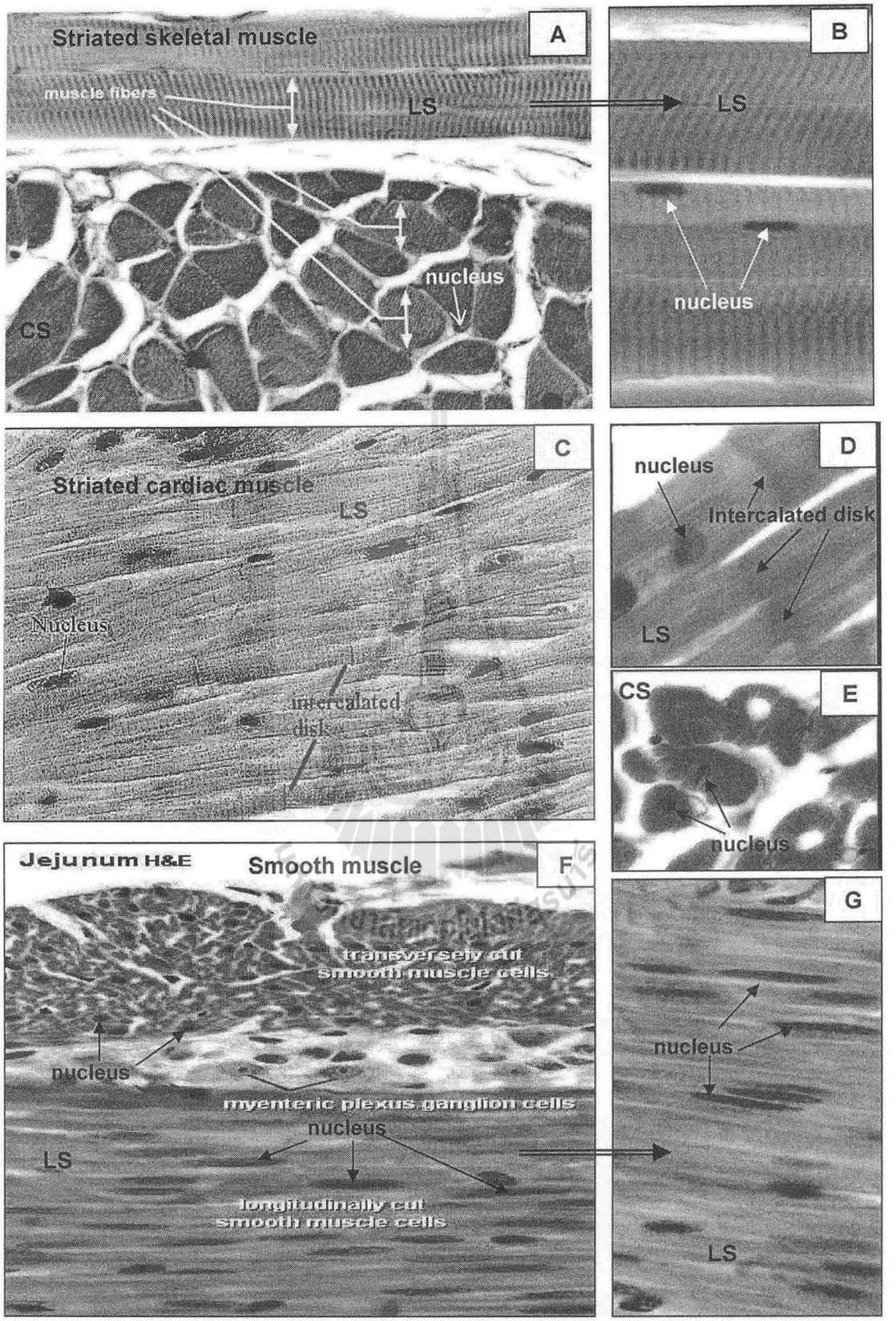
3.2 **กล้ามเนื้อหัวใจ** (Striated cardiac muscle) เป็นส่วนประกอบของผนังหัวใจ ประกอบด้วยเซลล์รูปทรงกระบอกยาวขนาดไม่แน่นอน เซลล์มีการแตกแขนงทางด้านข้าง และมีการเชื่อมกันระหว่างเซลล์ด้วยโครงสร้างที่เรียกว่า Intercalated disc ซึ่งจะเห็นเป็นแถบสีเข้มตามแนวขวาง กล้ามเนื้อหัวใจมีลายเช่นกัน แต่ลายเล็กกว่าของกล้ามเนื้อลาย ทำงานภายใต้การควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติ (involuntary control) (รูปที่ 7.10 และ 7.11 C, D, E)

3.3 **กล้ามเนื้อเรียบ** (Smooth muscle) พบในผนังของหลอดเลือด ในบริเวณรอบๆ อวัยวะที่มีช่องกลวง เช่น กระเพาะปัสสาวะ และในชั้นรอบๆระบบทางเดินหายใจ ระบบไหลเวียนเลือด ระบบทางเดินอาหารและระบบสืบพันธุ์ ประกอบด้วย muscle fibers รูปร่างคล้ายกระสวย คือ หัวแหลมท้ายแหลม ขนาดเล็ก แต่ละ fiber มี 1 นิวเคลียสอยู่กลางเซลล์ ไม่มีลายตามขวาง เป็นกล้ามเนื้อที่ไม่อยู่ใต้อำนาจใจ (involuntary muscle) (รูปที่ 7.10 และ 7.11 F, G)





รูปที่ 7.10 ไดอะแกรมแสดงรูปร่างของกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ในลักษณะที่เส้นใยถูกตัดตามยาว (longitudinal section, LS) และตามขวาง (cross section, CS) และตัดผ่านและไม่ผ่านนิวเคลียส



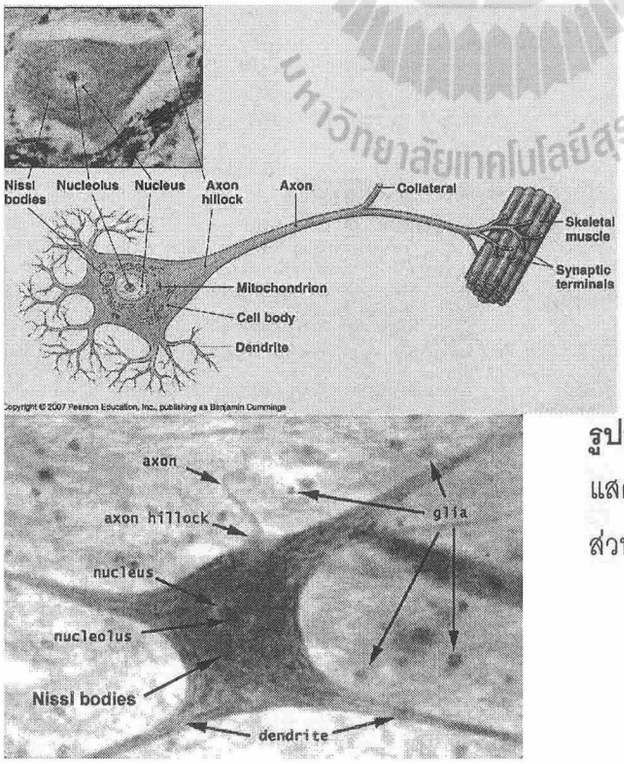
รูปที่ 7.11 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ แสดงภาพตัดตามยาว (LS) และตามขวาง (CS) ของ striated skeletal muscle (A, B), striated cardiac muscle (C, D, E) และ smooth muscle (F, G)

4. เนื้อเยื่อประสาท

เนื้อเยื่อประสาทเป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆในร่างกาย ประกอบด้วยเซลล์ประสาทเรียกว่า nerve cell หรือ neuron (นิวรอน) และเซลล์เกลีย (neuroglia) กระจายแทรกอยู่ระหว่าง neurons และเส้นประสาท (nerve)

