

เม็ดเลือดและองค์ประกอบของเลือด

อาจารย์ ดร. จิรัฏติกาล แก้วเมืองมูล

## เอกสารคำสอน

เรื่อง

เม็ดเลือดและองค์ประกอบของเลือด

Blood Corpuscles

รายวิชา ทพภย 233 จุลกายวิภาคศาสตร์ 1

DTAN 233 Microanatomy 1

โดย

อาจารย์ ดร. จิรัฏติกาล แก้วเมืองมูล

ภาควิชากายวิภาคศาสตร์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

## แผนการสอน

1. ชื่อเรื่อง เม็ดเลือดและองค์ประกอบของเลือด  
Blood Corpuscles
2. ชื่ออาจารย์ผู้สอน อาจารย์ ดร. จิรัฏติกาล แก้วเมืองมูล  
ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล  
โทรศัพท์ 02-200-7801-2  
e-mail: [Jirattikarn.kae@mahidol.ac.th](mailto:Jirattikarn.kae@mahidol.ac.th)
3. ชื่อรายวิชาและรหัสวิชา ทพกย 233 จุลกายวิภาคศาสตร์ 1  
DTAN 233 Microanatomy 1
4. ชื่อหลักสูตร หลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต
5. วัน-เวลา ที่สอน วันอังคารที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2560 เวลา 15.00-16.00 น.
6. วัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายสิ่งต่อไปนี้ได้
  - หน้าที่ของเลือด, ปริมาตรเลือดในร่างกาย, ค่าฮีมาโทคริต; พยาธิสภาพที่ทำให้ค่าฮีมาโทคริตต่ำลง
  - ชนิดและหน้าที่ของเม็ดเลือด: การแบ่งเป็นชนิดเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว (ชนิดมีแกรนูลและไม่มีแกรนูล)
  - องค์ประกอบอื่นๆ ของเลือด
7. เนื้อหาเรื่อง
  - Hematocrit index (male, female), variation of hematocrit value.
  - Blood cells: part of blood, free cells in blood, blood-forming organ, classification (red blood cell; white blood cells with granule and without granule type) and blood platelet; nomenclature of blood cells; functioning blood cells in blood, and in tissue outside blood vessels.
  - Blood platelets: shape, size, number, features (central zone and peripheral zone), thrombus, thrombocytopenia, thrombocytosis.
  - Life span and disposal of blood cells: red blood cells, white blood cells, blood platelets; cells and organ for disposal.
  - Blood plasma: aqueous solution; composition; properties while in the blood and when exposes to the air; embolus.

- Lymph: liquid, source, composition; properties in coagulation, conduction of gas.

8. วิธีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียน 5 นาที
2. บรรยายในชั้นเรียน 40 นาที
3. ชัก-ถามและให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็น ในระหว่างการบรรยาย 10 นาที
4. ให้นักศึกษาชัก-ถาม 5 นาที

9. สื่อการเรียนรู้

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

10. การวัดผลการเรียนรู้

วัดผลนักศึกษาจากความสามารถ

1. อธิบายและเข้าใจเนื้อหาได้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในงานที่ได้รับมอบหมาย
2. ทำแบบทดสอบข้อเขียนได้ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด
3. ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติได้ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

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

## Introduction

Blood ที่ เป็น liquid สีแดงไหลเวียนอยู่ใน closed system ของ blood vessels นั้นจัดเป็น specialized form ชนิดหนึ่งของ connective tissues, ประกอบด้วย 1) free cells ได้แก่ **blood cells**, และ 2) fluid intercellular substance ได้แก่ **blood plasma**

**Blood** ทำหน้าที่ลำเลียงพาหะ ที่นำสารที่จำเป็นต่อขบวนการดำรงชีวิตไปสู่ cells ของร่างกาย, และ นำ metabolic wastes ออกไปจาก cells. ปริมาตรของ **blood** มีค่าประมาณ 5 ลิตร. ค่าร้อยละ ของ blood ที่ เป็น blood cells เรียกว่าค่า "**hematocrit**" (Hct). ค่า hematocrit ของเพศชายปกติมีประมาณ 40 ถึง 54 เปอร์เซ็นต์ ( $47 \pm 7$ ) (ร้อยละ 40 ถึง 54 ของปริมาตรเลือดเป็น blood cells ส่วนที่เหลือเป็น plasma), ค่า hematocrit ของเพศหญิงปกติมีประมาณ 37 ถึง 47 เปอร์เซ็นต์ ( $42 \pm 5$ ). ค่าเหล่านี้คำนวณได้โดยนำ blood ใส่ tube แล้วนำไป centrifuge เพื่อแยก blood cells ออกจาก blood plasma. สัดส่วนของค่านี้อาจจะเปลี่ยนแปลงตามพยาธิสภาพต่างๆ ของร่างกาย เช่น ใน microcytic anemia ขนาดและจำนวนของ red blood cells จะลดลง, ทำให้ค่า hematocrit ต่ำลง

## Blood cells

**Blood cells** เป็นส่วนประกอบชนิดหนึ่งของ blood, เป็นตัวแทนของ free connective tissue cells ชนิดหนึ่ง, ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติแล้ว blood cells จะไม่เกาะติดซึ่งกันและกันหรือติดกับ cells ชนิดอื่น. ยิ่งกว่านั้น blood cells ยังไม่ถูกยึดให้อยู่กับที่ด้วย intercellular substance เหมือนอย่างส่วนมากของ connective tissue cells. Blood cells มีแหล่งกำเนิดใน blood-forming organs โดยปกติจะถูกปล่อยเข้าสู่ circulation เมื่อเจริญเต็มที่แล้วเท่านั้น, และถูกพาไปโดย blood plasma ซึ่งเป็น fluid portion ของ blood.

