

เนื้อเยื่อผิวหนัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ทวีพงศ์ อารยะพิศิษฐ์

เอกสารคำสอน

เรื่อง

เนื้อเยื่อผิวหนัง

Epithelium

รายวิชา ทพกย 233 จุลกายวิภาคศาสตร์ 1

DTAN 233 Microanatomy 1

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ทวีพงศ์ อารยะพิศิษฐ์

ภาควิชากายวิภาคศาสตร์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

แผนการสอน

- ชื่อเรื่อง เนื้อเยื่อบุผิว
Epithelium
- ชื่ออาจารย์ผู้สอน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ทวีพงศ์ อารยะพิศิษฐ์
ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
โทรศัพท์ 02-200-7801-2
e-mail: Tawepong.ara@mahidol.ac.th
- ชื่อรายวิชาและรหัสวิชา ทพกย 233 จุลกายวิภาคศาสตร์ 1
DTAN 233 Microanatomy 1
- ชื่อหลักสูตร หลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต
- วัน-เวลา ที่สอน วันอังคารที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2560 เวลา 14.00-15.00 น.
- วัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อให้นักศึกษาสามารถ
 - อธิบายความหมายและบอกหน้าที่ของ epithelium รวมถึง blood supply, nerve supply และขบวนการ renewal & regeneration ของ epithelium
 - บอกชนิดของ epithelium เมื่อดูด้วย light microscope พร้อมให้เหตุผลและยกตัวอย่างบริเวณที่พบ
 - อธิบายลักษณะและบอกที่พบของ cell junctions ชนิดต่าง ๆ และอธิบาย specialization of the basal and free surfaces ได้

7. เนื้อหาเรื่อง

Introduction
 Function of epithelium
 Classification of epithelium
 Special epithelium
 Cell adhesion in epithelial membranes
 Specialization of basal surface
 Specialization of the free surface
 Blood vessels and nerve fibers
 Renewal and regeneration of epithelium

8. วิธีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียน 5 นาที
2. บรรยายในชั้นเรียน 40 นาที
 ชัก-ถามและให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นในระหว่าง
 การบรรยาย 10 นาที
3. ให้นักศึกษาชัก-ถาม 5 นาที

9. สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารคำสอน
2. อุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ (เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายทอด
 สัญญาณผ่านคอมพิวเตอร์)
3. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Power Point ประกอบการบรรยาย

10. การวัดผลการเรียนรู้

วัดผลนักศึกษาจากความสามารถ

1. อธิบายความหมายและบอกหน้าที่ของ epithelium รวมถึง
 blood supply, nerve supply และขบวนการ renewal &
 regeneration ของ epithelium
2. บอกชนิดของ epithelium เมื่อดูด้วย light microscope พร้อม
 ให้อธิบายและยกตัวอย่างบริเวณที่พบ
3. อธิบายลักษณะและบอกที่พบของ cell junctions ชนิดต่าง ๆ
 และอธิบาย specialization of the basal and free surfaces ได้

ตัวชี้วัด เกณฑ์ และวิธีการ

1. เกณฑ์การวัดผลและประเมินผลเป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย โดยมีการกำหนดสัญลักษณ์ A, B+, B, C+, D+, D และ F
2. สัดส่วนคะแนนในการประเมิน
 1. สอบข้อเขียน ร้อยละ 50
 2. สอบภาคปฏิบัติ ร้อยละ 40
 3. ประเมินจากแบบทดสอบย่อยในห้องปฏิบัติการ ร้อยละ 5
 4. ประเมินจากการสังเกตการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ร้อยละ 5



EPITHELIUM

Introduction

Epithelium คือ tissue ที่ประกอบด้วย cells เรียงตัวเป็นแผ่น (sheet) โดยมี intercellular material จำนวนน้อย, ปกคลุม internal และ external surface ของร่างกาย รวมทั้ง blood vessels และ small cavities ส่วนที่อยู่ใต้ epithelium และยึดติดกับ epithelium คือ basement membrane.

Epithelium ปกคลุม external surface ของร่างกาย, นอกจากนี้ยังงาดูด tubes, ducts และ passage ที่ติดต่อระหว่างร่างกายกับ external environment เช่นดูด digestive tract และ respiratory, reproductive และ urinary system. Epithelium ยังงาดูด body cavity ได้แก่ pleura (lung), pericardium (heart) และ peritoneum (abdominal) และ endothelium (vascular และ lymphatic vessels). Epithelium ยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ secretory portions ของ glands และ ducts, รวมทั้ง forms sensory epithelium ของอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ taste, smell, hearing, sight และอื่น ๆ. นอกจากนี้ใน liver, epithelium จะ forms เป็น cords หรือ plates. แต่มีบาง cavities ที่ไม่ได้งาดูดด้วย true epithelium ได้แก่ bursae, joint cavities, cavity ของ brain และ spinal cord.