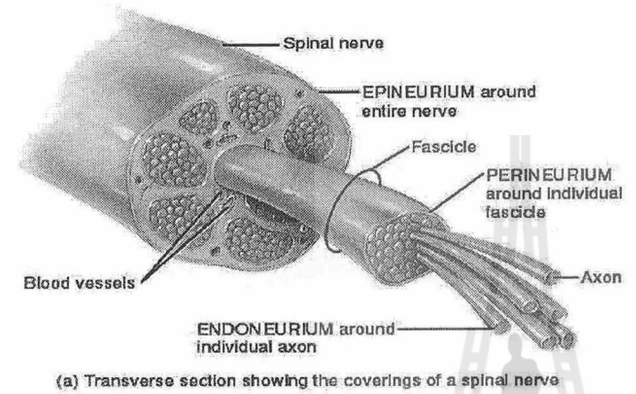
(1) **Neuron** ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ cell body (perikaryon หรือ soma), dendrite และ axon (รูปที่ 7.12)

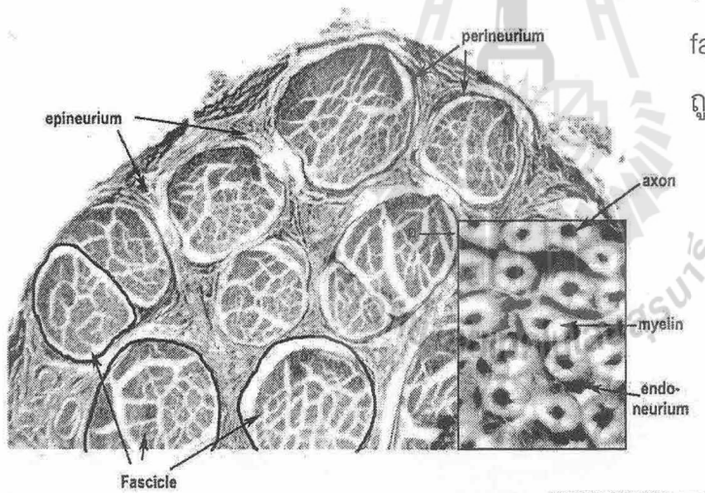
1. **Cell body** เป็นที่อยู่ของนิวเคลียสและ organelles ต่างๆ รวมทั้ง **Nissl bodies** (กลุ่มของ RER) ซึ่งจะติดสีย้อมสีน้ำเงินเข้ม cell body ทำหน้าที่รับ nerve impulse จาก dendrites และส่งต่อไปยัง axon
2. **Dendrite** เป็นแขนงเซลล์ที่ยื่นออกจาก cell body มีจำนวนมาก เป็นแขนงสั้นๆ ทำหน้าที่รับ nerve impulse จากเซลล์ประสาทอื่นๆ ส่งต่อให้ cell body
3. **Axon** เป็นแขนงที่ยื่นออกจาก cell body เพียงแขนงเดียว มีความยาวมากกว่า dendrite มักถูกเรียกว่า **nerve fiber** (เส้นประสาท) ทำหน้าที่รับ nerve impulse จาก cell body ส่งต่อไปยังอวัยวะอื่นๆ ส่วนปลายของแต่ละ axon จะไปหยุดที่กล้ามเนื้อหรืออวัยวะหรือต่อม ตรงบริเวณที่เชื่อมต่อกันนั้นเรียกว่า **synapse** แต่ละ neuron มีเพียง 1 axon เท่านั้น ส่วนของ axon แยกออกจาก cell body ในบริเวณที่เรียกว่า **axon hillock** บริเวณนี้ไม่มี Nissl bodies จึงจะเห็นเป็นรูปสามเหลี่ยมสีขาว แต่ค่อนข้างเห็นได้ยาก



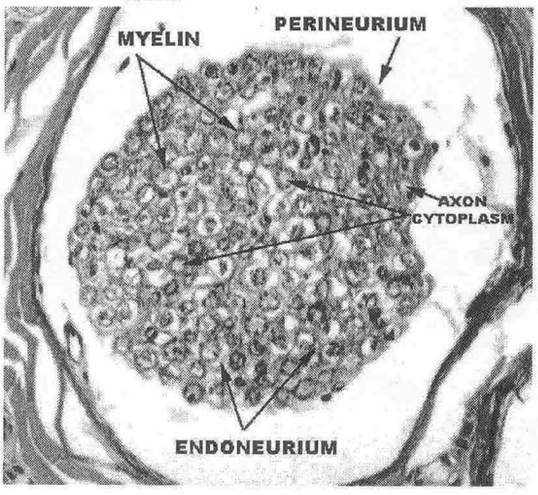
รูปที่ 7.12 เนื้อเยื่อประสาท แสดง neuroglia (glia) และส่วนประกอบต่างๆของ neuron

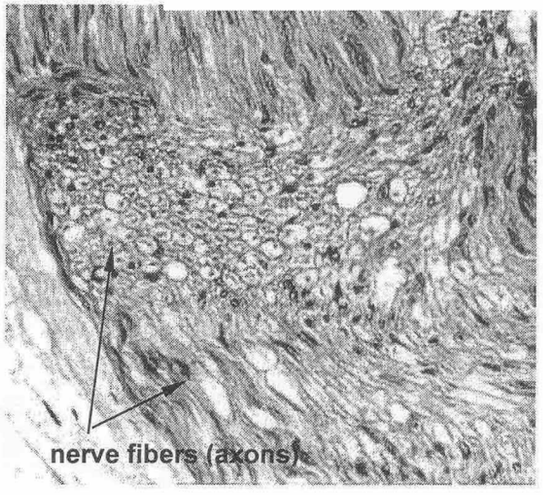
(2) Nerve (เส้นประสาทหรือประสาท) มีลักษณะเป็นมัด ประกอบด้วยกลุ่มของ axons (nerve fibers) จำนวนมาก มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหุ้ม เยื่อหุ้มชั้นนอกของมัดประสาทเรียกว่า epineurium **(เอพินิวเรียม)** จะหุ้ม nerve fascicles (มัดเส้นประสาทเล็กๆ) หลายมัดไว้ด้วยกัน เยื่อหุ้มชั้นกลางเรียกว่า perineurium **(เพอรินิวเรียม)** หุ้มรอบๆแต่ละ fascicle ที่ประกอบด้วย axons หลายๆ axons เยื่อหุ้มชั้นในสุดเรียกว่า endoneurium **(เอนโดนิวเรียม)** จะหุ้มรอบๆแต่ละ axon





รูปที่ 7.13 **เส้นประสาท** (บน) ไดอะแกรมภาพตัดขวางของ peripheral nerve แสดงเยื่อหุ้ม 3 ชั้น (กลาง) ภาพตัดขวางของ peripheral nerve (ล่างซ้าย) ภาพตัดขวางของ nerve fascicle (ล่างขวา) ภาพตัดของ nerve fascicle แสดง nerve fibers ที่ถูกตัดในแนวขวางและแนวยาว