**Blood cells** จำแนกออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ **red blood cells** และ **white blood cells**, นอกจากนี้ยังพบสิ่งที่เป็นเกล็ดขี้ผึ้งเล็กๆ เรียกว่า **blood platelets** อยู่ใน plasma ด้วยเช่นกัน

**Red blood cells** เมื่อแยกออกมาสดๆ และดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็นสีฟาง แต่การที่มี **red cells** จำนวนมากอยู่ใน blood ทำให้มันปรากฏเป็นสีแดง. มักเรียก red blood cells ว่า "**erythrocytes**" (erythros, red). ส่วน **white blood cells** เรียก "**leukocytes**" (leukos, white) แม้ในสภาพสดๆ จะไม่มีสี แต่เมื่อมัน pack เข้าด้วยกันมันจะปรากฏเป็นสีขาว.

Erythrocytes และ platelets ทำหน้าที่ของมันใน blood, สำหรับ leukocytes ส่วนมากทำหน้าที่ต่างๆ ของมันเฉพาะเมื่อมันออกจาก blood เข้าสู่ connective tissue เท่านั้น

ตำราบางเล่มใช้ศัพท์ "**formed elements**" สำหรับ erythrocytes, leukocytes, และ platelets ทั้งนี้ เพราะ blood cells บางชนิดไม่ใช่เซลล์ที่แท้จริง (mature erythrocytes ไม่มี nucleus, และ platelets ก็ไม่ใช่ cells). ศัพท์อีกคำใช้ "**corpuscles**" (any small mass or body; a blood cell).

## White Blood Cells (White blood corpuscles, Leukocytes)

**Leukocytes** จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) ชนิดที่ cytoplasm ย้อมติดสี specific granules (**granular leukocyte**) กับ 2) ชนิดที่ cytoplasm ไม่มี specific granule [**Agranular (nongranular) agranular) leukocyte**] ซึ่งเป็นลักษณะที่พบจากการศึกษาครั้งแรกด้วย Light microscope (LM) ใน blood film ที่ย้อมติดสี

➤ **Granular leukocytes** มี 3 ชนิด: ได้รับชื่อต่างกันตามการติดสีย้อมของ **specific granules** ใน cytoplasm

1. **Eosinophil** ติดสี acid dyes เรียก acidophilic granular leukocytes หรือ eosinophilic granular leukocytes (เพราะปกติใช้สี "eosin").

2. **Basophil** ติดสีเข้มกับ basic dyes เรียก basophilic granular leukocytes

3. **Neutrophil** ติดสีไม่เด่นชัดทั้งชนิด acid dyes หรือ basic dyes ที่ pH ปกติเรียก neutrophilic granular leukocytes และอีกชื่อมักเรียกว่า "polymorph" ย่อมาจาก polymorphonuclear leukocyte และมักย่อเป็น PMN.

➤ **Agranular (nongranular) leukocytes** คือชนิดที่ **ไม่มี specific granules** แบ่งเป็น 2 ชนิด

1. **Lymphocytes** มีจำนวนมากและมีขนาดเล็ก มักพบได้ใน lymph และ blood

2. **Monocytes** มีจำนวนน้อยกว่า lymphocytes แต่มีขนาดใหญ่กว่า lymphocytes

**White blood cells** ไม่มี hemoglobin และต่างจาก red blood cells ในด้านอื่น ๆ ที่สำคัญอีกมาก. White blood cells เป็น cells ที่แท้จริง เพราะมันมี nucleus, และมีพลังในเรื่อง active ameboid movement. ความสามารถเกี่ยวกับ ameboid movement ทำให้ white blood cells ผลัก cells ของ capillary walls (endothelium) ให้ห่างออกจากกันและผ่านเข้าหรือออกจาก vessels เหล่านี้ได้ (**diapedesis**). และสามารถเดินทางอยู่ภายใน connective tissue ได้.

**White blood cells** มีจำนวนน้อยกว่า red blood cells หลายเท่า โดยเฉลี่ยพบ 5,000 ถึง 9,000 cells/ลบ.มม. ในเลือดคนปกติ, และอาจมี normal variation ตั้งแต่ 6,000 ถึง 10,000 cells/ลบ.มม. ในพยาธิสภาพจำนวน white blood cells อาจเพิ่มขึ้นได้อย่างมาก. ภาวะที่มีเม็ดเลือดขาวเกิน 10,000 cells/ลบ.มม. เรียกว่า "**leukocytosis**" เม็ดเลือดที่เพิ่มอาจจะเป็นชนิดใดก็ได้ ซึ่งส่วนใหญ่คือ neutrophils. อีกภาวะหนึ่งเป็นภาวะที่เม็ดเลือดขาวต่ำกว่า 4,300 cells/ลบ.มม. ลงไป เรียก "**leukopenia**" ส่วนใหญ่เกิดจาก neutrophils ลดลง. Leukocyte count ในเด็กสูงกว่าในผู้ใหญ่มาก และเด็กแรกเกิด leukocyte มีจำนวนมากที่สุด (15,000 ถึง 18,000 cells/ลบ.มม.)

## White blood cells เกิด, ทำหน้าที่, และตายภายนอก blood stream.

ขนาดของ blood cells ถูกลดลงตามเส้นผ่าศูนย์กลางของ cells. การศึกษา blood cells ทำโดยวิธี dried smears (blood film) และย้อมสี Wright, ทำให้ขนาดของ white blood cells ยิ่งดูใหญ่ขึ้นจากการแบนตัวลงของ cells หลังถูก smears และใหญ่กว่าที่เห็นใน fresh preparation. ส่วนวิธีศึกษาแบบ sections ขนาด cells ยิ่งเล็กกว่าใน fresh preparation เพราะมีการหดตัวของ cells จากเทคนิคที่ใช้.

ขนาดของ blood cells ที่ให้ต่อไปนี้ หมายถึงขนาดของ cells ที่เห็นใน dried smears เว้นแต่จะบอกไว้เป็นอย่างอื่น

### 1. Neutrophils (Neutrophilic polymorphonuclear leukocytes)

จำนวน, neutrophils มีมากที่สุดประมาณ 65 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของ leukocytes ทั้งหมด.