Epithelium เจริญมาจากทั้ง 3 ชั้นของ primary germ layers ได้แก่ ectoderm, mesoderm และ endoderm. Epithelium ที่เจริญมาจาก ectoderm ได้แก่ skin, epithelium ที่งาดูด oral cavity, esophagus และ anal canal. ส่วนที่เจริญมาจาก endoderm คือ epithelium ที่งาดูด gut, ตั้งแต่ buccopharyngeal membrane ถึง cloacal membrane. ส่วนที่งาดูด serous cavities (abdominal และ pleural cavities) มาจาก mesodermal germ layer, และเรียก epithelium พวกนี้ว่า mesothelium ส่วน epithelium ที่งาดูด cavities และ tubes ของ cardiovascular system เรียก endocardium และ endothelium ตามลำดับ.

Functions of Epithelium

แยกหน้าที่ของ epithelium ได้ดังนี้

1. Protection. Epidermis ป้องกันร่างกายจาก mechanical trauma. Epithelium ที่งาดูด bladder ป้องกัน hypertonic excretory wastes ใน urine. Outer surface ของร่างกายปกคลุมด้วย cornified dead cells ป้องกันร่างกายจาก drying, absorbing และ bacterial invasion
2. Transport. Mucus และ particulate matter ลำเลียงไปตาม epithelial surface โดย ciliated epithelia ของ respiratory และ genital ducts. Fluid อาจผ่านชั้นของ epithelium เช่น kidney tubule, capillary endothelium.

3. Secretion. Cells สังเคราะห์ product และส่งออกจากร่างกายหรือเข้าสู่ blood ได้แก่ gland ทั้ง exocrine และ endocrine.
4. Excretion. Cells บางชนิดกรองของเสียจาก blood ที่ผลิตในที่ต่าง ๆ, epithelium ที่เกี่ยวข้องกับการ excretion มีประสิทธิภาพในการกำจัด substance ออกจากร่างกาย.
5. Absorption. Cells ยอมให้สารบางอย่างใน solution ผ่านไปได้ (permeable) เช่น lungs มี oxygen ผ่าน, intestine absorb สารอาหาร.
6. Lubrication. โดยการ secrete mucus เช่น rectal mucus. Serous fluid ใน body cavities ป้องกันการเสียดสี (friction) ของ mesothelial linings.
7. Sensory reception. Cells บาง cells ของ epithelium เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่ nervous transmission เช่น taste bud, olfactory epithelium.
8. Reproduction. Cells บางชนิดทำหน้าที่สืบพันธุ์ได้แก่ cells ที่ผลิตโดย ovary และ testis.

Classification of Epithelium

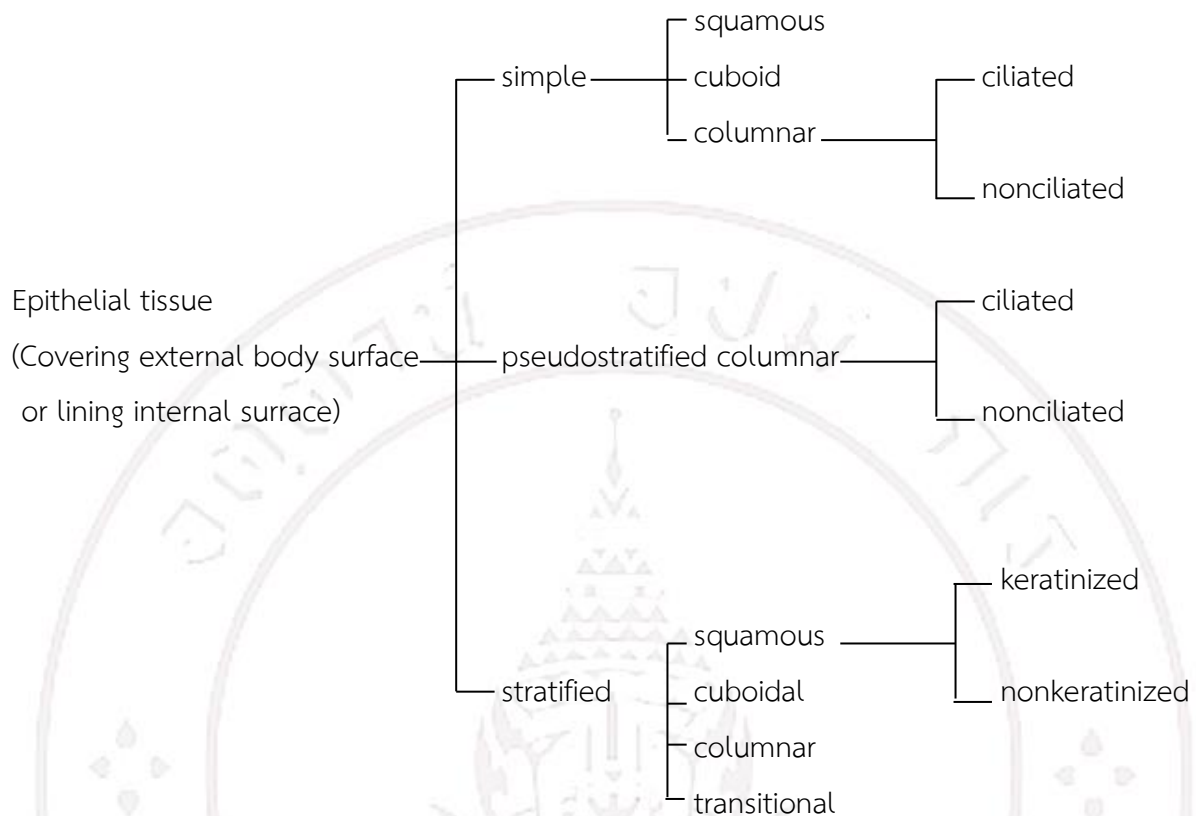
Epithelium แยกเป็นชนิดต่าง ๆ โดยอาศัยจำนวนชั้นของ cells และรูปร่างของ cell ชั้นบนสุด. ถ้ามี cells ชั้นเดียวเรียก simple epithelium, ถ้ามีตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไปเรียก stratified epithelium. รูปร่างของ cells ชั้นบนสุดใช้แยกชนิดของ epithelium ออกเป็น squamous, cuboid หรือ columnar. ดังนั้น epithelium ที่มี cells รูปร่างชั้นเดียวเรียก simple squamous epithelium. ถ้ามี cell ขนาดยาว, เหมือน prism (tall prismatic cells) ชั้นเดียวเรียก simple columnar epithelium. แต่ถ้ามี cells หลายชั้นเรียก stratified squamous epithelium และ stratified columnar epithelium.

Epithelium ชนิดเดียวกัน cells อาจมีหรือไม่มี motile cell processes (เรียก cilia) บน free surface, ลักษณะเช่นนี้แยกชนิดของ epithelium ออกได้อีกเป็น ciliated simple columnar epithelium หรือ ciliated-stratified columnar epithelium. เช่นเดียวกันใน stratified squamous epithelium, ใน cytoplasm ของ cells ชั้นบนสุดมี fibrous protein เรียก keratin, เป็น cells ไม่มีชีวิต (lifeless) มีลักษณะเหมือนเกล็ดปลา (scalelike), เรียก epithelium ที่ต่างออกไปนี้ว่า keratinized stratified squamous epithelium.

ชนิดหนึ่งของ epithelium ที่อยู่ในพวกเดียวกับ simple columnar epithelium ที่เรียก pseudostratified เพราะว่าการจัดตัวของ cells โดย nuclei อยู่หลายระดับเหมือน stratified epithelium, แต่โดยวิธี maceration พบว่ามี cells ชั้นเดียว, ทั้งหมดติดกับ basement membrane แต่มีบาง cells ถึง free surface. ใน stratified epithelia ที่แท้จริง cells ชั้นล่างสุดเท่านั้นที่ยึดติดกับ basement membrane.

ในบรรดา stratified epithelium มีอยู่ 2 ชนิดที่ไม่สามารถแยกโดยอ้างถึงรูปร่างของ cells ชั้นบนสุด ได้แก่ transitional epithelium ของ urinary tract และ germinal epithelium ของ male gonad.

Table แสดง Classification of Epithelial



Simple Epithelia

Simple Squamous Epithelium

ประกอบด้วย cells แฉกเดี่ยว, cells มีลักษณะบางและแบนยึดติดกันแน่น. เมื่อดู surface view, โดยเฉพาะหลังจากย้อมด้วย silver nitrate, มีลักษณะเหมือนกระเบื้องปูพื้น (mosaic pattern). แต่ละ cell มีขอบเขตเป็นรูปหลายเหลี่ยมหรือไม่สม่ำเสมอ (polygonal or irregular wavy outlines) และมี 1 nucleus. ใน section ที่ตัดตั้งฉากกับ epithelium, cells มี cytoplasm บางและมีส่วนที่นูนขึ้นมาคือ บริเวณที่มี nucleus บรรจุอยู่ใน cytoplasm, เห็น nucleus ชัดเจนและอยู่กลาง cell. Epithelium ชนิดนี้ พบที่ endothelium ที่ดาด blood และ lymph vessels, mesothelium ที่ดาด serous cavity (pleura, pericardium และ peritoneum), parietal layer of Bowman's capsule และ thin segment ของ loop of Henle ใน kidney, rete testis, ผิวด้านในของผนังของ membranous labyrinth และผิวด้านในของ tympanic membrane, terminal respiratory ducts และ air sacs.

Simple Cuboidal Epithelium

ถ้าดู surface ของ cuboidal epithelium เป็น cells รูปหกเหลี่ยม (hexagonal) เมื่อตัดในแนว vertical, ด้านข้างของ cells มีลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัส (square) หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular), nucleus กลมอยู่กลาง cell. พบที่ follicle ของ thyroid gland, germinal layer ของ Ovary, choroid plexus, inner surface ของ capsule ของ lens, ducts ของ gland, pigmented epithelium ของ retina, epithelium ที่คาด small collecting tubules ใน medulla ของ kidney.

Simple Columnar Epithelium

มีหลาย subtypes, ทั้งหมด (subtypes) มี basic structure เหมือนกัน, คือ cell มีความสูงมากกว่าความกว้างและยึดติดกันด้วย cell junctions. ดูทาง surface มีรูปหกเหลี่ยม. Cells ในบาง tissue สูงมาก (tall columnar), บาง tissue cells เตี้ย (low columnar) โดยความสูงแทบจะไม่มากไปกว่าความกว้าง, cell base ติดกับ basement membrane, oval nuclei และอยู่ในระดับเดียวกันใน basal segment ของ cells

Simple nonciliated columnar epithelium. พบคาด digestive tract (stomach ถึง large intestine) และ ducts ของ gland ที่มีความสัมพันธ์กับ tract. Epithelium ชนิดนี้มีทั้ง unmodified และ modified. Unmodified simple columnar epithelium. พบไม่มาก, พบเฉพาะบริเวณที่มีหน้าที่ป้องกัน wet surface และไม่มี secretory และ absorptive activities. Cells มีลักษณะเหมือนกัน, cytoplasm ติดสีจางใน H & E section, epithelium ชนิดนี้พบที่ ducts ของ glands. อย่างไรก็ตาม simple columnar cells อาจ secrete watery secretion.

ส่วนใหญ่ simple columnar epithelium modified ไปทำหน้าที่ protection, secretion หรือ absorption.

Secretory simple columnar epithelium. ใน subtype นี้ cells ทั้งหมด secrete mucus. พบที่ stomach และ cervical canal ของ uterus. ใน H & E section cytoplasm ของ cells ทั้งหมดใน epithelial membrane ชนิดนี้บางและเป็นฟอง, เพราะว่า cytoplasm มี membrane bounded vesicles ของ mucus สำหรับ secrete จาก free end ของ cells, เนื่องจาก mucus ไม่ติดสี H & E, cytoplasm ที่อยู่ superficial ต่อ nucleus ใน cells ของ simple columnar epithelium ชนิดนี้ปรากฏซีด (pale) และ vacuolated. โดย PAS technic cytoplasm ติดสีเหมือน goblets cells.

Simple columnar epithelium ที่ประกอบด้วย secretory และ absorptive cells. Epithelium ชนิดนี้คาด small intestine, มีประสิทธิภาพใน absorption, membrane จึงมีชั้นเดียว, ทนต่อการสึกหรอ (wear and tear) โดยมี mucus เคลือบ surface ไว้ให้ชื้น. ดังนั้น absorptive cells ถูกแทรกโดย mucus-secreting goblet cells, เพื่อผลิต mucus เคลือบ internal surface ของ membrane.

Goblet cells มีลักษณะดังนี้ basal part, ส่วนที่มี nucleus บรรจุอยู่แคบและเหมือนเป็น stem ของ cells. ส่วนของ cell ที่อยู่ระหว่าง stem และ free surface (the bowl of the goblet) โต

ออกโดย bubble-like, membrane-enclosed globules ของ mucus ซึ่งขยายออกทางส่วนข้าง, กอดด้านข้างของ absorptive cells ที่อยู่ข้างเคียง.

Absorptive cells, striated border, and microvilli. Absorptive cells ของ intestinal epithelium ดูด้วย LM ปกคลุมโดยชั้นบาง ๆ ที่มี refractive index ต่างจาก cytoplasm ที่อยู่ข้างใต้. ใน preparation ดี ๆ เมื่อดูด้วย LM เห็น fine striations ในชั้นนี้, ตั้งฉากกับ free surface, จึงเรียก striated border. เมื่อดูด้วย EM striations บน free surface ของ cells มีลักษณะ finger-like projections เรียก microvilli.

Simple columnar ciliated epithelium. Epithelium ชนิดนี้ประกอบด้วย ciliated cell ปะปนอยู่ด้วย, cilia ทำหน้าที่พัดโบก. Epithelium ชนิดนี้พบที่ uterus, oviducts, small bronchi ของ lung, paranasal sinuses บาง sinuses และ central canal ของ spinal cord.

Pseudostratified Epithelia

Pseudostratified Columnar Epithelium

ประกอบด้วย cells มากกว่า 1 ชนิด (spindle และ polyhedral cells อาจพบอยู่ระหว่าง columnar cells) ซึ่ง nucleus ของ cells อยู่ในระดับต่างกัน. เมื่อตัดในแนวตั้งฉากจึงเห็น membrane ประกอบด้วย cells หลายชั้น, cells บาง cells ไม่ขึ้นไปถึง lumen, แต่ cells ทั้งหมดวางอยู่ติดกับ basal lamina. Epithelium ชนิดนี้พบที่ larger excretory ducts ของ glands, ส่วนของ male urethra.

Epithelium ชนิดนี้อาจมี cilia ร่วมกับ goblet cells เรียก pseudostratified columnar ciliated epithelium with goblet cell. พบที่ larger respiratory passage และบางส่วนของ excretory duct ของ male reproductive system.

Stratified Epithelia

Stratified epithelia ทุกชนิดสามารถทนต่อ trauma มากกว่า simple type จึงอยู่ในตำแหน่งที่มีการเสียดสีเพื่อทำหน้าที่ป้องกัน เนื่องจากมีความหนาทำให้ทำหน้าที่ absorption ไม่ได้.

Stratified Squamous Epithelium

ประกอบด้วย cells เรียงตัวซ้อนกันหลายชั้น, ชั้นล่างติดอยู่กับ basement membrane มีรูปร่างเป็น cuboid หรือ columnar, ชั้นถัดไปเป็น polyhedral และชั้นบนสุดรูปร่างเป็น thin squamous cells. Epithelium ชนิดนี้แยกได้อีกเป็น 2 ชนิดคือ

Stratified squamous nonkeratinized epithelium. ชนิดนี้พบบน wet surface, ทนต่อการสึกหรอ, เป็นตำแหน่งที่ไม่ต้องการ absorptive function. Fluid ที่ทำให้ผิวเปียกได้จาก gland ใน connective tissue ใต้ epithelium. Epithelium ชนิดนี้พบที่ conjunctiva, cornea, esophagus, mouth, vagina และ part of epiglottis.

Stratified squamous keratinized epithelium. ชนิดนี้พบที่ผิวหนัง (skin), โดย surface cells เปลี่ยนไปเป็น non-living layer ที่เรียก keratin ซึ่งทนต่อการเสียดสีและป้องกันไม่ให้ bacteria และ น้ำผ่านเข้า.

Stratified Cuboidal Epithelium

Epithelium ชนิดนี้พบที่ ducts ของ sweat และ sebaceous gland. Superficial cells รูป cuboid, แต่ cells ชั้นลึกขนาดเล็กกว่าและ polyhedral, cells ชั้นล่างสุดวางอยู่บน basement membrane.

Stratified Columnar Epithelium

Epithelium ชนิดนี้พบน้อย, ชั้นล่างสุดหรือชั้นที่อยู่ถัดขึ้นไปประกอบด้วย low, irregularly polyhedral cells และเฉพาะชั้น superficial เป็น tall columnar พบที่ส่วนของ male urethra, larger excretory duct of salivary glands, intermediate zone ระหว่าง pseudostratified columnar epithelium กับ stratified squamous epithelium ของ larynx และ pharynx, fornix of conjunctiva. ในบางแห่ง stratified columnar epithelium มี cilia (ciliated stratified columnar epithelium).

Transitional Epithelium

ที่ได้ชื่อเช่นนี้เพราะเชื่อว่าเป็น transition ระหว่าง stratified squamous nonkeratinized และ stratified columnar type. Epithelium ชนิดนี้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างและจำนวนชั้นตามระดับการโป่งขยายของส่วนนั้น (degree of distension). ใน contracted condition ประกอบด้วย cells หลายชั้น, ชั้นล่างสุด cells รูปร่าง cuboid หรือ columnar shape ถัดไปมีชั้นของ irregularly polyhedral cells หลายชั้น, และชั้นบนสุดประกอบด้วย large cells ซึ่งมี rounded free surface (pear-shaped cell). ใน stretched condition สามารถแยกได้ 2 ชั้น, ชั้นบนสุดเป็น large squamous กลุ่มบนชั้นของ cells ที่มีรูปร่าง cuboid ไม่มากนักน้อย. Epithelium ชนิดนี้คือลักษณะของ mucosa ของ excretory passage ของ urinary system จาก renal pelvis ถึง urethra.

Special Epithelium

นอกจาก epithelia ที่เป็น lining, absorbing หรือ secretory tissue. Epithelium อาจทำหน้าที่พิเศษเช่น sensory receptors. Receptors เหล่านี้พบใน organs of hearing, sight, smell และ taste, บางที่มี contractile properties (myoepithelial cells) และขับ secretion ออกจาก secretory portion ของ glands. Myoepithelial cells จำแนก (classified) เป็น epithelial tissue, แต่พวก sensory receptors จำแนกเป็น nervous tissue.

Cells Adhesion in Epithelial Membranes

Cells ของ epithelial membrane ยึดติดแน่นและทนต่อ trauma โดย cells ไม่แยกออกจากกัน. ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก space ระหว่าง epithelial cells ที่อยู่ใกล้กันแคบ, ใน space มี glycoprotein (glycocalyx) ซึ่งมีประสิทธิภาพใน cell adhesion. Glycoprotein material มี cations, โดยเฉพาะ calcium ซึ่งเชื่อว่าทำหน้าที่เกี่ยวกับ cell adhesion. นอกจากนี้ ยังมี specializations ของ plasmalemma บน lateral surface ของ cells ดังต่อไปนี้

Cells junctions. มี special contact areas ระหว่าง cell 4 ชนิดได้แก่ tight (occluding) junction, gap junction (nexus), intermediate (adherent) junction และ desmosome (attachment plaque) ทั้งหมดนี้ต้องดูด้วย electron microscopy.

Tight or Occluding Junction (Zonula Occludens)

พบอยู่ใน lateral cell boundaries ใกล้ free surface ของ epithelium. เป็นตำแหน่งที่ membrane ของ cells ใกล้กันลู่เข้าหากันและ outer leaflets ของ unit membrane เชื่อมกันโดยไม่มี glycoprotein cell coat, การเชื่อมกันของ outer leaflets ไม่ตลอด cell contact. โดย EM ปรากฏ 3 parallel membranes, membrane ที่อยู่กลาง form โดยการเชื่อมกันของ external leaflets ของ plasma membrane, แต่ freeze-fracture technique แสดงตำแหน่งนี้มี series ของ matching ridge, ระหว่าง ridge outer leaflets แยกออกจากกันโดย narrow gap. Cell junction ชนิดนี้อยู่รอบ apex ของ cell และปิด intercellular space, substance จาก lumen ไม่สามารถผ่าน epithelium โดยทาง intercellular space, และยังทำให้ epithelium มีความมั่นคงโดย cells ยึดติดกันแน่นในตำแหน่งนี้มากกว่า ตำแหน่งอื่นบน surface.

Epithelium ของ intestine เป็นตัวอย่างของ tight junctions ที่ปรากฏที่ apical portion ของ intercellular spaces และอยู่รอบ epithelial cell เหมือน band หรือ corona รอบ apical portion จึงเรียก zonula occludens (zonula มีความหมายว่า girdle, occludens หมายถึง occluded). ระหว่าง endothelial cells ของ capillaries บาง capillaries เช่นใน brain มี area ของ contact ที่คล้ายกันนี้ ปรากฏเป็น bands แต่ไม่อยู่รอบ cell, ในกรณีนี้เรียก fascia occludens (fascia หมายถึง band). Contact ที่คล้ายกันนี้อาจมี form ของ spot หรือ macula เรียก contact นี้ว่า macula occludens.

Intermediate Junction

ประกอบด้วย zonula adherens และ fascia adherens, term zonula (girdle) และ fascia (band) แสดงขอบเขตของ junction. ที่นี้ plasma membrane ใกล้กันแยกโดย gap ขนาด 200 Å บรรจุด้วย amorphous material ของ medium electron density. ปรากฏ central line จาง ๆ ภายใน material, material นี้คาดว่าเป็น glycoprotein, บางที่แตกต่างจาก glycocalyx Cytoplasmic surface ของ plasmalemma เข้มกว่าปกติและมี filaments ละเอียด (actin filaments) ฝังอยู่, ซึ่ง form เป็นส่วน ของ terminal web ใน epithelium บาง epithelium. Intermediate junctions เป็นบริเวณที่ cell

ใกล้เคียงยึดติดกันอย่างแน่นและพบระหว่าง epithelial cells ต่ำกว่า zonula occludens เล็กน้อย, ระหว่าง fibroblasts, intercalated disc ของ cardiac muscle และระหว่าง smooth muscle cells.

Desmosome

Desmosome หรือ macula adherens (macula-spot) เมื่อดูด้วย light microscope มีลักษณะเป็น dense dots หรือ fusiform thickening ของ cell boundaries. ใน electron micrographs เป็น bipartite structure (ประกอบด้วย two separate halves) intercellular space แคบ (ประมาณ 200 Å และ unit membrane มี dimension ปกติ, มี bundle ของ tonofilaments ยึดใน electron dense material of plagus ที่อยู่บน cytoplasmic side ของ cell membrane ในลักษณะ hairpin-loop. Intercellular space บรรจุด้วย extracellular material ที่มี density ต่ำ, เห็น intermediate dense line อยู่กลาง intercellular space ระหว่างแต่ละครึ่งของ desmosome.

Desmosome เป็นบริเวณที่ cells ยึดติดกันอย่างแน่น (firm cellular adhesion) พบใน tissue ที่ทนต่อการสึกหรอเช่น stratified squamous epithelia ของ skin, oral mucosa, esophagus และ vagina. ใน epithelia เหล่านี้คือตรงบริเวณที่เรียก intercellular bridge เมื่อดูด้วย LM, เป็นบริเวณที่ cells โกล่กันยึดติดกันอย่างแน่นและเป็นตำแหน่งที่ cells ไม่แยกออกจากกันเมื่อ fixation, ดังนั้น desmosome จึงมี prickly appearance. Desmosome ยังมีความสำคัญในการยึด muscle cells เข้าด้วยกันใน heart, ใน absorptive cells ที่ตาด intestine พบกระจายอยู่ตาม cell membrane โดยอยู่ลึกกว่า zonula adherens.

Hemidesmosome (half desmosome) มีรูปร่างเพียงครึ่งหนึ่งของ desmosome, พบที่ basal plasma membrane โกล่กับ basal lamina ของ stratified squamous epithelium, โดยยึดกับ extracellular material ได้แก่ basement membrane.

Gap Junction (Nexuses)

คล้าย tight junctions, แต่มี spot-like, เป็น plate-like junction มีขนาดต่าง ๆ ซึ่งปรากฏบน deep lateral surface ของ epithelial cells, intercellular space แคบ (ประมาณ 20 Å) และภายในมี hexagonal, plate-like subunits เชื่อมระหว่าง cell membrane ทั้งสองข้างตรงตำแหน่งที่เป็น gap junction, แต่ละ subunit เรียก connexon, ตรงกลางของ subunits มีรูเล็ก ๆ ซึ่ง ionic และสารโมเลกุลเล็ก ๆ สามารถผ่าน cell หนึ่งไปยังอีก cell หนึ่งโดยไม่ต้องผ่านเข้า intercellular space, electrical และ chemical signals สามารถผ่านไปสู่อีก cells ทั้งหมดโดย junction ชนิดนี้, จึงทำหน้าที่นำ impulse ในระบบประสาท, กล้ามเนื้อเรียบ, กล้ามเนื้อหัวใจ gap junction พบที่ muscle cells ของหัวใจและผนังของลำไส้, nervous tissue และระหว่าง process ของ bone cells ที่อยู่ใกล้กัน.

Junctional complex เป็นการจับเป็นพวกของ cell junction ที่อยู่ตาม lateral interfaces โกล่กับ lumen ของ epithelium. ใน simple columnar ของ intestinal epithelium มีการสึกหรอได้ง่าย, junctional complex เจริญเต็มที่และประกอบด้วย zonula occludens, zonula

adherens และ desmo-somes. ใน epithelia อื่น ๆ อาจมี zonula occludens เท่านั้นเป็น component ของ junctional complex ที่พบที่ luminal border. ใน epithelium บางแห่ง zonula occludens เจริญไม่ดีหรือไม่ปรากฏเช่น endothelium lining capillaries. บางครั้ง term terminal bar ใช้เป็น synonym กับ junctional complex, แต่ไม่ถูกต้องเพราะ terminal bar เป็น belt-like zone อยู่รอบ lateral surface ของ epithelial cells ซึ่งสามารถเห็นใน LM, ซึ่งประกอบด้วย zonula occludens และ zonula adherens ในขณะที่ junctional complex ประกอบด้วยหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งชนิดของ juxtaluminal contacts. ดังนั้น zonula occludens และ zonula adherens คือ specialization ของ juxtaluminal surface ของ epithelia ซึ่งไม่ปรากฏใน tissue ที่ไม่มี lumen. อย่างไรก็ตาม intercalated disc ของ cardiac muscle คล้ายคลึงกับ epithelial adhering junction จึงเรียก fascia adherens และ พบ incomplete desmosome ใน fibroblasts และ cardiac muscle.

Terminal bar พบที่ด้านข้างของ epithelial cells ใกล้ free (luminal) surface และเห็นเด่นชัดเมื่อย้อมด้วย iron hematoxylin. Terminal bar ทำให้เห็นขอบเขต cells เป็นรูปหกเหลี่ยมและเห็นเป็นจุดเข้มใกล้ luminal surface ถ้าตัดในแนวตั้งฉาก. โดย EM terminal bar ประกอบด้วย zonula occludens และ zonula adherens ซึ่ง form รอบ apical portion ของ cells.

Specialization of the Basal Surface

Basement Membrane

เป็น extracellular condensation ของ glycoprotein, mucopolysaccharide และ proteins ที่อยู่ที่ basal surface ของ epithelia. ทำหน้าที่ support และเป็น semipermeable filter ใต้ epithelium. ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนที่ติดกับ plasmalemma ของ basal epithelial cell เรียก basement lamina (basal lamina) เป็น dense filamentous sheet หนา 500-1000 Å, ส่วนถัดไปคือ reticular lamina ประกอบด้วย condensed ground substance และ reticular fibers, ในบางแห่งอาจพบ elastic fibers ด้วย (เช่น trachea).

Basal Cell Process

เป็นส่วนที่ยื่นเข้าไปใน connective tissue ข้างใต้เพิ่ม attachment surface ของ basal epithelial cells, โดยเฉพาะใน stratified squamous และ transitional epithelia.

Basal Infolding

ที่ basal surface ของ epithelial cells, plasma membrane อาจมี infolding จำนวนมาก, ทำให้ form pockets ของ basal cytoplasm. Infolding เป็นวิธีเพิ่ม surface area ที่ base ของ cell, มีหน้าที่คล้ายคลึงกับ microvilli ซึ่งเพิ่ม apical surface area. Epithelial cells ใน convoluted

tubules of kidney มีทั้ง microvilli และ basal infolding, epithelia เช่นนี้มี absorption หรือ secretion fluid ได้อย่างรวดเร็ว.

Specialization of the Free Surface

Microvilli

เป็น cylindrical cytoplasmic process แคบ ๆ ที่ยื่นจากด้าน free surface ของ cell, ยาวประมาณ 0.5-1 μm ., พบที่ proximal renal tubule, choroid plexus และ placental epithelium เรียก brush border, แต่เรียก striated border ที่ intestinal epithelium. Plasmalemma ของ microvillus เป็นส่วนยื่นของ cell membrane, cytoplasm ภายใน microvillus มี actin filament ซึ่งยึดติดต่อกับ terminal web ที่อยู่ข้างใต้เพื่อ stability และ maintenance microvilli. บางแห่ง microvilli มี glycoprotein coat ทำให้มีลักษณะ fuzzy เช่นที่ renal tubule และ intestine.

Microvilli ปรากฏบน free surface ของ epithelium หลายแห่งรวมทั้ง secretory epithelium, พบมากบน cell ที่มีหน้าที่สำคัญในการ absorption. Microvilli บน intestinal epithelium มี enzymes ที่ hydrolyze sugar phosphates และย่อย disaccharides เป็น monosaccharides. Brush border เพิ่ม surface area ของ membrane เพื่อ absorb substance, จึงเพิ่มประสิทธิภาพของ epithelium ใน absorptive function.

Stereocilia

คือ microvilli ขนาดยาวและ nonmotile, พบจำนวนมากบน surface ของ epithelial cells ของ epididymis และ vas deferens. บางที่ stereocilia มีหน้าที่ secretion และ absorption.

Cilia

คือ motile cell process ทำหน้าที่พัดโบก fluid และ mucous films บน surface ของ epithelium. พบที่ respiratory tract, uterine tube, uterus, efferent ductules of testis. จัดตัวขนานกันมีประมาณ 270 อันบนแต่ละ ciliated cell ที่ตาต trachea, ยาวประมาณ 5-10 μm ., เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 μm ที่ฐานของ แต่ละ cilia มี basal body. ในการเคลื่อนที่ cilia พัดไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วและกลับอย่างช้า ๆ การเคลื่อนไหวของ cilia อาจเป็นแบบ isochronal rhythm คือ cilia ทั้งหมดโบกพัดไปพร้อมกัน แต่โดยปกติ cilia เคลื่อนไหวแบบ metachronal rhythm, คือการโบกเป็นแถวคล้ายลูกคลื่นเพื่อขับ mucous fluid และสารต่าง ๆ เคลื่อนไปตาม lumen ของ tubular organ.

จาก EM พบว่าภายใน cilia มีแกนเรียก axoneme ซึ่งประกอบด้วย 2 single microtubules อยู่กลางและ 9 doublet tubules อยู่รอบ ๆ. สำหรับ basal body มีโครงสร้างคล้าย centriole คือมี 9 triplet microtubules อยู่ใน peripheral wall ของ basal body. Microtubules ของ axoneme extend ตลอดความยาวของ ciliary shaft, microtubules คู่ที่อยู่กลาง terminate ที่

basal body แต่ 9 peripheral doublets ติดต่อกับ 2 inner subunits ของ 9 triplets ที่ผนังของ basal body.

Flagella

เป็น motile cell process ที่มีโครงสร้างเหมือน cilia แต่ยาวกว่า (15-30 μm) มักพบเพียงหนึ่ง flagellum ต่อ 1 cell. Flagella ที่ยาวที่สุดคือ flagella ของ mammalian spermatozoon.

Blood Vessels and Nerve Fibers

ภายใน epithelium ไม่มี blood vessels, ได้รับสารอาหารจาก blood vessels ของ connective tissue ที่อยู่ใต้ epithelium โดยผ่าน intercellular space ของ epithelial cells. ถ้า epithelium หนา, เช่น skin, connective tissue ข้างใต้จะมีลักษณะเป็น vascular papillae, ซึ่งยื่นเข้าไปใน deep surface ของ epithelium เพื่ออำนวยความสะดวกในการดูดซึมอาหารไปยัง cells ใน superficial layers. ในบางแห่งพบ capillary loop แทรกระหว่าง epithelial cells เช่นที่ cochlea และ placenta.

ใน epidermis, olfactory mucosa, และ epithelium บางแห่งพบ terminal branch ของ sensory nerve fiber แทรกผ่าน basement membrane เข้าไประหว่าง epithelial cells

Renewal and Regeneration of Epithelium

Epithelium ที่ปกคลุมผิวนอกของร่างกายและที่บุทางเดินอาหารมีโอกาสได้รับอันตรายง่าย. Cells ชั้นบน ๆ หรือส่วนปลาย ๆ มักมีการตายและลอกหลุดไป แล้วมี undifferentiated epithelial cells ข้างใต้แบ่งตัวเลื่อนขึ้นมาทดแทนเช่น

- Stratified squamous epithelium ของ epidermis, cell ที่อยู่ชั้นผิวบนสุดหลุดออกไป และมี undifferentiated cuboidal cells ของ basal layer แบ่งตัวแล้วเลื่อนขึ้นไปยัง outer surface โดยมี differentiation ตลอดทาง. ขบวนการนี้เรียก cytomorphosis.

- Simple columnar epithelium ที่บุกระเพาะอาหารและลำไส้ตรงส่วนปลายบนของ villi จะ หลุดไปทุกๆ 2-4 วัน. Undifferentiated cells ใน intestinal crypts และ necks ของ gastric glands จะสร้าง cells ใหม่เลื่อนขึ้นมาแทนที่.

สำหรับการ healing ของแผล ถ้าเกิดใน epidermis, basal cells ที่อยู่ใกล้แผล migrate ไปคลุม connective tissue โดยเป็น single sheet ของ cells, ต่อไปจะมีการแบ่งตัวของ cells ตามขอบแผลเจริญไปคลุมให้บริเวณแผลที่มีความหนาปกติ.