ที่มาของภาพประกอบ

รูปที่ 7.1; 7.2 B, C, D, F; 7.3 C, D, F, G; 7.4 B, C; 7.5 A, D, E; 7.9 A; 7.10; 7.11 D, E

http://www.mhhe.com/biosci/ap/histology_mh/tismodov.html#overview

รูปที่ 7.2 E; 7.5 B, F; 7.12 B, 7.13

http://missinglink.ucsf.edu/lm/IDS_101_histo_resource/index.htm

รูปที่ 7.1, 7.2 A; 7.3 B, E; 7.7 B, D, E; 7.11 F

http://www.lab.anhb.uwa.edu.au/mb140

รูปที่ 7.3 A

http://erl.pathology.iupui.edu/HISTO/GENER59.HTM

รูปที่ 7.4 A; 7.5 C; 7.7 C; 7.8 A, B; 7.12 A

http://www.mc.maricopa.edu/~minckley/anatomy/epithelial_tissue.html

รูปที่ 7.7 A

http://www.technion.ac.il/~mdcourse/274203/lect2.html

รูปที่ 7.11 A, B, G

http://www.siumed.edu/~dking2/ssb/muscle.htm

รูปที่ 7.11 C

http://cellbio.utmb.edu/microanatomy/muscle/Question_8mus.htm

รูปที่ 7.6, 7.13 C

http://www.google.com

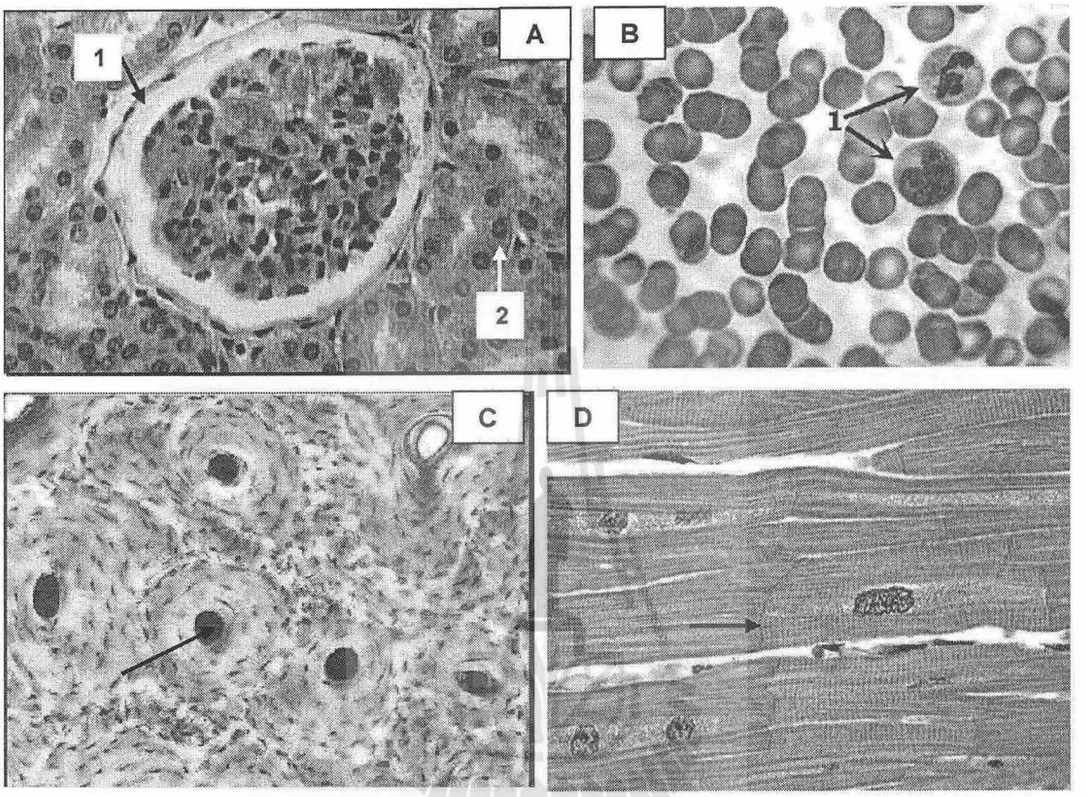
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

1. Hickman, C.P., F.M. Hickman and L.B. Kats. 2001. **Laboratory Studies in Integrated Principles of Zoology.** 10th ed. WCB/McGraw-Hill: Boston.
2. Lytle, L.F. 2000. **General Zoology Laboratory Guide.** 13 th ed. McGraw-Hill: Boston.
3. Perry, J.W., D. Morton and J.B. Perry. 2002. **Laboratory Manual for Starr and Taggart's Biology: The Unity and Diversity of Life and Starr's Biology: Concepts and Applications.** Brooks/Cole, California.

แบบฝึกหัดปฏิบัติการที่ 7

ชื่อ.....รหัส.....กลุ่มที่ .....ห้อง.....



รูป A 1. บอกชื่อเนื้อเยื่อที่ลูกศร 1 ชี้.....

2. เนื้อเยื่อที่ลูกศร 1 ชี้พบได้ที่ใดบ้าง.....

3. บอกชื่อเนื้อเยื่อที่ลูกศร 2 ชี้.....

รูป B 1. บอกชื่อเซลล์หมายเลข 1 ที่ลูกศรชี้

เซลล์บน.....เซลล์ล่าง.....

2. เนื้อเยื่อในรูป B เป็นเนื้อเยื่อชนิดใด.....

3. เนื้อเยื่อในรูป B พบในสัตว์ชนิดใด.....

รูป C 1. บอกชื่อเนื้อเยื่อในรูป.....

2. บอกชื่อช่องที่ลูกศรชี้.....

รูป D 1. บอกชื่อโครงสร้างที่ลูกศรชี้.....

2. บอกชื่อเนื้อเยื่อในรูป.....

รายงานปฏิบัติการที่ 7
เนื้อเยื่อพื้นฐานของสัตว์ – Basic Animal Tissues

ชื่อ-สกุล 1 ..... รหัส B .....

วาดภาพพร้อม label ส่วนประกอบของเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ที่ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

Simple squamous epithelium	Stratified squamous epithelium
Simple cuboidal epithelium	Transitional epithelium
Simple columnar epithelium	Pseudostratified epithelium

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Loose connective tissue	Elastic tissue
Dense regular connective tissue	Hyaline cartilage
Dense irregular connective tissue	Elastic cartilage
Adipose tissue	Fibrocartilage

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Bone	Skeletal muscle
Human blood cells	Cardiac muscle
Frog blood cells	Smooth muscle
Neuron	Nerve

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการที่ 8

เซลล์ที่ถูกกระตุ้นได้ : การทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อและประสาท

Excitable Cells: Muscle and Nerve Actions

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พาณี วรรณนิธิกุล

เมื่อมีสิ่งเร้า (stimulus) มากระตุ้นส่วนของร่างกาย receptor ของ sensory neuron (เซลล์ประสาทรับความรู้สึก) จะเปลี่ยนสิ่งเร้าให้เป็น nerve impulse (กระแสประสาท) ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปตามความยาวของ sensory neuron และผ่านไปยังสมอง (brain) และไขสันหลัง (spinal cord) เพื่อทำการวิเคราะห์และแปรผลออกมา จากนั้นจึงสั่งการต่อไปยัง motor neuron (เซลล์ประสาทสั่งการ) ซึ่งจะส่งสัญญาณต่อไปยัง effector (หน่วยปฏิบัติการ) เช่น กล้ามเนื้อหรือต่อมต่าง ๆ ให้ทำงาน

เมื่อกล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้นจะเริ่มทำงานโดยการหดตัว (contraction) การทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อจำเป็นต้องใช้พลังงาน ATP แหล่งพลังงานหลักคือการหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) หากขาดพลังงานเซลล์กล้ามเนื้อจะไม่สามารถทำงานได้

ในปฏิบัติการนี้ นักศึกษาจะได้ทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อและประสาทในสภาวะต่าง ๆ กัน

วัตถุประสงค์

เมื่อผ่านปฏิบัติการนี้แล้ว ควรจะสามารถอธิบายการทำงานของกล้ามเนื้อในหัวข้อต่อไปนี้ได้

1. ภายใต้อิทธิพลของอุณหภูมิและความเมื่อยล้า
2. ภายใต้การควบคุมโดยระบบประสาทใน neural pathway (วิถีประสาท) แบบต่าง ๆ

กิจกรรมที่ 1 การทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscles Action)