ขนาด ประมาณ 10 ถึง 12  $\mu\text{m}$ .

Nucleus มีหลาย lobes ทำให้แสดงลักษณะได้ต่าง ๆ กัน ปกติประกอบด้วยก้อน chromatin รูปสี่กรอก 3 ถึง 5 ก้อน ติดต่อกันด้วย chromatin เส้นเล็ก ๆ เรียงตัวรูปตัว S หรือเกือกม้า. ภายใน lobes ของ nucleus, chromatin หนาแน่นทำให้ย้อมติดสีจัดด้วย basic dyes ติดสี blue หรือ blue-purple.

Nucleoli ไม่ปรากฏใน neutrophils ของ peripheral circulation. Dried smears ของ peripheral blood ของเพศหญิงจะเห็น appendage ติดอยู่ที่ nucleus ด้วย chromatin เส้นเล็ก ๆ พบได้ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของ neutrophils ทั้งหมด เรียกลักษณะนี้ว่า "drumstick" ซึ่งก็คือ sex chromosome

Cytoplasm มีปริมาณมาก มีลักษณะ homogeneous. Mature neutrophils ของคนมี granules 2 ชนิดใน cytoplasm, 1) specific (neutrophilic, secondary) granules และ 2) azurophilic (primary) granules ซึ่งมีประมาณ 1 ใน 3 ของ granules ทั้งหมด และชนิดนี้มีขนาดใหญ่กว่าชนิดแรก. ภายใน granules มี enzymes, โดยพื้นฐานแล้วเป็น hydrolytic enzymes. True neutrophilic granules มีขนาดเล็กมาก จนมองเห็นได้ยากด้วย LM ดังนั้นโดยภาพรวมแล้วอาจมองเห็น cytoplasm มีลักษณะเป็น granular appearance

Motility ของ neutrophils เป็นชนิด ameboid movement และ active ที่สุดในบรรดา white blood cells มันเคลื่อนไปข้างหน้าโดยมี nucleus อยู่ทางหลังเสมอ.

หน้าที่หลักของ neutrophils คือทำลาย bacteria, infectious agents และ particles เล็ก ๆ อื่น ๆ ที่เข้าสู่ร่างกาย, โดยที่ granules ของ neutrophils เป็น lysosome ที่มี enzymes หลายชนิดสำหรับย่อยทำลายของที่จับกินเข้าไป. Neutrophils จำเป็นต่อชีวิต, ถ้าปราศจาก neutrophils หรือ มี neutrophils ที่เสียหาย อาจทำให้เราเสียชีวิตเนื่องจากติดเชื้อได้. แม้ว่า neutrophils เป็น cells ชนิดแรกที่ต่อต้านการ infection, แต่มันก็ไม่มีประสิทธิภาพที่จะต่อต้าน bacteria ทุกชนิด, ตัวอย่าง เช่น มันไม่สามารถต้าน tubercle bacilli ด้วยข้อจำกัดด้านขนาด. ในกรณีนี้ macrophages ซึ่งเป็น cells ขนาดใหญ่กว่าสามารถจับกินทำลาย particles ที่ใหญ่กว่าได้. ดังนั้น neutrophils จึงได้รับการเรียกว่า "microphage". ในภาวะปกติพบ immature polymorphs ระยะ stab (band) neutrophils ใน blood film ได้ไม่เกิน 1 ถึง 2 เปอร์เซ็นต์; band neutrophil จะมีลักษณะ

nucleus ว่าเป็นรูปเกือกม้าติดสีไม่จัดเหมือน mature neutrophils มี specific granules และอาจมี azurophilic granules บ้าง.

## 2. Eosinophils (Acidophil, eosinophilic leukocytes)

**จำนวน** ปกติมี 2 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ของ leukocytes, แต่ในเด็กค่อนข้างสูงถึง 6 เปอร์เซ็นต์.

**ขนาด** ค่อนข้างใหญ่กว่า neutrophils คือ 12 ถึง 14  $\mu\text{m}$ .

**Nucleus** ปกติมี 2 lobes, กลุ่มของ chromatin หยาบ และไม่ pack กันแน่นอย่างใน nuclei ของ neutrophils, จึงย้อมติดสีไม่จัด และค่อนข้างจางกว่า nuclei ของ neutrophils.

**Nucleoli** ไม่มี.

**Cytoplasm** แสดงลักษณะเฉพาะที่เต็มไปด้วย granules หยาบที่มีขนาดเดียวกัน และขนาดใหญ่กว่า granules ทั้ง 2 ชนิดของ neutrophils, มีการหักเหของแสงดี, และย้อมติดสีจัดด้วย eosin หรือ acid dyes อื่น ๆ (granules สีแดงหรือส้ม). Granules มี enzyme ที่มี antibacterial action น้อยกว่าที่ปรากฏใน neutrophils.

**Motility** ของ eosinophils คล้าย neutrophils, เป็น cells ที่เคลื่อนที่ได้, ซึ่งบางครั้งเคลื่อนได้อย่างรวดเร็วแบบ neutrophils แต่เป็นแค่ช่วงสั้นๆ

**หน้าที่**ของ eosinophils คล้าย neutrophils คือเป็น phagocytic cells, แต่ไม่ค่อย phagocytic ต่อ bacteria มากนัก. Eosinophils เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการทำลาย histamine ถ้ามี histamine เพิ่มขึ้นในเลือดหรือในเนื้อเยื่อ เช่น มีปฏิกิริยาระหว่าง antigen กับ antibody หรือมีการทำลายเนื้อเยื่อ จะมีปริมาณ eosinophils เพิ่มขึ้น.

## 3. Basophils (Basophilic leukocytes)

**จำนวน**ของ basophils มีน้อย เพียง 0.5 ถึง 1.0 เปอร์เซ็นต์ของจำนวน leukocyte ทั้งหมดใน blood.

**ขนาด** ขนาดพอ ๆ กับ neutrophils คือ 10 ถึง 12  $\mu\text{m}$ .

**Nucleus** ขนาดใหญ่ประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่ใน cells, รูปร่างไม่สม่ำเสมอ และคอดบางส่วนทำให้เห็นเป็น 2 lobes ที่ไม่ชัดเจน, chromatin network หนาแน่นน้อย, ติดสีย้อมจางกว่า. ปกติ nucleus ถูกปิดบังไว้ด้วย specific granules.