กล้ามเนื้อทุกมัดจะมีเส้นประสาท (nerve) หลอดเลือดแดง (artery) และหลอดเลือดดำ (vein) มาหล่อเลี้ยง เพื่อให้แน่ใจว่ากล้ามเนื้อทุกมัดสามารถรับ nerve impulse ที่ส่งมาถึงได้ ในขณะที่เลือดจากหลอดเลือดแดงเป็นแหล่งที่นำออกซิเจนและสารอาหารมาให้ หลอดเลือดดำจะจำเป็นต่อการส่งออก deoxygenated blood (เลือดที่มีออกซิเจนน้อย) ที่มีของเสียจาก metabolism (เมแทบอลิซึม) และผลผลิตอื่น ๆ ของร่างกาย

การหดตัวของกล้ามเนื้อต้องการพลังงาน ATP ร่างกายมีการเก็บ ATP ที่สามารถนำมาใช้ได้ทันที แต่เมื่อ ATP นี้หมดไป ร่างกายจะต้องมีการสังเคราะห์ ATP มากขึ้น ซึ่งมีหลายทางที่จะใช้ในการสังเคราะห์ ATP ได้แก่ (1) การ phosphorylation โดยตรงของ ADP โดย creatine phosphate (CP) ที่เซลล์กล้ามเนื้อเก็บไว้ในเซลล์ ATP ที่ได้จะใช้ได้นานประมาณ 15 วินาที (2) Aerobic respiration เป็นปฏิกิริยาที่ช้าและต้องการออกซิเจนอย่างต่อเนื่อง ATP ที่ได้จะใช้ได้นานเป็นชั่วโมง (3) Anaerobic glycolysis และ lactic acid formation เป็นปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการออกซิเจนและสังเคราะห์ ATP ได้น้อยแต่ค่อนข้างเร็ว ATP ที่ได้จะใช้ได้นาน 30-60 วินาที ต้องการกลูโคสจำนวนมากและสร้าง lactic acid (กรดแลคติก) ที่ทำให้กล้ามเนื้อเมื่อยล้า กล้ามเนื้อจะสูญเสียความสามารถในการหดตัวถึงแม้ว่ากล้ามเนื้อจะยังคงได้รับการกระตุ้นจากระบบประสาทหรือจากสิ่งเร้า

วัสดุและอุปกรณ์

1. นาฬิกาจับเวลา
2. ถังสำหรับใส่น้ำแข็ง
3. ไม้หนีบผ้า (clothespin)
4. น้ำแข็ง

กิจกรรมที่ 1.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ
(Effect of temperature on muscle action)

วิธีปฏิบัติ ให้จับคู่ทำการทดลอง หนึ่งคนทดลอง หนึ่งคนจับเวลา

1. ในอุณหภูมิปกติของห้อง ให้ผู้ทดลองนั่งตัวตรง เหยียดแขนข้างที่ถนัดให้ตรง กำกำปั้นให้แน่นแล้วปล่อย (ถือเป็น 1 ครั้ง) ทำซ้ำๆอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง นับจำนวนครั้งที่ทำได้ **ภายในเวลา 20 วินาที** บันทึกผลในตารางที่ 8.1
2. แช่มือข้างเดิมในถังน้ำที่ใส่น้ำแข็ง (~0°ซ) นาน **30 วินาที** เอามือออกจากถังน้ำ ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 และบันทึกผล
3. แช่มือข้างเดิมในอ่างน้ำอุ่น (~40°ซ) นาน **30 วินาที** เอามือออกจากอ่าง ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 และบันทึกผล
4. สลับการทำการทดลองกับผู้ร่วมงาน

กิจกรรมที่ 1.2 อิทธิพลของความเมื่อยล้าต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ

(Effect of fatigue on muscle action)

วิธีปฏิบัติ ให้จับคู่ทำการทดลอง หนึ่งคนทดลอง หนึ่งคนจับเวลา

1. ให้ผู้ทดลองนั่งวางแขนข้างที่ใช้เขียนหนังสือบนโต๊ะ ใช้นิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือจับไม้หนีบผ้าให้ตรง นิ้วที่เหลือกำเป็นกำปั้น
2. เมื่อผู้จับเวลาบอกให้ "เริ่ม" ให้ผู้ทดลองบีบไม้หนีบผ้าให้กางออกเต็มที่แล้วปล่อย (ถือเป็น 1 ครั้ง) ทำซ้ำๆให้เร็วที่สุดและติดต่อกัน พร้อมกับนับจำนวนครั้งที่ทำได้**ภายใน 30 วินาที** บันทึกผลในตารางที่ 8.2
3. โดยไม่หยุดพัก ให้ทำซ้ำข้อ 2 อีก 4 ครั้ง (รวมเป็น 150 วินาที)
4. เปลี่ยนมือเป็นมือข้างที่ไม่ได้ใช้เขียนหนังสือ ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1-3
5. สลับการทำการทดลองกับผู้ร่วมงาน

กิจกรรมที่ 2 การทำงานของกล้ามเนื้อโดยกิริยาสนองฉับพลัน (Reflex)

กิริยาสนองฉับพลัน (reflex) เป็นการตอบสนองที่ไม่อยู่ในอำนาจจิตใจต่อสิ่งเร้า (involuntary responses) Spinal reflex เป็น reflex ที่นำโดยเซลล์ประสาทในไขสันหลังเพียงอย่างเดียว ไม่ได้เกี่ยวข้องกับสมองในทันที เรียกระบบนี้ว่า reflex arc สามารถใช้ reflex เพื่อทดลองดูความปกติของการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อและระบบประสาท

Reflex arc ทำให้ร่างกายมีปฏิกิริยาตอบสนองอย่างอัตโนมัติต่อสิ่งเร้าต่างๆทั้งภายในและภายนอกร่างกาย เพื่อรักษาสภาวะธำรงดุล (homeostasis) ของร่างกาย หน้าที่ต่างๆของร่างกายเกือบทั้งหมดมี reflexes เป็นส่วนร่วม

Reflex arc จำแนกได้เป็น 2 กลุ่มคือ somatic reflexes และ autonomic reflexes. Somatic reflexes เป็น reflexes ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นกล้ามเนื้อโครงร่าง (skeletal muscle) โดย somatic division ของระบบประสาท ส่วน Autonomic reflexes ถูกสื่อผ่าน autonomic nervous system เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) และต่อมต่างๆ ช่วยควบคุมหน้าที่ต่างๆของร่างกายเช่น การย่อยอาหาร การขับถ่าย ความดันเลือด reflexes มีทั้งแบบมีโครงสร้างและหน้าที่ง่ายๆ เช่น knee jerk reflex และแบบที่มีความซับซ้อน เช่น reflex ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการหายใจและการทำงานของหัวใจ แต่ไม่ว่าจะเป็นแบบใด reflex arc ทั้งหมดมีส่วนประกอบหลักเหมือนกัน

Reflex arc มีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนคือ

1. **Receptor** ที่ปลาย sensory neuron ทำหน้าที่เป็นตัวรับสิ่งเร้าและสร้าง nerve impulse
2. **Sensory neuron** นำ nerve impulse ไปยังสมองหรือไขสันหลัง (CNS)
3. **Integration center** (ศูนย์รวบรวมประมวลข้อมูล) ใน CNS ประกอบด้วย 1 หรือมากกว่า 1 neuron
4. **Motor neuron** นำ nerve impulse จาก integration center มายัง effector
5. **Effector** (เซลล์กล้ามเนื้อหรือต่อม) ตอบสนองต่อ efferent impulse โดยการหดตัวหรือการหลั่งสาร

Reflexes ส่วนมากเป็น **polysynaptic reflexes** (มีมากกว่า 1 synapse ประกอบด้วย neuron มากกว่า 2 neurons) และมี 1 หรือมากกว่า 1 interneuron ในระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ร่วมด้วย แต่บาง reflexes เป็น **monosynaptic reflexes** (มีเพียง 1 synapse) ประกอบด้วย 2 neurons คือ 1 sensory neuron และ 1 motor neuron ไม่มี interneuron ร่วมด้วย เนื่องจากที่บริเวณ synapses อาจมีการช้าลงของการส่ง nerve impulse ดังนั้นการมี synapses มากขึ้นใน reflex pathway จะมีผลให้ต้องการเวลาสำหรับการตอบสนองมากขึ้นด้วย

กิจกรรมที่ 2.1 Somatic reflex: Patellar tendon reflex (Knee jerk reflex)

Stretch (myotatic) reflex เป็น monosynaptic reflex arc ทำหน้าที่ในการรักษาสภาพการทรงตัวตรงของร่างกาย ตัวอย่างที่รู้จักกันดี คือ **Patellar tendon reflex (knee jerk reflex)** ที่แสดงให้เห็นได้โดยการใช้ค้อนยางเคาะที่เอ็นใต้หัวเข่า (patellar tendon) reflex ชนิดนี้เป็นการตอบสนองที่เกิดทางด้านเดียวกันของร่างกายและไขสันหลังในบริเวณที่ได้รับสิ่งเร้า ส่วนที่ควบคุม reflex นี้อยู่ในไขสันหลังส่วนเอว (L2-L4) ความผิดปกติในการตอบสนอง reflex จะชี้ให้เห็นถึงปัญหาเกี่ยวกับ spinal nerves (เส้นประสาทไขสันหลัง) ในไขสันหลังที่อยู่ในกระดูกสันหลังส่วนเอวที่ 2, 3 และ 4 (L2, L3 และ L4)

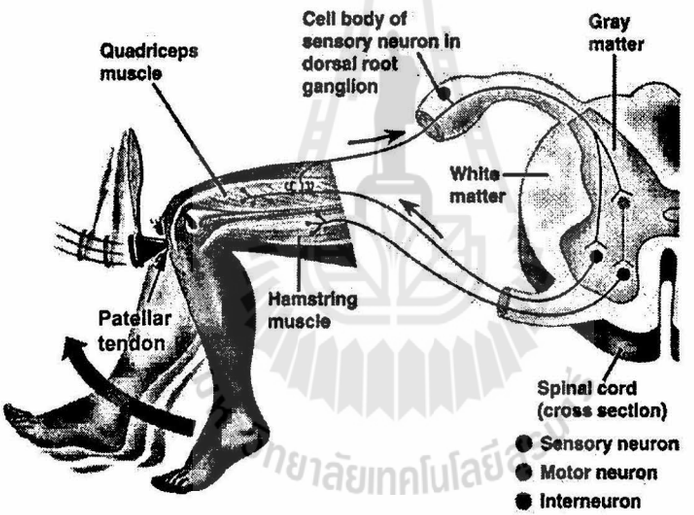
Patellar tendon reflex มี receptor อยู่ใน muscle spindle และมี effector เป็นกล้ามเนื้อ quadriceps femoris ของต้นขา (รูปที่ 8.1) สิ่งเร้าในกิจกรรมนี้เป็นสิ่งเร้าเทียมคือการเคาะที่ patellar tendon ใต้กระดูก patella (กระดูกหัวเข่า) nerve impulse ที่เกิดขึ้นจะผ่านจาก sensory neuron ไปยังไขสันหลัง sensory neuron จะ synapse กับ motor neuron โดยตรงในไขสันหลังโดยไม่มี interneuron และ nerve impulse จะถูกนำโดย motor neuron ไปยังกล้ามเนื้อ quadriceps femoris ทำให้กล้ามเนื้อหดตัว การหดตัวของกล้ามเนื้อมัดนี้ทำให้ขายื่นออกไป (รูปที่ 8.1)

วัสดุและอุปกรณ์

ค้อนยาง (percussion hammer (reflex hammer))

วิธีปฏิบัติ ให้จับคู่ทำการทดลอง

1. ให้ผู้ร่วมงานนั่งบนโต๊ะให้เท้าลอยอยู่เหนือพื้นอย่างอิสระ
2. หาตำแหน่งของ patellar tendon (รูปที่ 8.1) ของเข่าขวา และใช้ค้อนยางเคาะ tendon เบาๆ บันทึกความแรงของการตอบสนองในตารางที่ 8.3
3. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2 กับเข่าซ้าย บันทึกความแรงของการตอบสนอง
4. ให้ผู้ร่วมงานวิ่งอยู่กับที่เบาๆ (jog) จนรู้สึกเมื่อยขามากๆจึงหยุด และทำการทดลองซ้ำข้อ 2 และ 3 อีกครั้ง **การตอบสนองแรงกว่าหรือเบากว่าครั้งแรก**
5. สลับตำแหน่งกับผู้ร่วมงาน และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-4



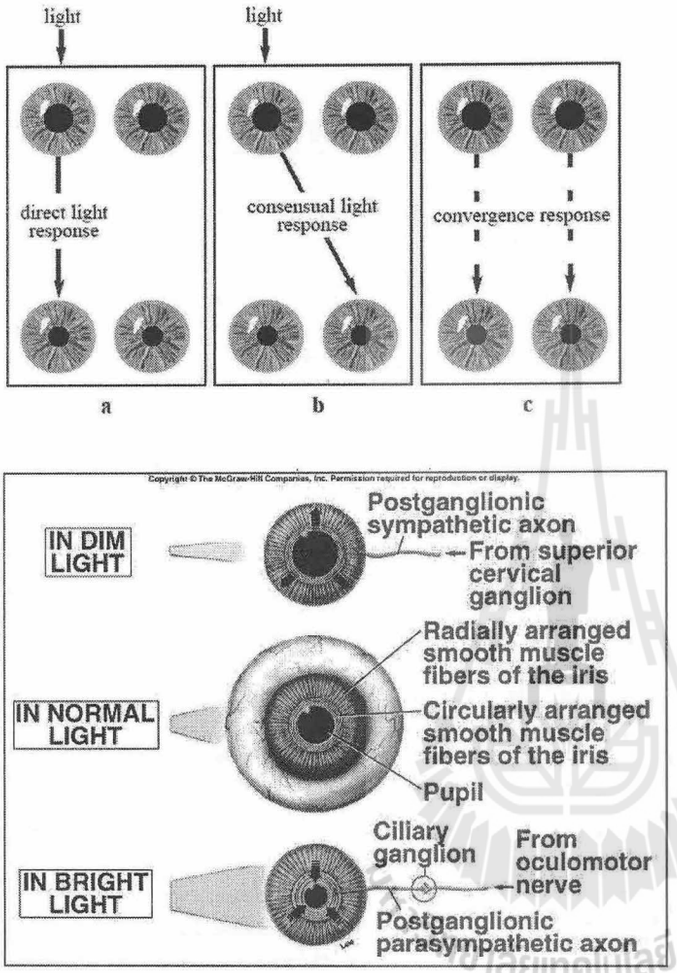
รูปที่ 8.1 Reflex arch ของ knee jerk

(http://fig.cox.miami.edu/~cmallery/150/neuro/c7.48.4.kneejerk.jpg)