**Cytoplasm** มี granules หยาบ, จำนวนและขนาดผันแปรได้, และเป็น basophilic metachromatic granules, และยังมี histamine และ serotonin อีกด้วย. Granules ละลายได้ในน้ำ, บางส่วนจึงละลายหรือหายไปในการเตรียมวิธีธรรมดา.

**Motility** ของ basophils นับว่า inactive.

**หน้าที่**หลักของ basophils คือ form heparin และ histamine เก็บไว้ใน granules ของมัน. เชื่อว่า basophils มีหน้าที่หลายอย่าง เช่น เกี่ยวกับการอักเสบและการซ่อมแซมเนื้อเยื่อต่างๆ และมีความสำคัญเกี่ยวกับภูมิไวเกิน ปฏิกิริยาของ antigen กับ antibody จะทำให้ granules ของ basophils แตก และปล่อย histamine

ออกมา. Basophils มักสะสมอยู่ที่ตำแหน่งของการอักเสบ เพราะเกี่ยวข้องกับ allergic และ inflammatory reactions.

#### 4. Lymphocytes

จำนวน lymphocytes มากเป็นอันดับสองรองจาก neutrophils, มีประมาณ 20 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ของ leukocytes ทั้งหมด

**Nucleus** รูปกลมขนาดใหญ่เกือบเต็ม cell, เหลือ cytoplasm เป็นเพียงขอบแคบ ๆ โดยทั่วไปมีรอยเว้าเล็ก ๆ บนด้านหนึ่งของ nucleus (รอยเว้าเห็นชัดใน large lymphocyte). Chromatin pack กันแน่น, ย้อมติดสีจัด (purplish blue).

**Nucleolus** มองไม่เห็นใน dried smears ย้อมสี.

**Cytoplasm** เป็น basophilic ติดสีน้ำเงินจางด้วยสี Wright. ปริมาณ cytoplasm ผันแปรได้ตามความผันแปรของขนาด cells. แม้ไม่มี specific granule แต่บางครั้งจะเห็น azurophilic granules ได้.

**ขนาด** จาก Blood film ย้อมสีพบ lymphocytes 2 ชนิด 1) **small lymphocytes** (7-8  $\mu\text{m}$ .) มีขนาดใหญ่กว่า erythrocyte เพียงเล็กน้อยเท่านั้น, 2) **medium-sized lymphocytes** หรือ **large lymphocyte** ขนาดใหญ่ (12  $\mu\text{m}$ ). ปริมาตรของ cells ขนาดใหญ่มีเป็น 3 เท่าของขนาดเล็ก. แต่เนื่องจากมี "large lymphocytes" อีกชนิดหนึ่งพบใน lymph nodes, เพื่อป้องกันความสับสนจึงมักเรียก lymphocytes ขนาดใหญ่ใน blood ว่าเป็น "medium-sized lymphocyte" หรือ "medium lymphocytes" (แยกลักษณะที่แตกต่างกันคือ large lymphocyte ใน lymph node จะมี vesicular nucleus พร้อมด้วย nucleoli เด่นชัดกว่า large lymphocyte ใน blood)

**Small lymphocytes** ประกอบด้วย

- **T lymphocytes (T cells)** กำเนิดใน bone marrow แล้วผ่านไปสู่อวัยวะ thymus เพื่อ proliferate (อาจกลับเข้า blood stream และกลับสู่อวัยวะ bone marrow หรือ peripheral lymphoid organs, ใน thymus มันอาจมีชีวิตอยู่เป็นเดือน ๆ หรือหลายปี)

- **B lymphocytes (B cells)** แหล่งกำเนิดที่แท้จริงยังไม่แน่ชัด แต่มีหลักฐานว่าผลิตใน bone marrow, B cells เห็นได้ชัดว่าไม่ได้ผ่านทาง thymus จึงไม่ proliferate ใน thymus แต่เคลื่อนโดยตรงทาง blood stream ไปสู่อวัยวะ general lymphoid tissues. การศึกษาด้วย LM แยกความแตกต่างของ cells 2 ชนิดนี้ไม่ได้, จาก SEM, พบว่า B cells มี microvilli ปกคลุม cell surface อย่างหนาแน่น, ส่วน T cells ปกติ smooth และมี microprojections อยู่บ้างเล็กน้อย

- **Null cells** บางคนเชื่อว่าเป็น developing stage ของ T หรือ B lymphocytes

**Motility** ของ lymphocytes โดยทั่วไปไปยึดอาศัยที่สุดในบรรดา leukocytes. แต่ภายใต้ภาวะบางอย่าง, มันกลับ active อย่างเห็นได้ชัด. Lymphocytes ที่เคลื่อนตัวจะมี **head end** ที่ประกอบด้วย **nucleus** ของมัน,

ปกคลุมด้วย cytoplasm เพียงเล็กน้อยอยู่ทางหน้า, กับ **tail end** ซึ่งเป็นส่วนของ cytoplasm ที่ถูกดึงยืดออกไป, ดังนั้นขณะที่ lymphocytes เคลื่อนตัวจึงมีรูปร่างคล้าย **tennis racquet**

**หน้าที่** ของ lymphocytes ไม่ได้ทำหน้าที่เป็น phagocytes แต่เป็น cells ที่ให้การป้องกันร่างกายด้วยวิธีทาง immunology, คือผลิต antibodies ซึ่งสามารถที่จะตอบโต้กับ foreign substances ที่เป็น antigens, และทำลาย antigens เหล่านี้ด้วย antigen-antibody reaction

## 5. Monocytes (large mononuclear leukocytes)

**จำนวน** monocytes มีประมาณ 3 ถึง 8 เปอร์เซ็นต์ของ leukocytes. White blood cells ที่ใหญ่ที่สุดที่เห็นใน blood film โดยปกติเป็น monocytes

**ขนาด**โดยเฉลี่ย 9 ถึง 12  $\mu\text{m}$  แต่ใน dried smears มันอาจแบนออกขนาดใหญ่ขึ้นไปถึง 20  $\mu\text{m}$ . หรือมากกว่า

**Nucleus** รูป ovoid หรือ kidney-shaped. อาจมีแฉกหรือรูปเกือบกลมใน cells แก่. เป็น eccentric nucleus. Chromatin granule ละเอียดเรียงตัวเป็น network ย้อมติดสีไม่จัดอย่างของ lymphocyte

**Nucleoli** มองไม่เห็นใน blood film ที่ย้อมสีตามปกติ, แต่เห็นได้ใน EM.

**Cytoplasm** มีมากมายประกอบเป็นส่วนใหญ่ของ cell, ติดสี blue-gray จางๆ ใน blood films, ค่อนข้าง เป็นลักษณะ reticulated หรือ vacuolated, มี azurophilic granules ละเอียดอยู่บ้าง

**Motility**, monocytes active เป็นอันดับสองรองจาก neutrophils. Monocytes ตัวใหญ่จะมีความ active มากกว่าตัวเล็ก. ขณะที่มันเคลื่อนที่ มันยื่น pseudopodia จำนวนมากออกมา และมันสามารถดึง pseudopodia กลับได้. หลังจากเข้าสู่ connective tissue แล้ว monocytes จะเปลี่ยนไปเป็น macrophages-phagocytic cells.

**Function**, monocytes มีหน้าที่จับกินและทำลายเชื้อหรืออนุภาคที่มีขนาดใหญ่ ทันทีที่มันออกจาก blood stream เข้าสู่ connective tissue. มันแยกความแตกต่างจาก connective tissue macrophages (histiocytes) ไม่ได้, และโดยทั่ว ๆ ไปพิจารณาว่า cells 2 ชนิดนี้ถือว่าเป็น cells ชนิดเดียวกัน. Monocytes ของ blood สามารถรวมตัวเพื่อออกจาก blood stream เข้าสู่ tissue ไต ๆ ที่ต้องการ macrophages เพิ่มมากขึ้นได้

## Red Blood Cells (Red blood corpuscles, Erythrocytes)

ในคนและ mammals อื่น ๆ erythrocytes ได้สูญเสีย nucleus และ organelles อื่น ๆ ไปในช่วงเจริญก่อนเข้าสู่ blood stream. ใน peripheral blood โดยปกติพบ immature erythrocytes ("**reticulocytes**") ได้ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

**จำนวน**ของ erythrocytes มีมากที่สุดและมากกว่า leukocytes 500 ถึง 1,000 เท่า. ค่าเฉลี่ยสำหรับ เม็ดเลือดแดงของผู้ชายมีประมาณ 5 ล้านเซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยเม็ดเลือดแดงของผู้หญิงมีประมาณ

4.5 ล้านเซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร. คนปกติจะพบ variation ของเม็ดเลือดแดงอยู่ในช่วง 4 ถึง 6 ล้านเซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร. การอาศัยอยู่ในที่ระดับสูงๆ เป็นเวลานาน erythrocytes จะเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 8 ล้านเซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร

**ลักษณะรูปร่าง** เป็น biconcave discs, เมื่อตัดแบ่งครึ่ง cells และมองด้านข้าง เม็ดเลือดแดงจะมีรูปร่างเป็น dumbbell shaped, เมื่อมองด้านบน จะพบ surface แบนและตอนกลางที่บางจะจางกว่าส่วนขอบที่หนากว่า. Erythrocyte ยึดหยุ่นได้และบิดเบี้ยวได้มาก ทำให้มีความสามารถที่จะผ่านไปตาม capillaries ขนาดเล็กๆ ได้. เซลล์เม็ดเลือดแดงที่มีรูปร่างบิดเบี้ยวไปจากเดิมนั้นเรียก "**poikilocytes**" และเรียกภาวะของเลือดที่พบรูปร่างของเม็ดเลือดแดงเปลี่ยนแปลงไปจากรูปร่างปกติว่า "**poikilocytosis**"

**ขนาด**, เม็ดเลือดแดงมีขนาดประมาณ 7.6  $\mu\text{m}$  และหนาที่สุด 1.9  $\mu\text{m}$ . ในพยาธิสภาพบางอย่างจะมี variation ของขนาด, จำนวน, รูปร่าง, และ hemoglobin ของเม็ดเลือดแดง. ด้วยความที่ขนาดมีความแปรผันมาก จึงมีชื่อเรียกต่างๆกัน 1) ถ้าขนาดเล็กกว่า 6  $\mu\text{m}$  เรียก "**microcytes**", 2) ถ้าใหญ่กว่าปกติ (จาก 9 ถึง 12  $\mu\text{m}$ .) เรียก "**macrocytes**" (**megalocytes**). ภาวะที่ red cells เปลี่ยนแปลงไปโดยมีขนาดเล็กลง (กว่าปกติ) เรียกว่า "**microcytic condition**", และเรียกภาวะที่เม็ดเลือดแดงเปลี่ยนแปลงมีขนาดใหญ่ (กว่าปกติ) ว่า "**macrocytic condition**". ในบางครั้ง ทั้ง microcytes และ macrocytes อาจปรากฏขึ้นพร้อมกัน, จึงเรียกการเปลี่ยนแปลงของขนาดของเม็ดเลือดแดงในเลือดโดยไม่เจาะจงว่า "**anisocytosis**". ถ้าอัตราการผลิตเม็ดเลือดแดงมีมากกว่าอัตราการสลาย hemoglobin, เซลล์เม็ดเลือดแดงที่ได้จะมี hemoglobin น้อยกว่าปกติ จึงทำให้สีเม็ดเลือดแดงนั้นมีสีจาง (hypochromic) กว่าสีของเม็ดเลือดแดงปกติ (normochromic).

**Structure and Composition.** Cytoplasm ของ mature erythrocytes มีลักษณะ homogenous, องค์ประกอบส่วนใหญ่ (66 %) เป็นน้ำ และประมาณ 33 % เป็นโปรตีน "**hemoglobin**" (มาจาก protein "**globin**" ร่วมกับ pigment "**heme**") ซึ่งเป็น oxygen-carrying protein. ที่เหลือมี protein อื่นๆ อีกเล็กน้อย รวมทั้ง enzyme หลายชนิด และ lipid อยู่บ้าง

Erythrocyte หุ้มด้วย plasma membrane ที่มี structure และ composition คล้ายคลึงกันกับ membrane ของ cells อื่น ๆ แต่แตกต่างกันในรายละเอียด, โดยที่ plasma membrane ของเม็ดเลือดแดงช่วยป้องกันการแพร่ออกของ colloidal protein material ในเซลล์เม็ดเลือดแดงออกสู่ plasma, รวมทั้งป้องกัน sodium และ potassium ions ผ่าน, ยกเว้นน้ำที่สามารถผ่าน membrane นี้ได้

Erythrocytes มีลักษณะเฉพาะที่บริเวณ concave surface จะยึดติดซึ่งกันและกัน จึงเกิดการเรียงตัวเป็น columns คล้ายกองเหรียญกษาปณ์, เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "**rouleaux formation**" และเกิดขึ้นได้เองใน circulation ที่ไหลไม่เร็วนัก หรือพบใน blood ที่ออกมาจาก circulation ในร่างกาย. ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นได้ชั่วคราว ไม่ถาวร และมันสามารถแยกออกจากกันได้เองโดยไม่ทำอันตรายต่อ cells.

**Behavior in Solution of Different Osmotic Pressure.** Osmotic pressure ของ plasma มีค่าเท่ากับของ erythrocytes จึงกล่าวว่าเป็น "**isotonic**" (iso, equal; tonos, tension) กัน จึงทำให้ต่างก็ไม่ absorb น้ำจากกันและกัน เซลล์เม็ดเลือดจึงยังคงสภาพอยู่ได้. เราสามารถที่จะเตรียม salt solutions ที่เป็น isotonic กับ erythrocytes ได้คือ 0.85 เปอร์เซ็นต์ sodium chloride. ถ้าความเข้มข้นของ salt solution ต่ำ

กว่าของ erythrocytes จะเรียกว่า **hypotonic**, ถ้าความเข้มข้นของ salt solution สูงกว่า erythrocytes จะเรียกว่า **hypertonic**.

ในกรณีที่นำ blood ใส่ลงในน้ำกลั่นหรือสารละลาย hypotonic solutions อื่นๆ, น้ำจะแพร่เข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง ทำให้เซลล์บวม รูปร่างเปลี่ยนไปกลายเป็นรูปทรงกลม และสูญเสีย hemoglobin ออกจากเซลล์เข้าสู่ plasma ขบวนการนี้เรียกว่า "**hemolysis**" ลักษณะเม็ดเลือดแดงที่สีจางลงหรือไม่มีสีนี้เรียกว่า "**blood shadow**" หรือ "**blood ghost**". สารที่ทำให้เกิดภาวะ hemolysis เรียกว่า "**hemolysin**" หรือ "**hemolytic agents**". ในทางตรงข้ามหาก plasma มีความเข้มข้นขึ้นโดยการระเหย, หรือเกิดจากการเติม hypertonic solutions เข้าไปใน blood, จะทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงเกิด "**crenation**" ซึ่งเป็นผลมาจากการแพร่ของน้ำจากเซลล์เม็ดเลือด ออกสู่ plasma, ทำให้ เซลล์เม็ดเลือดแดงหดตัว เกิดเป็นปุ่มบน surface ของมัน.

การจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนของ erythrocytes เรียกว่า "**agglutination**" ซึ่งอาจเกิดขึ้นใน circulating blood ในพยาธิสภาพหลายอย่าง, และอาจทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือดเล็กๆ ได้. สาเหตุมักเกิดขึ้นโดยเป็นผลของ action ของ agglutinin. ในทาง immunology นั้น "**agglutinin**" หมายถึง **antibody** ชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิด "**agglutination**" โดยจับกับ agglutigen (antigen) ซึ่งพบที่ plasma membrane ของเซลล์เม็ดเลือดแดง. Agglutinogens ที่สำคัญที่สุดและรู้จักกันดีที่สุดได้แก่ agglutigen A และ agglutigen B, และเรายังแบ่ง **blood type** ออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ ๆ คือ A, B, AB และ O, โดยถือเอา agglutinogens ที่มีปรากฏอยู่ในเซลล์เม็ดเลือดแดงของแต่ละคนเป็นหลัก.

**Functions.** Erythrocytes ทำหน้าที่ขนส่ง oxygen โดยที่ hemoglobin ของมัน สามารถรวมกับ oxygen ได้อย่างรวดเร็วเพื่อ form เป็น "oxyhemoglobin". ดังนั้น blood จึงสามารถรับเอา oxygen ในปริมาณมาก ๆ ได้ขณะที่มันผ่านปอดได้. Hemoglobin ไม่ได้รวมกับ oxygen อย่างถาวร ดังนั้นเมื่อ oxyhemoglobin ผ่านไปถึง tissues ต่าง ๆ ของร่างกาย, ที่ซึ่ง cells ใช้ oxygen อย่างคงที่ มันก็จะปล่อย oxygen ให้แก่ cells ของอวัยวะเป้าหมาย, หลังจากปล่อย oxygen แล้ว hemoglobin ที่เหลือจะถูกเรียกว่า "**deoxyhemoglobin**". Deoxyhemoglobin นี้เมื่อวนกลับไปปอด มันก็สามารถรับเอา oxygen ในปริมาณมากๆ ได้อีก และรวมกันใหม่กลายเป็น oxyhemoglobin อีกครั้ง

### Blood Platelets (Thromboplastids)

**รูปร่าง** Blood platelets เป็น biconvex disc-shaped bodies เมื่อมองด้านข้างเป็น spindle-shaped, และไม่มีสีใน circulating blood

**ขนาด** 2 ถึง 4  $\mu\text{m}$

**จำนวน** มีความผันแปรได้อย่างมาก แต่โดยปกติมีค่า 200,000 ถึง 300,000 cells ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร จำนวนของ platelet น้อยที่สุด เนื่องจาก surfaces ของมันจะติดกัน รวมทั้งติดกับของทุกสิ่งทันทีที่มันถูก remove ออกจาก vessels, และ พบ platelets ได้เฉพาะใน mammals เท่านั้น

ใน **blood smears** ย้อมสี **Wright**, platelets มักเห็นเป็นกลุ่มก้อน, หลังจากย้อมสีแสดงให้เห็นว่า platelet ประกอบไปด้วย 2 zone, คือ 1) **central zone** เป็น granular zone ติดสี basophil จัด (purple), กับ 2) **peripheral zone** ลักษณะ homogenous ติดสีจาง (light blue).

**Nucleus, Platelets** ไม่มี nucleus.

**Granules, Platelets** มี granules จำนวนมากแบ่งเป็น 2 ชนิด; คือ 1) **Densecore granule** ซึ่งมี serotonin และอื่นๆ กับ 2) **Alpha granules** มีสารต่างๆ ที่สัมพันธ์กับ blood clotting-factors.

**Cytoplasm,** มี mitochondria อยู่บ้างเล็กน้อย, มี glycogen จำนวนมาก, และยังมี vacuoles, microtubules และ microfilaments. Bundles ของ microtubules ที่เด่นชัดทอดในแนวเส้นรอบวงใต้ membrane ที่หุ้ม platelets ทำให้ platelets คงรูปร่างอยู่ได้, ส่วน microfilament มีบทบาทในการหดตัว. Plasma membrane ของ platelets แต่ละชิ้นถูกปกคลุมทางด้านนอกด้วย glycoprotein-rich fuzzy coat ซึ่งคาดว่ามีส่วนทำให้เกิด surface ของ platelets ติดกัน

**หน้าที่** เกล็ดเลือด (platelets) มีบทบาทในการห้ามเลือดหลายอย่างคือ 1) ดำรงความแข็งแรงของผนังหลอดเลือด, 2) จับกลุ่ม (aggregation) อุดรอยฉีกขาดของหลอดเลือด ถ้ารอยฉีกขาดเล็กก็ทำให้เลือดหยุดได้, 3) ปลั่งสาร serotonin ออกมาทำให้หลอดเลือดบีบตัวและส่งเสริมการจับกลุ่มของเกล็ดเลือด, 4) ปลั่ง platelets factor 3 ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการเริ่มต้นกระบวนการแข็งตัวของเลือด. คาดกันว่า platelets ผลิต enzyme ชนิดหนึ่งคือ thromboplastin ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญใน clotting mechanism. Thromboplastin ช่วยในการเปลี่ยน prothrombin ไปเป็น thrombin, และ thrombin เปลี่ยน fibrinogen ไปเป็น fibrin, แล้ว fibrin จับตัวกันหดรัดโอบอุ้มเม็ดเลือดแดง ทำให้เลือดแข็งเป็นลิ่มเลือดได้. Blood ที่ไม่มี platelets ก็แข็งตัวได้แต่จะใช้เวลา นานกว่ามาก. การที่ circulating platelets ลดลงพบได้ทางคลินิกในภาวะที่เรียก "**thrombocytopenia**". Platelets มีต้นกำเนิดจาก "**megakaryocytes**" ส่วนที่แตกออกมา

## Life Span and Disposal of Blood Cells

White และ red blood cells มีอายุอยู่เพียงช่วงเวลาอันสั้น.

**Erythrocytes** ของคนอายุประมาณ 120 วัน. จากข้อมูลเหล่านี้, เห็นได้ชัดว่าเม็ดเลือดถูกทำลายไปในแต่ละวันเป็นจำนวนล้านล้านเซลล์, เพื่อให้สมดุลกันจึงต้องสร้างเม็ดเลือดขึ้นมาใหม่เสมอ

Erythrocytes ที่หมดอายุจะถูกนำออกไปจาก circulation ด้วย macro-phages ทั้งใน spleen, liver, และ bone marrow. หลังจาก erythrocyte ถูกทำลายโดย phagocytic cells แล้ว, hemoglobin จะแตกออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ iron-containing portion (hematin) และ iron-free portion (globin). Hematin จะแตกตัวต่อไปเป็น iron (ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้) และ bilirubin (ซึ่งจะถูกพาไปสู่ liver และถูก excrete ออกไปทาง bile)

**White blood cells** อายุของ white blood cells ชนิดต่าง ๆ มีความผันแปรและตรวจสอบได้ยาก, เนื่องจาก cells เหล่านี้ออกจาก blood vascular system เพื่อเข้าสู่ tissue spaces. **Neutrophils** ใช้ชีวิตอยู่ใน

circulation ประมาณ 7 ชม. แต่อาจอาศัยอยู่ใน connective tissue ได้ถึง 4 วัน. **Lymphocytes** บางส่วนอาจมีชีวิตอยู่เพียง 2-3 วันเท่านั้น, ขณะที่ lymphocytes อื่น ๆ มีชีวิตอยู่ใน blood stream หลายปี (อย่างเช่น T cells). **Monocytes** ใน blood เชื่อว่ามีอายุอยู่ในช่วง 12 ถึง 100 ชม. อย่างไรก็ตามหลังจากเข้าสู่ connective tissues จะเปลี่ยนไปเป็น phagocytic cells (macrophages) ซึ่งอาจมีชีวิตอยู่เป็นเวลาหลายเดือน.

เม็ดเลือดขาวชนิด Granulocytes พบว่ายังคงมีชีวิตอยู่ใน connective tissue เพียง 2-3 วัน, ส่วนมากจะตายไม่ว่ามันจะมีส่วนร่วมใน phagocytosis ด้วยหรือไม่ก็ตาม. พวก cells แก่และ cells ที่ตายคาดว่าถูกนำออกไปโดย phagocytes ภายใน liver และ spleen. ภายใน connective tissues มีการสูญเสีย white blood cells จำนวนมากเนื่องจากการเคลื่อนย้ายผ่าน lining epithelium ของ mucous membranes, โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน lumina ของ digestive และ respiratory system.

**Platelets** มีชีวิตอยู่ 4 ถึง 6 วันใน circulating blood. เมื่อนำออกจาก circulation (โดยใช้วิธีคล้ายกันกับวิธีของ Erythrocytes) จะถูกกำจัด โดย phagocytic activity ของ macrophages ใน spleen และ liver

## BLOOD PLASMA

Blood plasma เป็น aqueous solution ที่ทำหน้าที่ขนส่งสารอาหารทั้งหมดในร่างกาย. ใน plasma พบสารอาหารที่ได้มาจาก digestive system, waste substances ที่ produce ใน tissues, และ hormones. Plasma เป็น fluid สีฟาง, ลักษณะ homogenous และเป็นต่างเล็กน้อย, ให้ความรู้สึกคล้ายสบู่ (soapy). Plasma มีปริมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างเลือด (อีก 45 % เป็น blood cells). ใน plasma ยังมี dissolved gases, inorganic salts, proteins, carbohydrates, lipids, และ organic substances อื่น ๆ บางชนิดอีกด้วย.

ใน Blood plasma มี plasma proteins ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ ประกอบไปด้วยโปรตีน albumin ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก (หน้าที่ maintains osmotic pressure ของ blood); gamma globulins (เกี่ยวกับ immunoglobulins หรือ antibodies), และ fibrinogen (เป็น globulin ที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำหน้าที่สำหรับ coagulation process).

ใน plasma ยังมี fat globule ขนาดเล็ก ๆ หรือ **chylomicrons**, ที่มีมากภายหลังมื้ออาหารที่มี fat มาก. เมื่อ blood ยังคงไหลเป็นปกติภายใน blood vessels, fibrinogen ก็ยังคงอยู่ใน diffused condition หรือ solvent condition. แต่ถ้า circulation หยุดไหล, หรือเมื่อ blood สัมผัสอากาศภายนอก, หรือเมื่อ blood vessels ได้รับความเสียหาย, fibrinogen จะตกตะกอนเป็น network ของ fibrin ปล่อยให้เหลือ fluid สีเหลืองเรียกว่า **serum**. หลังจากนั้น blood cells จะเข้าไปติดอยู่ใน fibrin network จึงเกิด clot ขึ้น (clot ทำหน้าที่เป็น plug, ป้องกันการไหลต่อไปของเลือด). อย่างไรก็ตาม, clot อาจกลับเป็นอันตรายได้ ถ้าหลุดออกไปเป็นก้อนเล็กๆ ที่เรียกว่า **embolus** โดย blood stream และ circulate ใน blood vessels. ในกรณีนี้มันอาจ block blood supply ของ vital organs ได้.

## LYMPH

Lymph เป็น liquid ไส้สีเหลืองอ่อนมีปฏิกิริยาเป็นต่าง ประกอบด้วย liquid portion และ cells, พบใน lymphatic vessels. Lymph ได้มาจาก tissue fluids, กล่าวคือในขณะที่แลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่าง capillaries กับ target cell, บริเวณ capillaries ไม่ได้วางโดยตรงบน cells ที่มันให้อาหาร แต่จะถูกกั้นด้วย space ที่เรียกว่า "interstitial space" (extracellular space) ซึ่งเต็มไปด้วย fluid เรียกว่า "interstitial fluid"; ดังนั้น, การแลกเปลี่ยน (สารต่าง ๆ) ระหว่าง blood capillaries กับ cells เกิดขึ้นโดยทาง fluid นี้.

ร่างกายมีการ flow ของ interstitial fluid ออกจาก capillaries ในส่วนที่ใกล้กับ arterioles, และกลับเข้าสู่ capillaries ในส่วนที่ไปสู่ venules. และภายใน tissue space มี fluid รวบรวมกันอยู่ และเกิด hydrostatic pressure, จนกระทั่ง inflow และ outflow (ของ fluid) เท่ากัน. แต่ในความเป็นจริง, การไหลกลับเข้าสู่ plasma ช้ากว่าการไหลออกจาก plasma ดังนั้น fluid ที่ไหลกลับเข้าไม่ทันจึงกลายเป็น fluid ที่เรียกว่า "lymph".

Lymph ถูกรวบรวมจากทุกส่วนของร่างกายและกลับเข้าสู่ blood ทาง lymphatic system. องค์ประกอบ ของ lymph ผันแปรได้มาก, พบว่า chemical composition ของ lymph คล้ายคลึงกันกับของ blood plasma แต่มีความแตกต่างกันหลายอย่าง เช่น 1) lymph ค่อนข้างมี concentration ของ protein ต่ำกว่า blood plasma. 2) Lymph มี specific gravity เบากว่าของ blood plasma. 3) Lymph ไม่มี erythrocytes, platelets, หรือ fibrinogen, แต่ lymph มี lymphocytes จำนวนมาก และ granulocytes บ้างเล็กน้อย.

Lymph coagulate ได้ด้วยอัตราที่ช้ากว่า blood coagulate มาก, และ clot ที่ได้มีลักษณะอ่อน ซึ่งต่างกับ blood. lymph ไม่นำ oxygen แต่อาจมี carbon dioxide. ส่วน lymph ที่ drain จากผนังของ small intestine มีลักษณะคล้ายน้ำมัน เนื่องจากมี fat globules อยู่เรียกว่า "chyle".

\*\*\*\*\*