กิจกรรมที่ 2.2 Autonomic reflex: Pupillary reflex

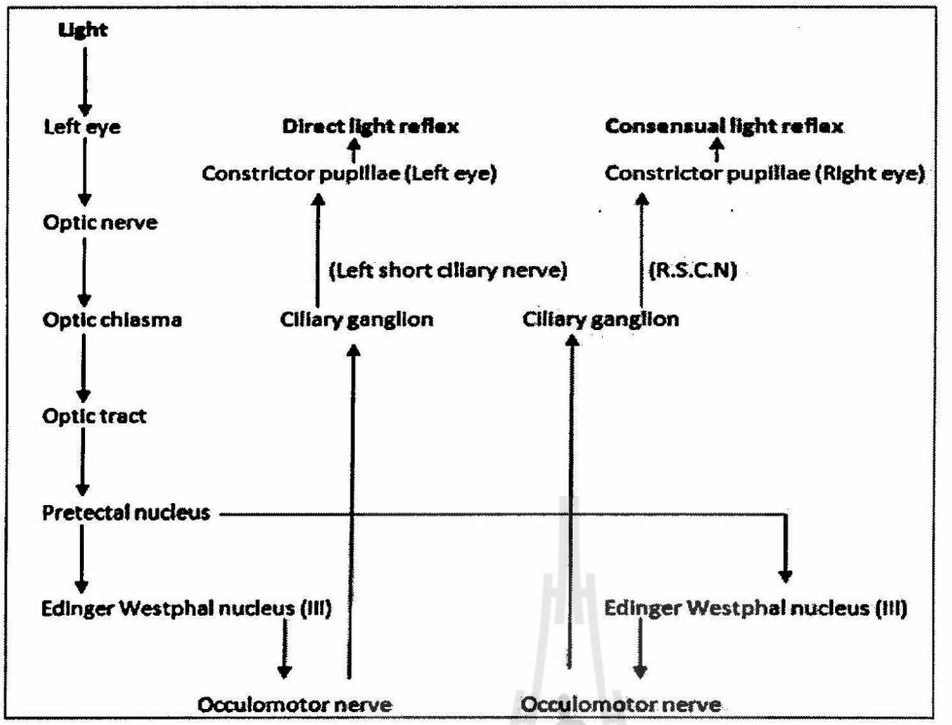
Pupillary reflex เป็น reflex ที่มีผลต่อขนาดของ pupil (รูม่านตา) ของตา ซึ่งตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง (light intensity) ที่มาถึง retina ช่วยควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านเข้าตา pupillary reflexes มี 3 ชนิด ชนิดแรก เรียกว่า direct light reflex ประกอบด้วยการหดเล็กลงของ pupil ของตาที่ได้รับแสงโดยตรง ชนิดที่สองเรียกว่า consensual light reflex ประกอบด้วยการหดเล็กลงของ pupil ของตาข้างที่ไม่ได้รับแสงเท่ากับของตาที่ได้รับแสง เช่น ฉายแสงเข้าไปในตาซ้าย ทำให้

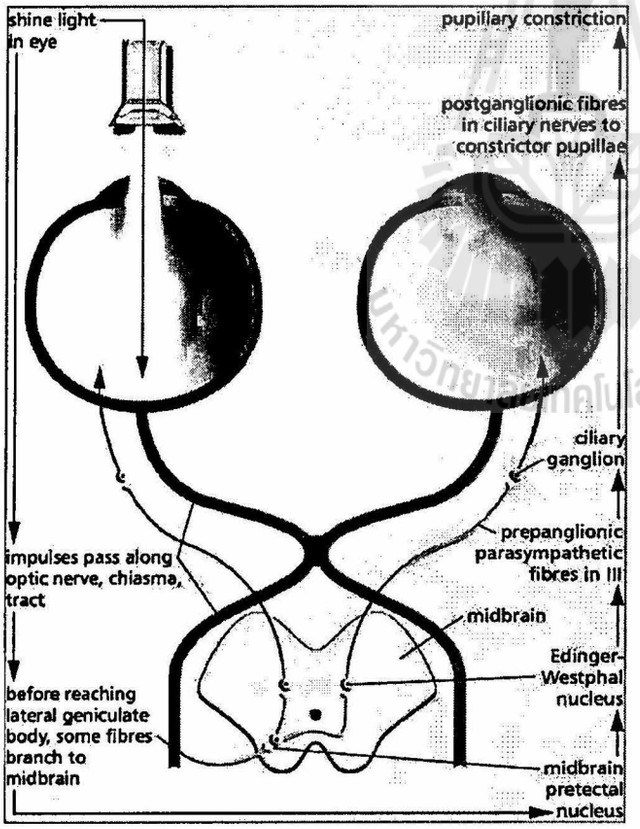
pupil ของตาทั้งสองข้างหดเล็กลงเท่ากัน ชนิดที่ 3 เรียกว่า **accommodation reflex** เป็นการหดเล็กลงของ pupil ในขณะที่มีวัตถุเคลื่อนที่เข้าใกล้ตา (รูปที่ 8.2)



รูปที่ 8.2 (บน) การตอบสนองของ pupils ใน direct light reflex, consensual light reflex และ accommodation reflex (http://www.the-aps.org/education/lot/pdfs/neurnetworks03.pdf) (ล่าง) การทำงานของกล้ามเนื้อของ iris เมื่อได้รับแสงที่ความเข้มต่างกันคือ แสงสลัวๆ (dim light) แสงปกติ (normal light) และแสงสว่างจ้า (bright light) (www.google.com)

Pupillary reflexes 2 ชนิดที่มักนำมาใช้ทดสอบ คือ direct light reflex และ consensual light reflex เรียกรวมๆว่า **Photopupillary reflex** ซึ่งมี **retina** ของตาเป็น receptor, **optic nerve (CN II)** ทำหน้าที่นำ impulse ไปยัง CNS ประกอบด้วย afferent fibers ที่บางส่วน synapse กับ nerve fibers ที่มาจากตาอีกข้างหนึ่งในบริเวณ optic chiasma ใน **midbrain** ดังนั้น neurons ใน midbrain จึงเป็นตัวนำ nerve impulse บนสมองทั้งสองข้าง, **oculomotor nerve (CN III)** ทำหน้าที่นำ motor impulse ไปยังตาและ**กล้ามเนื้อเรียบของ iris** เป็น effector มีศูนย์ (center) ต่างๆ ในระบบประสาทส่วนกลางจำนวนมากที่มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์และแปรผลของการตอบสนองเหล่านี้ (รูปที่ 8.3)

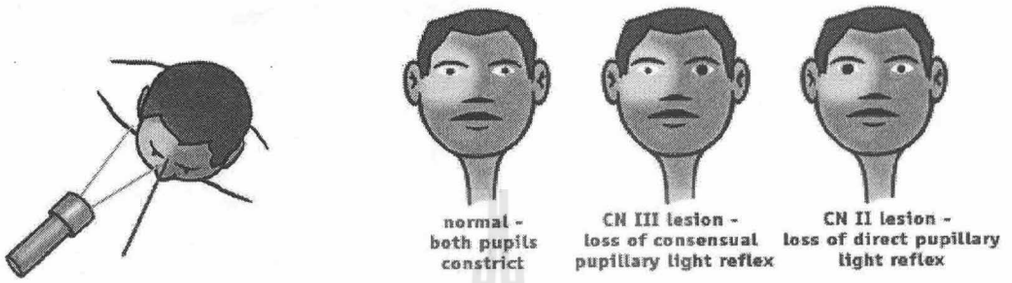




รูปที่ 8.3 (บนและล่าง) ไดอะแกรมแสดง photopupillary reflex pathway (http://www.keywordpicture.com/abuse/accommodation%20reflex%20pathway; http://www.healcentral.org/content/collections/RCSI/cns044.jpg)

เซลล์กล้ามเนื้อเรียบของ iris ซึ่งเป็นตัวควบคุมขนาดของ pupil มีการเรียงตัว 2 แบบ คือ circular muscle และ radial muscle และมีทั้ง sympathetic และ parasympathetic branch ของ autonomic motor system มา innervate การเปลี่ยนขนาดของ pupil เป็นการตอบสนองต่อการ

เปลี่ยนแปลงของคำสั่งจาก branch ใด branch หนึ่ง เมื่อมีแสงจ้ามากคำสั่งจาก parasympathetic จะไปกระตุ้นให้ circular muscle หดตัว pupil จะหดเล็กลง เมื่อแสงสลัวลงหรืออยู่ในที่มืดคำสั่งจาก sympathetic จะไปกระตุ้นให้ radial muscle หดตัว pupil จะขยายกว้างออก (รูปที่ 8.2) เป็น reflex ที่สำคัญในการตรวจหาพยาธิสภาพของ oculomotor nerve, optic nerve, retina, เนื้อเยื่อของ brain stem (ก้านสมอง) หรือสมอง (รูปที่ 8.4)



รูปที่ 8.4 วิธีทดสอบ photopupillary reflex, normal pupil reflex และ abnormal pupil reflex (http://brainconnection.positscience.com/topics/?main=fa/neurological-exam3)

วัสดุและอุปกรณ์

ไฟฉายและแผ่นกระดาษแข็งสีดำขนาดครึ่ง A4

วิธีปฏิบัติ ให้จับคู่ทำการทดลอง

1. ให้ผู้ร่วมงานนั่งเอามือปิดตาทั้งสองข้างให้สนิท นาน 2 นาที
2. ฉายไฟไปบนมือที่ปิดตาซ้าย
3. ให้ผู้ร่วมงานเอามือออกจากตาซ้าย
4. สังเกตขนาดของ pupil ทันทีและบันทึกการเปลี่ยนแปลงของขนาด
5. ใช้กระดาษแข็งกั้นระหว่างตา 2 ข้าง ให้ผู้ร่วมงานเอามือออกจากตาขวาส่องไฟไปที่ตาซ้าย
6. สังเกตขนาดของ pupil ของตาทั้งสองข้างและบันทึกการเปลี่ยนแปลงของขนาด
7. สลับการทำการทดลองกับผู้ร่วมงาน

กิจกรรมที่ 3 การทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่สั่งการโดยสมอง: Reactions

Reaction เป็นการตอบสนองที่อยู่ในอำนาจจิตใจ (voluntary response) ต่อสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อม ต่างจาก reflex ที่เป็นการตอบสนองที่ไม่อยู่ในอำนาจจิตใจ (involuntary response) reaction ต้องการ neural network ในสมองที่มีส่วนร่วมกับพฤติกรรมที่มีสติ (conscious behavior) reaction ต้องการเวลาในการตอบสนองมากกว่า reflex เนื่องจากมีกระบวนการที่ซับซ้อนของข้อมูลใน

สมอง ความเร็วในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า เรียกว่า reaction time ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละคน มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อ reaction time เช่น อายุ (age) เพศ (gender) ความเหนื่อยล้า ความแข็งแรงของร่างกาย การขาดสมาธิ รวมถึงสิ่งเร้าที่มากระตุ้น เช่น เสียงหรือการมองเห็น ค่าเฉลี่ยของ reaction time ของคนต่อการกระตุ้นด้านการมองเห็นประมาณ 0.25 วินาที ต่อการได้ยิน 0.17 วินาที และต่อการสัมผัส 0.15 วินาที reaction time มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันในหลายสภาวะ เช่น การขับรถ การทำงานกับเครื่องจักรกล การแข่งกีฬา ฯลฯ

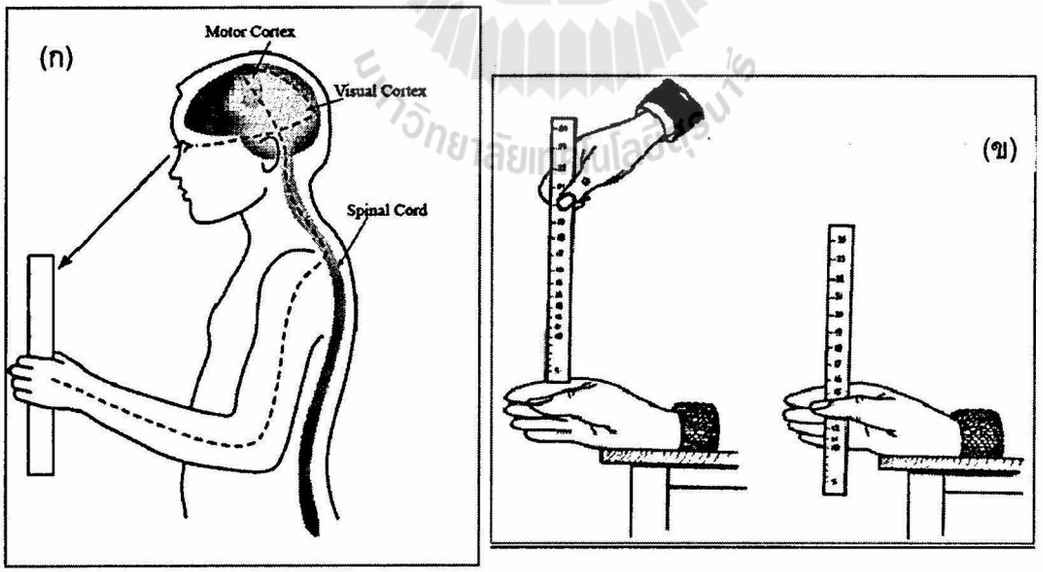
ในกิจกรรมนี้นักศึกษาจะได้วัด reaction time ของตัวเองและผู้ร่วมงานโดยการทดสอบความเร็วในการจับไม้บรรทัด (ruler) ที่ตกลงมา เรียกวิธีการนี้ว่า Ruler catching method

Ruler catching method

ในการวัดความเร็วของการจับไม้บรรทัดที่ตกลงมา reaction time ของคนเป็นผลจากเวลาของการทำงานที่แตกต่างกัน 3 อย่าง (รูปที่ 8.5) คือ

1) ข้อมูลผ่านจากตาไปยังสมอง
2) สมองรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล อันดับแรกคือ "ไม้บรรทัดกำลังตก" ถัดมาคือ "จับไม้บรรทัด"
3) สมองส่งสัญญาณไปยังนิ้วมือให้จับไม้บรรทัดไว้

กิจกรรมนี้ใช้ทดสอบความเร็วของสมองและประสาทในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก



รูปที่ 8.5 (ก) Neural pathway ของ ruler catching reaction (http://faculty.washington.edu/chudler/bex/4rt1.pdf) (ข) วิธีทำการทดลอง ruler catching method (http://www3.wheatonma.edu/kmorgan/brainmindbehavior/ReactionTime.html)

วัสดุและอุปกรณ์

ไม้บรรทัดยาว 60 หรือ 100 เซนติเมตร

วิธีปฏิบัติ ให้จับคู่ทำการทดลอง ผู้จับไม้บรรทัด 1 คนและผู้ปล่อยไม้บรรทัด 1 คน

1. ผู้จับนั่งวางแขนบนโต๊ะ ยื่นส่วนมือให้พ้นขอบโต๊ะ (รูปที่ 8.5) กางนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้แยกจากกันประมาณ 1 นิ้ว
2. ผู้ปล่อยยืนอยู่หน้าผู้จับ ถือไม้บรรทัดในแนวตั้งฉากกับพื้นโดยให้ปลายเลขศูนย์อยู่เหนือระดับนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ (ห้ามแตะถูกนิ้ว) (รูปที่ 8.5)
3. เมื่อผู้จับบอกว่า "พร้อม" ในช่วงใดช่วงหนึ่งภายในเวลา 10 วินาทีหลังคำว่า "พร้อม" ให้ผู้ปล่อยปล่อยไม้บรรทัดลงมา โดยไม่ต้องเตือนผู้จับ
4. ผู้จับจะต้องจับไม้บรรทัดให้ได้เร็วที่สุดด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้
5. บันทึกค่าเซนติเมตรตรงจุดที่นิ้วจับไม้บรรทัดได้ โดยใช้ค่าที่อยู่บริเวณกึ่งกลางของนิ้วหัวแม่มือ บันทึกในตารางที่ 7.5
6. ทำซ้ำข้อ 3, 4 และ 5 **อีก 10 ครั้ง** โดยให้ผู้ปล่อยปล่อยไม้บรรทัดในช่วงเวลาที่ต่างกันภายในเวลา 10 วินาที หลังคำว่า "พร้อม" (ช้าบ้างเร็วบ้าง เพื่อไม่ให้ผู้จับเดาเวลาปล่อยไม้บรรทัดได้)
7. **สลับการทำการทดลองกับผู้จับ ทำซ้ำข้อ** 1-6
8. เปลี่ยนค่าเซนติเมตรที่บันทึกไว้ทั้งหมดให้เป็นค่า reaction time โดยเทียบกับข้อมูลในตารางข้างล่างนี้ หรือคำนวณหาค่า reaction time โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a}}$$

เมื่อ t = เวลา (วินาที)

d = ระยะทาง (เซนติเมตร) ที่บันทึกไว้

a = 980 ซม./วินาที^{2} (ค่าความเร่ง(acceleration) การตกตามแรงโน้มถ่วงโลก)

เช่น ถ้านักศึกษาจับไม้บรรทัดได้ที่ 20 ซม. นักศึกษาจะได้ค่า t ดังนี้

$$t = \sqrt{\frac{2x20}{980}} = 0.20 \text{ วินาที}$$

9. ให้ตัดค่า reaction time ที่สูงสุดและต่ำที่สุดออกจากตาราง ดังนั้น จะเหลือเพียง 8 ค่า ให้หาค่าเฉลี่ยของ 8 ค่านี้และบันทึกไว้เป็นค่าเฉลี่ย reaction time ของผู้จับ
10. นำค่าเฉลี่ย reaction time ที่ได้ไปพิมพ์ในคอมพิวเตอร์หน้าห้อง แยกเป็นหญิงและชาย หาค่าเฉลี่ยของทั้งห้อง ดูความแตกต่างของหญิงและชาย เพศใดมี reaction time เร็วกว่ากัน?

ตาราง reaction time สำหรับเปลี่ยนค่าเซนติเมตรให้เป็นวินาที

ระยะทางที่จับไม้บรรทัดได้		Reaction time	ระยะทางที่จับไม้บรรทัดได้		Reaction time
ค่าเป็นเซนติเมตร	ค่าเป็นนิ้ว	(วินาที)	ค่าเป็นเซนติเมตร	ค่าเป็นนิ้ว	(วินาที)
1	0.39	0.05	17	6.69	0.19
2	0.79	0.06	18	7.09	0.19
3	1.18	0.08	19	7.48	0.20
4	1.57	0.09	20	0.79	0.20
5	1.97	0.10	21	8.27	0.21
6	2.36	0.11	22	8.66	0.22
7	2.76	0.12	23	9.06	0.22
8	3.15	0.13	24	9.45	0.22
9	3.54	0.14	25	9.84	0.23
10	3.94	0.14	26	10.24	0.23
11	4.33	0.15	27	10.63	0.23
12	4.72	0.16	28	11.02	0.24
13	5.12	0.16	29	11.42	0.24
14	5.51	0.17	30	11.81	0.25
15	5.91	0.17	31	12.20	0.25
16	6.30	0.18	32	12.60	0.26

(http://www3.wheatonma.edu/kmorgan/brainmindbehavior/ReactionTime.html)

บรรณานุกรม

1. กรกช อินทราพิเชฐ. 2552. ปฏิบัติการเซลล์วิทยาพื้นฐาน (Fundamental Cell Biology Laboratory) สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หน้า 99-110
2. Gunstream, S. E. 1994. Biological Explorations A Human Approach. 2nd ed. Macmillan College Pub. Comp.: New York. p. 167-177.
3. http://brainconnection.positscience.com/topics/?main=fa/neurological-exam3
4. http://faculty.washington.edu/chudler/bex/4rt1.pdf
5. http://fig.cox.miami.edu/~cmallery/150/neuro/c7.48.4.kneejerk.jpg
6. http://www.google.com
7. http://www.healcentral.org/ content/collections/RCSI/cns044.jpg
8. http://www.keyword picture.com/abuse/accommodation%20reflex%20pathway
9. http://www.the-aps.org/education/lot/pdfs/neurnetworks03.pdf
10. http://www3.wheatonma.edu/kmorgan/brainmindbehavior/ReactionTime.html

รายงานปฏิบัติการที่ 8
การทำงานของกล้ามเนื้อและประสาท (Muscle and Nerve Actions)

ชื่อ-สกุล 1 ..... รหัส B .....

2 ..... รหัส B .....

กิจกรรมที่ 1 การทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscle Action)

ตารางที่ 8.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ

อุณหภูมิ	จำนวนครั้งการกำกำปั้นใน 20 วินาที	
	คนที่ 1	คนที่ 2
ห้อง		
น้ำใส่น้ำแข็ง		
น้ำอุ่น		

ความเย็นจัดมีผลอย่างไรต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ ?(ในแง่ของออกซิเจนและพลังงาน)_____

_____

_____

_____

ตารางที่ 8.2 อิทธิพลของความเมื่อยล้าต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ

ครั้งที่	จำนวนครั้งการบีบไม้หนีบผ้าใน 30 วินาที			
	คนที่ 1		คนที่ 2	
	มือที่ใช้เขียน	มือที่ไม่ใช้เขียน	มือที่ใช้เขียน	มือไม่ใช้เขียน
1				
2				
3				
4				
5				

สรุปและวิจารณ์ (ในแง่ของออกซิเจนและพลังงาน)_____

_____

_____

_____

กิจกรรมที่ 2 การทำงานของกล้ามเนื้อโดยกิริยาสนองฉับพลัน (Reflex)

ตารางที่ 8.3 Patellar tendon reflex

ตำแหน่ง	การตอบสนอง*	
	คนที่ 1	คนที่ 2
ขาขวา (เริ่มต้น)		
ขาซ้าย (เริ่มต้น)		
ขาขวา (หลังวิ่ง)		
ขาซ้าย (หลังวิ่ง)		

*ให้ 3+ = แรงมาก, 2+ = ปานกลาง, 1+ = เบามาก , 0 = ไม่ตอบสนอง

สรุปและวิจารณ์_____

_____

_____

_____

_____

ผลการทดลอง Photopupillary reflexes

1. เมื่อฉายไฟที่ตาซ้าย ขนาดของ pupil ตาซ้ายมีการตอบสนองอย่างไร

_____

_____

_____

2. เมื่อมีกระดาษแข็งกั้นระหว่างตาสองข้างและฉายไฟที่ตาซ้าย ขนาดของ pupil ของตาสองข้างเป็นอย่างไร? หากเปลี่ยนเป็นฉายไฟที่ตาขวา จะให้ผลเหมือนกันหรือไม่?

_____

_____

_____

_____

3. การตอบสนองในข้อ 1 และ 2 เป็น pupillary reflexes ชนิดใดบ้าง?

_____

_____

_____

กิจกรรมที่ 3 การทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่สั่งการโดยสมอง: Reactions

ตารางที่ 8.4 Ruler catching method

ครั้งที่	คนที่ 1 (หญิง/ชาย)		คนที่ 2 (หญิง/ชาย)	
	เซนติเมตร	Reaction time (วินาที)	เซนติเมตร	Reaction time (วินาที)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
ค่าเฉลี่ย =		วินาที	ค่าเฉลี่ย =	วินาที
ค่าเฉลี่ยทั้งห้อง หญิง =		วินาที	ชาย =	วินาที

สรุปและวิจารณ์_____

คำถาม 1. หากผู้จับร้องเพลงไปด้วยในขณะที่รอจับไม้บรรทัด reaction time น่าจะเร็วกว่าหรือช้ากว่าไม่ได้ร้องเพลง เพราะเหตุใด?

2. หากมีการฝึกฝนการจับไม้บรรทัดบ่อยๆ reaction time จะเร็วขึ้นหรือช้าลง? เพราะเหตุใด?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี