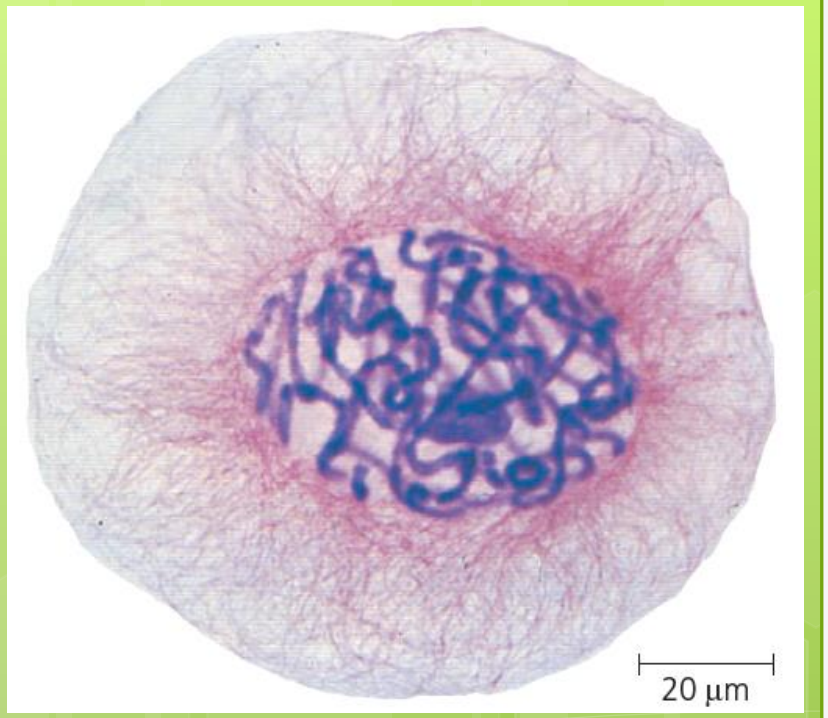
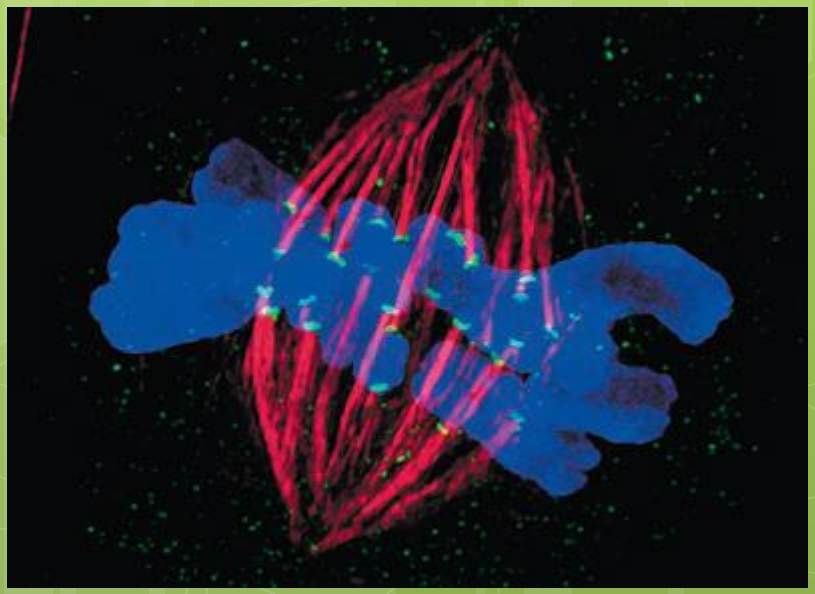




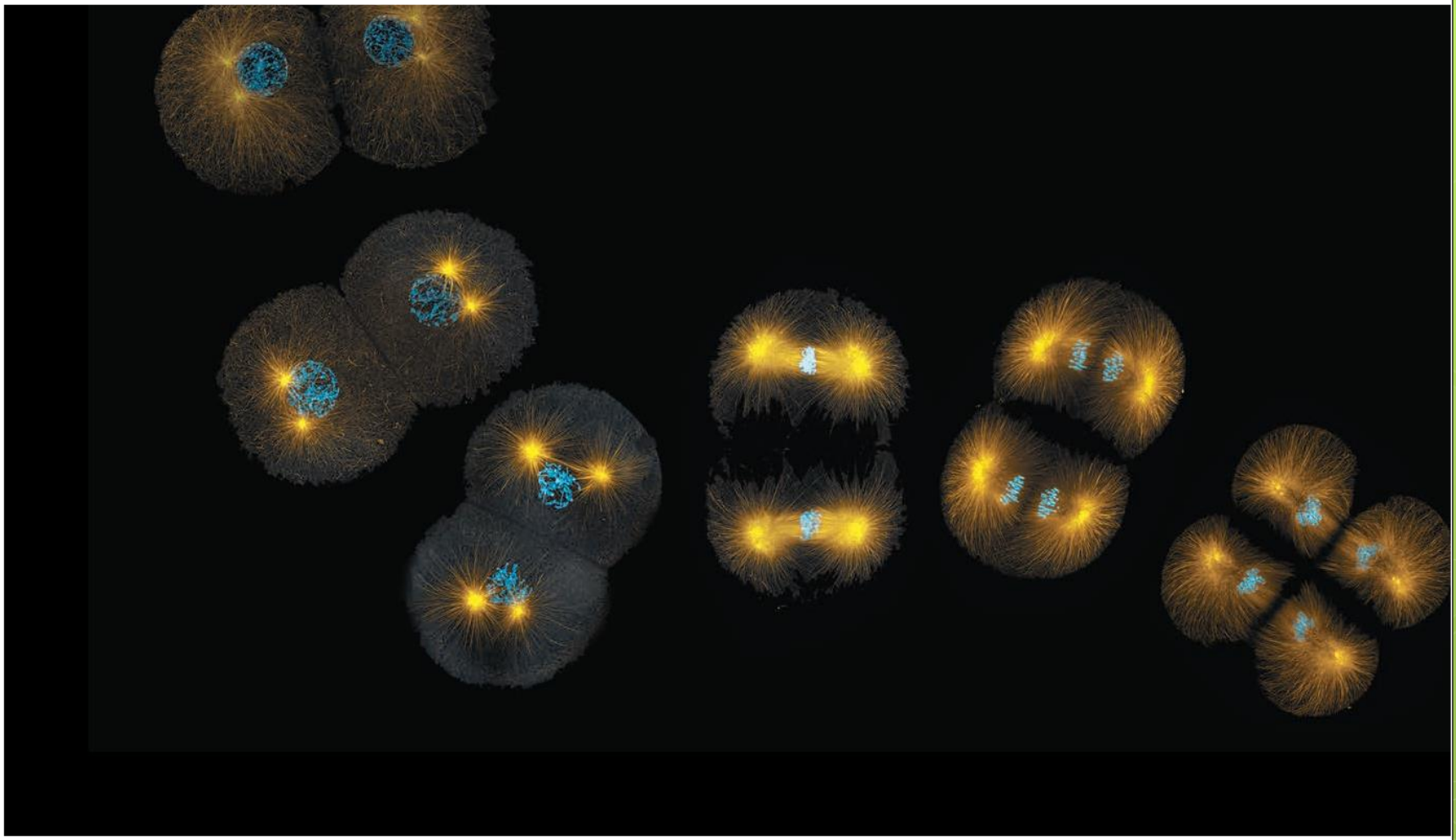
คัพภวิทยา
(Embryology)

Chapter 1

การแบ่งเซลล์

(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell cycle



The series of confocal fluorescence micrographs of marine worm embryo.

(Campbell, Biology 11th , 2016)

BRU Biology

Reproduction & Development

การสืบพันธุ์และการเจริญเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับวงจรชีวิต (life cycle) ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

การสืบพันธุ์ (reproduction) หมายถึง ความสามารถในการผลิตหน่วยสิ่งมีชีวิตที่เหมือนตนเอง

การเจริญ (development) หมายถึง การเติบโต (growth) และการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง เรียกว่า ดิฟเฟอเรนทิเอชัน (differentiation)

การสืบพันธ์ แบ่งเป็น 2 แบบ

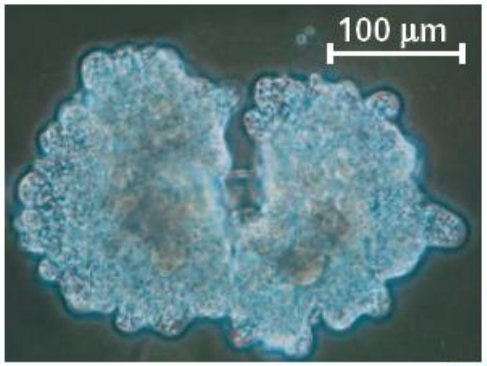
1.การสืบพันธ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) เกิดจากการรวมตัวกันของเซลล์สืบพันธุ์ (gamete) ที่มาจากพ่อและแม่ ทำให้ได้เซลล์ที่เรียกว่า ไซโกต (zygote) และเจริญต่อไปเป็นลูกรุ่นใหม่ที่มีองค์ประกอบทางพันธุกรรมจากพ่อครึ่งหนึ่งและแม่ครึ่งหนึ่ง

2.แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) เป็นการเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิตเพียงอย่างเดียว โดยตัวที่เกิดใหม่มีองค์ประกอบทางพันธุกรรมเหมือนกับตัวเริ่มต้นทุกประการ เช่น ไมโทซิสในอะมีบา

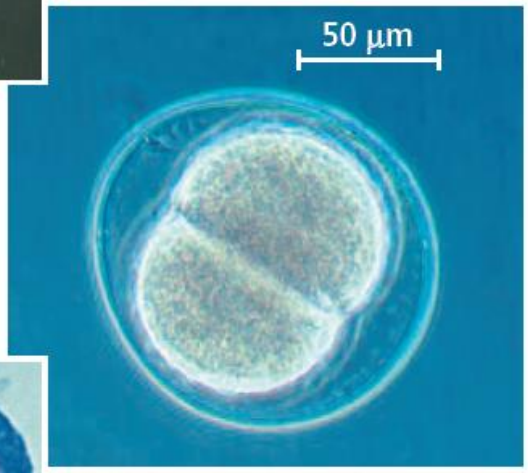
(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell cycle

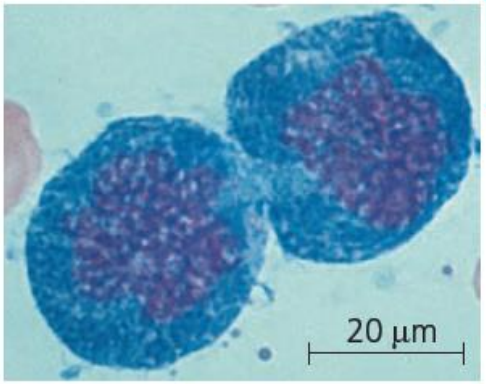
Figure 12.2 The functions of cell division.



(a) Asexual reproduction. An amoeba, a single-celled eukaryote, is dividing into two cells. Each new cell will be an individual organism (LM).



(b) Growth and development. This micrograph shows a sand dollar embryo shortly after the fertilized egg divided, forming two cells (LM).



(c) Tissue renewal. These dividing bone marrow cells will give rise to new blood cells (LM).

MB Cell Division in a Sea Urchin Embryo

(Campbell, Biology 11th , 2016)

การแบ่งเซลล์ = การเพิ่มจำนวนเซลล์ในสิ่งมีชีวิต

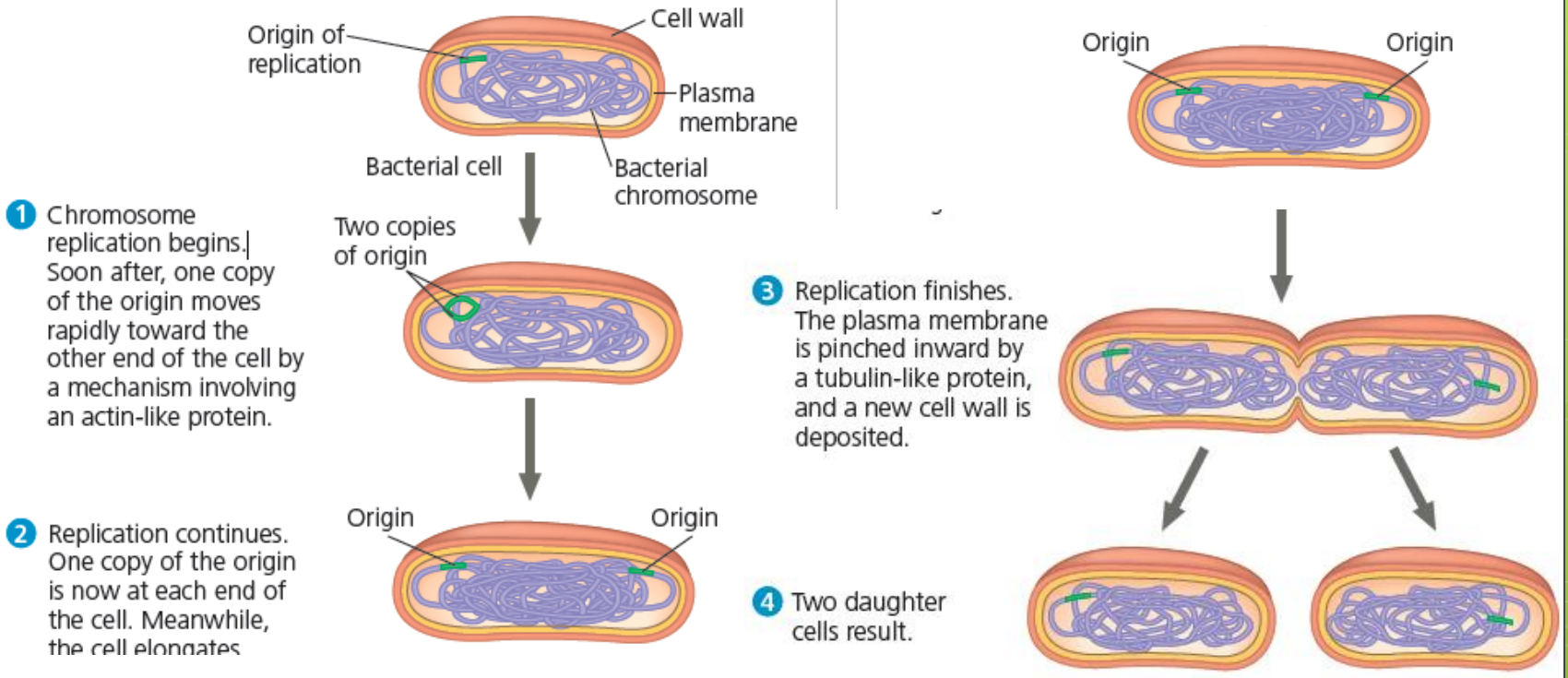
1.การสืบพันธุ์ -ใน สมช.เซลล์เดียว เช่น การแบ่งออกเป็นสอง (binary fission) ของแบคทีเรีย

1.การเติบโต-ใน สมช.หลายเซลล์ เช่น การแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนในเอมบริโอ

3.การซ่อมแซม –ในกรณีที่บางส่วนของอวัยวะถูกทำลาย เช่น การแบ่งเซลล์ไขกระดูกเพื่อสร้าง RBC

การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตพวกโปรคาริโอต (Prokaryote)

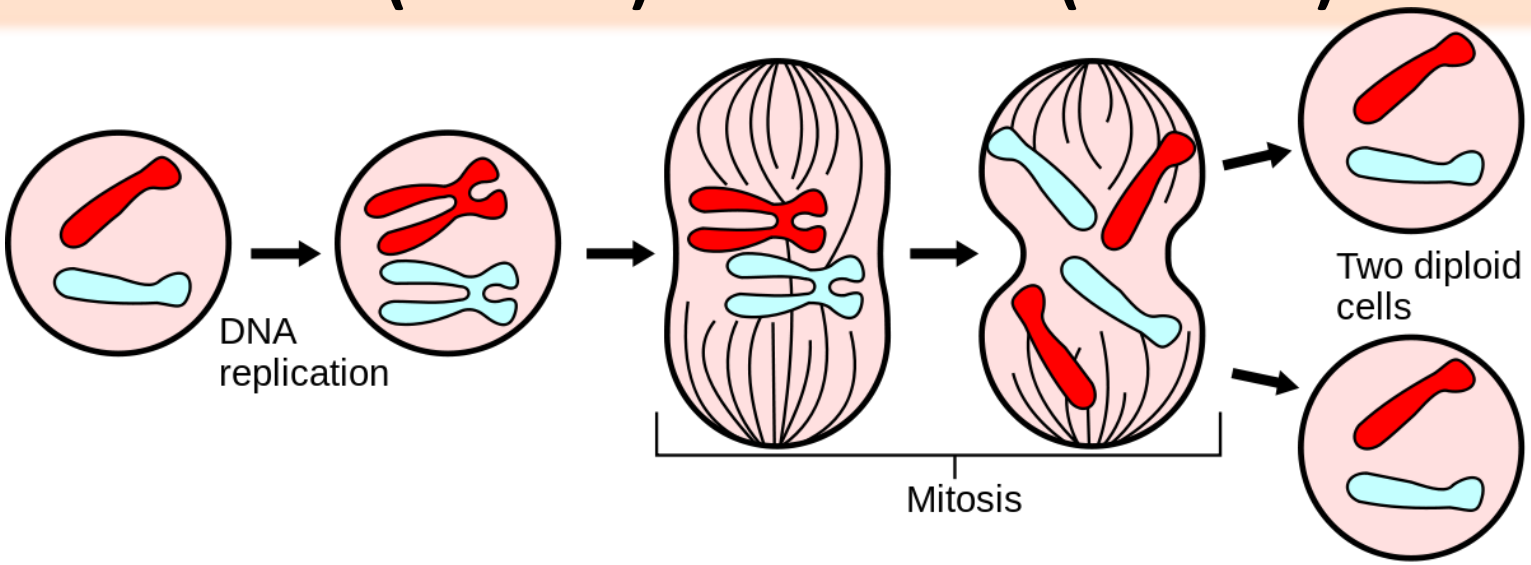
Figure 12.12 Bacterial cell division by binary fission. The bacterium shown here has a single, circular chromosome.



(Campbell, Biology 11th , 2016)

การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอต (Eukaryote)

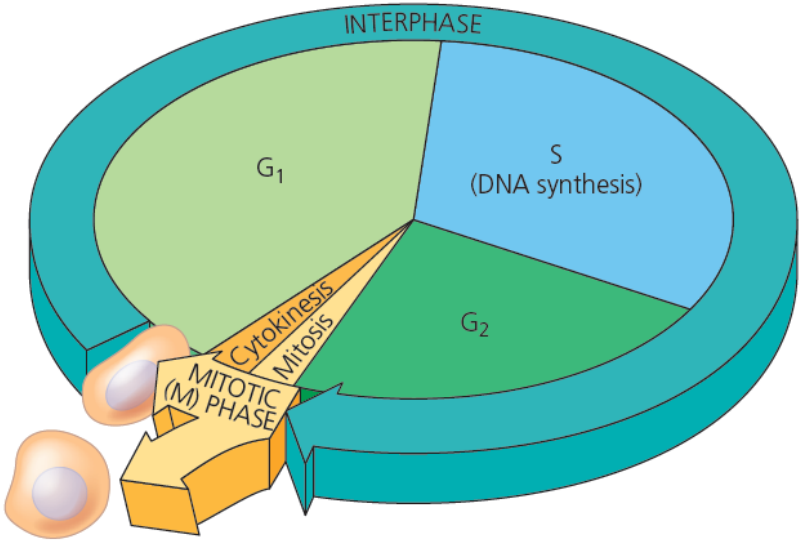
การแบ่งเซลล์ประกอบด้วย การแบ่งนิวเคลียส (nuclear division หรือ karyokinesis) สลับกับการแบ่งไซโทพลาซึม (cytoplasmic division หรือ cytokinesis) ในกระบวนการแบ่งนิวเคลียส มี 2 แบบ คือ ไมโทซิส (mitosis) และไมโอซิส (meiosis)



https://th.wikipedia.org/wikiC:Major_events_in_mitosis.svg

Cell cycle

วัฏจักรเซลล์ = ช่วงระยะเวลาทั้งหมดที่เซลล์ใช้ในการเพิ่มจำนวนจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์



- **1.การแบ่งนิวเคลียส (karyokinesis) ประกอบด้วย 2 ระยะ คือ**

1.1 ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) ระยะที่เซลล์เตรียมความพร้อมก่อนการแบ่งเซลล์

1.2 ระยะ M (M phase) ระยะที่เซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดการแบ่งนิวแคลียสขึ้น

- **2.การแบ่งไซโทพลาสซึม (cytokinesis)**

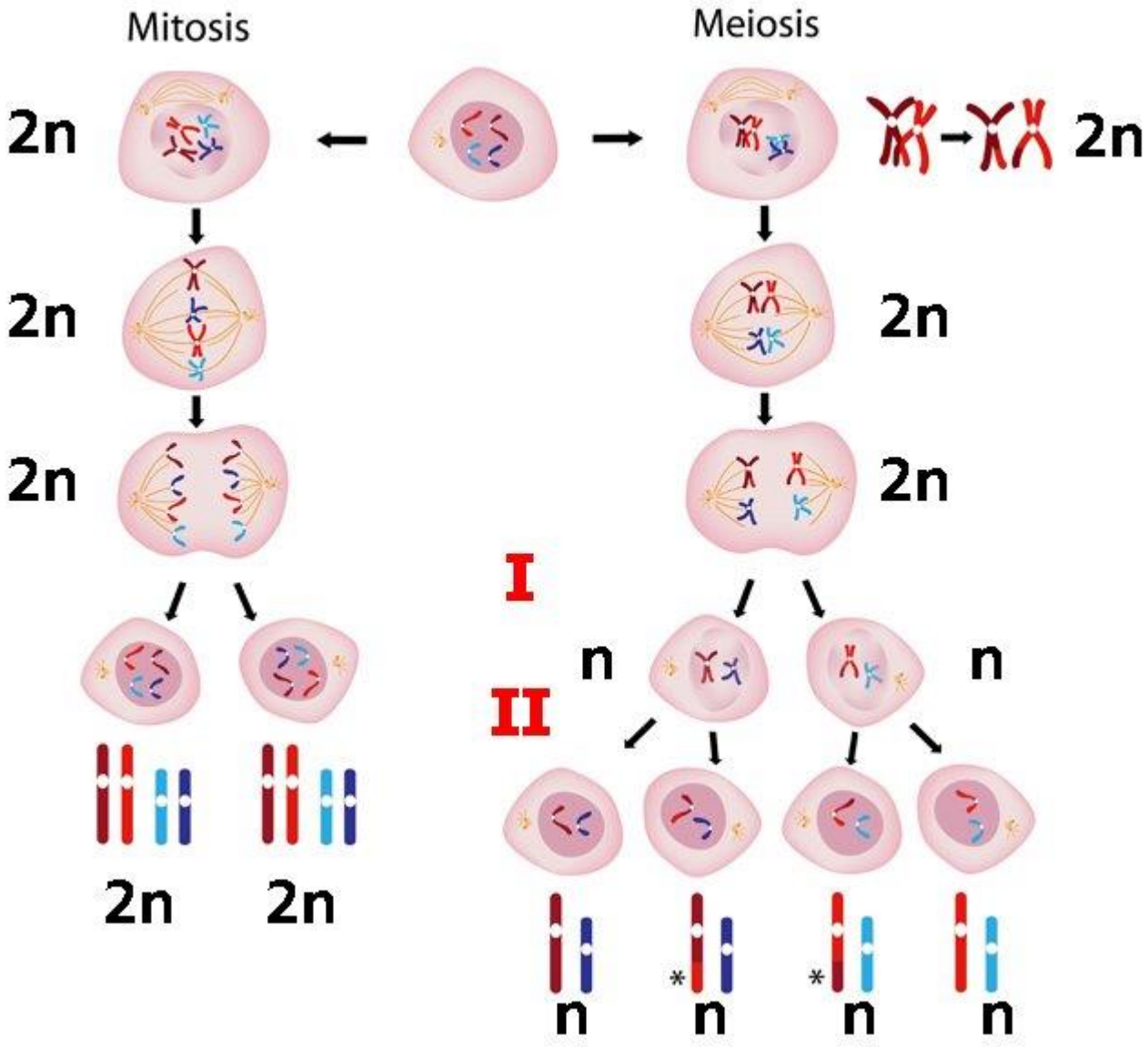
การแบ่งนิวเคลียสสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1.การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis) พบในเซลล์ร่างกาย จำนวนโครโมโซมของเซลล์ลูกเท่าเดิม

2. การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis) พบในเซลล์สร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์ และเซลล์สร้างสปอร์ของพืช (spore mother cell) จำนวนโครโมโซมของเซลล์ลูกลดลงครึ่งหนึ่ง

(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell cycle

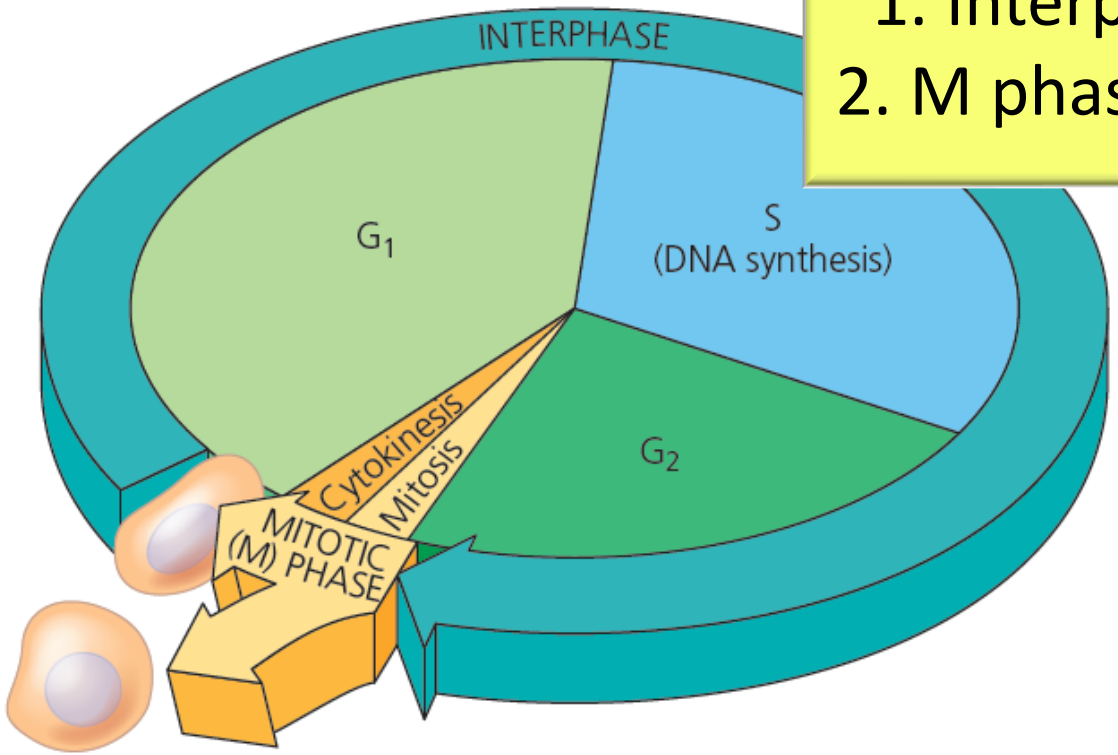


(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell cycle

วัฏจักรเซลล์ = ช่วงระยะเวลาทั้งหมดที่เซลล์ใช้ในการเพิ่มจำนวนจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์

1. Interphase (G1, S, G2)
2. M phase (mitotic phase)



(Campbell, Biology 11th , 2016)

BRU Biology

Interphase

-G1 phase (first gap) : สังเคราะห์โปรตีน, RNA และ ออร์แกเนลล์ต่างๆ

-S phase (synthesis) : มีการสังเคราะห์หรือจำลองดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นในระยะนี้

-G2 phase (second gap) : หยุดสังเคราะห์ DNA แต่ยังมีการสังเคราะห์โปรตีน และ RNA

Division phase

-Karyokinesis (การแบ่งนิวเคลียส) : mitosis meiosis

-Cytokinesis (การแบ่งไซโทพลาซึม)

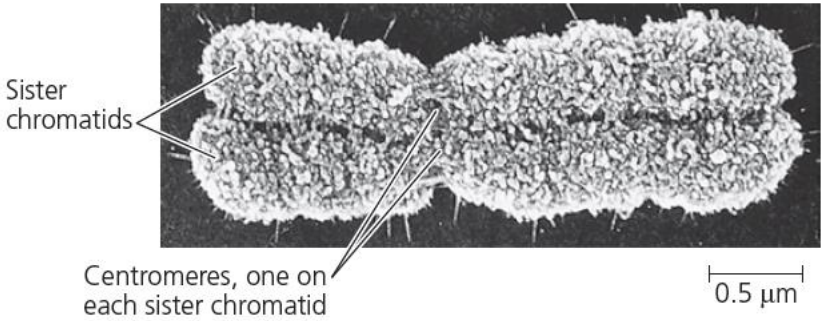
BRU Biology

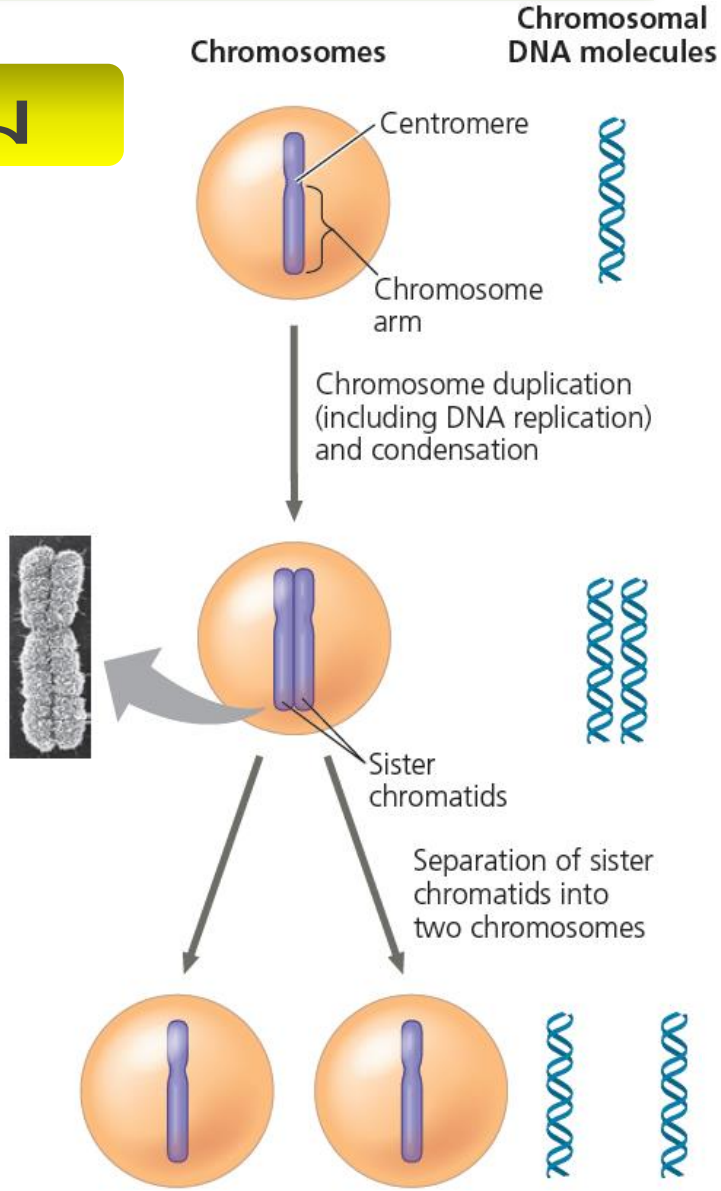
ไมโตซิส (mitosis)

- การแบ่งเซลล์ของเซลล์ร่างกาย (somatic cell)
- ประกอบไปด้วย 4 ระยะ คือ prophase, Metaphase, Anaphase, Telophase
- หลังจากการแบ่งเซลล์แล้วจะได้ 2 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิม (2n) และมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนเดิม

โครงสร้างของโครโมโซม

Figure 12.4 A highly condensed, duplicated human chromosome (SEM).



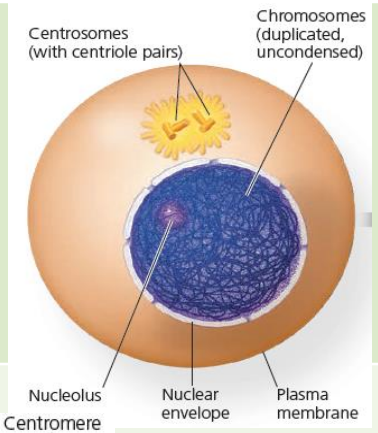


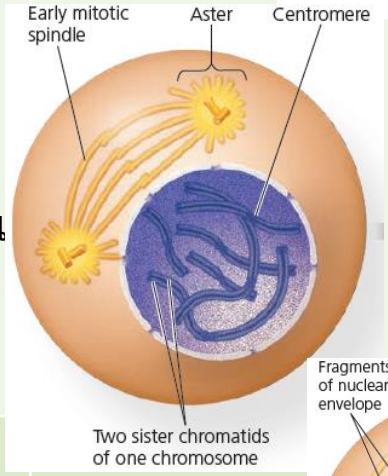
โครโมโซม 1 แท่ง ประกอบด้วย 2 sister chromatids

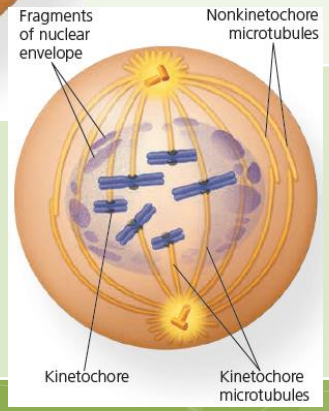
(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell division

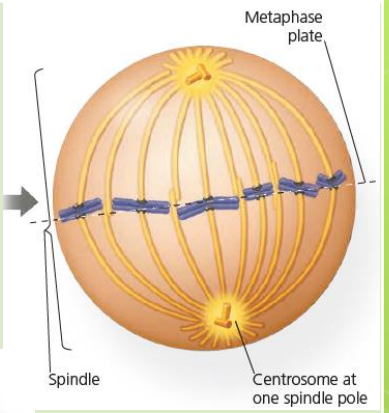
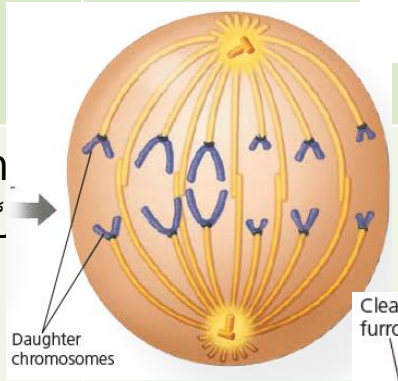
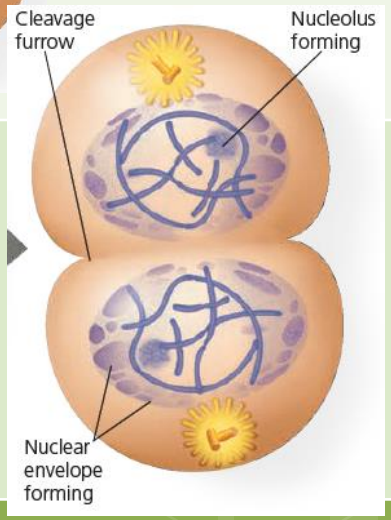
ระยะ	เหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้น	ภาพประกอบ
Interphase	ระยะที่เซลล์มีการเตรียมความพร้อมก่อนการแบ่งเซลล์ -โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาติน -การเพิ่มจำนวนของดีเอ็นเอ (จำนวนโครมาติด) -การสังเคราะห์เอนไซม์ ไมโทคอนเดรีย และเซนตริโอล	
Prophase	-เส้นใยโครมาตินเริ่มเกิดการขดตัว (condensation) -เยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส เริ่มเกิดการสลายตัว -centrosome เริ่มแยกออกจากัน -เริ่มมีการสร้าง spindle fiber และเริ่มเห็น aster ในเซลล์สัตว์ (aster คือกลุ่มของเส้นใยสปินเดิลที่อยู่เป็นรัศมีรอบเซนตริโอล)	
Prometaphase	-เยื่อหุ้มนิวเคลียสสลายตัวเป็น vesicle จนสมบูรณ์ -เส้นใย spindle มาจับกับ kinetochore ของโครโมโซม	





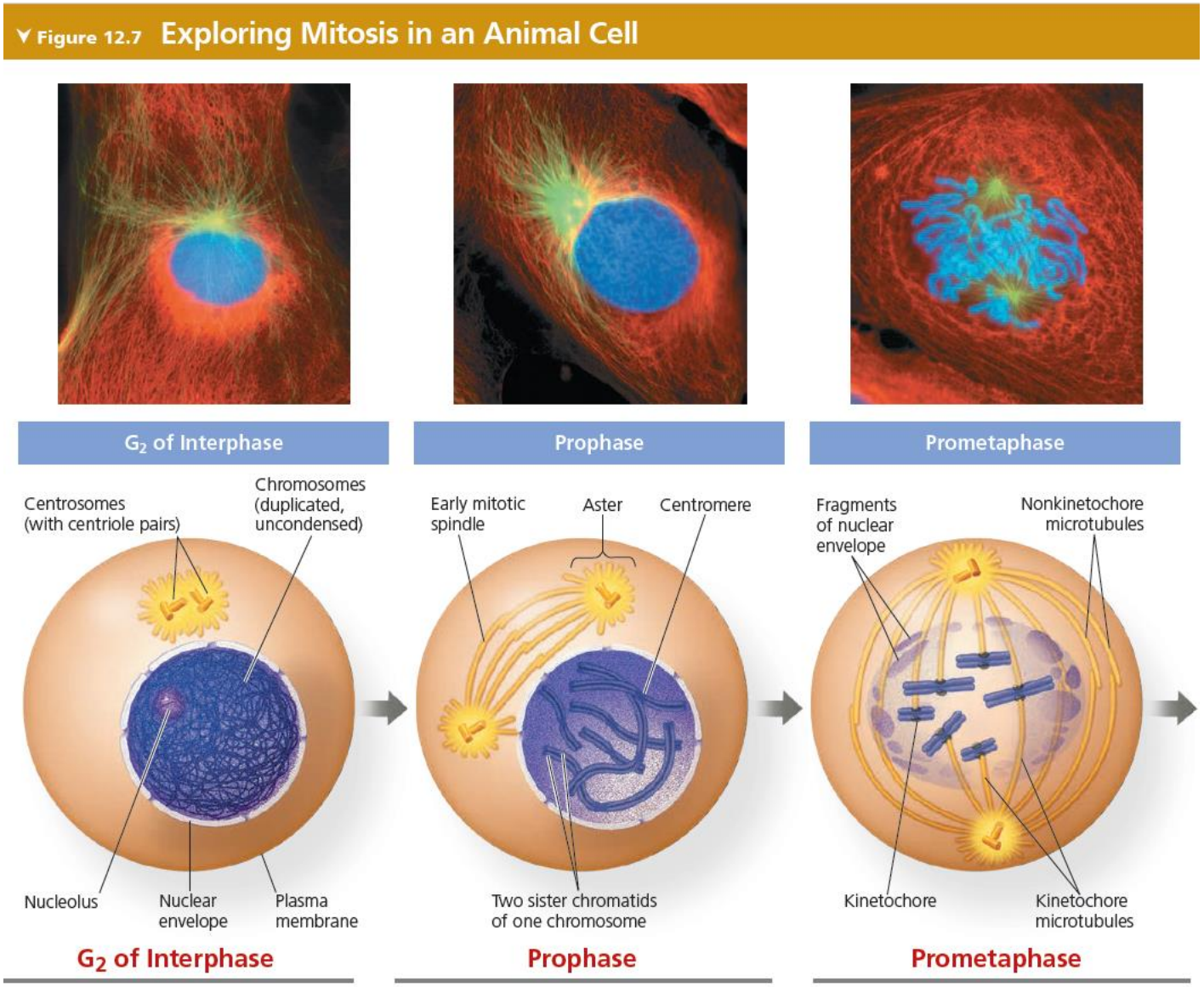


(Campbell, Biology 11th , 2016)

ระยะ	เหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้น	ภาพประกอบ
Metaphase	-โครโมโซมมีการหดตัวมากที่สุด เหมาะกับการทำ karyotype (karyotype คือการแยกโครโมโซมแล้วนำมาจับคู่ โดยทั่วไปจะนิยมใช้ในการตรวจวินิจฉัยความผิดปกติของโครโมโซมได้) -โครโมโซมมาเรียงอยู่ในแนวกางกลางเซลล์ (metaphase plate หรือ equaterial plate)	
Anaphase	-Sister chromatid ของโครโมโซมเริ่มแยกออกจากกัน ไปยังแต่ละขั้วของเซลล์ ที่ต่อไปจะพัฒนาไปเป็นเซลล์ลูก	
Telophase	-โครโมโซมเกิดการคลายตัว (decondensation) -เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มเกิดการสร้างใหม่ -เริ่มเกิดการแบ่งไซโทพลาซึมเกิดขึ้น	

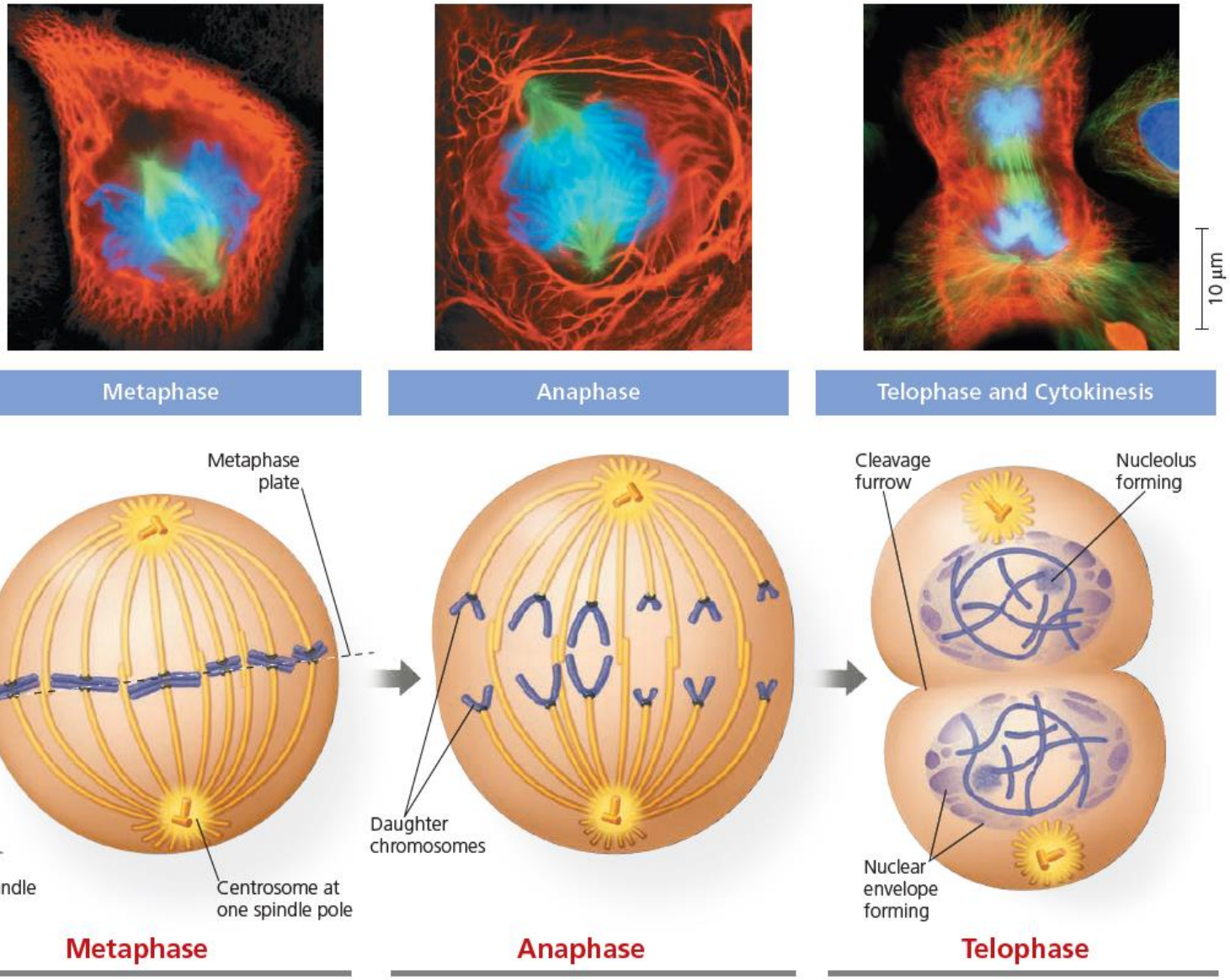
(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell division



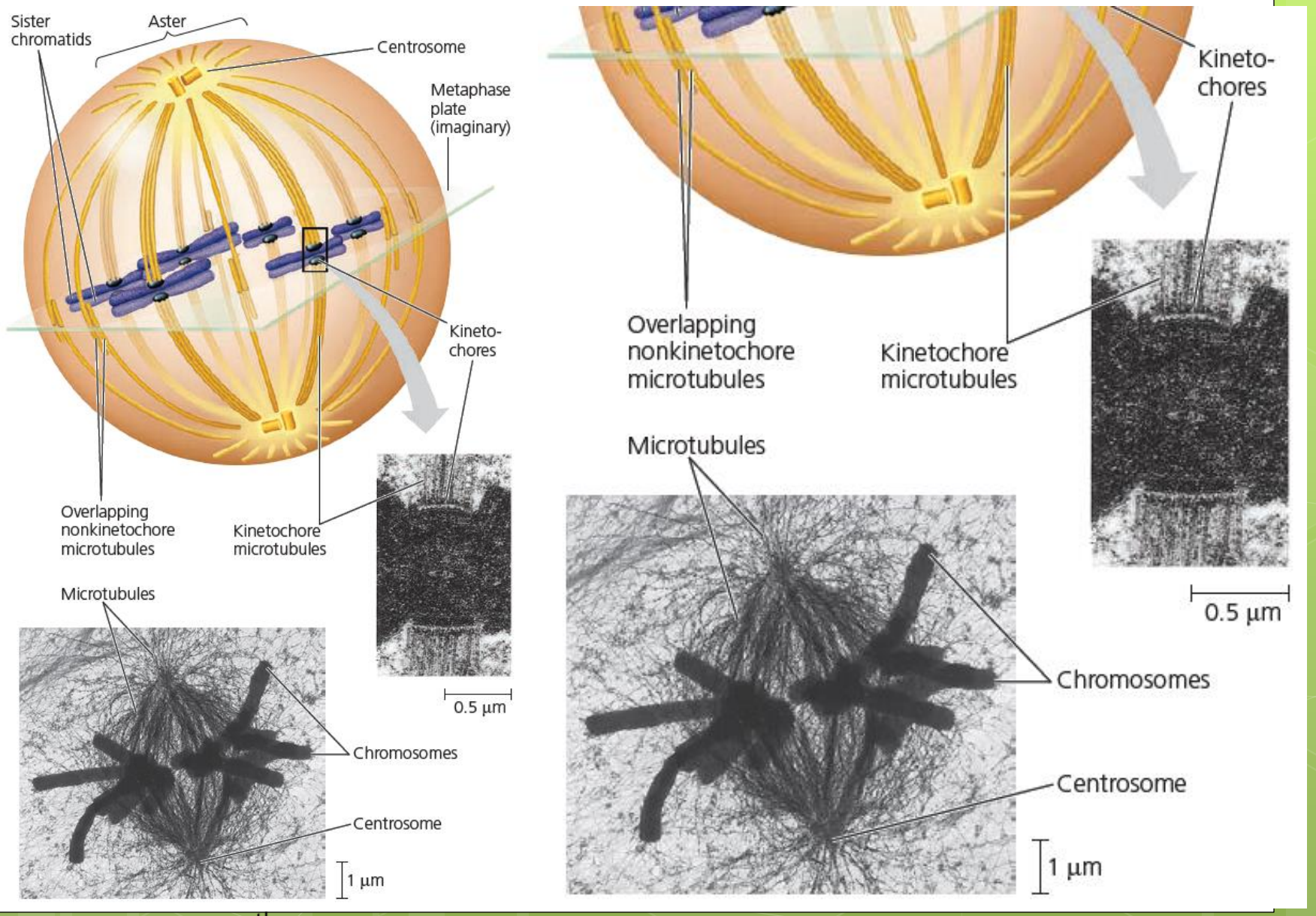
(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell division



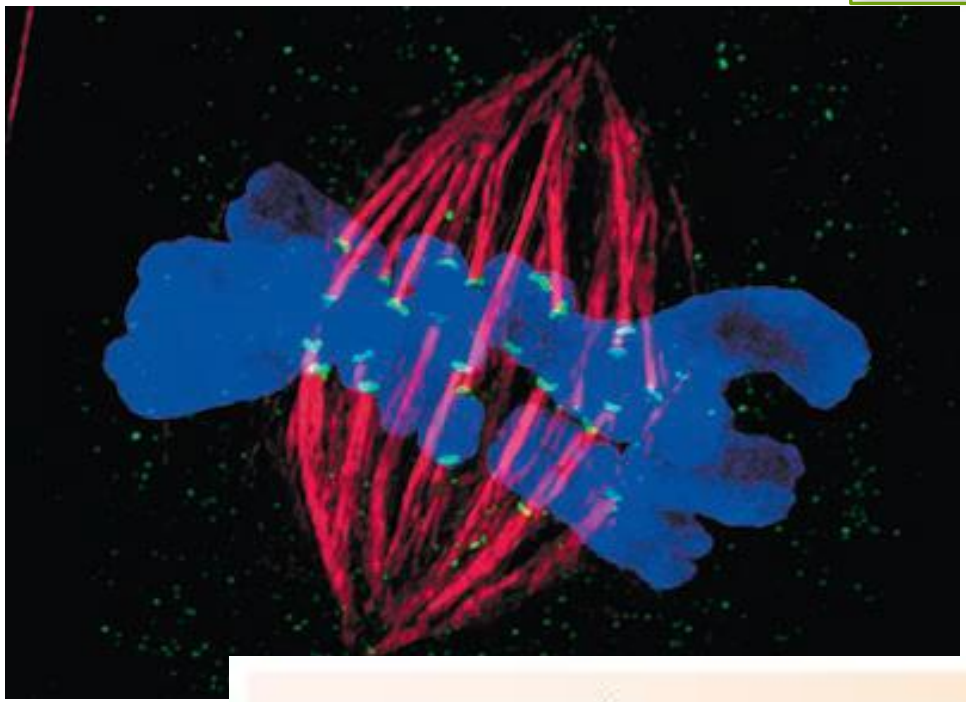
(Campbell, Biology 11th , 2016)

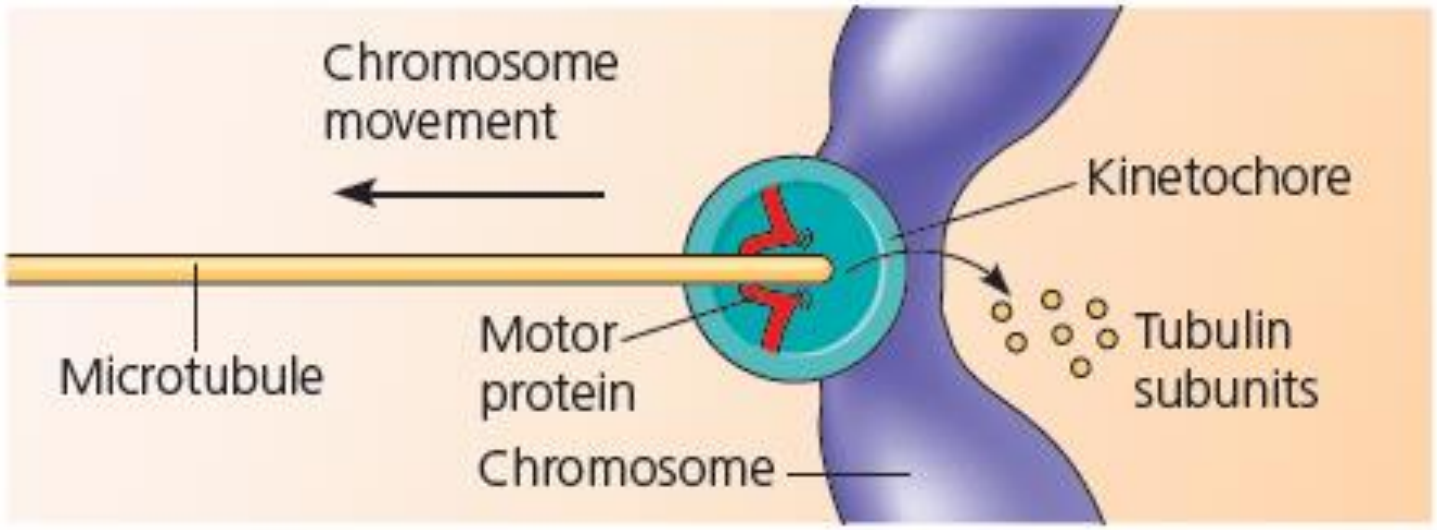
เส้นใยสปินเดิลในระยะ metaphase



(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell division





(Campbell, Biology 11th , 2016)

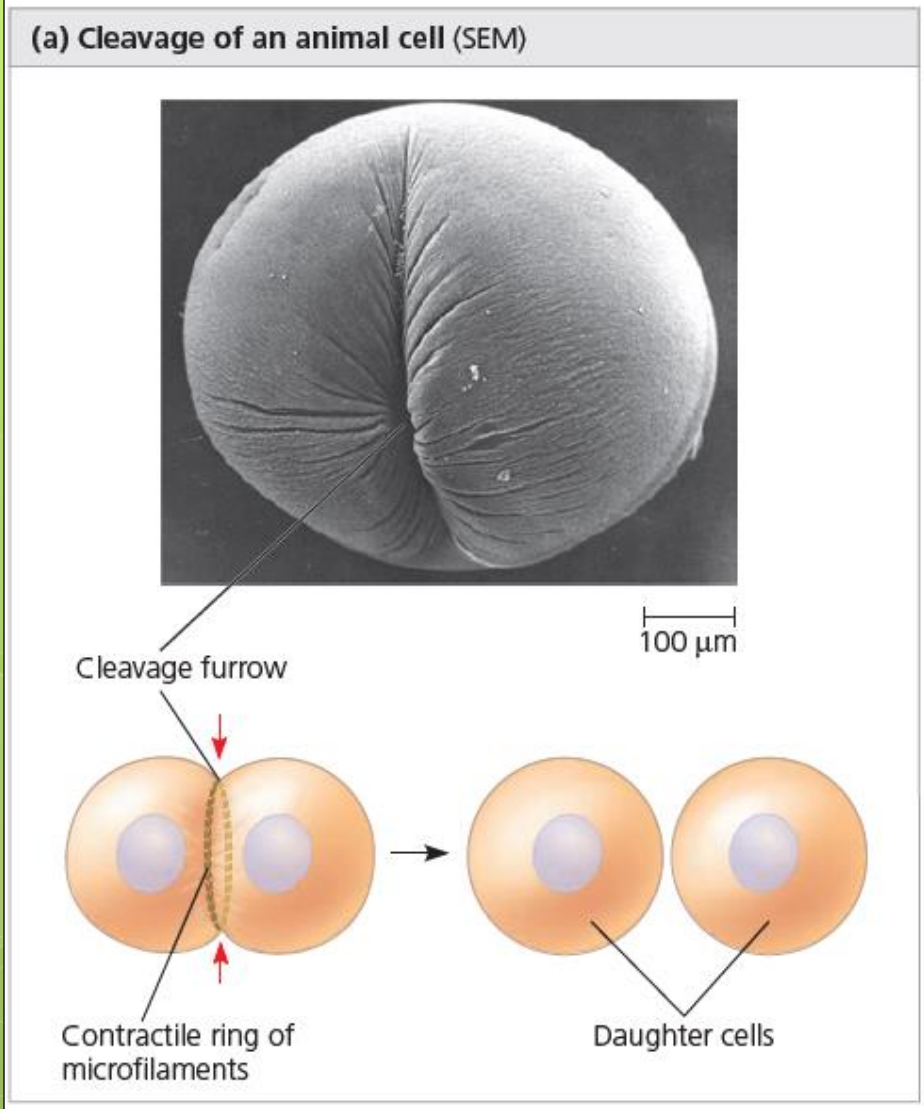
BRU Biology

การแบ่งไซโทพลาซึม (cytoplasm)

เซลล์สัตว์ –เกิดจากการทำงานของเส้นใยไมโครฟิลาเมนท์มารวมกันเป็น contractile ring แล้วเกิดการคอดเว้าจากทางด้านนอกเข้ามาทางด้านในเซลล์ และหลุดออกเป็นเซลล์ใหม่ 2 เซลล์

เซลล์พืช –เกิดจากการรวมตัวของ vesicles ที่สร้างจากกอลจิ คอมเพล็กซ์จำนวนมากที่บริเวณกลางเซลล์ แล้วเกิดการรวมกันเป็น vesicles ขนาดใหญ่ ในที่สุดก็เกิดการสร้างเป็นแผ่น cell plate ขึ้น แยกระหว่างสองเซลล์

Cell division



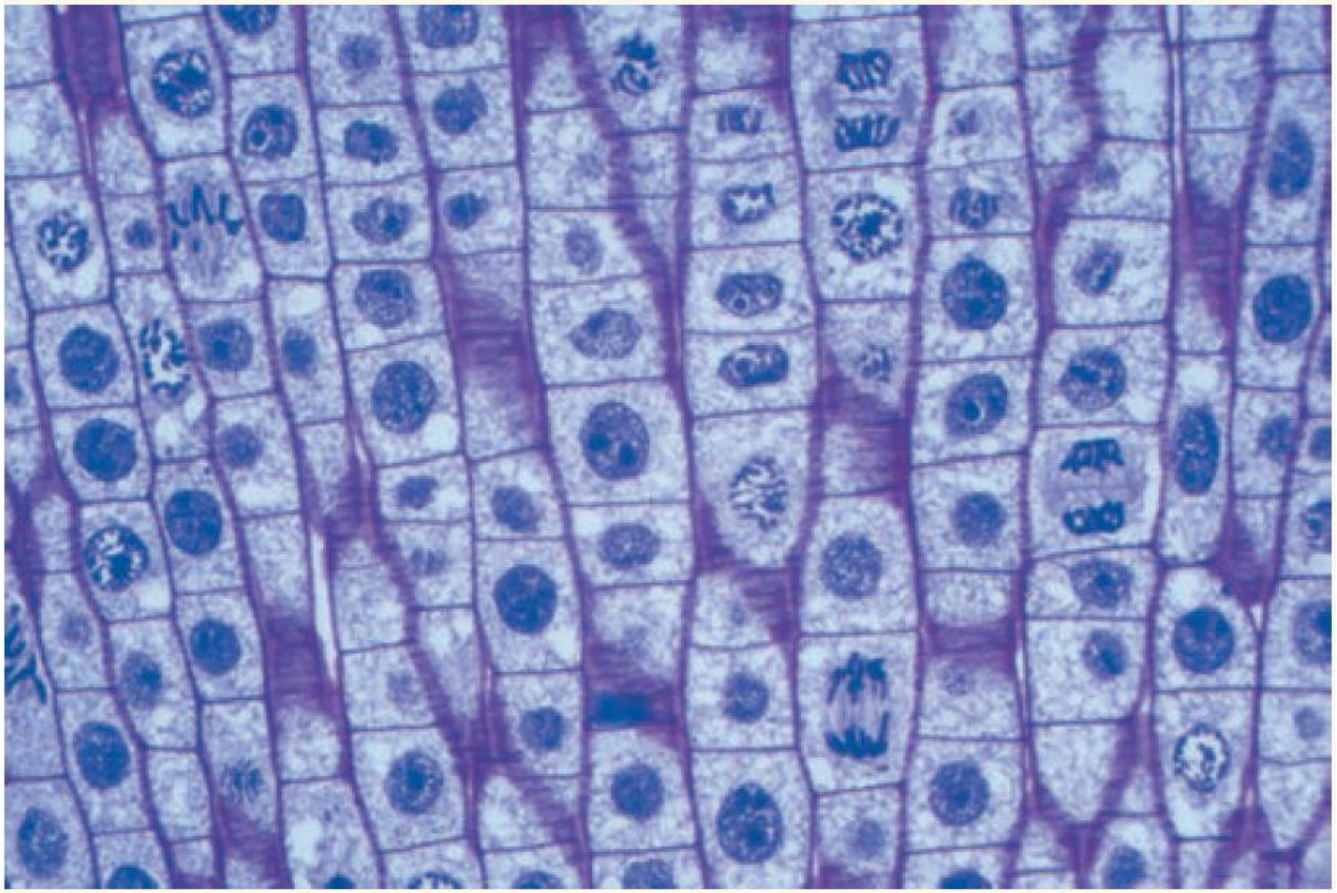
(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell division

Figure 12.11 Mitosis in a plant cell. These light micrographs show mitosis in cells of an onion root.

1. **Prophase.** The chromosomes are condensing and the nucleolus is beginning to disappear. Although not yet visible in the micrograph, the mitotic spindle is starting to form.
2. **Prometaphase.** Discrete chromosomes are now visible; each consists of two aligned, identical sister chromatids. Later in prometaphase, the nuclear envelope will fragment.
3. **Metaphase.** The spindle is complete, and the chromosomes, attached to microtubules at their kinetochores, are all at the metaphase plate.
4. **Anaphase.** The chromatids of each chromosome have separated, and the daughter chromosomes are moving to the ends of the cell as their kinetochore microtubules shorten.
5. **Telophase.** Daughter nuclei are forming. Meanwhile, cytokinesis has started: The cell plate, which will divide the cytoplasm in two, is growing toward the perimeter of the parent cell.

(Campbell, Biology 11th , 2016)



The light micrograph shows dividing cells near the tip of an onion root.

(Campbell, Biology 11th , 2016)

ไมโอซิส (meiosis)

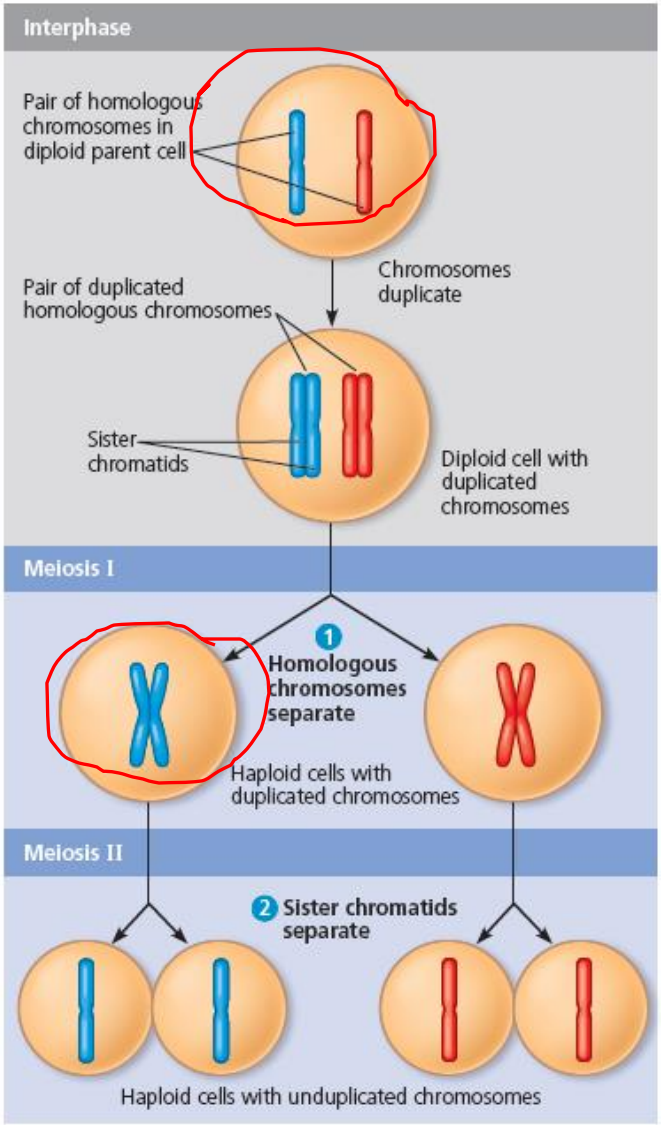
พบในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์ประกอบด้วย 2 ระยะหลักคือ

- 1. การแบ่งเซลล์แบบ meiosis I -เมื่อเสร็จสิ้นระยะนี้จำนวนโครโมโซมจะลดลงครึ่งหนึ่ง
- 2. การแบ่งเซลล์แบบ meiosis II –ลักษณะของขั้นตอนและกระบวนการคล้ายกับไมโทซิส

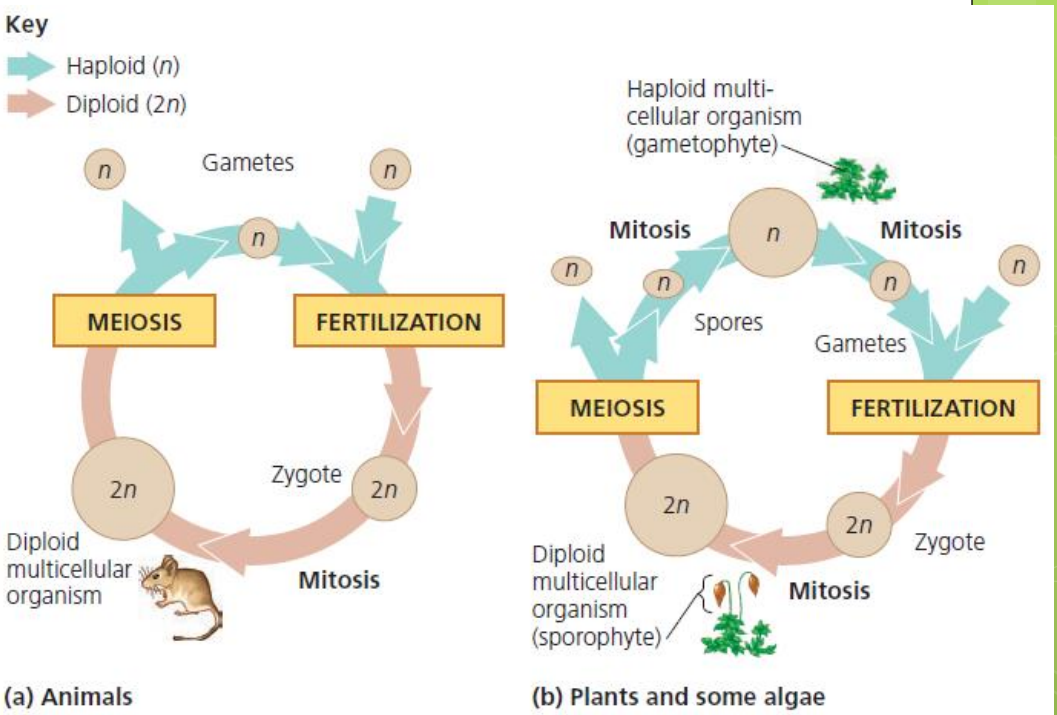
เซลล์ลูกที่เกิดขึ้นจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้ 4 เซลล์ และมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง

Cell division

Figure 13.7 Overview of meiosis: how meiosis reduces chromosome number. After the chromosomes duplicate in interphase, the diploid cell divides *twice*, yielding four haploid daughter cells. This overview tracks just one pair of homologous chromosomes, which for the sake of simplicity are drawn in the condensed state throughout.

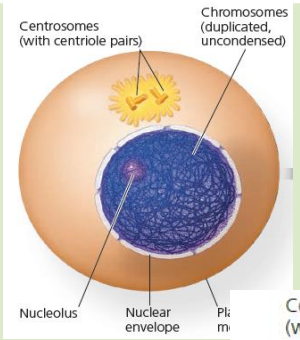
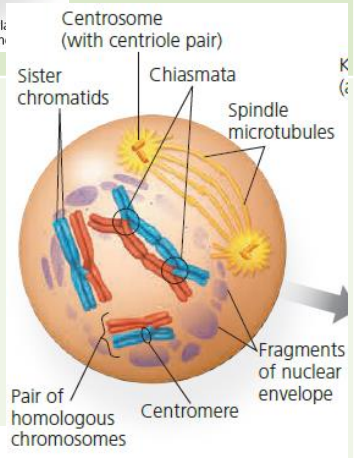
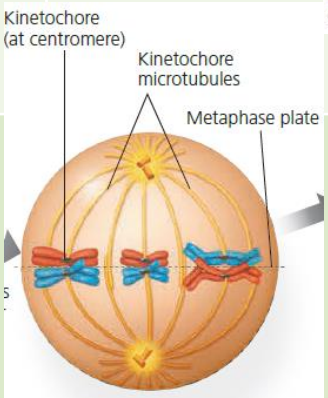


Budding yeast cells

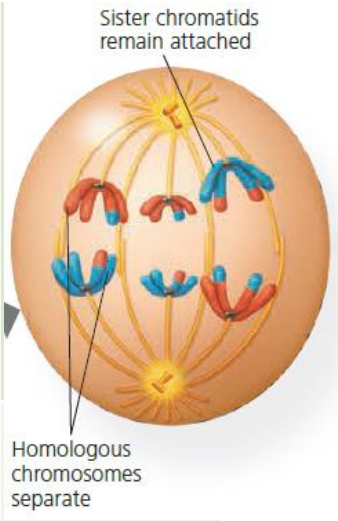
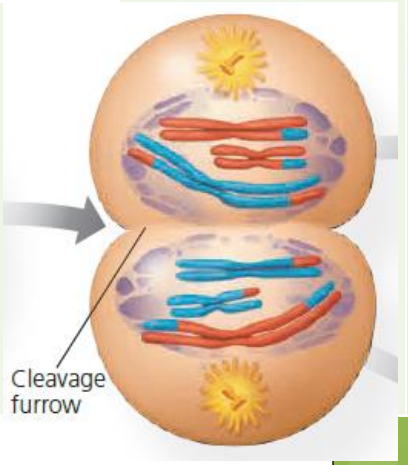


(Campbell, Biology 11th , 2016)

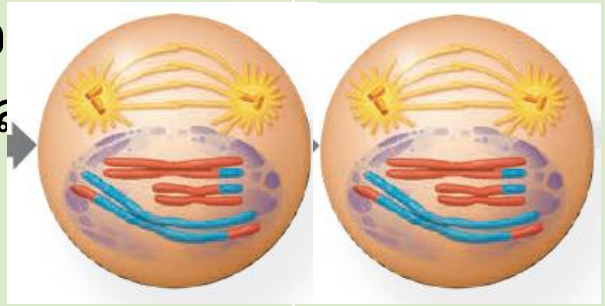
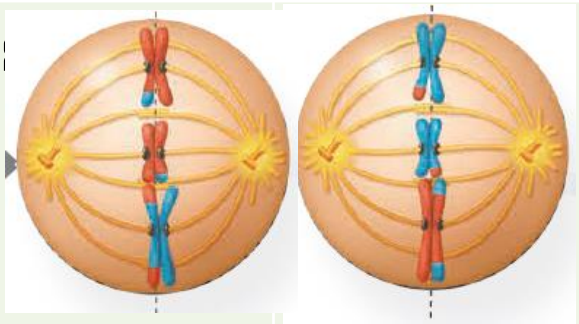
Cell division

ระยะ	เหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้น	ภาพประกอบ
Interphase I	ระยะที่เซลล์มีการเตรียมความพร้อมก่อนการแบ่งเซลล์ -โครโมโซมคลายตัวอยู่ในรูปของเส้นใยโครมาติน -การเพิ่มจำนวนของดีเอ็นเอ (จำนวนโครมาติด) -การสังเคราะห์เอนไซม์ ไมโทคอนเดรีย และเซนตริโอล	
Prophase I	-เยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส เริ่มเกิดการสลายตัว -โครโมโซมคู่เหมือน (homologous chromosome) จะเกิดการเข้าคู่กัน (synapsis) และเกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของ non-sister chromatid ผ่านการ crossing over ขึ้นที่บริเวณ chiasmata โครโมโซมที่อยู่เป็นคู่นี้เรียกว่า tetrad/bivalent	
Metaphase I	-tetrad จะมาเรียงในแนว equatorial plate	

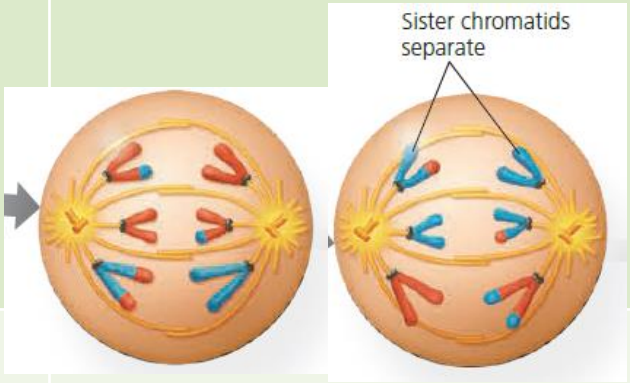
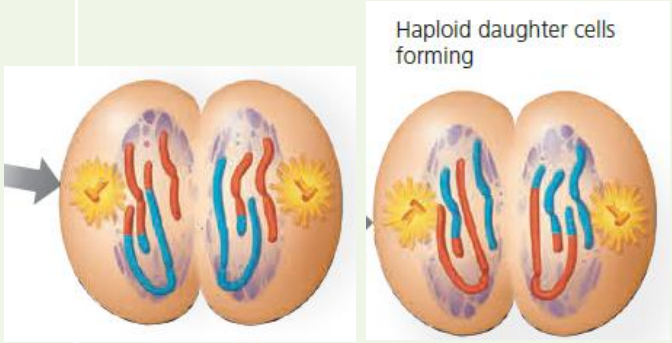
(Campbell, Biology 11th , 2016)

ระยะ	เหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้น	ภาพประกอบ
Annaphase I	-แต่ละ homologous chromosome จะถูกดึงแยกออกจากกัน ไปยังแต่ละขั้วเซลล์	
Telophase I	-จำนวนโครโมโซมในเซลล์ลูกแต่ละเซลล์เหลือครึ่งหนึ่ง -เริ่มมีการแบ่งไซโทพลาซึมเกิดขึ้น -อาจจะมีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นล้อมรอบหรือไม่ก็ได้	

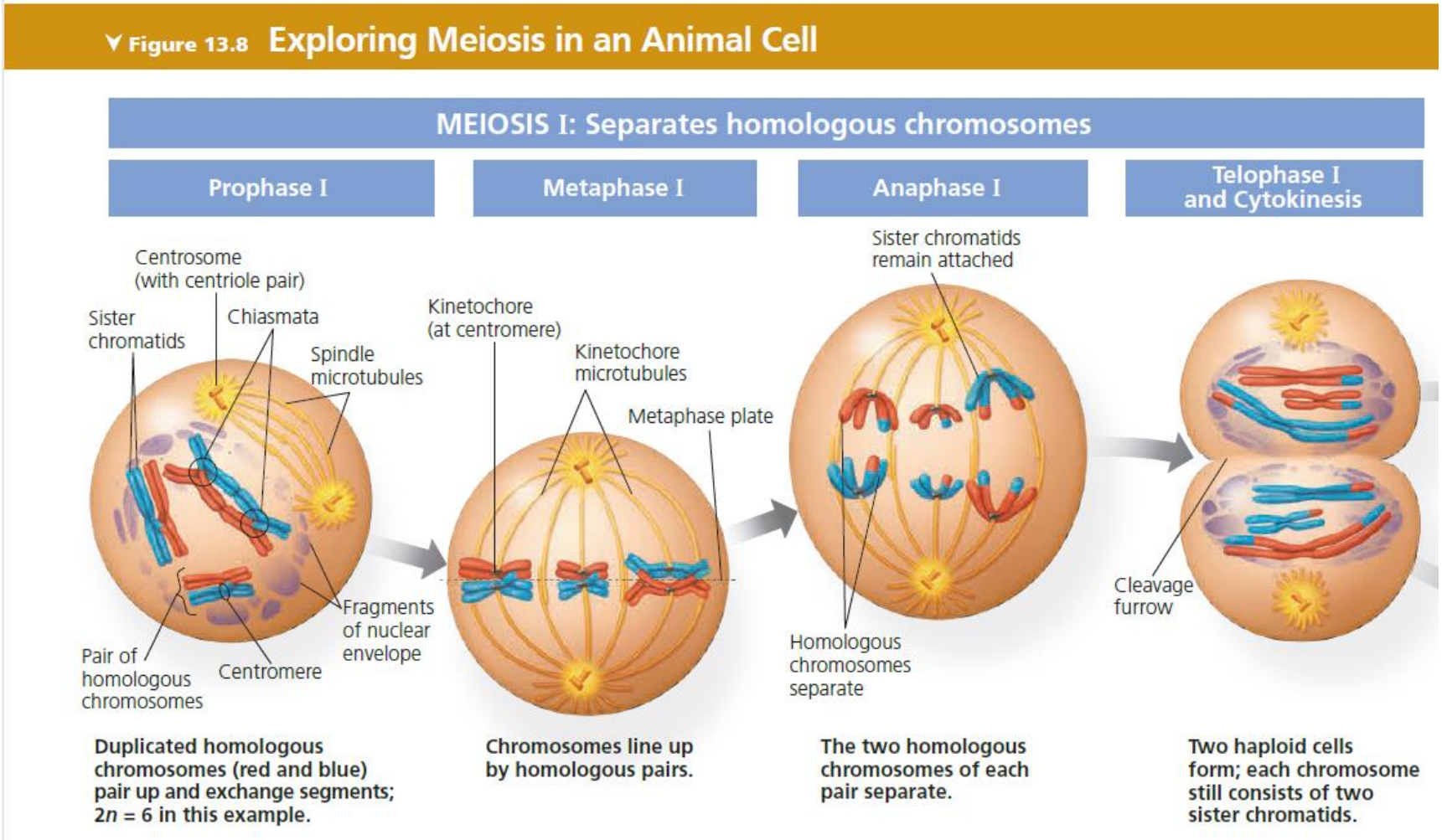
(Campbell, Biology 11th , 2016)

ระยะ	เหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้น	ภาพประกอบ
Prophase II	-โครโมโซมมีการขดตัว เยื่อ นิวเคลียสและนิวคลีโอลัสสล	
Metaphase II	-โครโมโซมมาเรียงตัวแถวเดี equatorial plate	

(Campbell, Biology 11th , 2016)

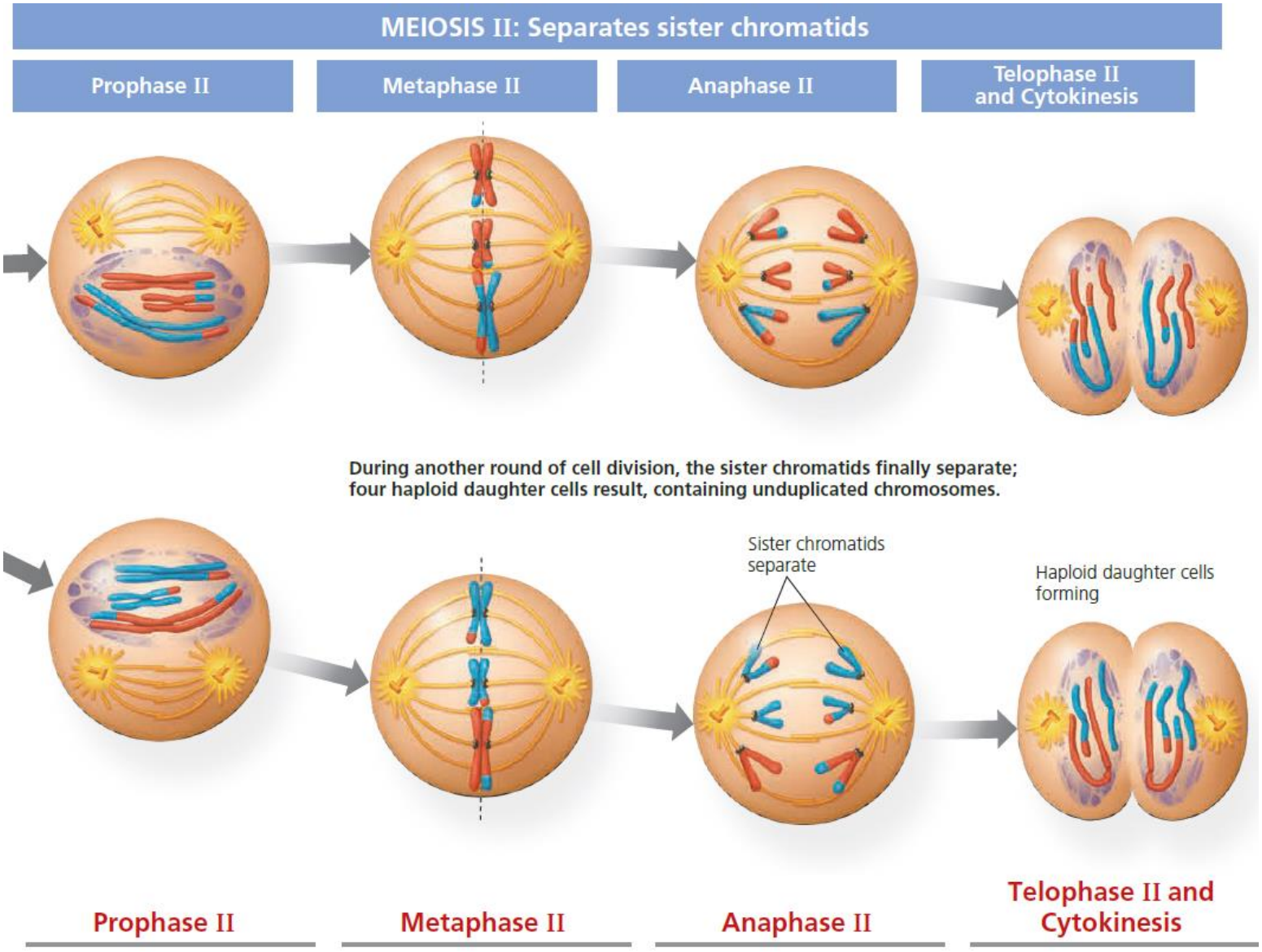
ระยะ	เหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้น	ภาพประกอบ
Annaphase I	-sister chromatid ของแต่ละโครโมโซมเกิดการแยกจากกัน	
Telophase I	-เริ่มมีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสใหม่อีกครั้ง -เริ่มมีการแบ่งไซโทพลาซึม หลังเสร็จสิ้นจะได้เซลล์ทั้งหมด 4 เซลล์ โดยแต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับเซลล์แม่	

(Campbell, Biology 11th , 2016)



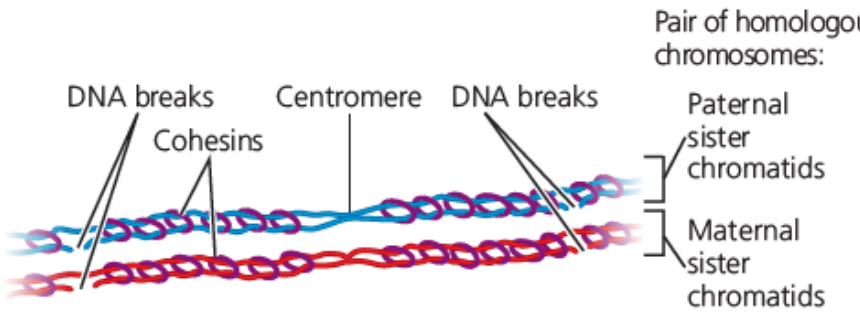
(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell division

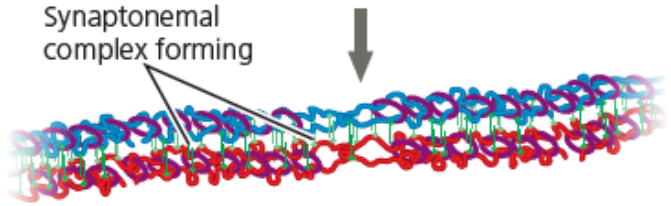


(Campbell, Biology 11th , 2016)

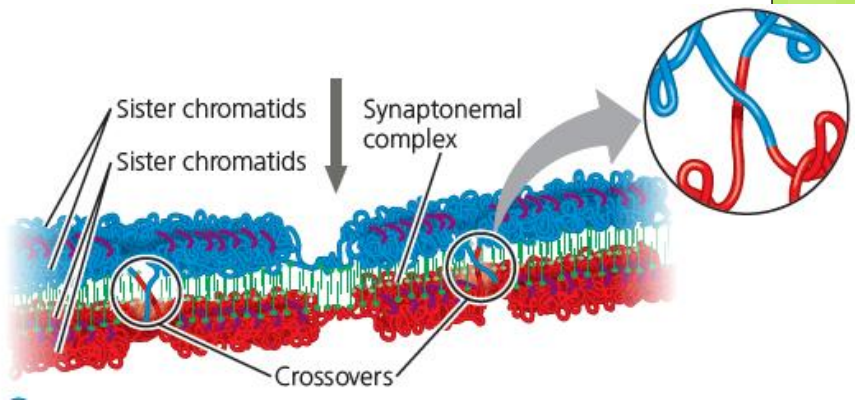
Figure 13.9 Crossing over and synapsis in prophase I: a closer look.



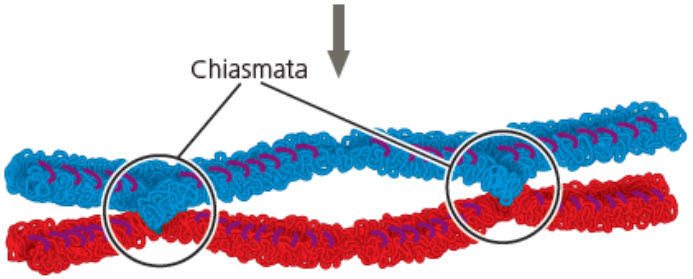
1 After interphase, the chromosomes have been duplicated, and sister chromatids are held together by proteins called cohesins (purple). Each pair of homologs associate along their length. The DNA molecules of two nonsister chromatids are broken at precisely corresponding points. The chromatin of the chromosomes starts to condense.



2 A zipper-like protein complex, the synaptonemal complex (green), begins to form, attaching one homolog to the othe⁻ The chromatin continues to condense.

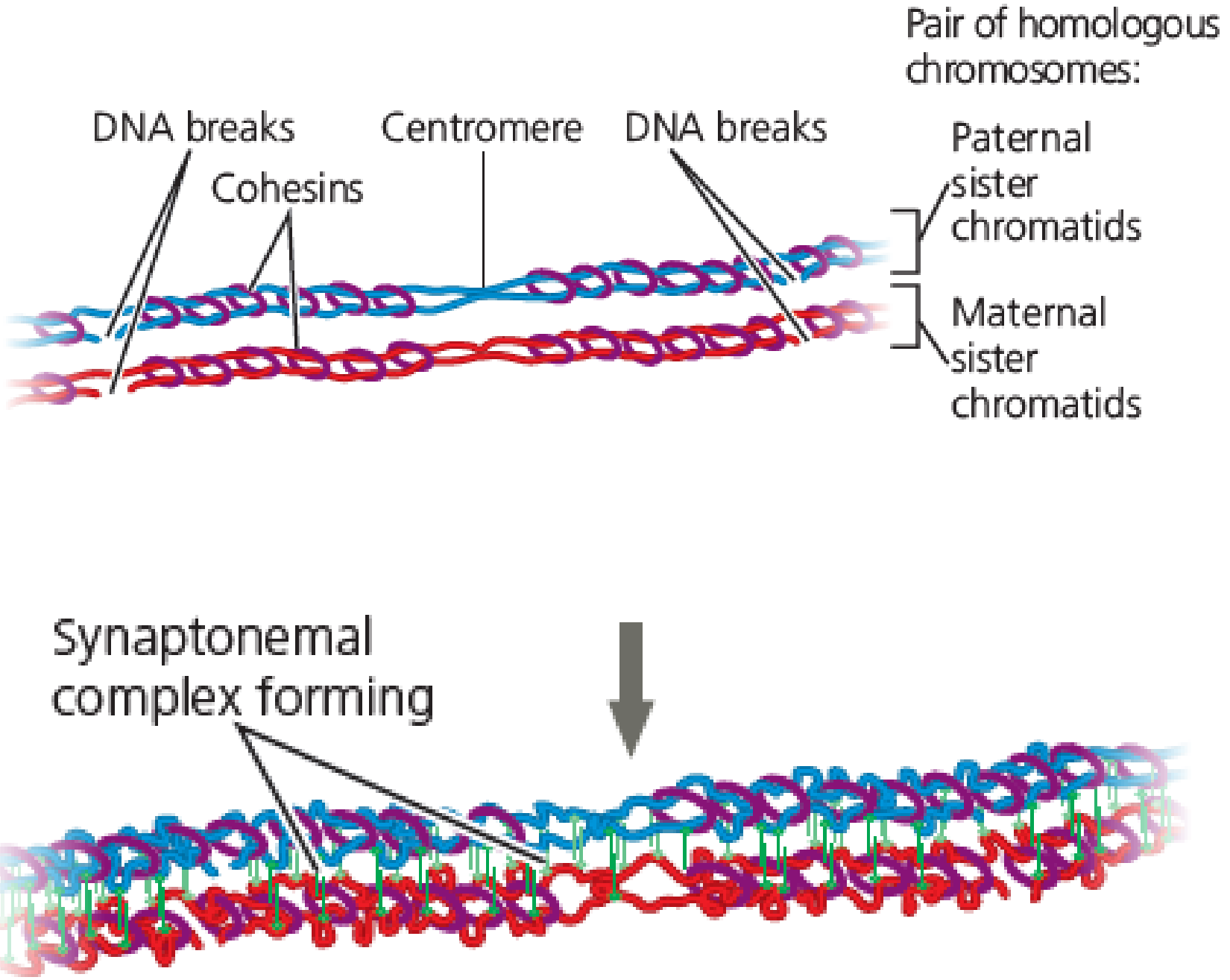


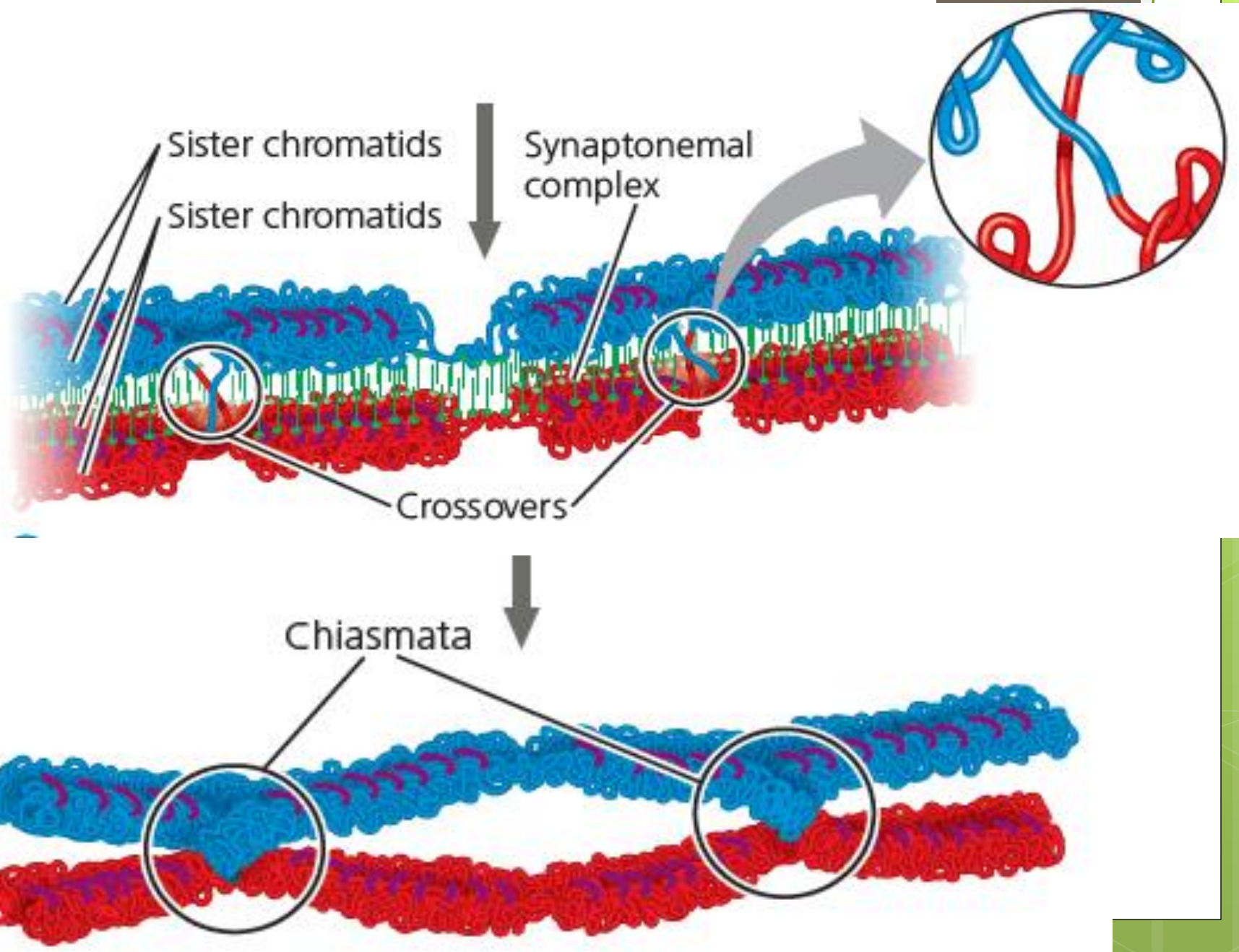
3 The synaptonemal complex is fully formed; the two homologs are said to be in synapsis. During synapsis, the DNA breaks are closed up when each broken end is joined to the corresponding segment of the nonsister chromatid, producing crossovers.



4 After the synaptonemal complex disassembles, the homologs move slightly apart from each other but remain attached because of sister chromatid cohesion, even though some of the DNA may no longer be attached to its original chromosome. The points of attachment where crossovers have occurred show up as chiasmata. The chromosomes continue to condense as they move toward the metaphase plate.

(Campbell, Biology 11th , 2016)

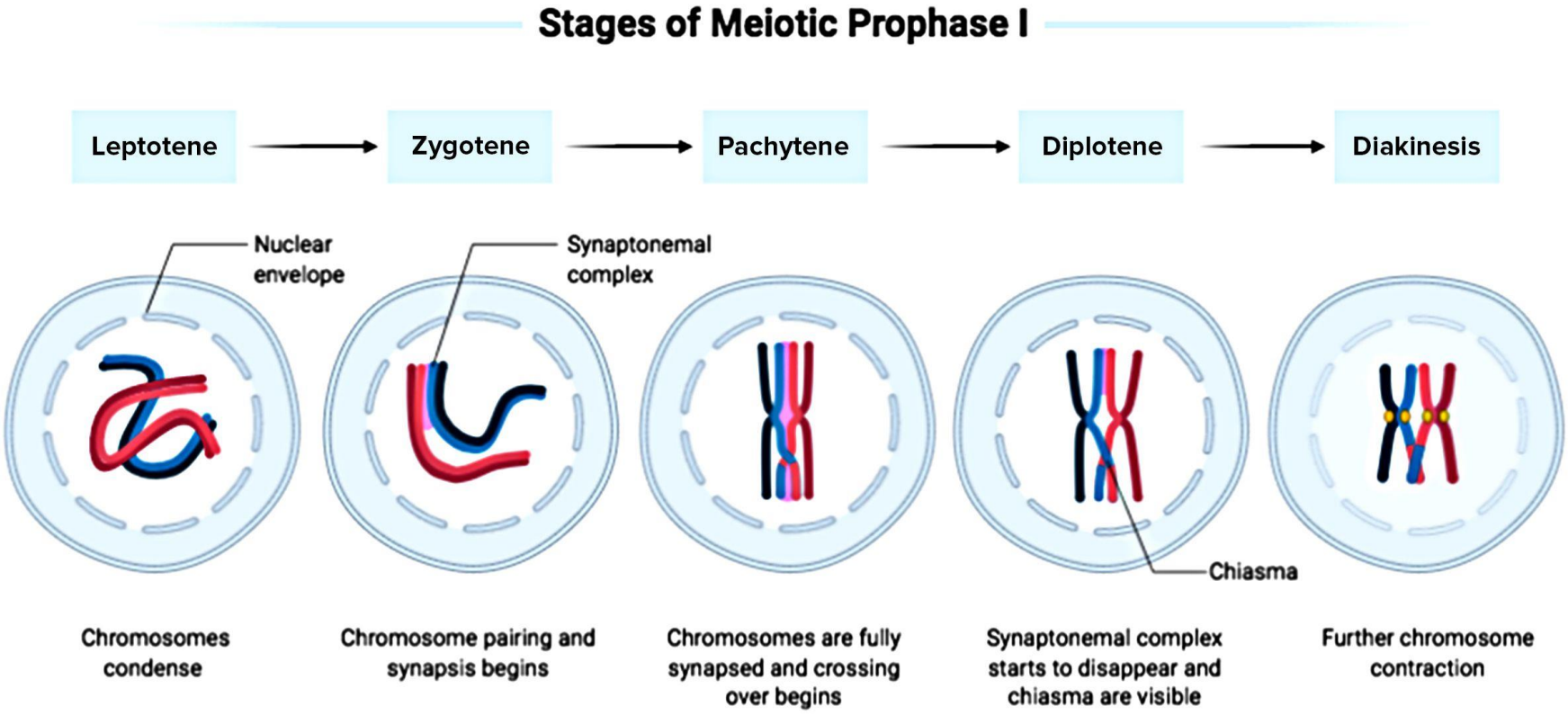

Pair of homologous chromosomes:
DNA breaks
Centromere
DNA breaks
Cohesins
Paternal sister chromatids
Maternal sister chromatids
Synaptonemal complex forming


Sister chromatids
Sister chromatids
Synaptonemal complex
Crossovers
Chiasmata

- **Meiotic prophase I:**

1. Prophase I marks the start of meiosis I, the first meiotic division.
2. Chromosomes are formed during prophase I during the condensing of the DNA and protein complex known as chromatin.
3. The sister chromatids—pairs of replicated chromosomes—remain connected at a central region termed the centromere.
4. Diakinesis is the last phase of meiotic prophase I.
5. The terminalization of chiasmata is a sign of this.
6. The chromosomes are fully condensed during this stage, and the meiotic spindle is put together to get the homologous chromosomes ready for separation.
7. Prophase I comes to a close during diakinesis, which marks the beginning of metaphase.
8. Chiasmata terminalization is a characteristic of the diakinesis stage.
9. The cell that is dividing enters metaphase after diakinesis.
10. Bivalents currently distribute them equally across the nucleus.

Cell division



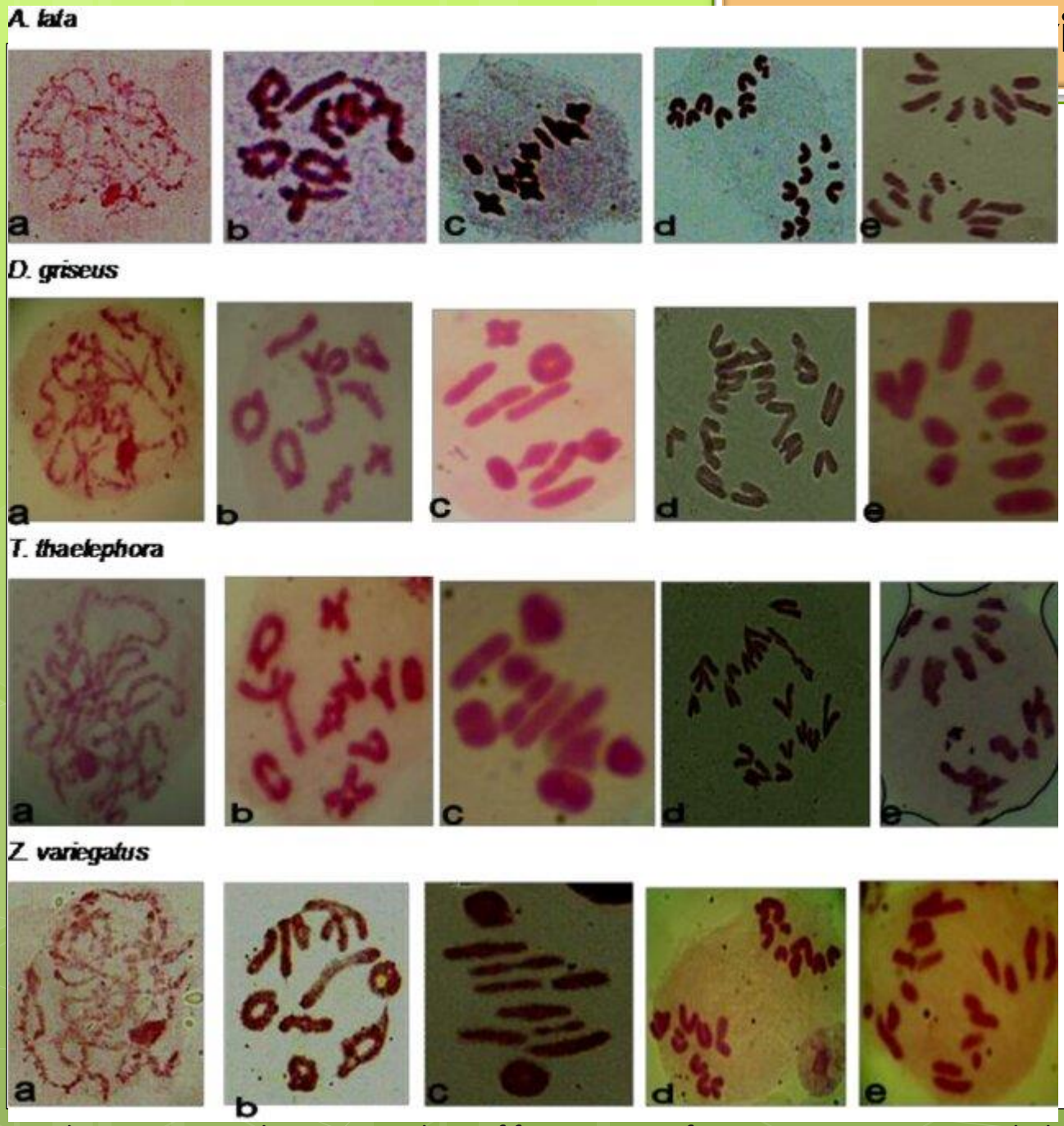
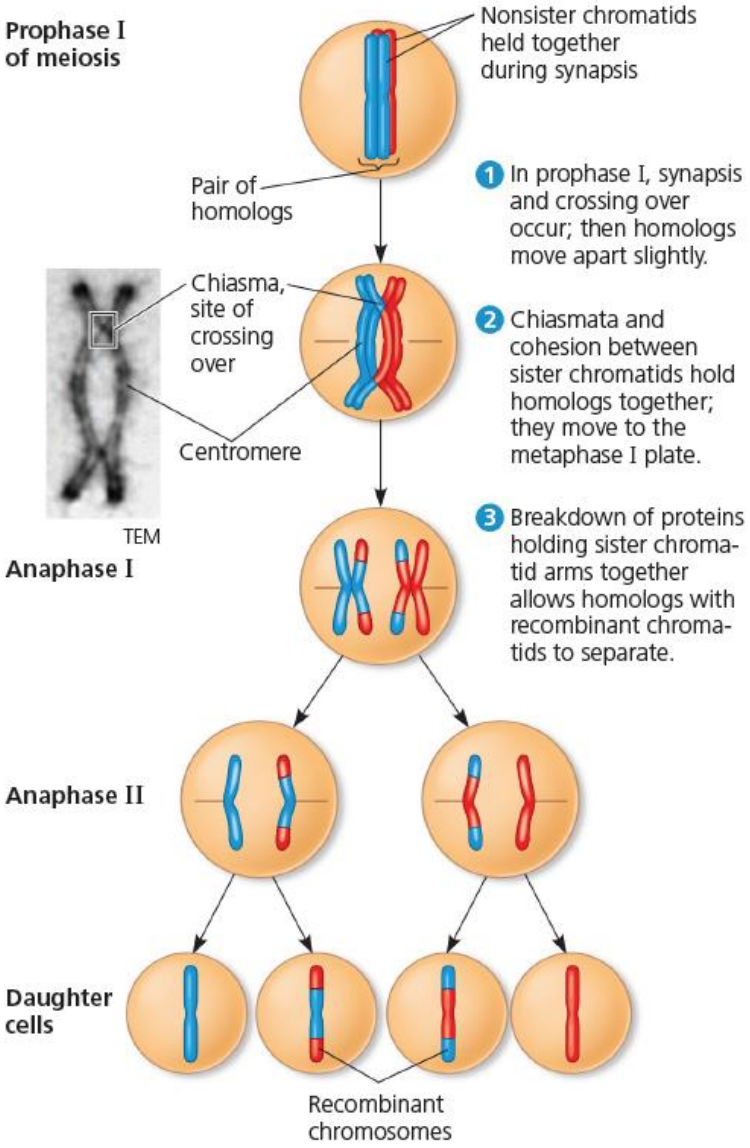


Figure 3. Meiotic stages in the four species. Similar meiotic prophase stages were observed in all four species. a= Zygotene; b= Diplotene; c= Metaphase -1; d= Anaphase -1; e = Anaphase -2.

Seino et al. Karyotype and meiosis analysis of four species of Cameroonian Pyrgomorphidae (Orthoptera), 2013

Cell division

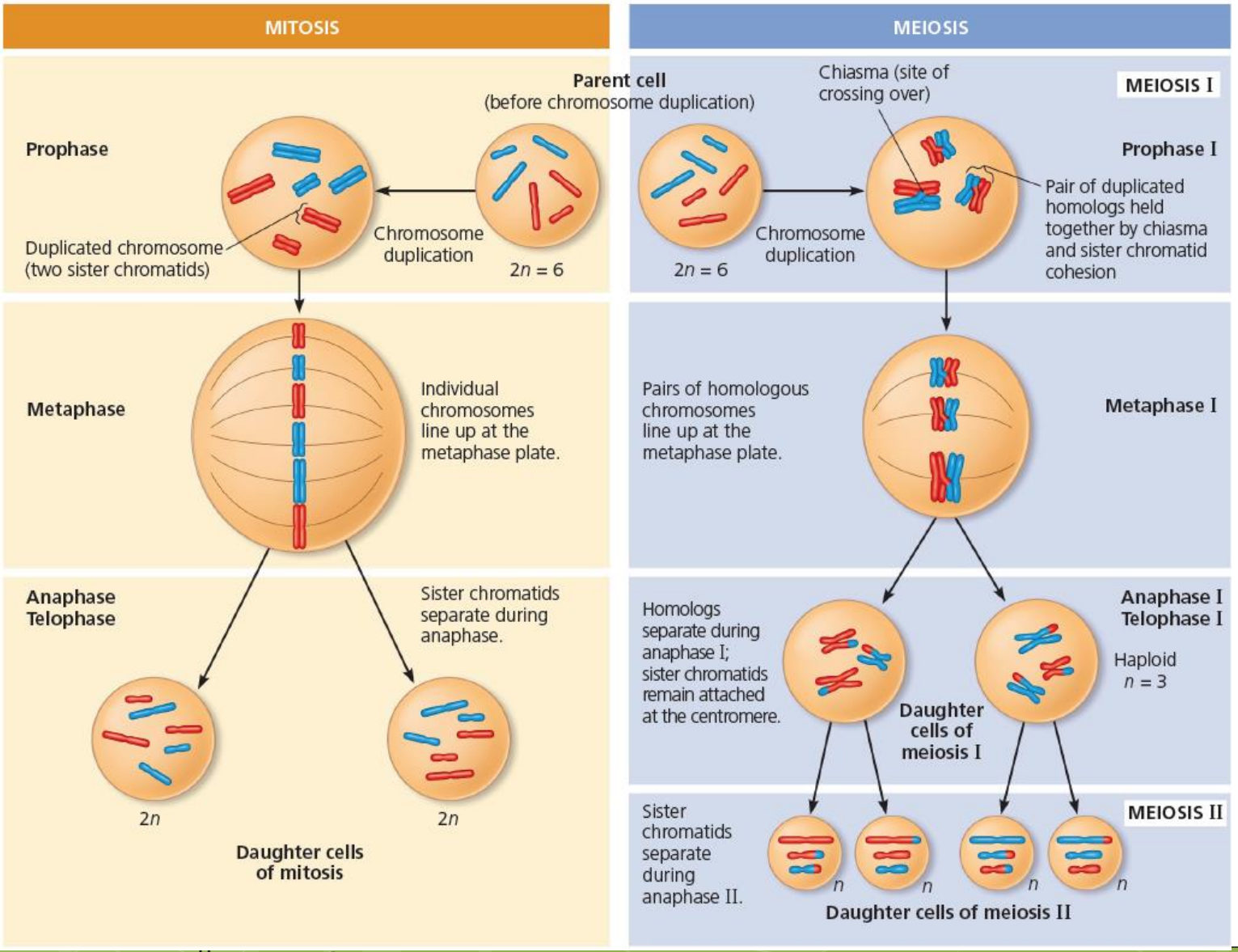
Figure 13.12 The results of crossing over during meiosis.



(Campbell, Biology 11th , 2016)

Cell division

Figure 13.10 A comparison of mitosis and meiosis.



(Campbell, Biology 11th , 2016)

ข้อเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

ไมโทซิส	ไมโอซิส
1. โดยทั่วไปเป็นการแบ่งเซลล์ของร่างกาย เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ เพื่อการเจริญเติบโต หรือการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	1. โดยปกติทั่วไป เกิดกับเซลล์ที่จะทำหน้าที่ให้กำเนิดเซลล์สืบพันธุ์ จึงเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์
2. เริ่มจาก 1 เซลล์ แบ่งครั้งเดียวได้เป็น 2 เซลล์ใหม่	2. เริ่มจาก 1 เซลล์ แบ่ง 2 ครั้ง ได้เป็น 4 เซลล์ใหม่
3. เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น 2 เซลล์ สามารถแบ่งตัวแบบไมโทซิสได้อีก	3. เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น 4 เซลล์ ไม่สามารถแบ่งตัวแบบไมโอซิสได้อีก แต่อาจแบ่งตัวแบบไมโทซิสได้
4. การแบ่งแบบไมโทซิส จะเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ระยะไซโกต และสืบเนื่องกันไปตลอดชีวิต	4. ส่วนใหญ่จะแบ่งไมโอซิส เมื่ออวัยวะสืบพันธุ์เจริญเต็มที่แล้ว หรือเกิดในไซโกตของสาหร่ายและราบางชนิด

(Campbell, Biology 11th , 2016)

ไมโทซิส (ต่อ)	ไมโอซิส (ต่อ)
5. จำนวนโครโมโซม หลังการแบ่งจะเท่าเดิม (2n) เพราะไม่มีการแยกคู่ของโฮโมโลกัสโครโมโซม	5. จำนวนโครโมโซมจะลดลงครึ่งหนึ่งในระยะไมโอซิส เนื่องจากการแยกคู่ของโฮโมโลกัสโครโมโซม ทำให้เซลล์ใหม่มีจำนวนโครโมโซมครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม (n)
6. ไม่มีไซแนปซิส ไม่มีไคแอสมา และไม่มีครอสซิงโอเวอร์	6. เกิดไซแนปซิส ไคแอสมา และมักเกิดครอสซิงโอเวอร์
7. ลักษณะของสารพันธุกรรม (DNA) และโครโมโซมในเซลล์ใหม่ ทั้ง	7. ลักษณะของสารพันธุกรรม (DNA) และโครโมโซมในเซลล์ใหม่ อาจ

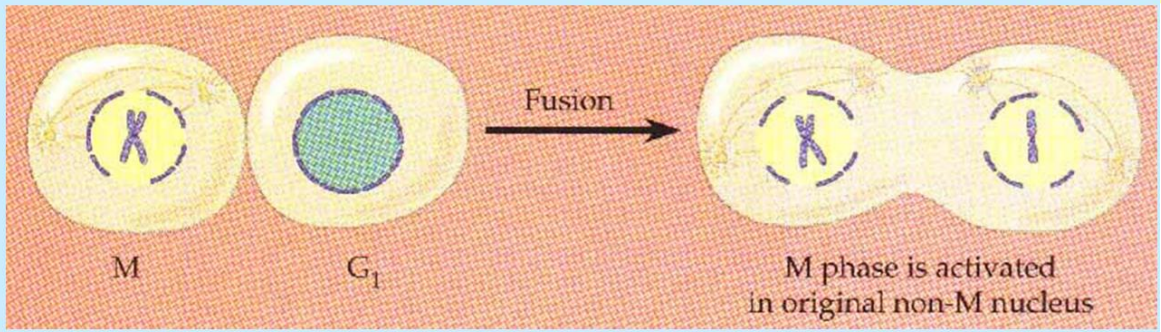
ปัจจัยที่ควบคุมการแบ่งเซลล์

- 1. การจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ นักวิทยาศาสตร์มีสมมุติฐานว่า “เมื่อโครโมโซมจำลองตัวเองใน S phase จะทำให้เกิดการเติบโตของเซลล์ในระยะ G2 ซึ่งอาจกระตุ้นให้เซลล์แบ่งตัว”

(Campbell, Biology 11th , 2016)

- 2. สารเคมีบางอย่างที่อยู่ในไซโทพลาซึม

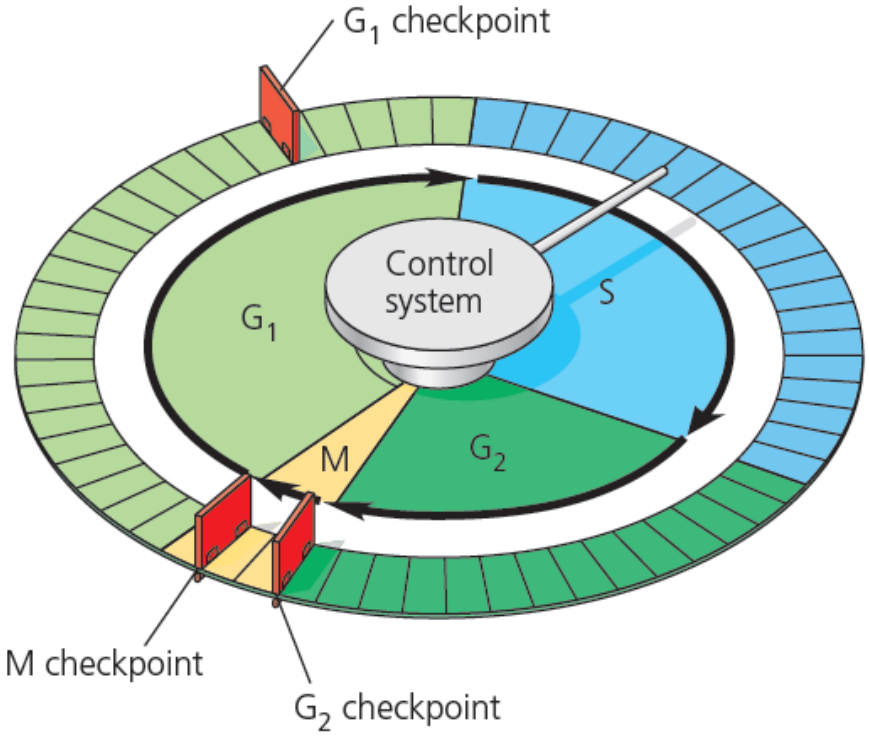
ตัวอย่างเช่น เซลล์ 2 เซลล์ที่อยู่ในระยะต่างกัน หากเอามารวมกันเป็นเซลล์เดียวที่มี 2 นิวเคลียส ถ้าเซลล์หนึ่งอยู่ในระยะ M phase และอีกเซลล์หนึ่งอยู่ในระยะ G1 phase นิวเคลียสของเซลล์ที่สองจะเข้าระยะ M phase ทันที ซึ่งถูกกระตุ้นโดยสารเคมีที่อยู่ในเซลล์แรก



Evidence for cytoplasmic chemical signals in cell-cycle regulation

(Campbell, Biology 11th , 2016)

- 3. ในช่วงวงจรชีวิตของเซลล์มี checkpoint 3 แห่ง เป็นสัญญาณบอกว่าเซลล์จะแบ่งตัวหรือไม่ ได้แก่ G1 checkpoint, G2 checkpoint และ M checkpoint



(Campbell, Biology 11th , 2016)

- 4. ปัจจัยภายนอกเซลล์อื่นๆ

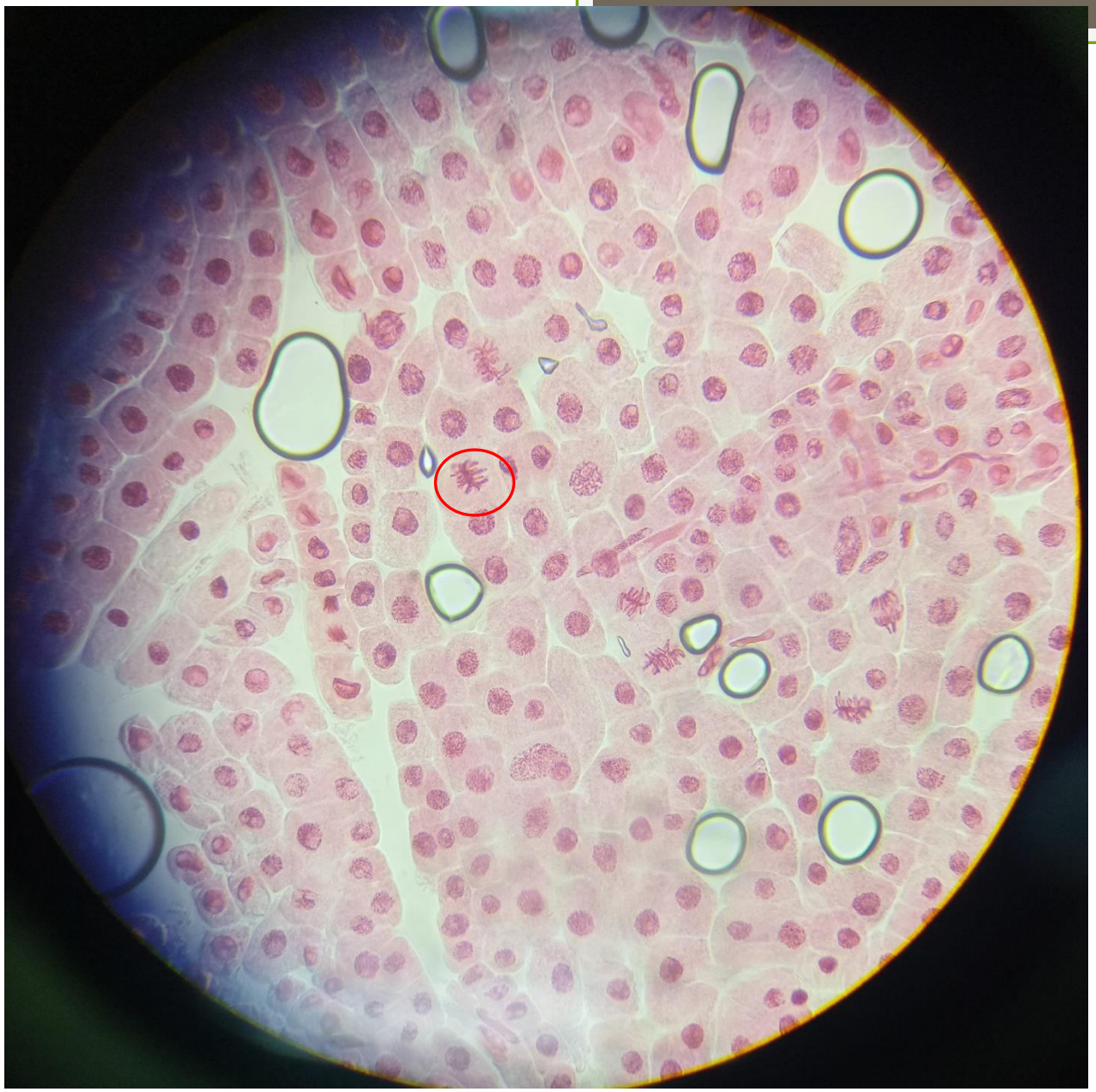
จากเทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์ นักวิทยาศาสตร์ค้นพบปัจจัยภายนอกเซลล์หลายอย่าที่มีผลต่อการแบ่งเซลล์ เช่น

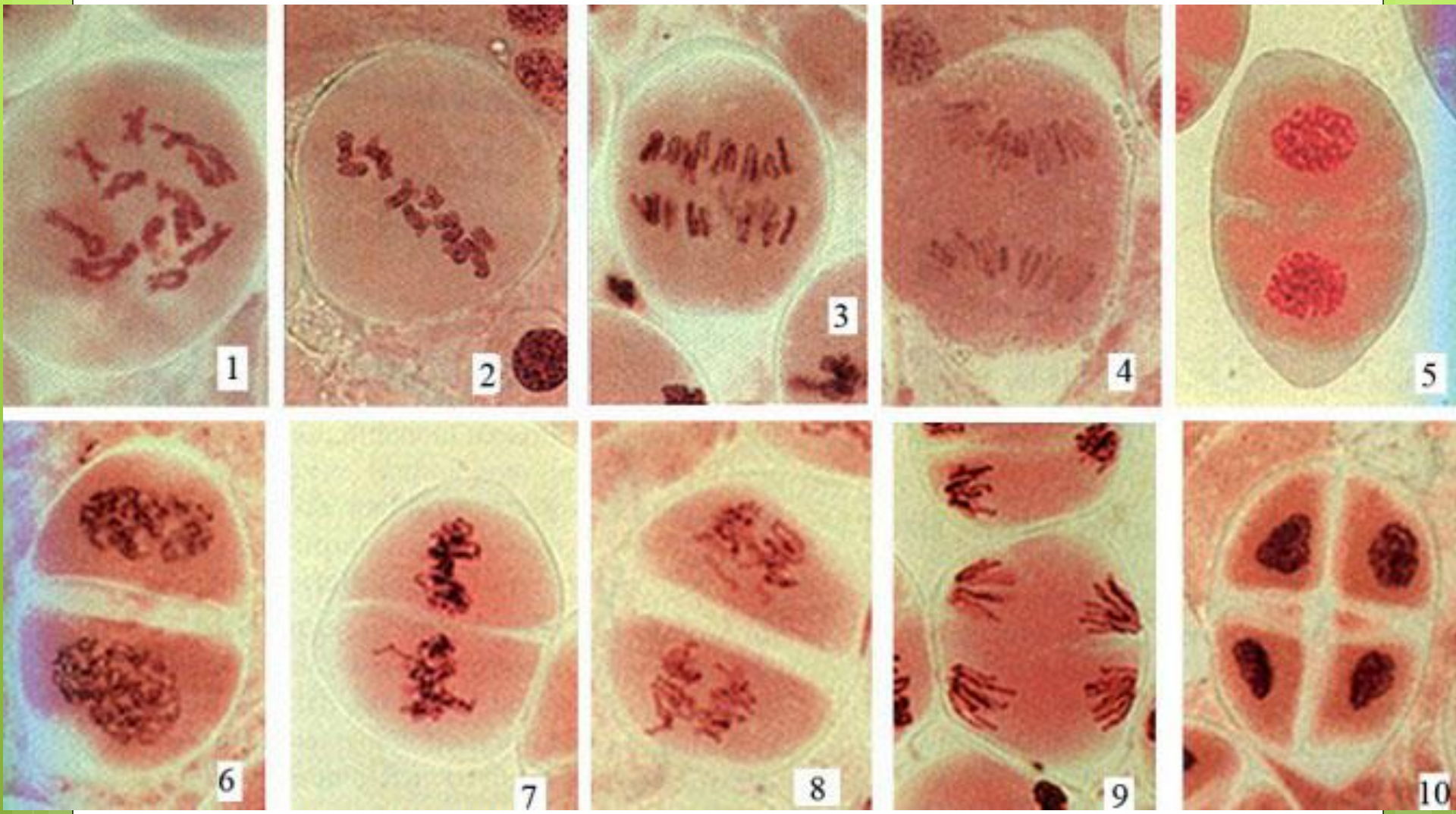
-สารอาหารที่จำเป็น

-อาหารเลี้ยงเซลล์ที่มีโปรตีนกระตุ้นการแบ่งเซลล์

-ความหนาแน่นของเซลล์ เซลล์จะแบ่งตัวจนกระทั่งเต็มช่องว่างนั้นก็จะหยุดแบ่งเซลล์

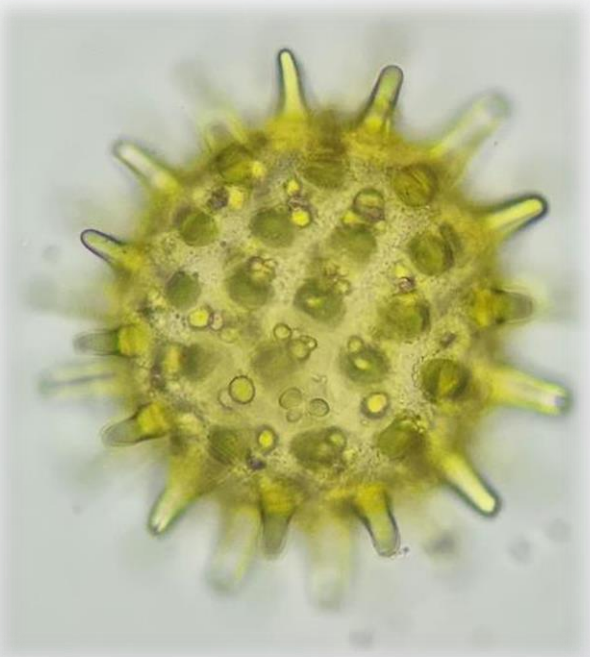
-การที่เซลล์จะแบ่งตัว เซลล์ต้องสัมผัสกับพื้นผิว





https://express.adobe.com/page/ZcjiLAY2PslCI/

Chapter 2 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในพืชดอก



Flowering Plant Life Cycle

Hoefnagels. Biology the essentials 3rd edition.2019

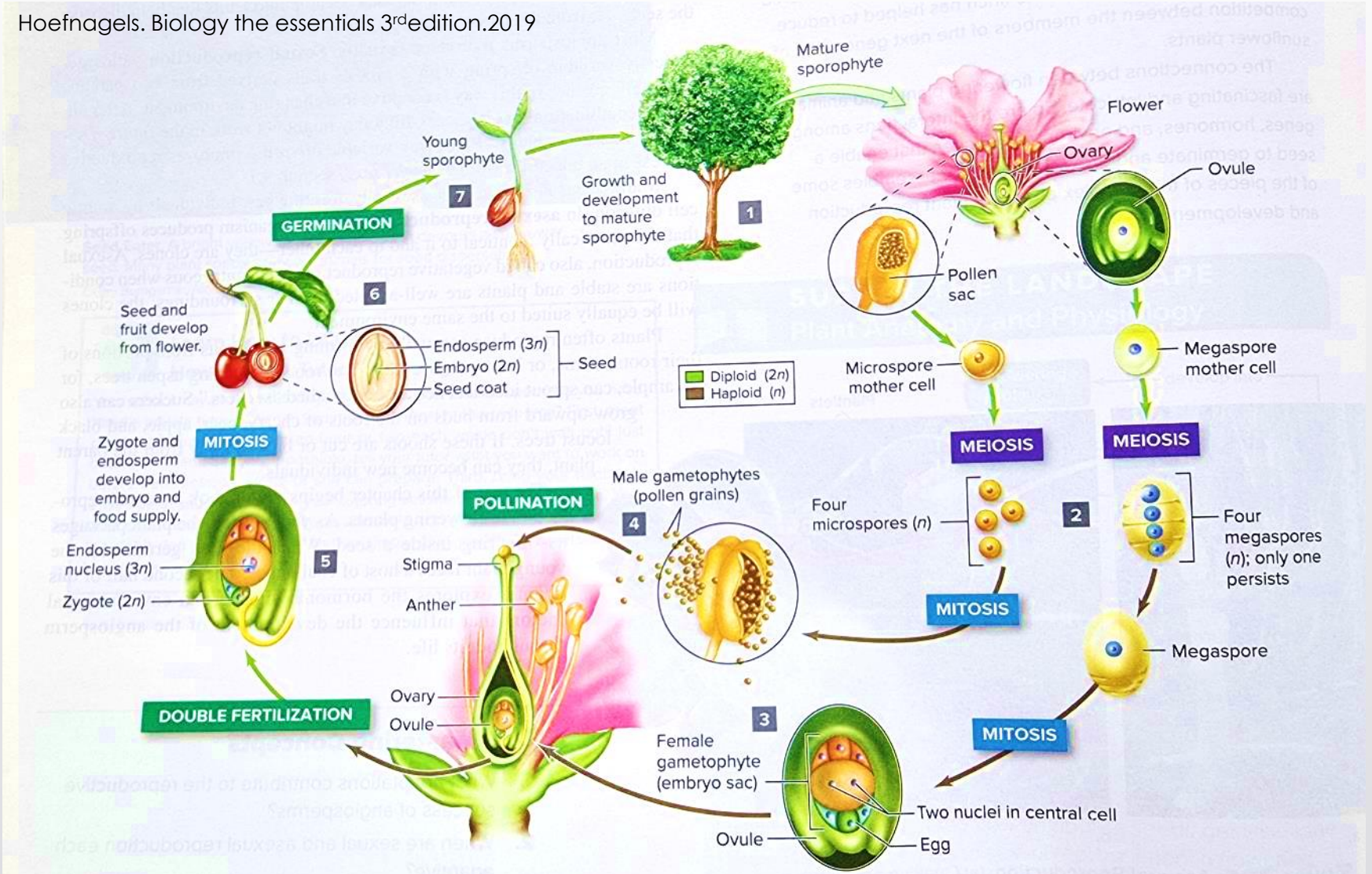


Figure 22.2 **Flowering Plant Life Cycle.** (1) Cells in a flower undergo (2) meiosis to produce microspores and megaspores, which (3, 4) develop into the gametophytes that produce sperm and egg cells. (5) Fertilization yields the diploid zygote and triploid endosperm. (6) The resulting seeds are enclosed in fruits. (7) Seed germination reveals the young sporophyte.

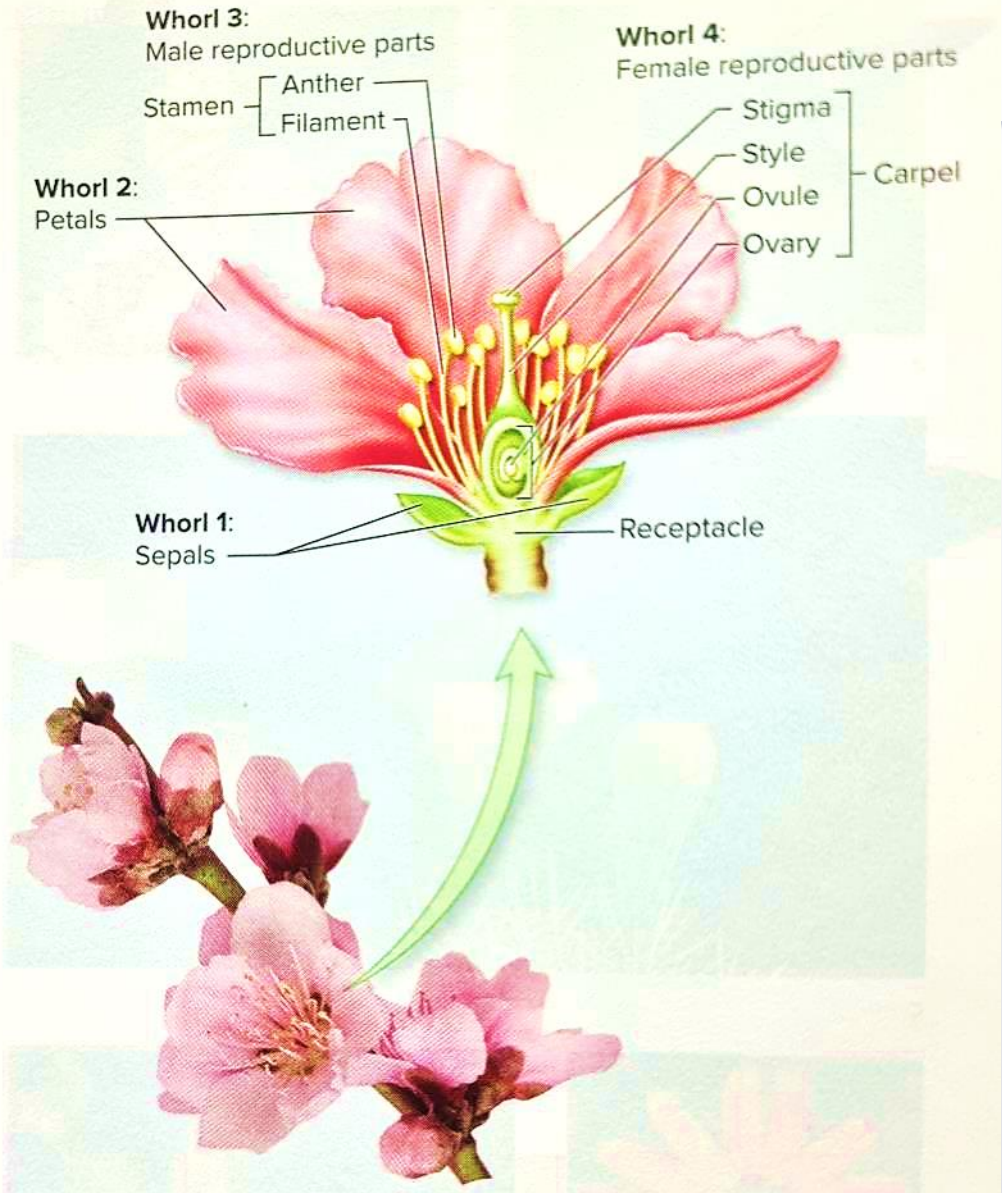


Figure 22.3 **Parts of a Flower.** A cross section of a complete flower reveals four whorls: sepals, petals, stamens (male reproductive parts), and one or more carpels (female reproductive parts).

Photo: ©Burke/Triolo Productions/Getty Images RF

Flowers are Reproductive Organs

A cherry blossom

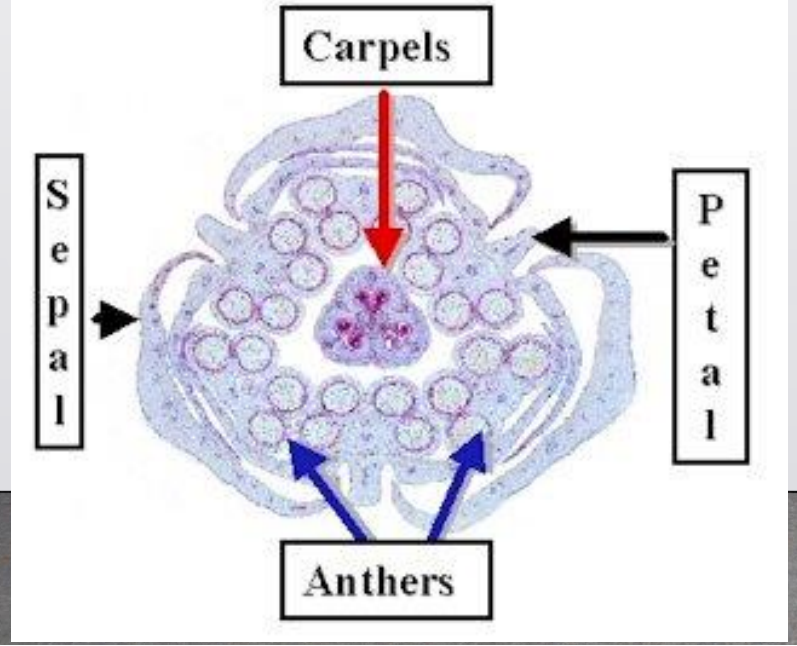
A part of the floral stalk called the receptacle is the attachment point for four types of structures, all of which are modified leaves.

The outermost whorl (ring of parts) consists of sepals, which are leaflike structures that enclose and protect The inner floral parts.

Next is a whorl of petals, which often (but not always) Have bright colors that attract pollinators.

The sepals and petals do not play a direct role in sexual reproduction.

***Helleborus foetidus* cross-section. Simon Garbutt.**



The two innermost whorl of a flower.

The male flower part consist of stamens, which are filaments that bear pollen-producing bodies called anthers at their tips.

The female part at the center of flower is composed of one or more carpels. The base of each carpel is called an ovary, and it encloses one or more egg-bearing ovules. The upper part of each carpel is a stalklike stye that bears a structure called a stigma at its tip. Stigma receive pollen.

https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Botany/The_Science_of_Plants_-_Understanding_Plants_and_How_They_Grow_%28Michaels_et_al.%29/14%3A_Variation_and_Plant_Breeding/14.01%3A_Gametogenesis

Male gametophyte

The functions of the gametophytes are the production of the sperm cells and the female cells, and their union in fertilization. In flowering plants, the pollen grain is the male gametophyte and the embryo sac is the female gametophyte.

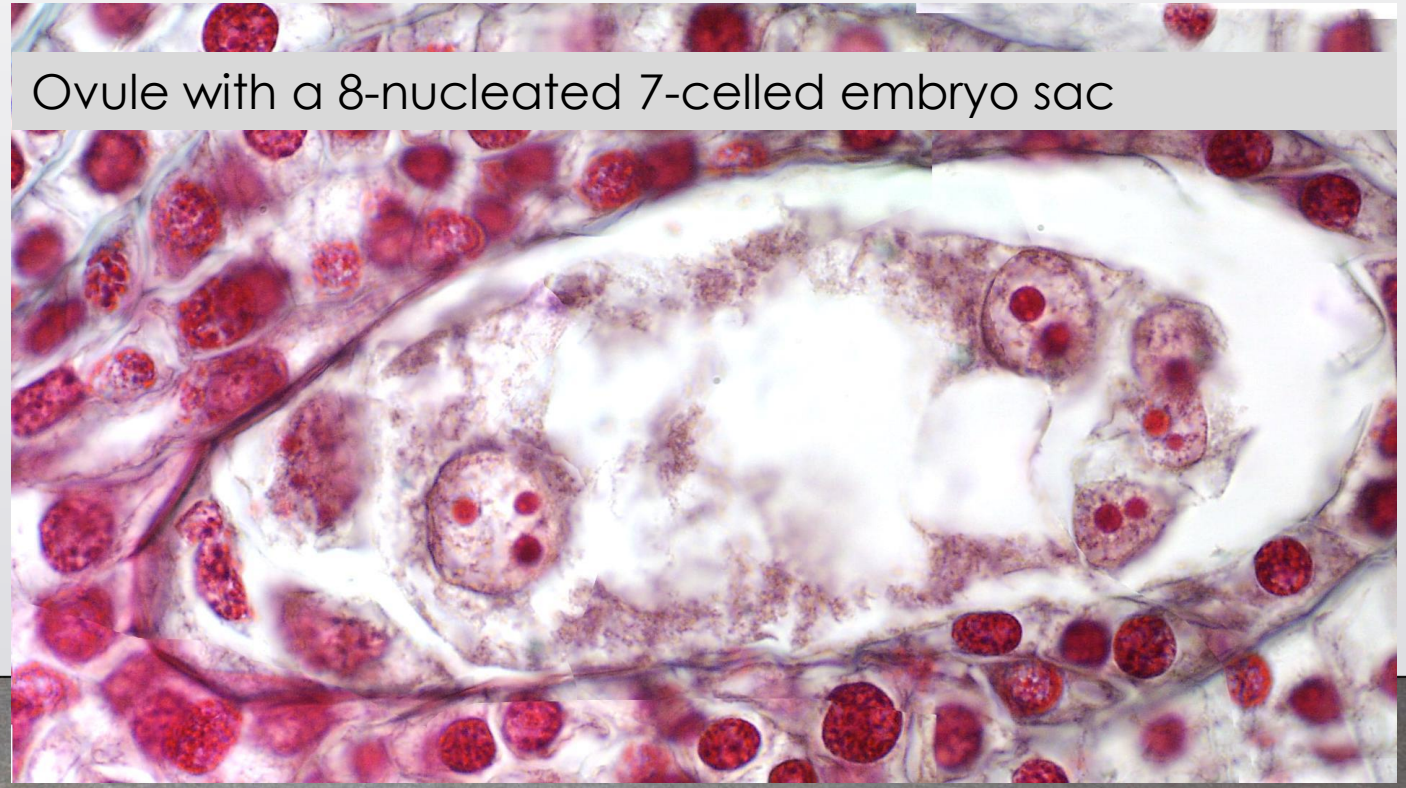
Anther and pollen grains of a bird of paradise shrub (*Caesalpinia gilliesii*) Dr. Walter Ferrari

https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2021-photomicrography-competition/anther-and-pollen-grains-of-a-bird-of-paradise-shrub

Mature embryo sac of Lilium

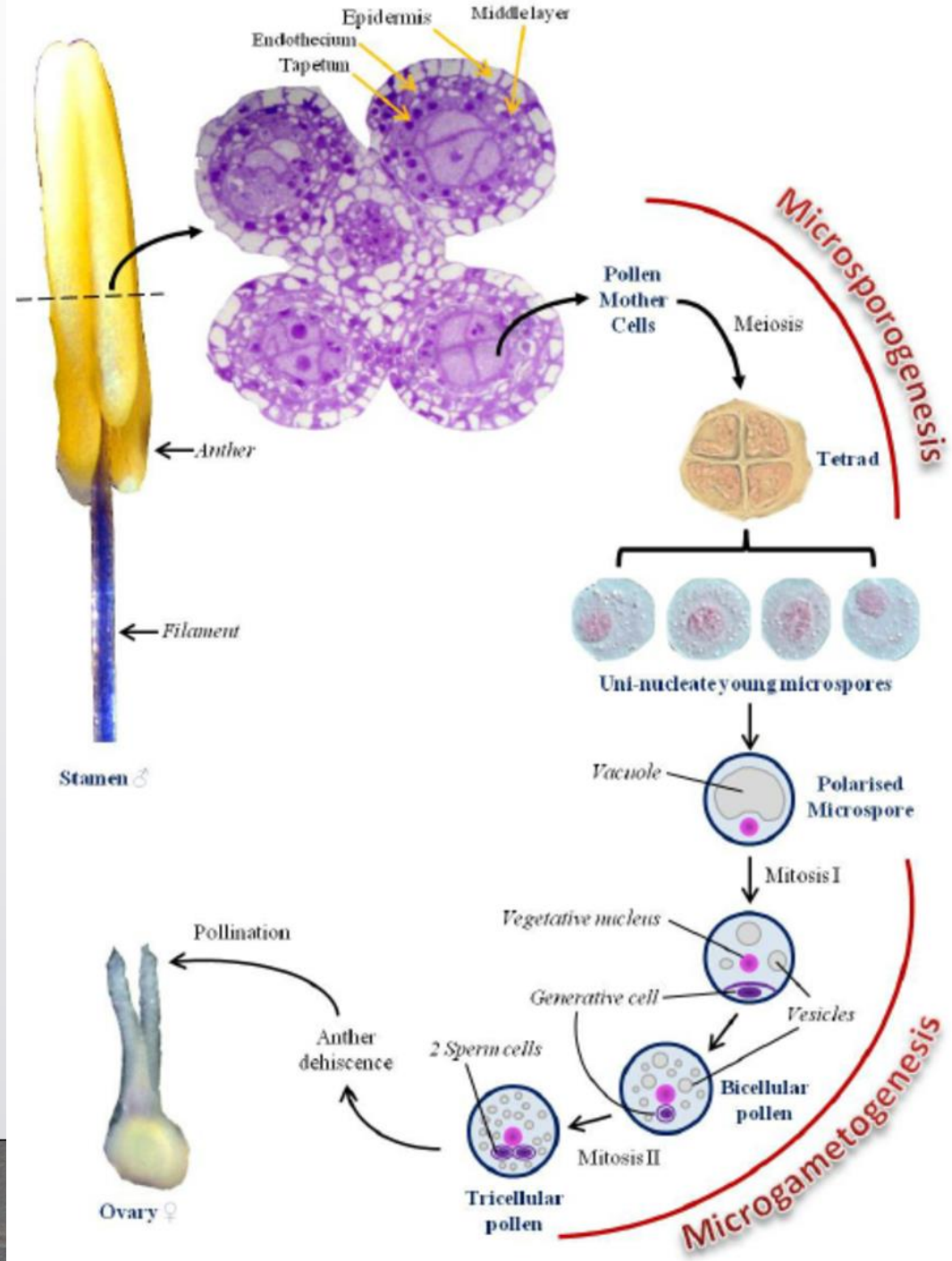
Clayton, Michael W.

Ovule with a 8-nucleated 7-celled embryo sac



https://search.library.wisc.edu/digital/AAWLPRZIKKLKUS9C#dci-item-details

Male gametophyte



MICROSPOROGENESIS

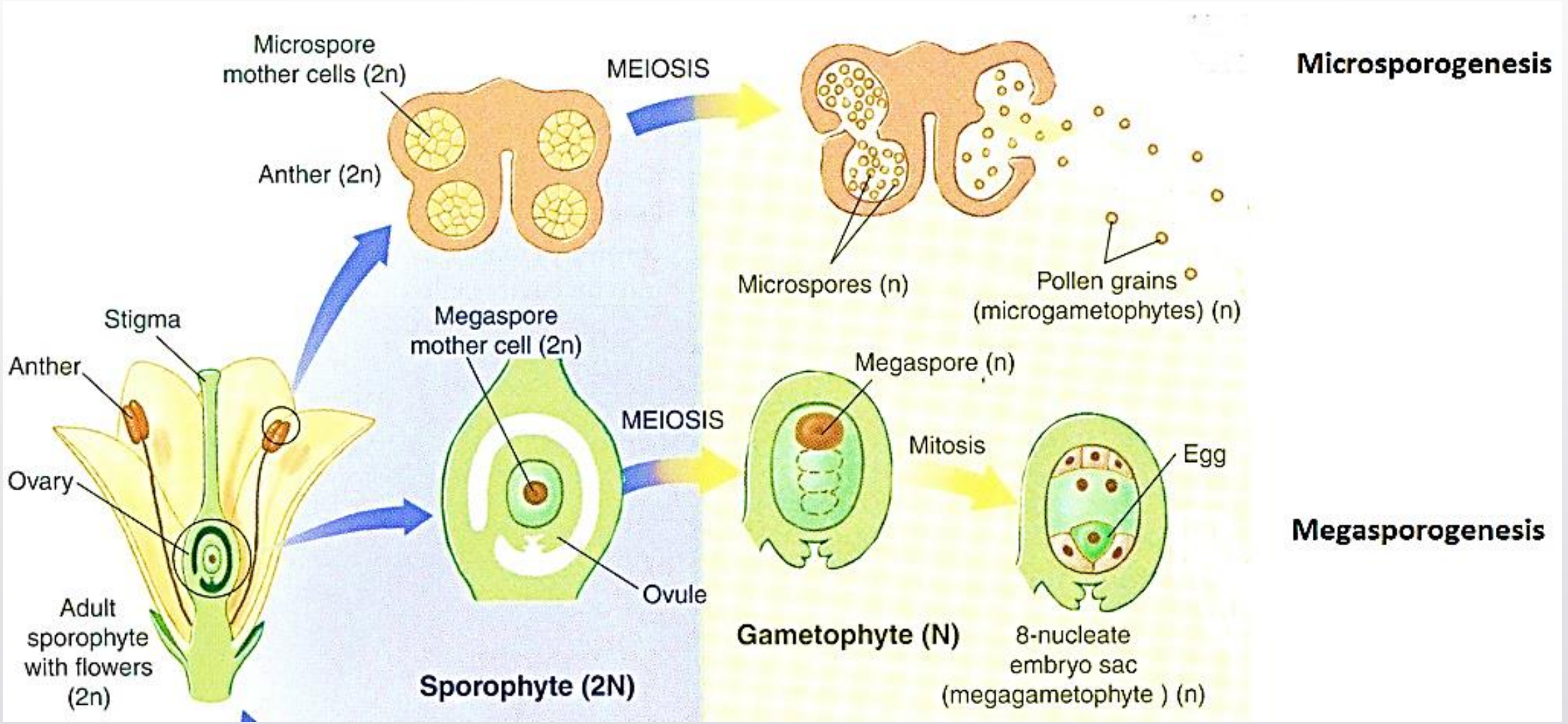
Sex organs and Development

- Any adult angiosperm plants are diploid sporophytes.

They produce haploid spored by meiosis.

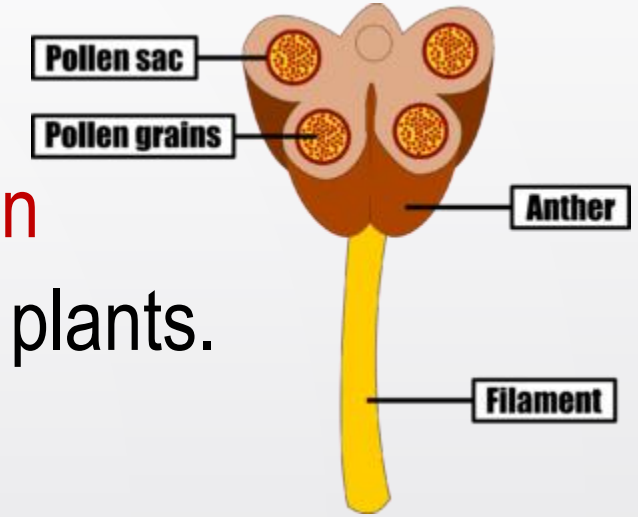
This is called sporogenesis.

- Spores are of two kinds namely microspores (male spores or pollen grains) and megaspores (female spores).
- The formation of microspores is called microsporogenesis while formation of megaspores is called megasporogenesis.

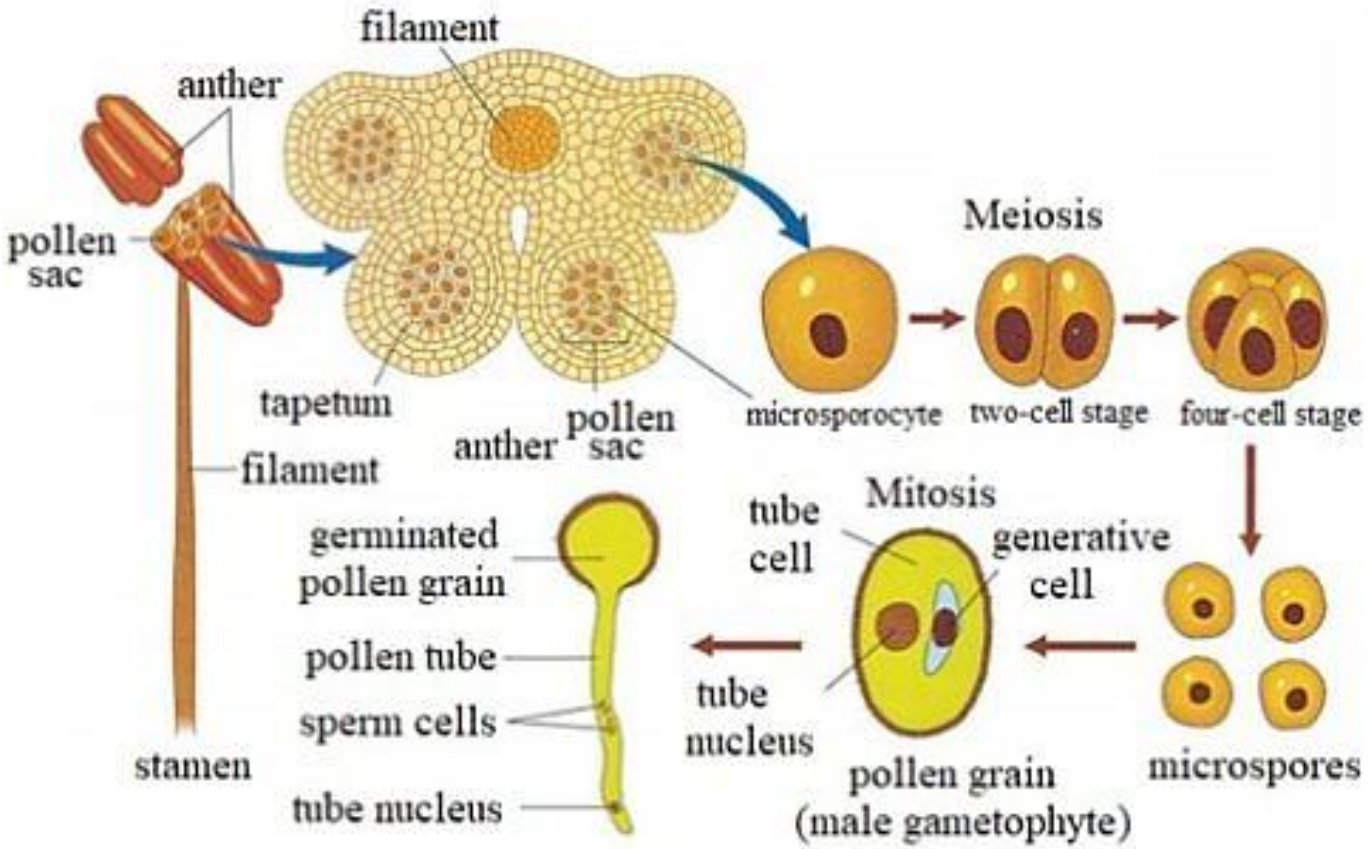


https://www.meritnation.com/ask-answer/question/what-is-the-complete-process-of-microsporogenesis-amd/sexual-reproduction-in-flowering-plants/10539565

microsporogenesis

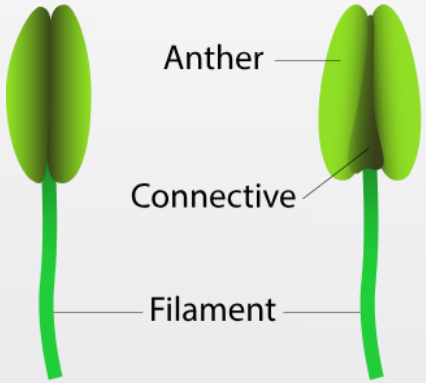


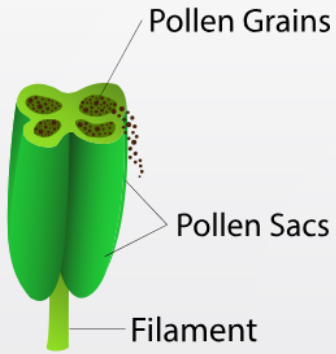
- Microsporogenesis The formation of microspores or pollen grains inside the microsporangia or (pollen sacs) of seed plants.
- A diploid cell in the microsporangium (s), called a microsporocyte or a pollen mother cell (microspore mother cell), which undergoes meiosis division and gives rise to four haploid microspores.
- Each microspore then develops into a pollen grain (the microgametophyte).


filament
anther
pollen sac
tapetum
anther
pollen sac
filament
stamen
Meiosis
microsporocyte
two-cell stage
four-cell stage
microspores
Mitosis
tube cell
generative cell
tube nucleus
pollen grain (male gametophyte)
germinated pollen grain
pollen tube
sperm cells
tube nucleus

Structure of Stamen, Anther, Pollen Sac and Pollen Grain in Plants

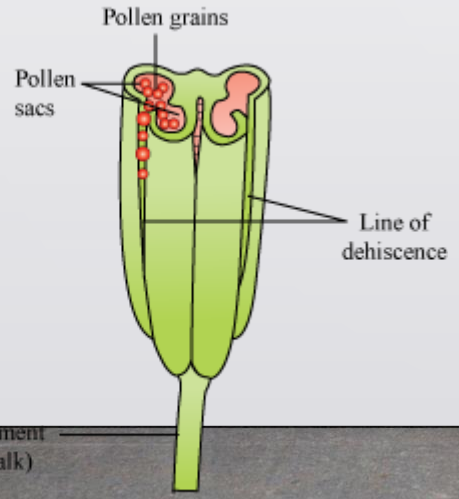
Structure of Anther





Stamen

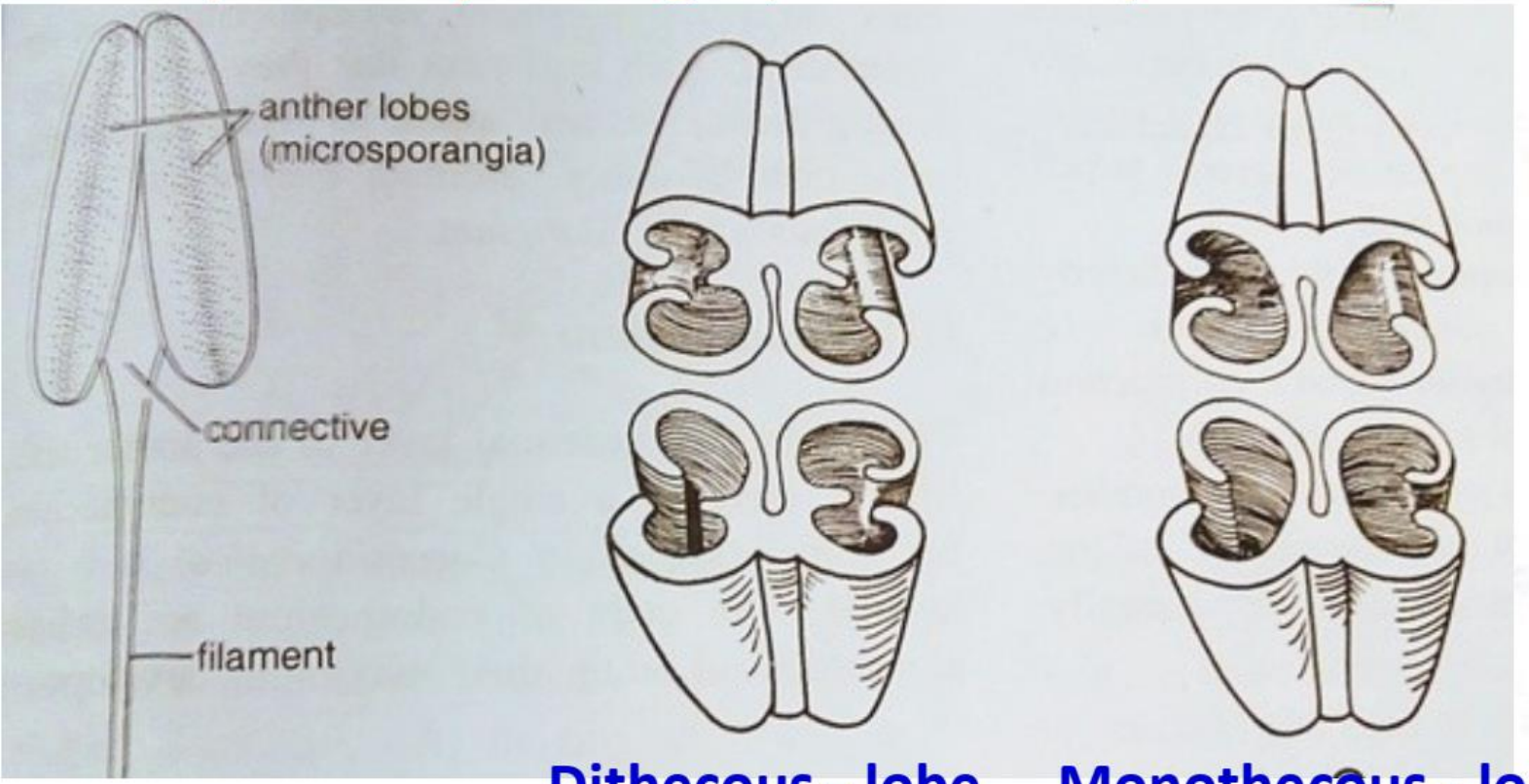
Section of anther



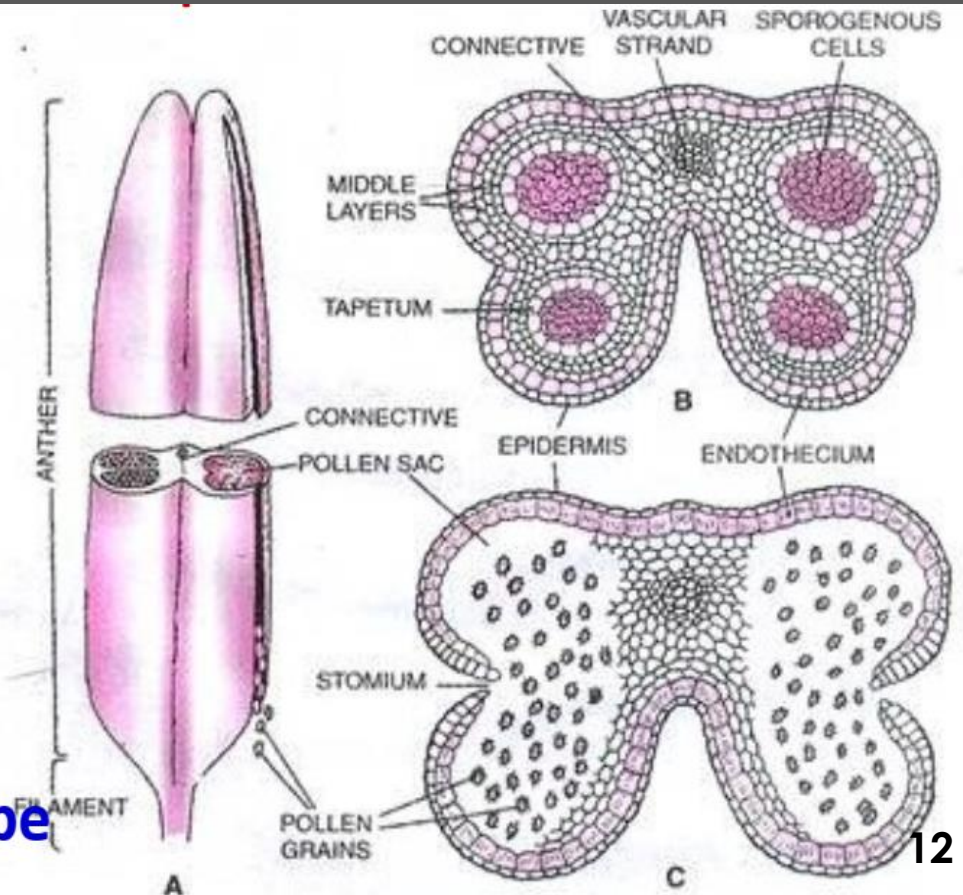
(a) The Stamen:

- Stamen in a flower consists of two parts, the long narrow stalk
- like filament and upper broader knob-like bi-lobed anther.
- The proximal end of the filament is attached to the thalamus or
- petal of the flower.
- The number and length of stamens vary in different species.

- (b) Structure of anther:
- A normal bithecous or dithecous anther is made up of two anther lobes, which are connected by a strip of sterile part called connective.
- Two anther lobes contain four elongated cavities or pollen sacs (microsporangia) in which pollen grains are produced.

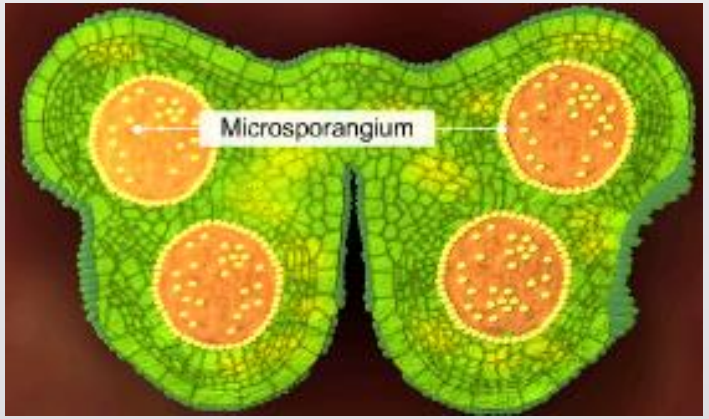


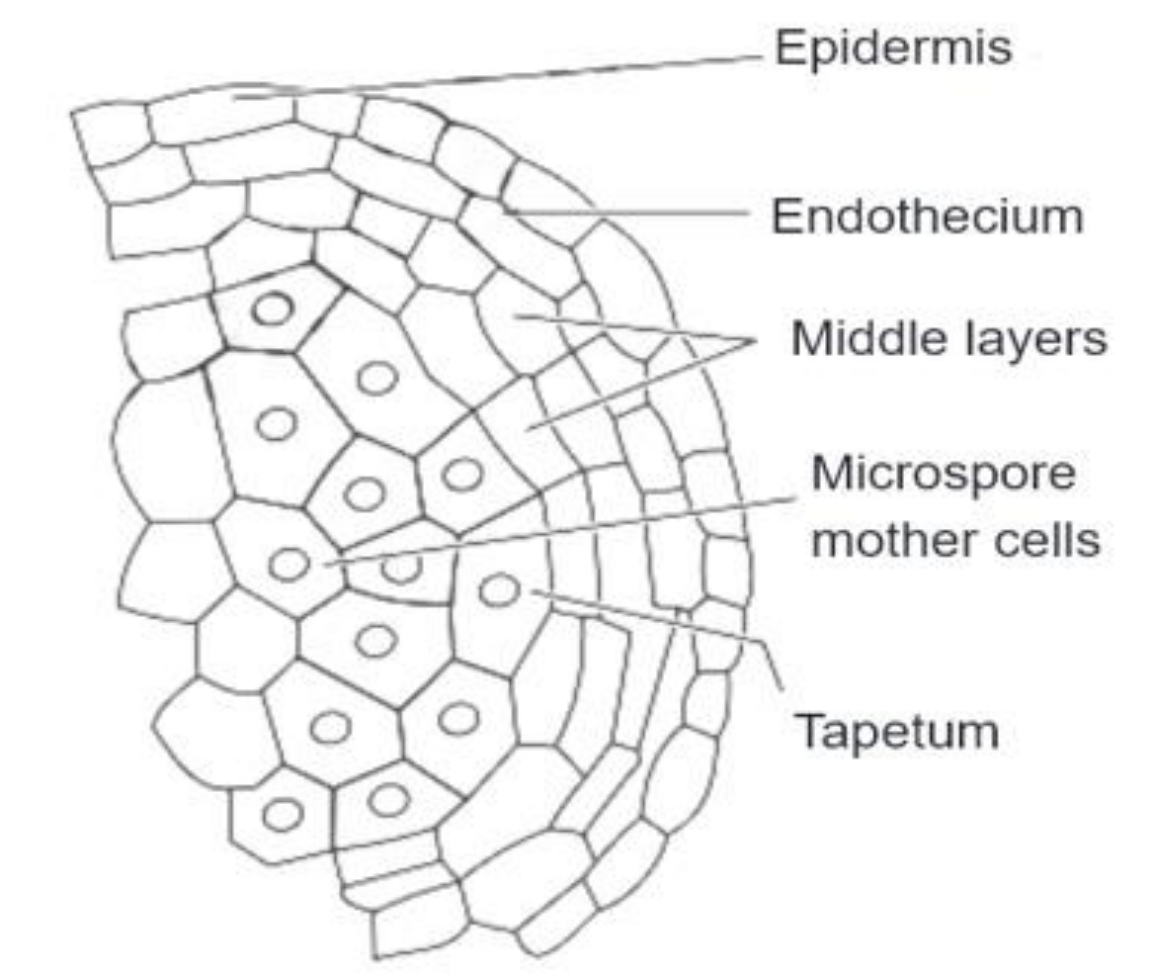
Dithecous - lobe Monothecous - lobe

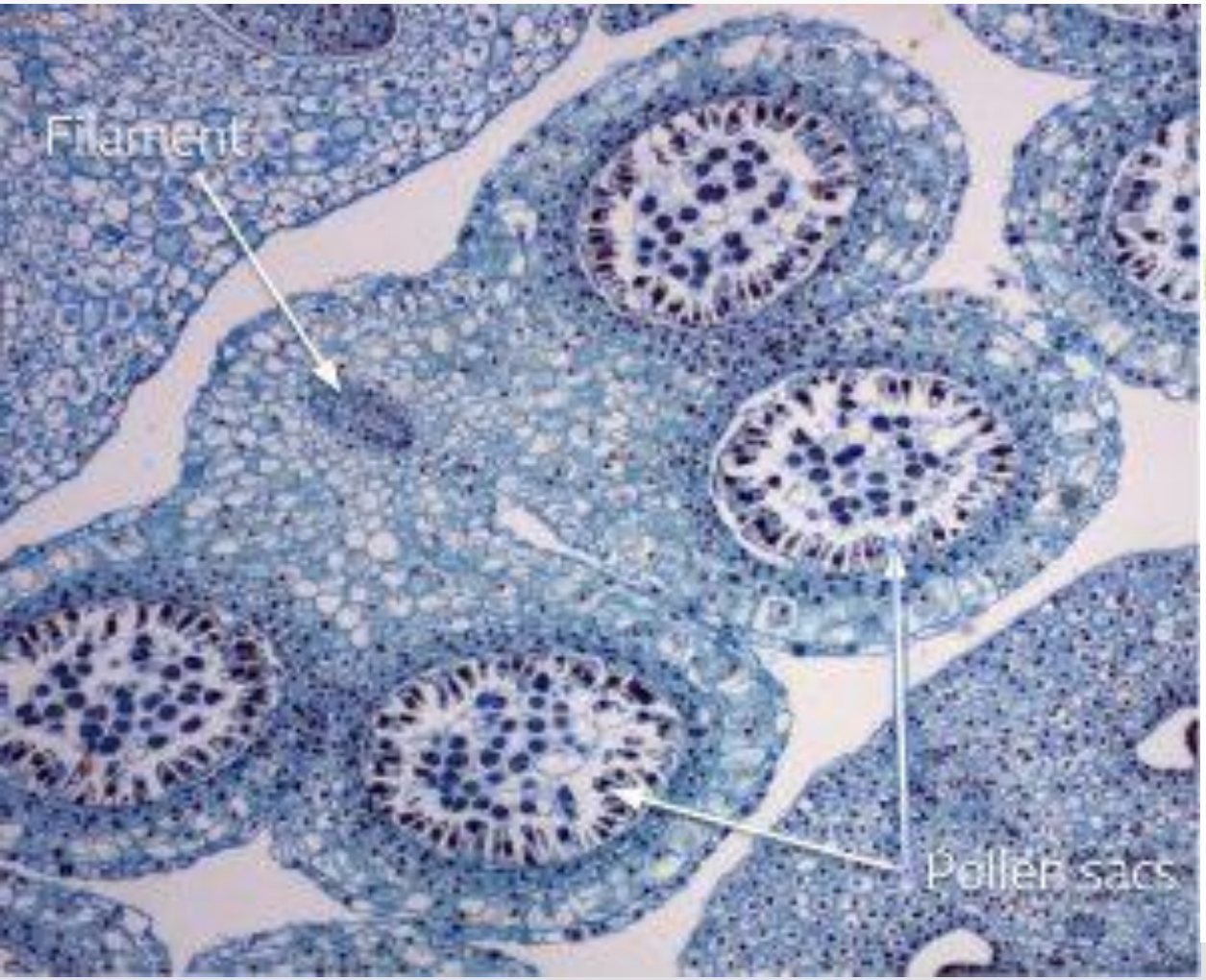


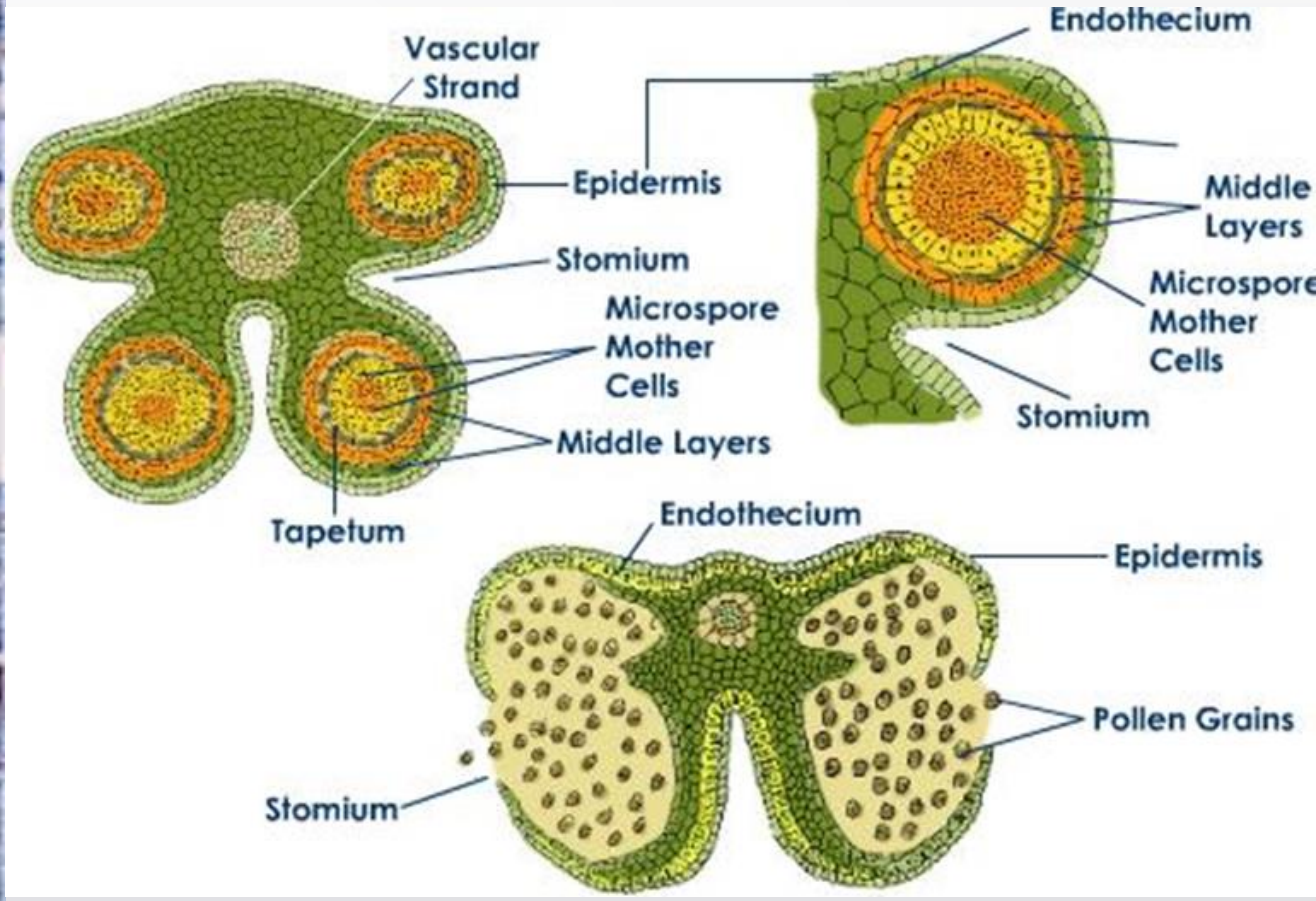
A microsporangium is circular and which surrounded by 4 layers

- 1. Epidermis
- 2. Endothecium
- 3. Middle layers
- 4. Tapetum



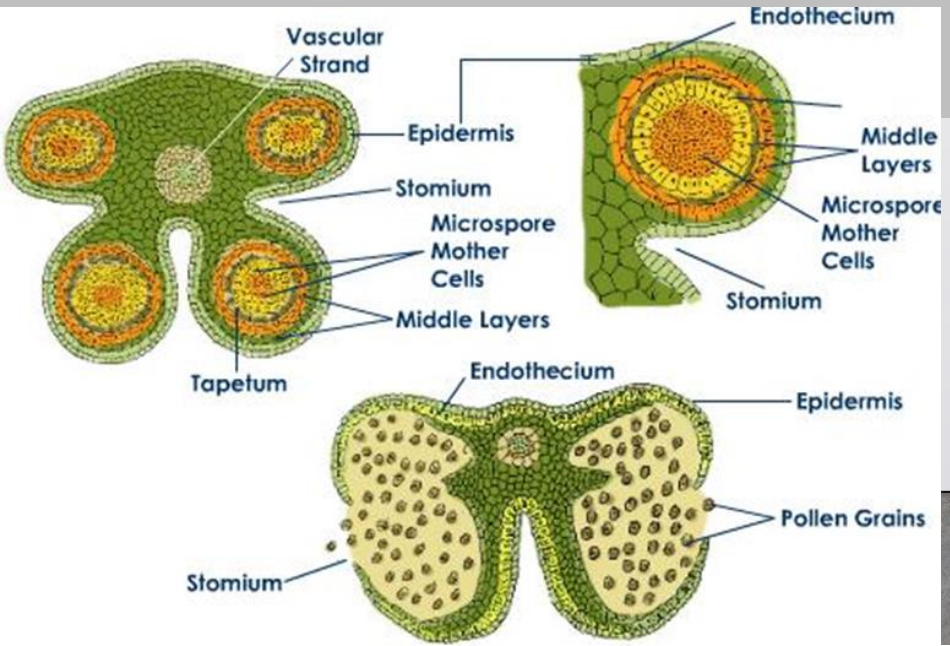



Filament
Pollen sacs

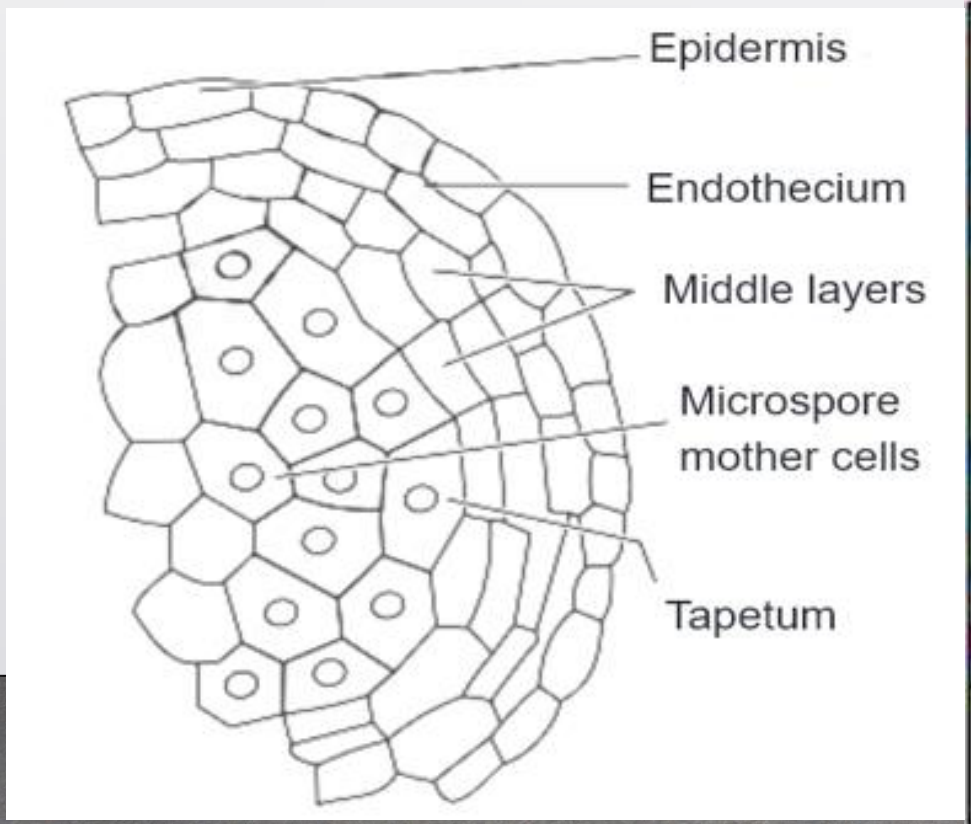

Vascular Strand
Epidermis
Stomium
Microspore Mother Cells
Middle Layers
Tapetum
Endothecium
Middle Layers
Microspore Mother Cells
Stomium
Endothecium
Epidermis
Pollen Grains
Stomium

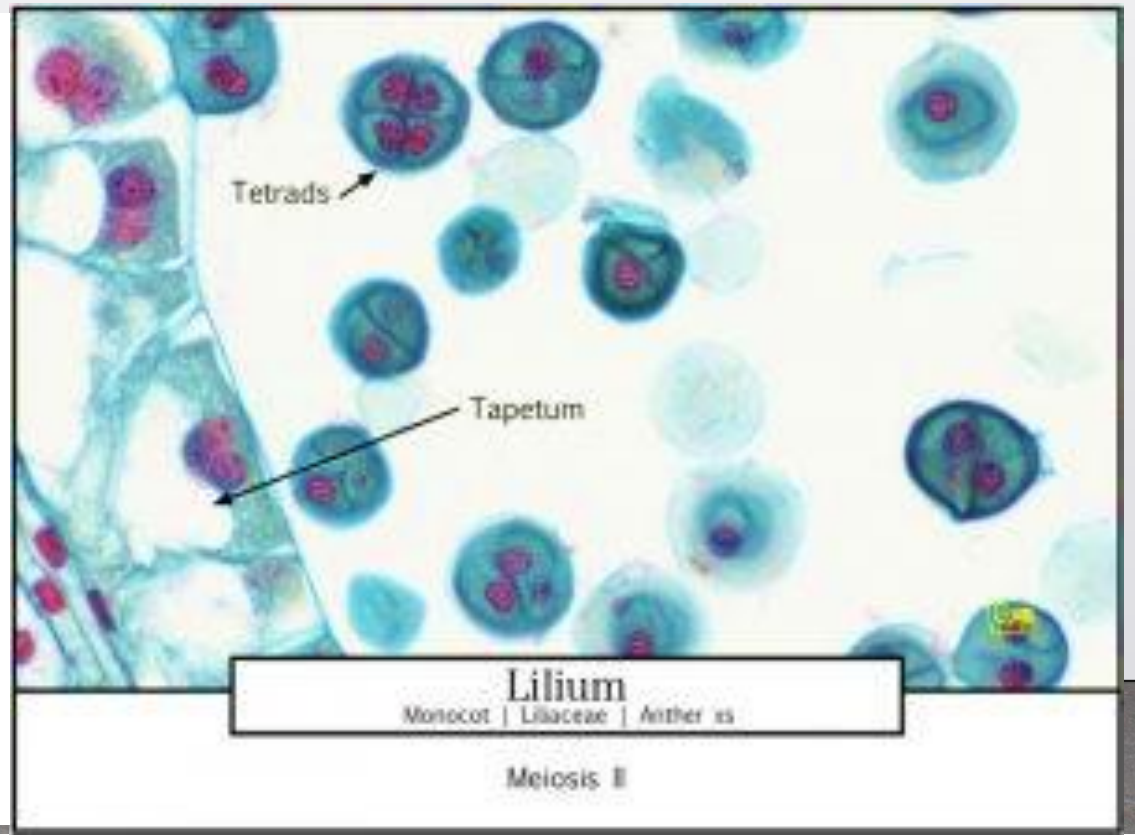
(c) Structure of microsporangium (pollen sac)

- Cross section of young anther reveals that presence of outermost single layer epidermis.
- Below the epidermis layer is called endothecium or fibrous layer.
- Stomium is present at the junctions of two pollen sacs for releasing pollen grains.
- Below the endothecium, there are 1-3 middle layers which are parenchyma cells.

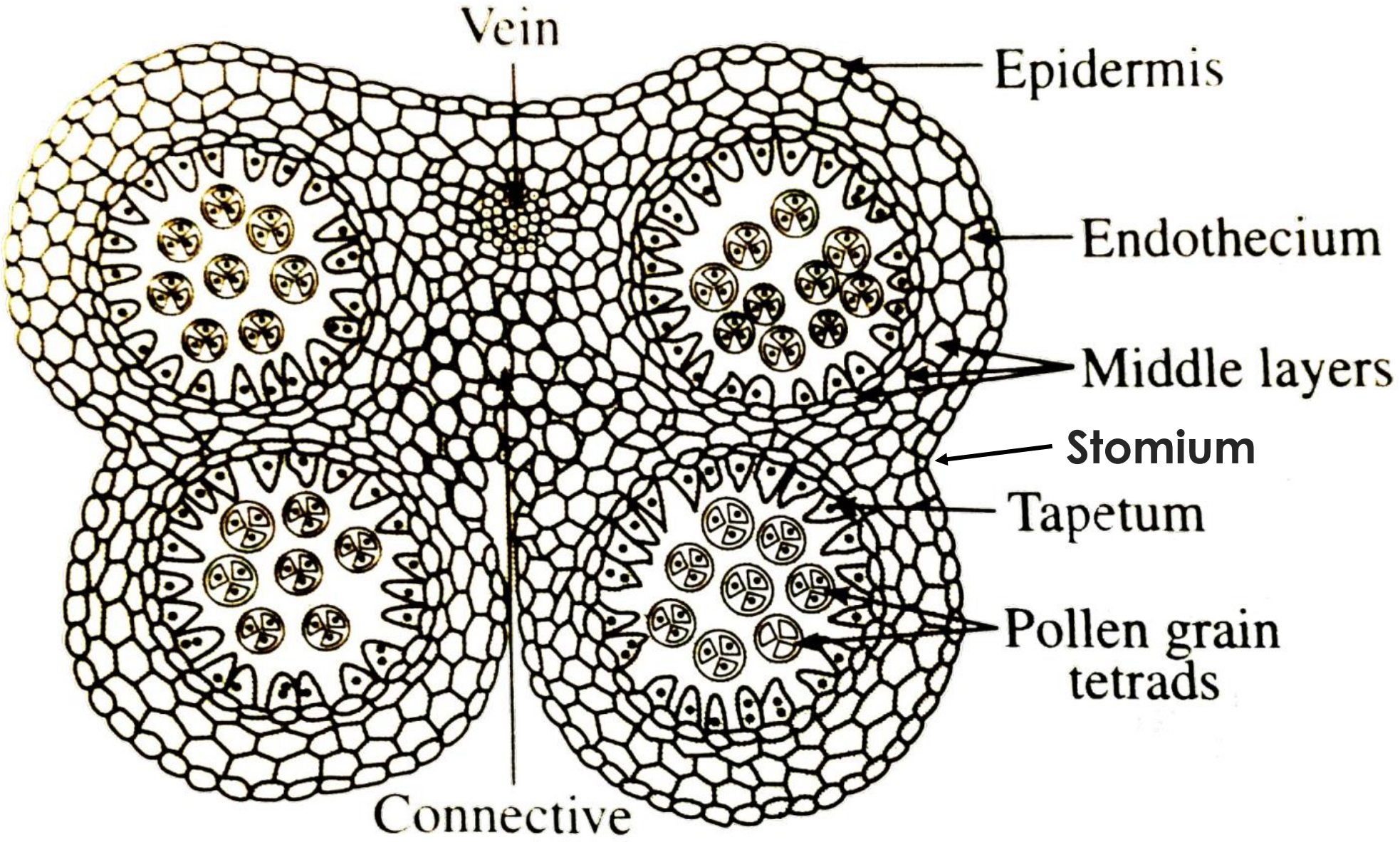


- **The cells of innermost wall layer are radially elongated and rich in protoplasmic layer as called Tapetum.**
- **The tapetum forms the nutritive tissue nourishing the developing microspores (pollen grains).**
- **The cells of tapetum may be multinucleate or may have large polyploid nucleus.**





Mature Anther - T.S



Development of anther and microsporogenesis:

Young anther has a mass of meristematic homogeneous cells covered by a single outer meristematic layered as epidermis.

A mass of hypodermal cells become large sized, radially elongated and prominent at the four corners of the young anther.

These cells are called Archesporial cells.

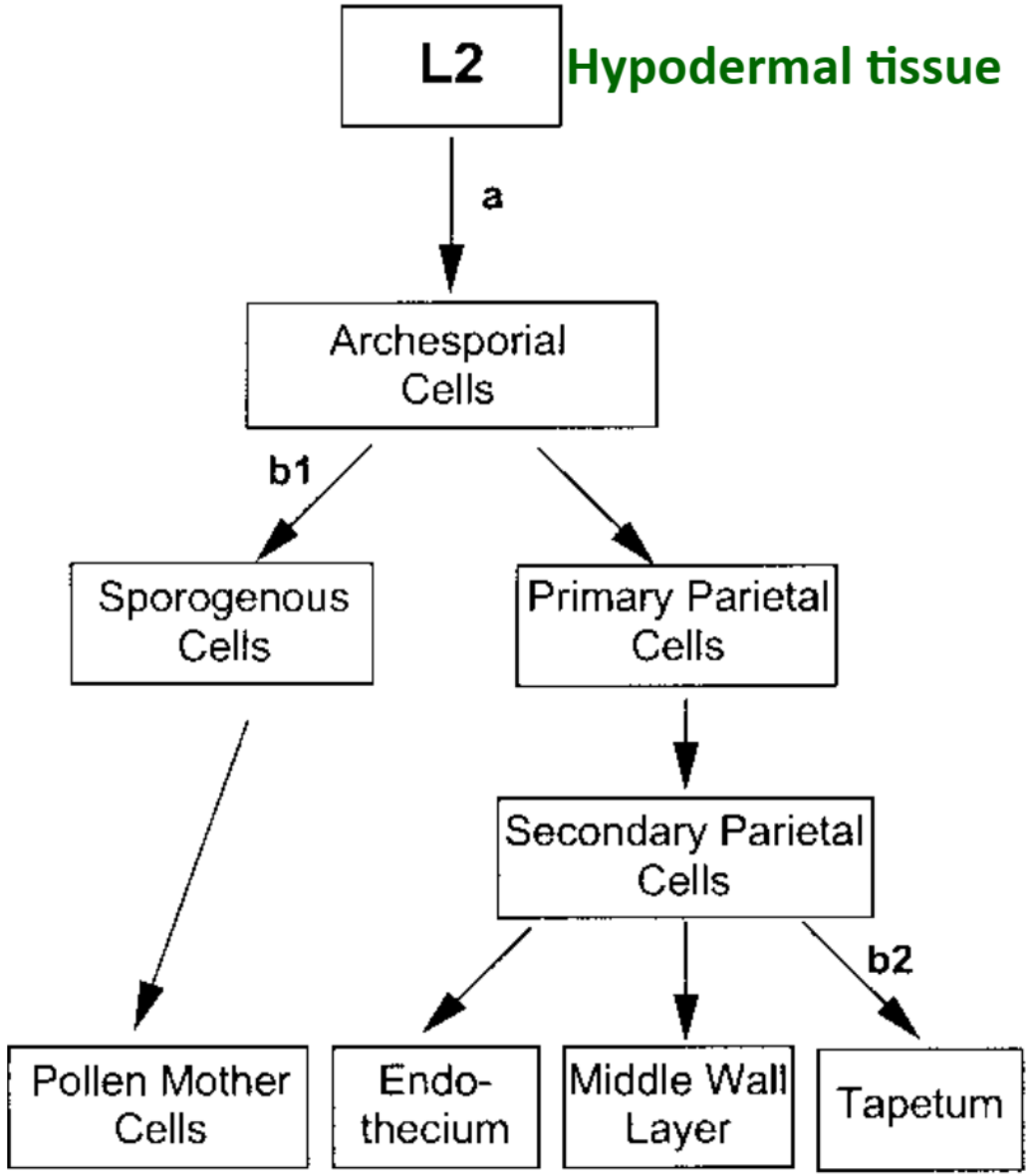
Archesporial cells divide by periclinal division to form two layers cells

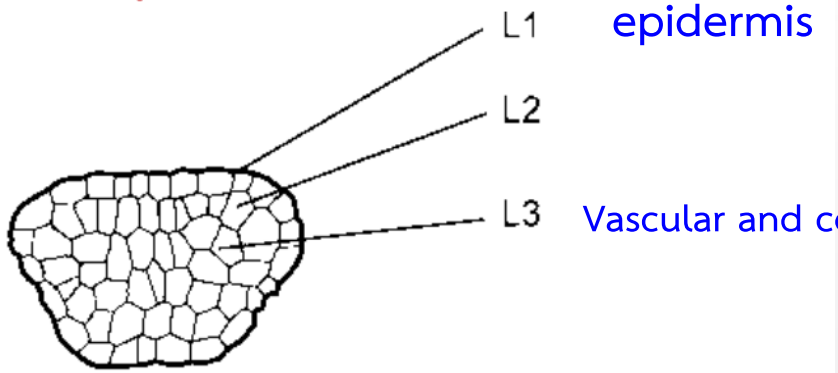
Outer - primary parietal layer (PPL)

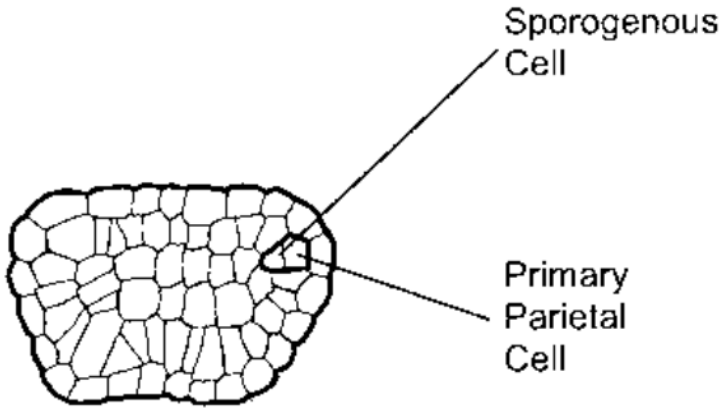
Inner - primary sporogenous layer (PSL)

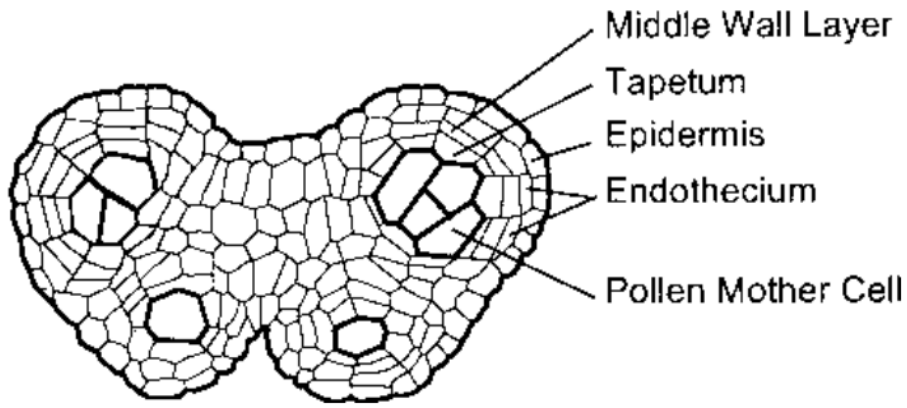
Cells of the PPL divide by many anticlinal and periclinal divisions to form a multilayered (2-5 layers) anther wall.

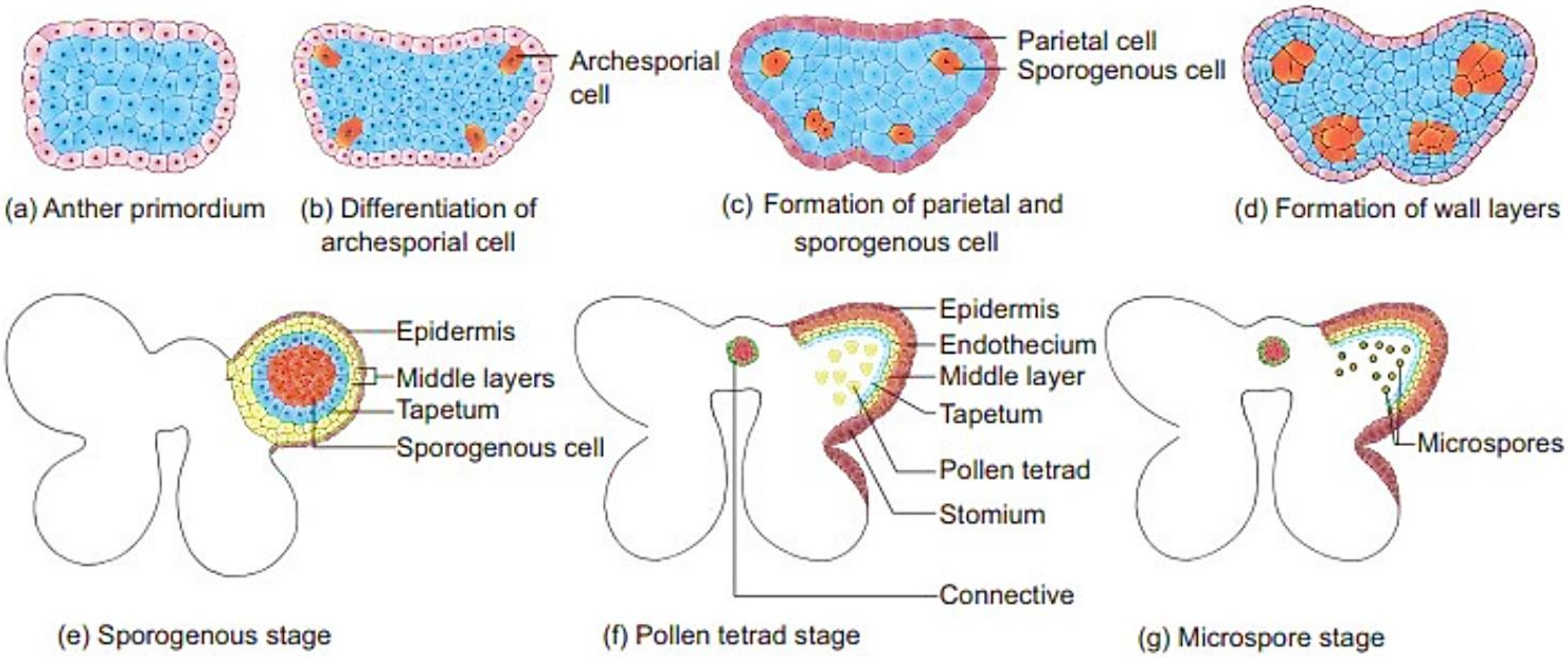
Development of microsporangium and microspores :

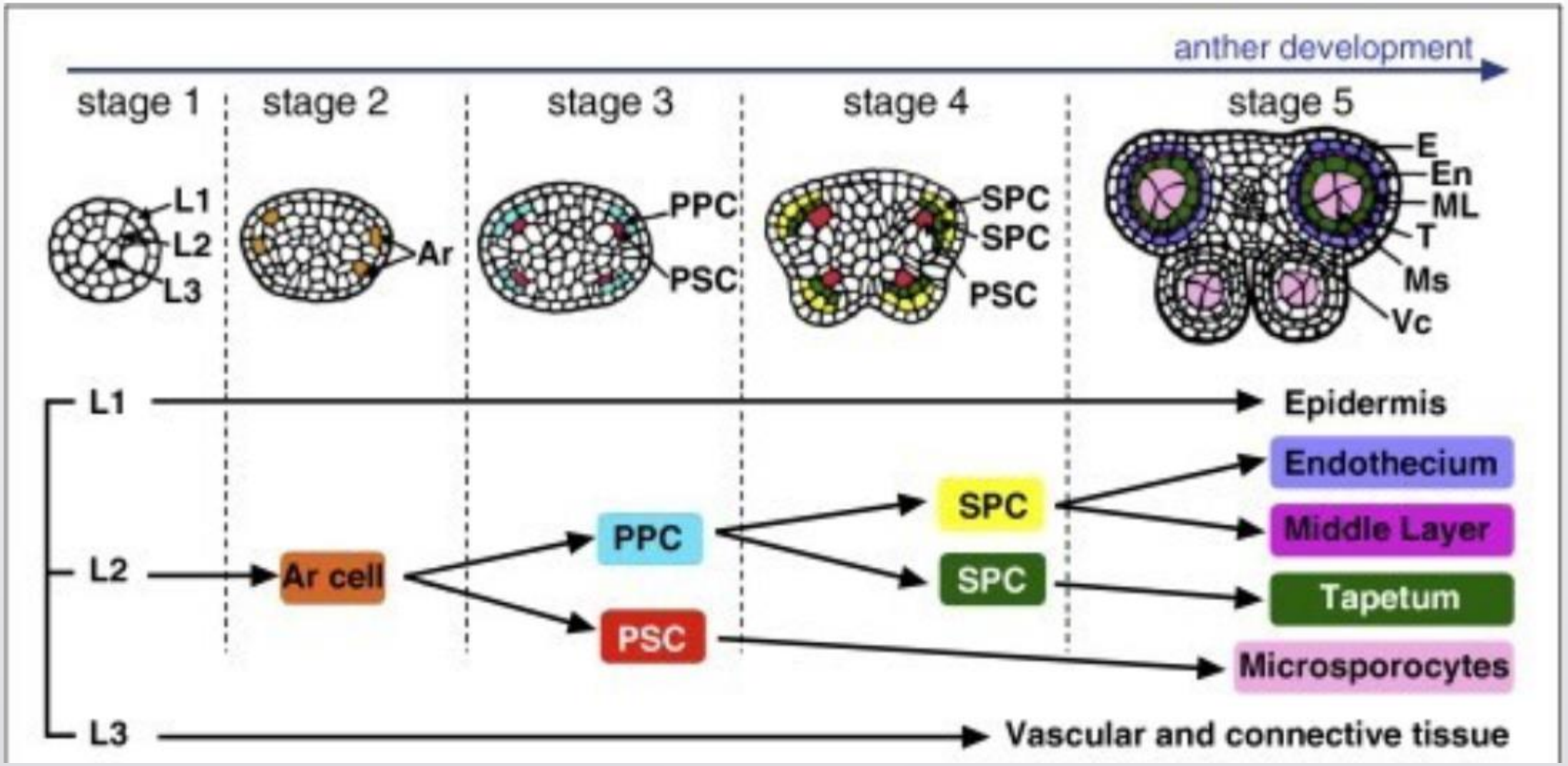




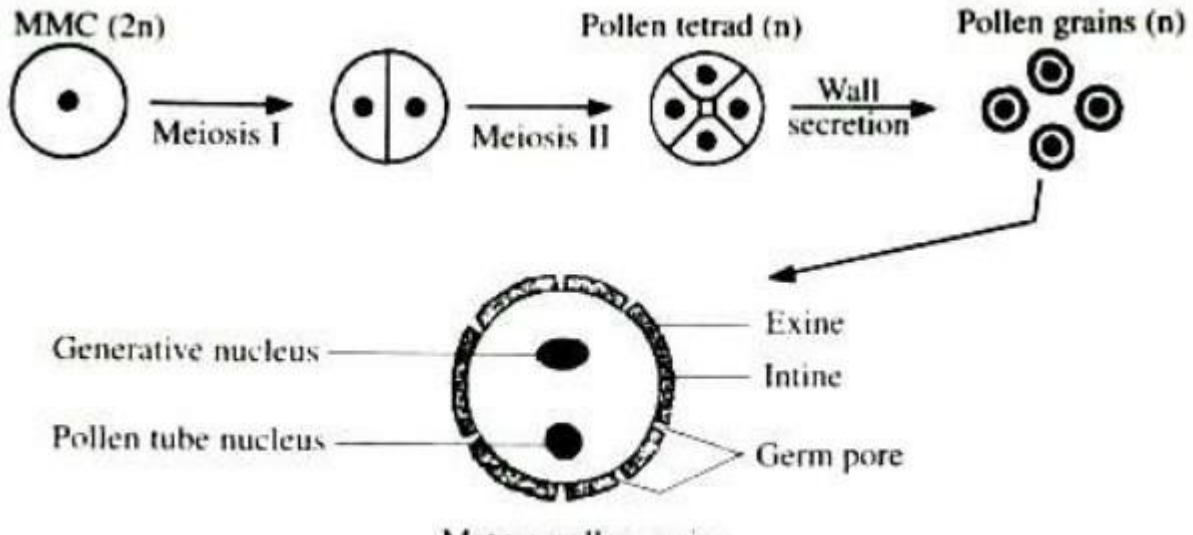




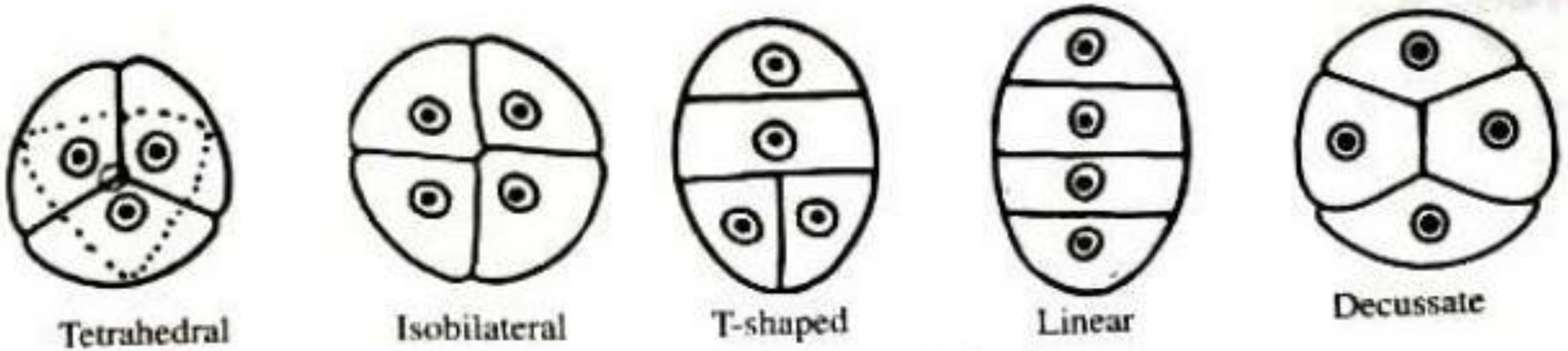

Archesporial cell
Parietal cell
Sporogenous cell
(a) Anther primordium
(b) Differentiation of archesporial cell
(c) Formation of parietal and sporogenous cell
(d) Formation of wall layers
Epidermis
Middle layers
Tapetum
Sporogenous cell
Epidermis
Endothecium
Middle layer
Tapetum
Pollen tetrad
Stomium
Connective
Microspores
(e) Sporogenous stage
(f) Pollen tetrad stage
(g) Microspore stage


anther development
stage 1
stage 2
stage 3
stage 4
stage 5
L1
L2
L3
Ar
PPC
PSC
SPC
SPC
PSC
E
En
ML
T
Ms
Vc
L1
Epidermis
L2
Ar cell
PPC
PSC
SPC
SPC
Endothecium
Middle Layer
Tapetum
Microsporocytes
L3
Vascular and connective tissue

- Cells of the primary sporogenous layer (PSL) divide by mitosis and form a mass of diploid sporogenous tissue which forms Microspore mother cells or Pollen mother cells (MMC / PMC).
  They are loosely arranged when mature.
- Microspore mother cells or MMC's divide by meiosis to form haploid microspores or pollen grains. They are arranged as tetrads (group of four).



Microsporogenesis (development of pollen grains)



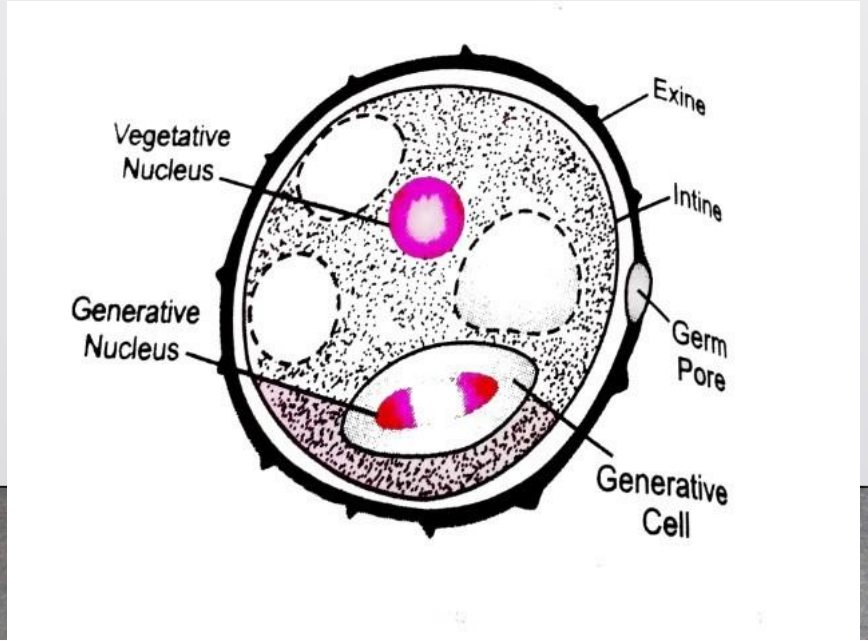
Types of microspore tetrads

Structure and Development of Male gametophyte:

- Cells of the tetrad completely separate from each other and develop into mature **pollen grains**.

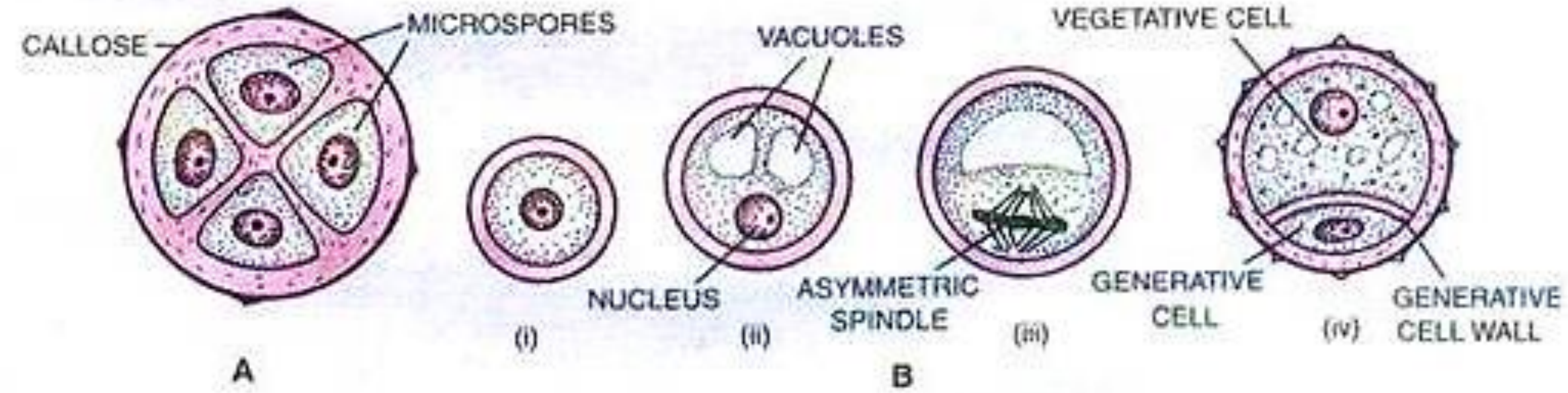
  These microspores germinate and produce the male gametophyte.

- **Male gametophyte (MG)** is the haploid structure formed by pollen grains or microspore and it produces the male gametes or antherozoides.



Formation of MG from pollen grains occurs as follows:

- **Preparation:** The nucleus of the pollen grain migrates from centre to periphery and its cytoplasm becomes highly polarized.
- **Formation of vegetative and generative cells:** The migrated pollen nucleus divides mitotically to form two unequal cells.



Microsporogenesis. A, a microspore tetrad. B, a microspore maturing into a pollen grain.

- The larger cell is called **vegetative cell or tube cell** and smaller, spindle shaped cell is the **generative cell**.
  Later, the generative cell floats within the cytoplasm .
  This is 2-celled MG.
- **Formation of Male gametes:** The generative cell divides by mitosis forming two male cells which give rise to two non-motile male gametes or antherozoides (2 sperm cell).
  This is 3-celled MG (1 vegetative cell + 2 sperm cells).
- **Pollen tube formation:** Pollens are shed from the anther and deposited on the stigma (pollination), at the 3-celled stage.

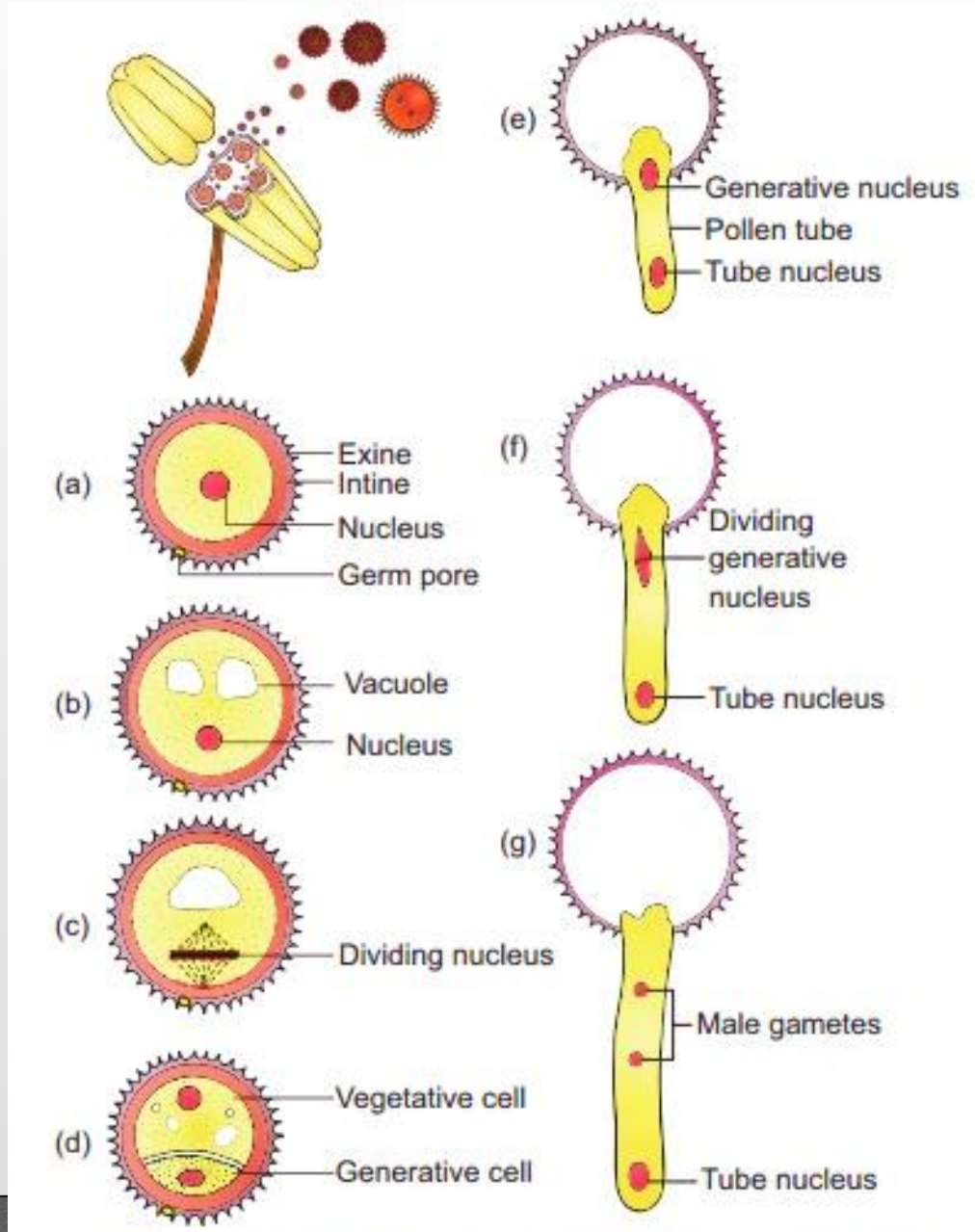
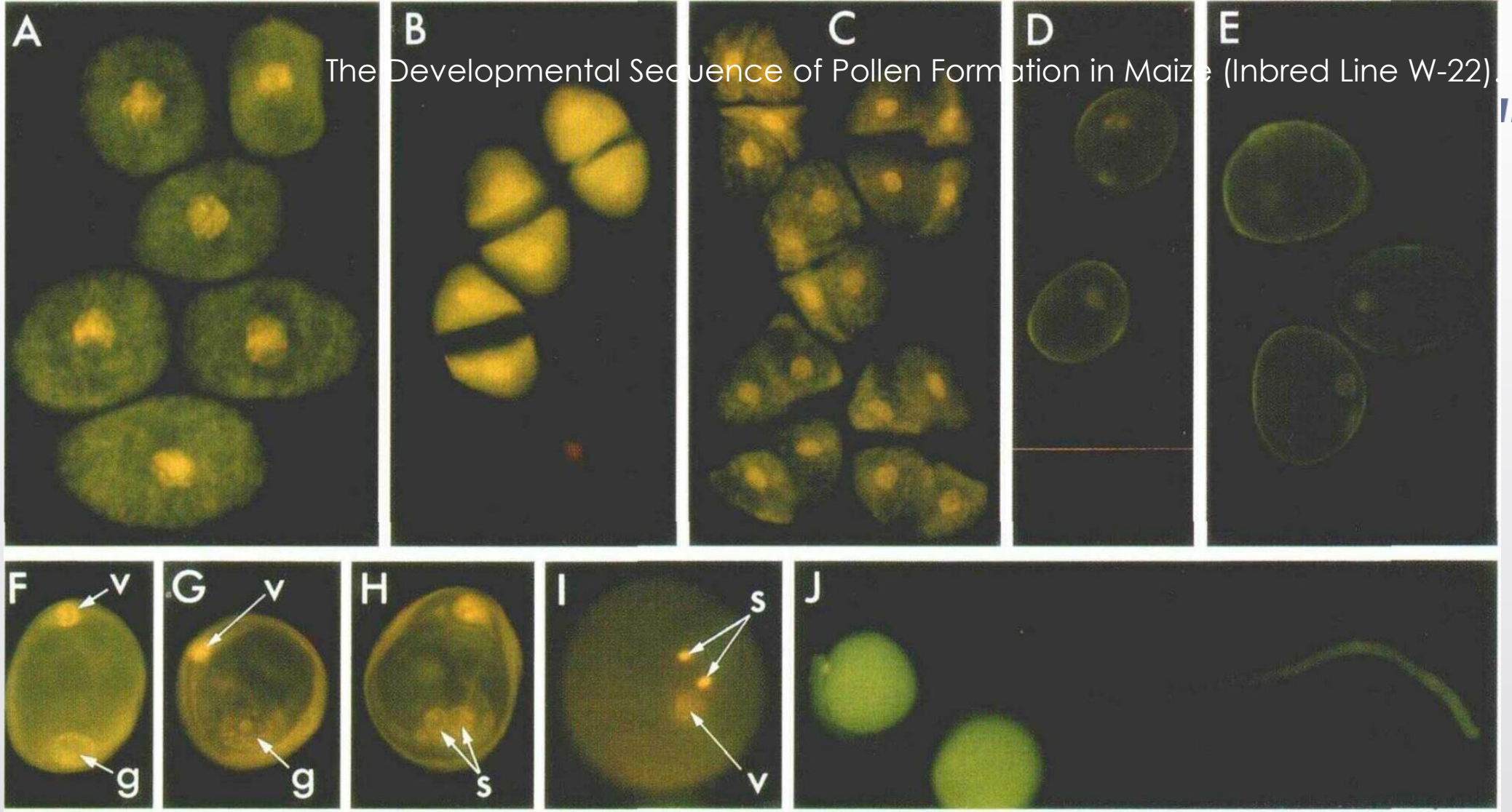


Figure 1.6 Development of male gametophyte

- On the stigma, pollen grains germinate forming a narrow tube called pollen tube.
- The pollen tube grows down through the style.
- The male gametes and the vegetative nucleus along with the cytoplasm is transferred to the pollen tube and is carried at its growing tip.

The Developmental Sequence of Pollen Formation in Maize (Inbred Line W-22).



(A) to (J) Fluorescence pictures of pollen stages stained with mithramycin to show nuclei.
(A) Pollen mother cells shortly before mitosis. (B) Dyads after the first meiotic division.
(C) Tetrads of microspores formed after the second meiotic division. Callose surrounds each tetrad and is present between cells of the tetrad. Meiosis requires approximately 3 days.

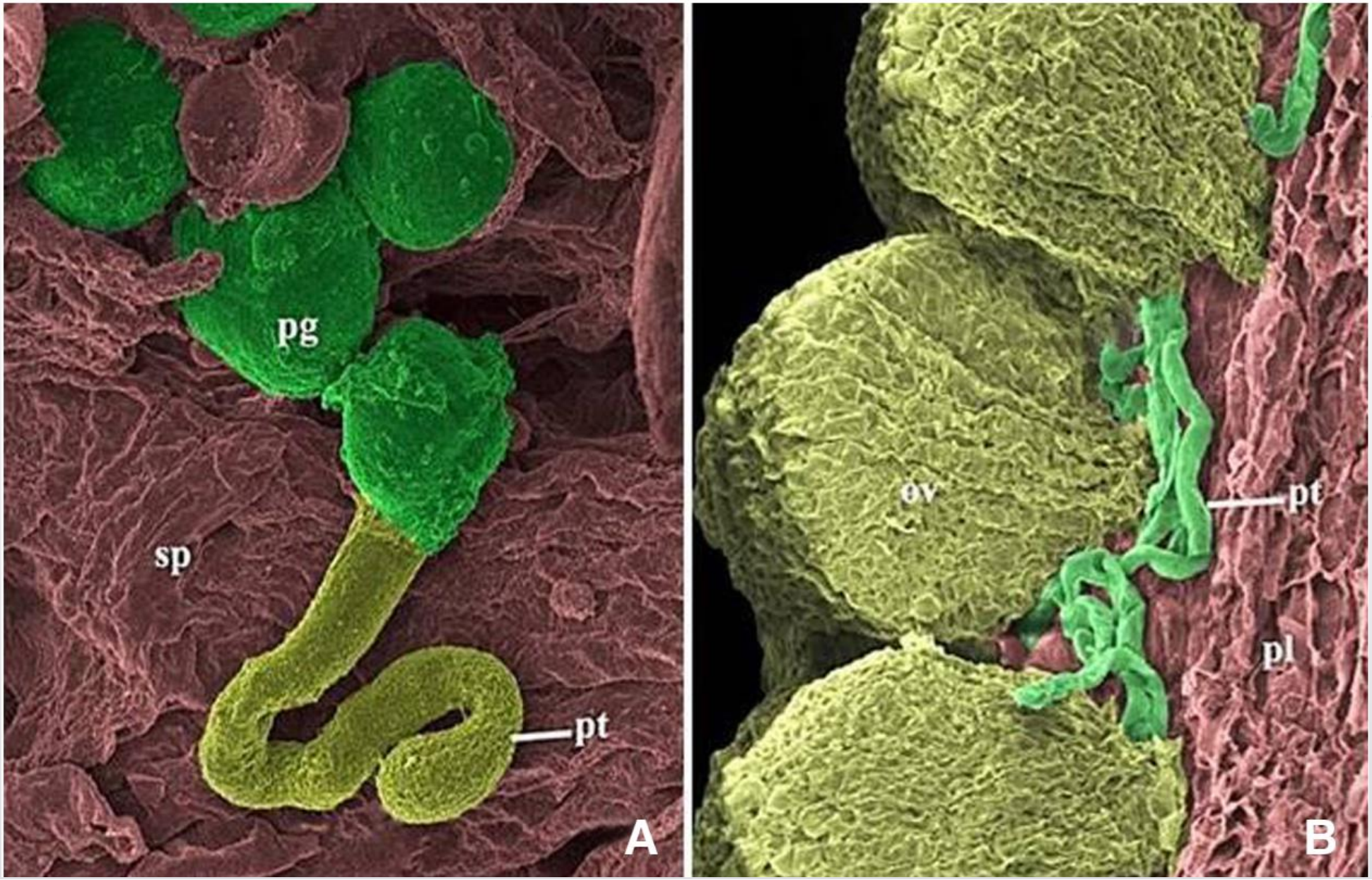


Fig. Scanning electron micrographs of pollinated pistil of *Tecomella undulata*. (A) *Stigma surface (sp) showing the stigma loaded with pollen grain (pg) with the pollen tube (pt).* **(B)** *Pollen tubes (pt) around the ovules (ov) inside the ovary, pl: placenta. (Images: Vineet K Singh).*

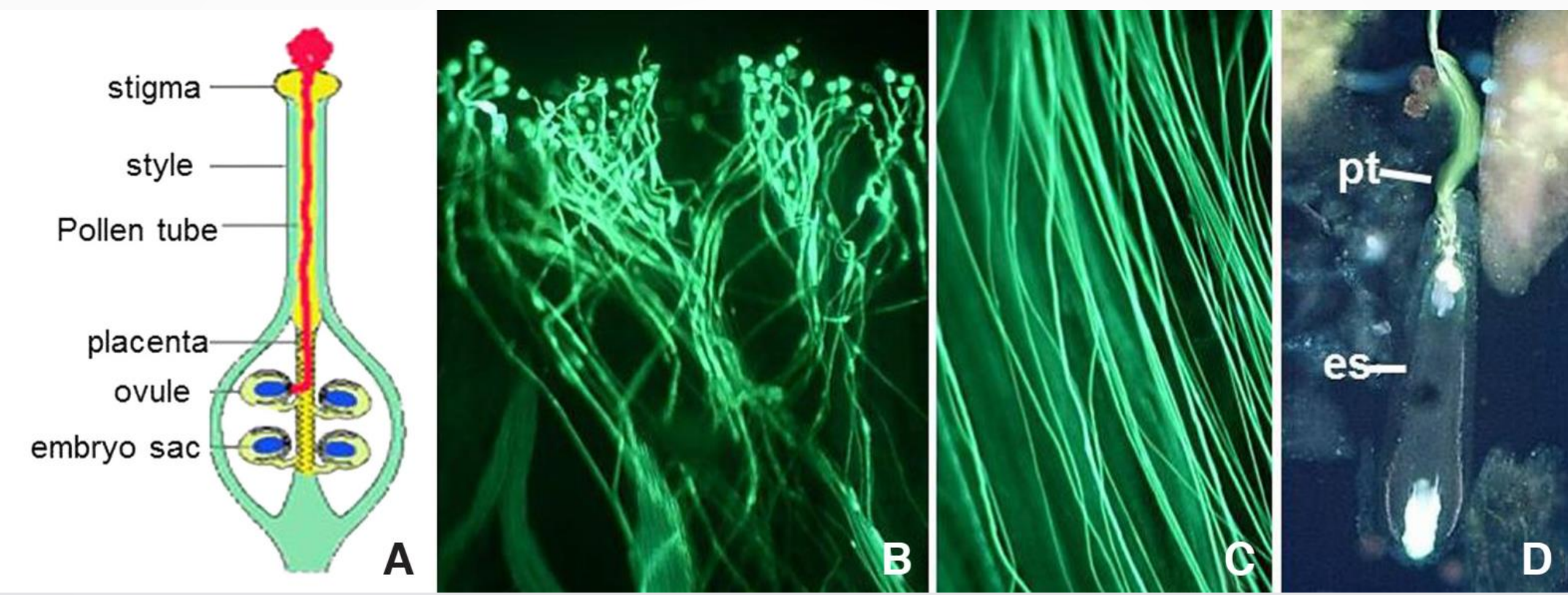


Fig. Pollen-pistil interaction phase of pollen. (A) Diagrammatic representation to show the path of pollen tube growth in the pistil. **B-D**. Fluorescent micrographs of aniline blue stained pollinated pistils to show pollen germination on the stigma **(B),** pollen tube growth in the style **(C)** and pollen tube entry into the ovule **(D).** es, embryo sac; pt, pollen tube. (B-D, After Shivanna and Tandon 2014).

KUNDARANAHALLI R. SHIVANNA and RAJESH TANDON. (2020). Developmental biology of dispersed pollen grains. Int. J. Dev. Biol. 64: 7-19

Megasporogenesis

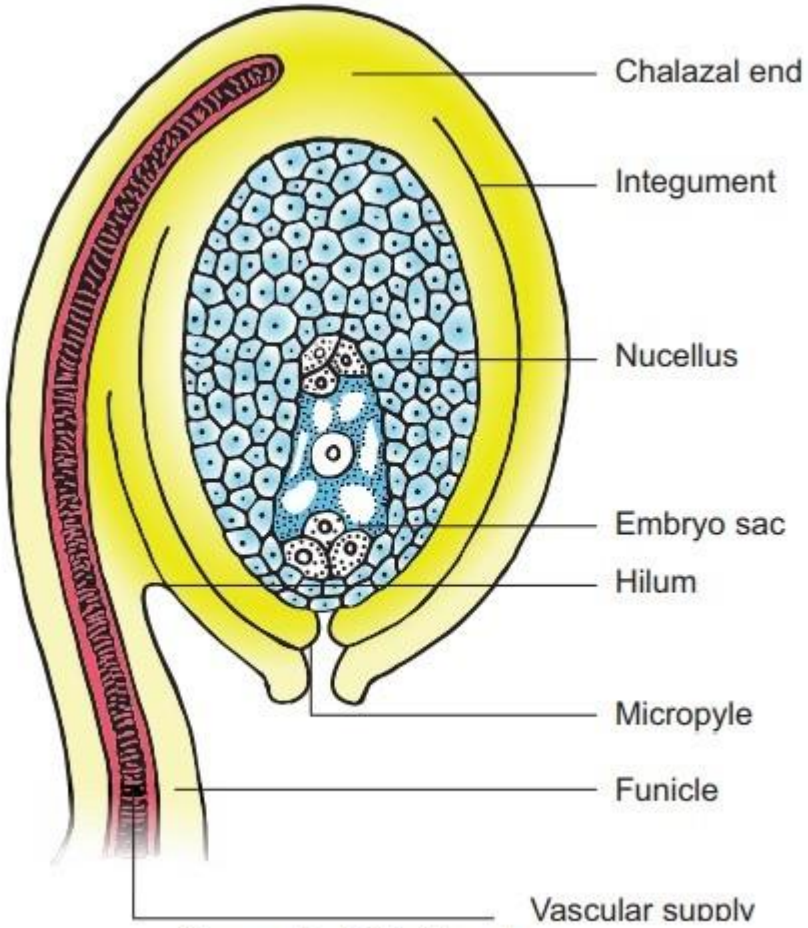
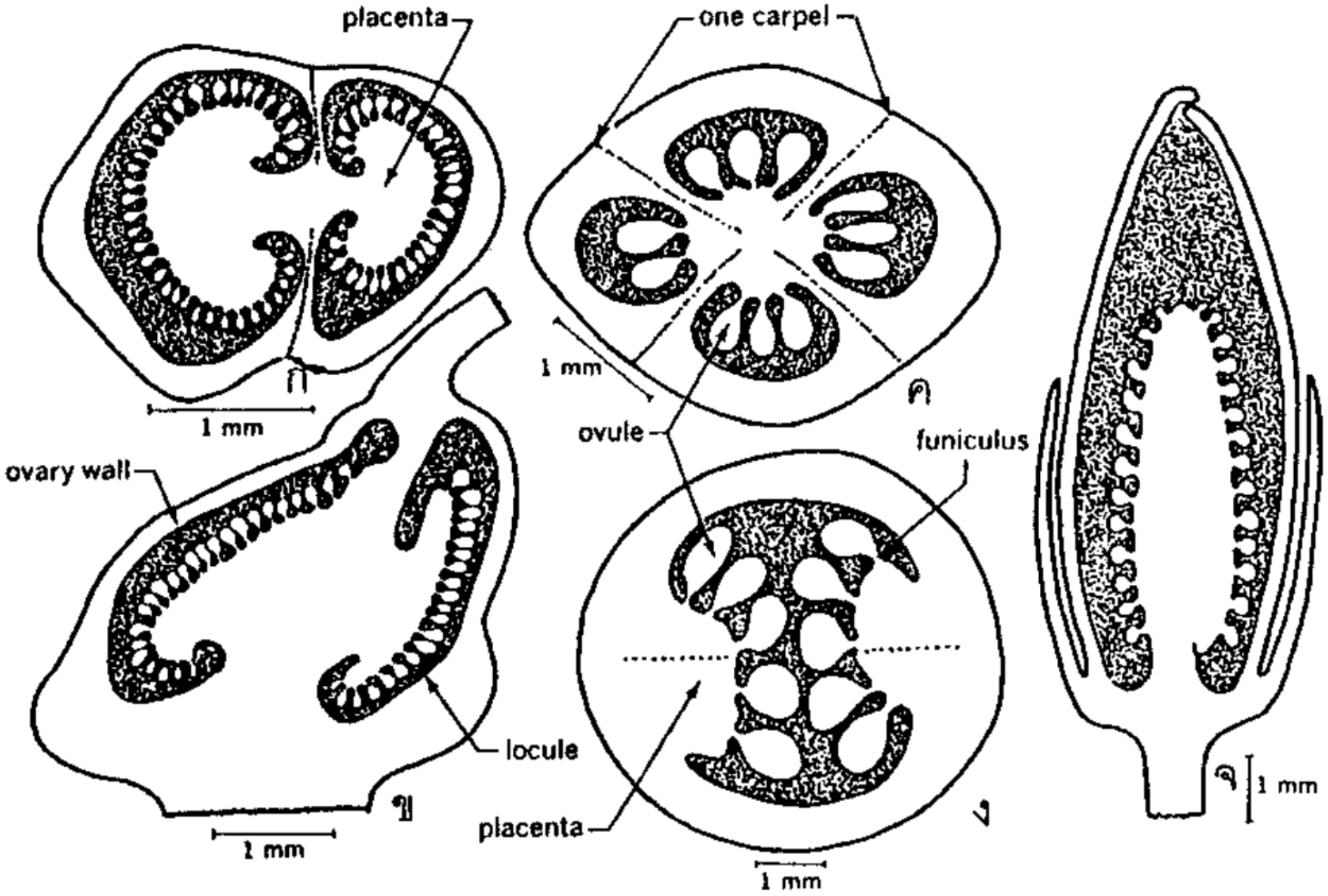


Figure 2: L.S of ovule

เกสรตัวเมียเป็นชั้นที่อยู่ในสุด ประกอบด้วยยอดเกสรตัวเมีย (stigma) มีลักษณะเป็นปุ่ม มีขน หรือน้ำเหนียวๆ สำหรับจับเรณู ก้านชู (style) และส่วนล่างสุดจะพองออก เกิดเป็นรังไข่ (ovary) ในหนึ่งดอกอาจมีรังไข่เดียวหรือหลายรังไข่ แต่ละรังไข่อาจประกอบด้วย carpel เดียวหรือหลาย capel Capel คือส่วนของใบที่ม้วนเข้าหากันเกิดห้อง (locule) บริเวณขอบของแต่ละ capel ที่เชื่อมติดกันเรียนกว่า พลาเซนตา (placenta) และมีออวุล (ovule) เกิดขึ้น

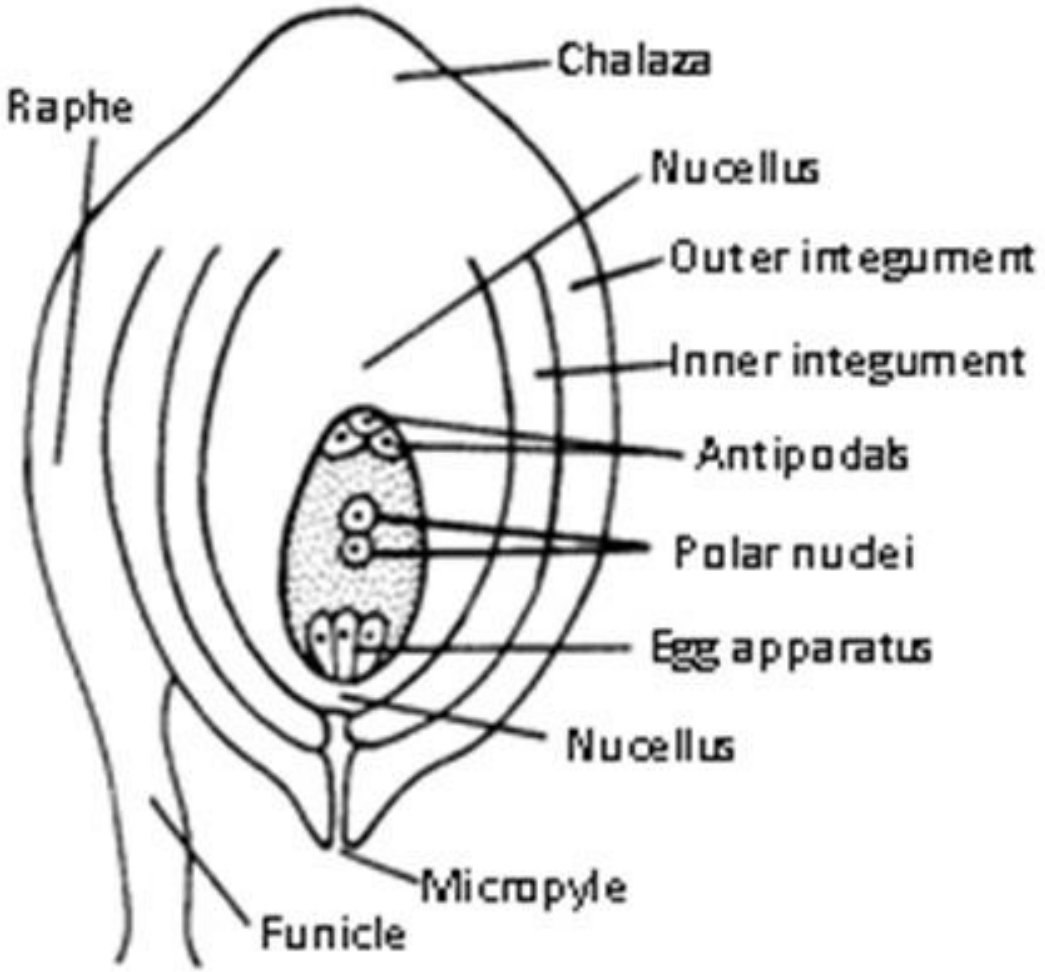
ภายในออวุลมีการสร้างเมกะสปอร์ (megaspore) เกิดขึ้น เรียกกระบวนการสร้างเมกะสปอร์ว่า megasporogenesis



ไดอะแกรมการติดของ ovule บน placenta ก ค ง XS ข จ LS

Structure of ovule (Megasporangium):

- Ovule is considered to be an integumented megasporangium.
- The ovule consists of the stalk and the body.
- The stalk is called *funicle*.
- One end of the funicle is attached to placenta and the other end to the body of the ovule.
- The body of the ovule shows two ends: the basal end is called the ***chalazal*** end and the upper end is called ***micropylar*** end.



Structure of ovule

- The main body of the ovule is covered with one or two envelopes called ***integuments***.
- These leave an opening at the top of the ovule called **micropyle**.
- The integuments enclose a large parenchymatous tissue known as ***nucellus***.
- The residual part of nucellus in the mature seed is called **perisperm**.
- In the centre of the nucellus is situated a female gametophyte known as **embryo sac.**

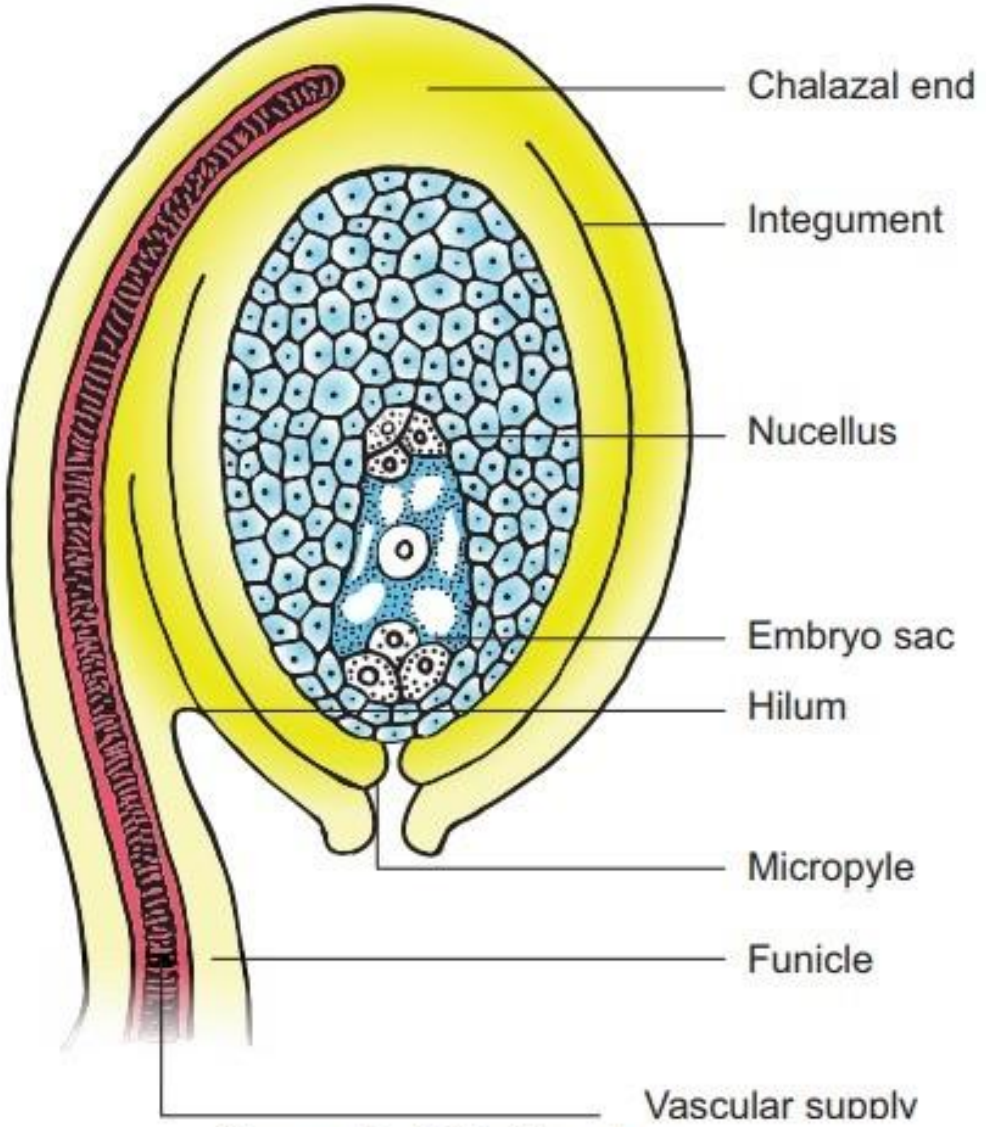


Figure 2: L.S of ovule

types of ovule

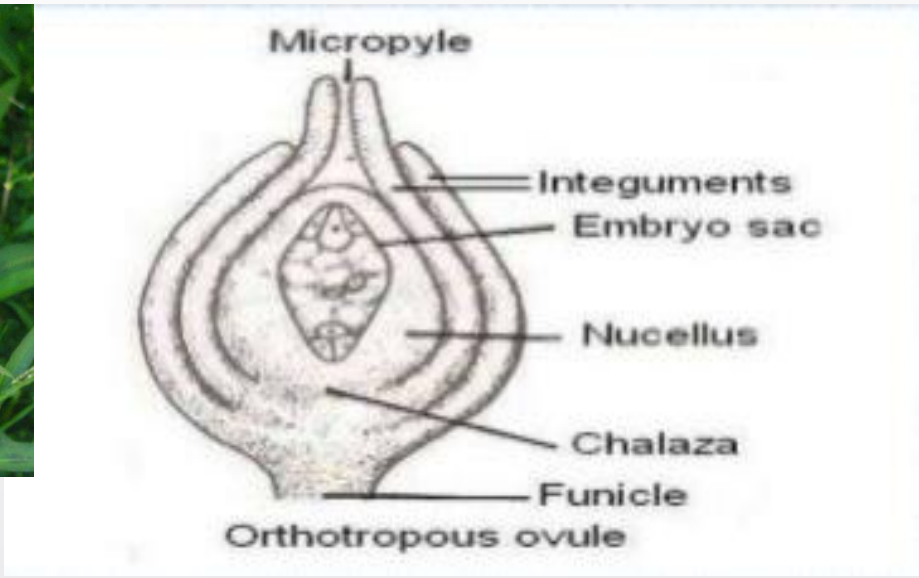
➢ (1) Orthotropous / Straight

In this type the ovule is erect or straight.

The funicle, chalaza, micropyle are in a straight line.

This ovule – primitive type.

Family members: Polygonaceae and Piperaceae. วงศ์พริกไทย



Orthotropous ovule

➢ (2) Anatropous / Inverted

In this type the ovule bends along the funicle.

The micropyle lies close to the hilum. The chalaza lies at the other end.

This is the common type of ovule found both in monocots and dicots.

Diagrammatic view of a typical anatropous ovule

- **(3) Hemitropous / Hemianatropous**

  In this type ovule is turn at 90° angle upon the funicle.

  The chalaza, micropyle line is at right angle to the funicle.(ตั้งฉากกับ funicle)

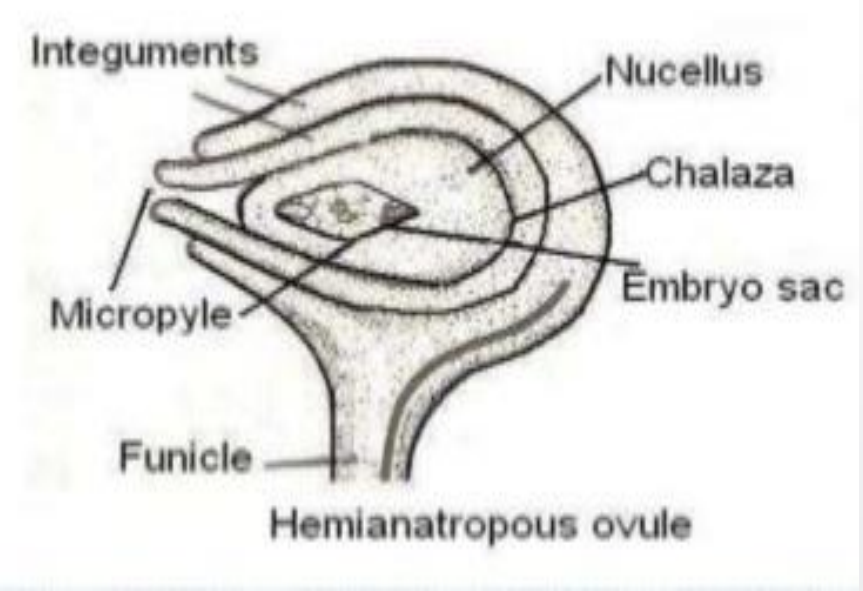
  It is found in Ranunculus.พวงแก้วกุดั่น

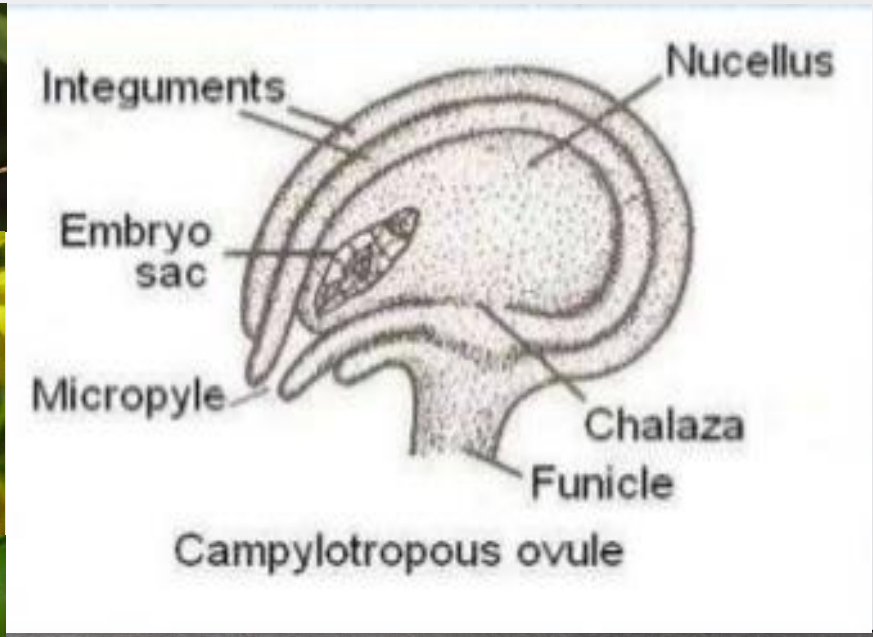
(4) Campylotropous / Curved

In this type ovule is curved more or less at right angle to funicle.

Micropylar end is slightly bend down side.

e.g. *Cappsris*, Cruciferae , *Mirabilis jalapa*. สกุลชิงชี่,ผักกุ่ม, วงศ์ผักกาก, ดอกบานเย็น

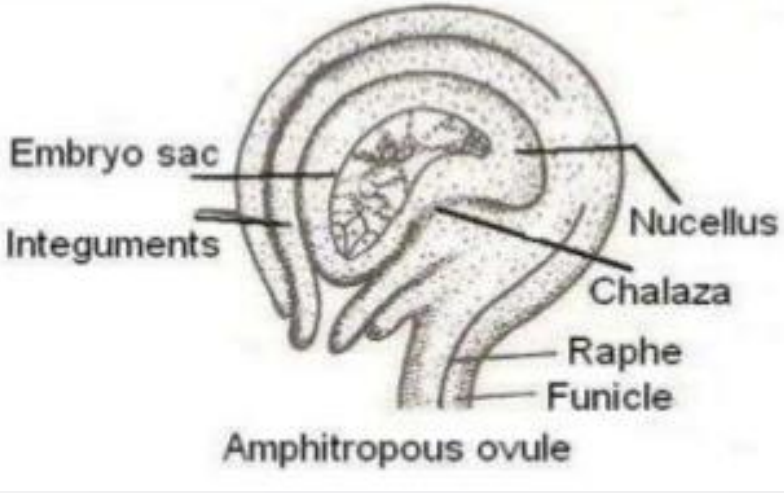




➢(5) Amphitropous / Transverse

ovule and embryo sac also curved like horse shoe. Micropyle placed transversely at a right angle to funicle.

E.g. Alismeceae , Butomaceae. วงศ์ผักตาลปัตรฤาษี



➢(6) Circinotropous Type

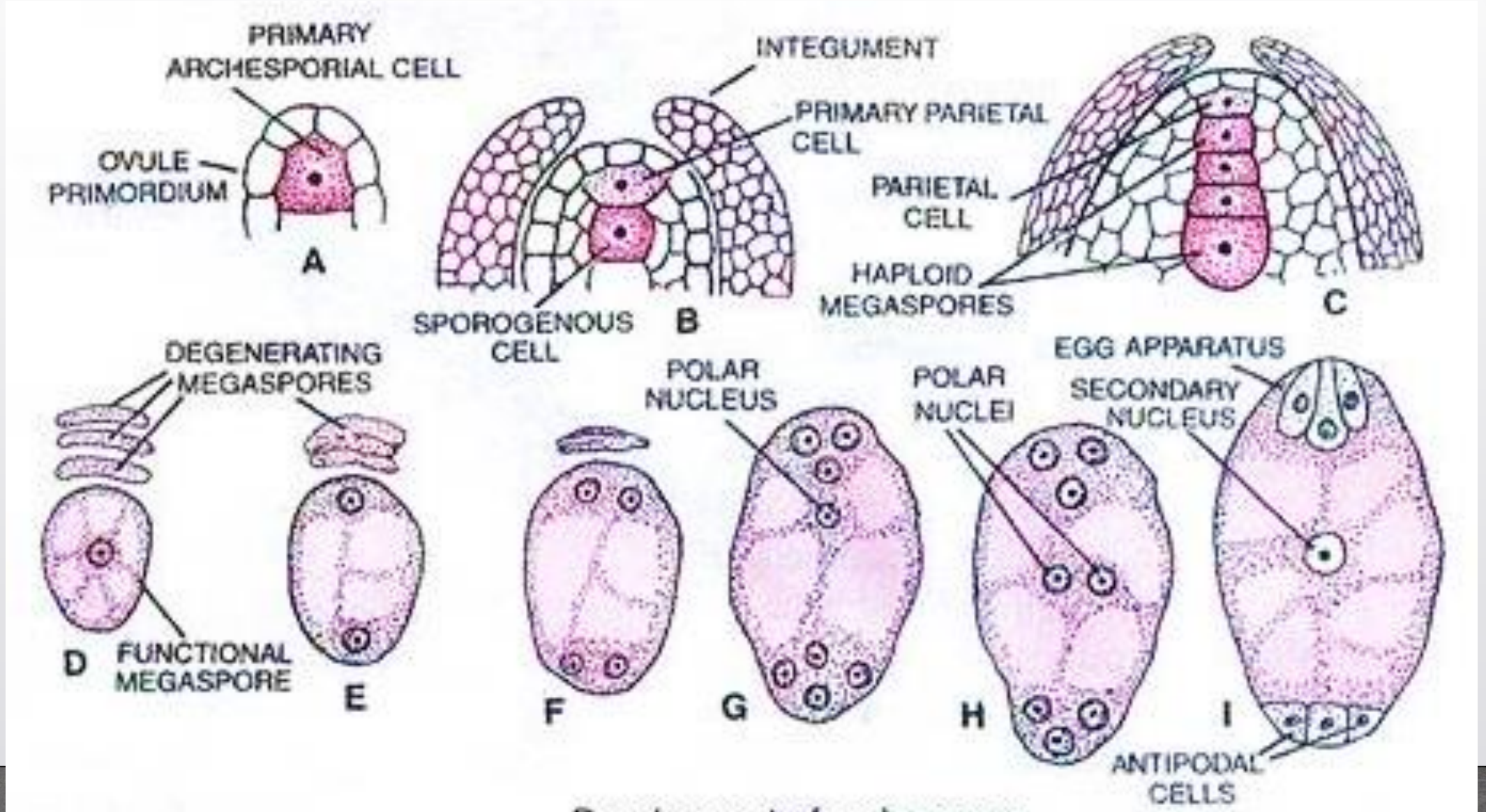
Initially the ovule is Orthotropous type but with continuous unilateral growth the ovule becomes Anatropous and subsequently the micropyle again points upward in fully mature Ovule.

E.g. *Opuntia* and *Plumbago*. กระบองเพชร, พยับหมอก

Development of Megasporogenesis

- Ovule is developed from megasporangium.
- The archesporial cell often divides once into outer primary parietal cell and inner primary sporogenous cell.
- Primary parietal cell may divide one or more times.
- The primary sporogenous cell commonly functions directly as diploid megaspore mother cell or megasporocyte.
- The megaspore mother cell (MMC) undergoes meiosis division to forms a linear tetrad of 4 haploid megaspores.
- Formation of haploid megaspores from diploid megaspore mother cell is called megasporogenesis.
- Commonly the chalazal megaspore remains functional while the other 3 degenerate.

Development of feamale gametophyte / Megasporogenesis



Development of embryo sac.

Development of Female Gametophyte (Mega-gametogenesis):

- The functional megaspore is the first cell of female gametophyte (embryo sac).
- Functional megaspore is take place first mitotic division to form two nucleate embryo sac.
- The two nuclei shift to the two ends and both nuclei again divide by mitotic to forming four nucleate.
- Then our four nuclei again take place mitotic division to form eight nucleate structure of embryo sac.
- One nucleus from each side moves to the centre of embryo sac.

  The centre of two nuclei as called polar nuclei / secondary nucleus.

- Three antipodal cells at the chalazal end and remain three nuclei cells are present micropylar region (1egg +2 synergids). Embryo sac developed from a single megaspore is called **monosporic**.

- Embryo sac have been 8 nucleus which is embedded in the nucellus.
- Nucellus is nutritive tissue for growing egg and synergids.
- Among 8 nucleus, two synergids and one egg nucleus are present in micropyle region, three antipodal cells are present in the chalazal end and two polar nuclei at the center of embryo sac.

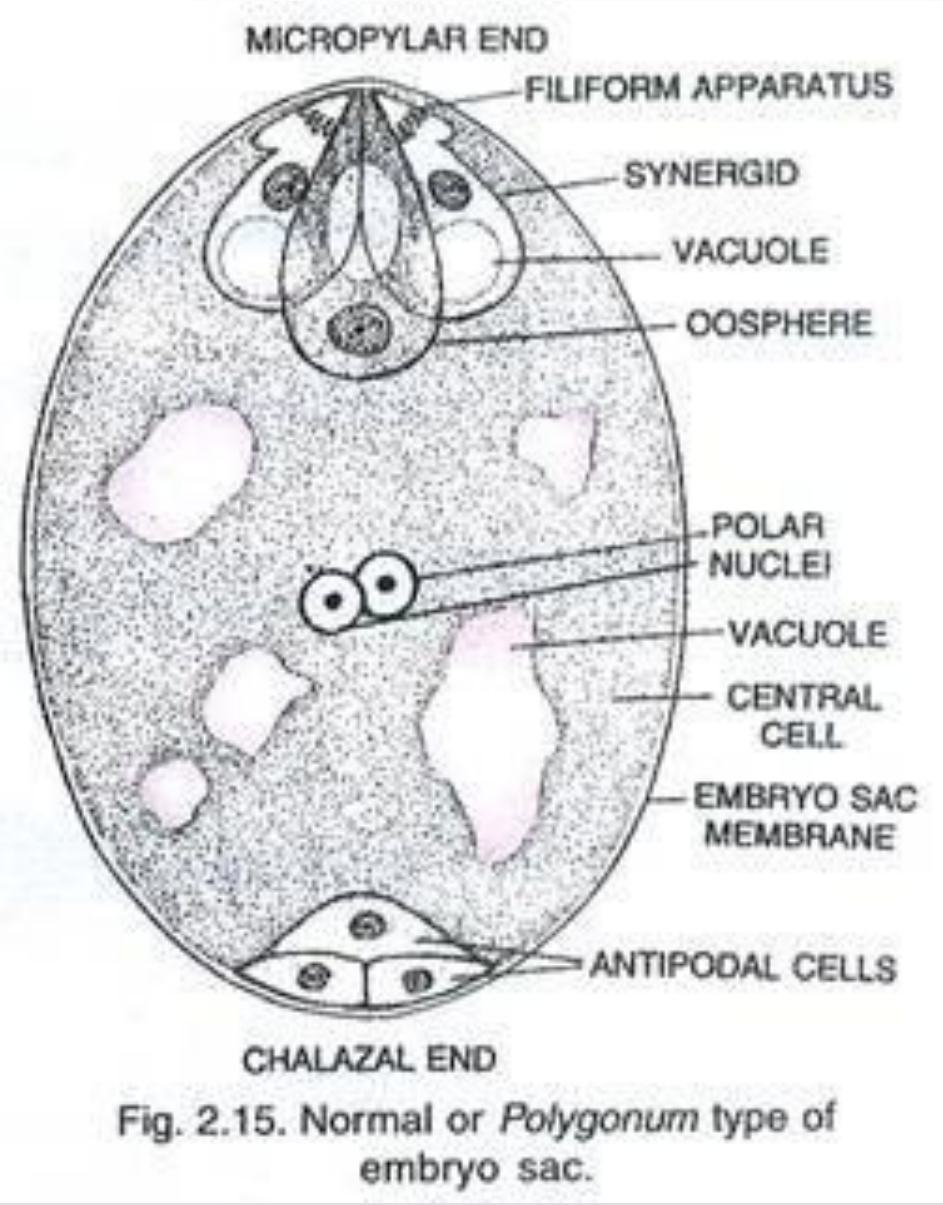
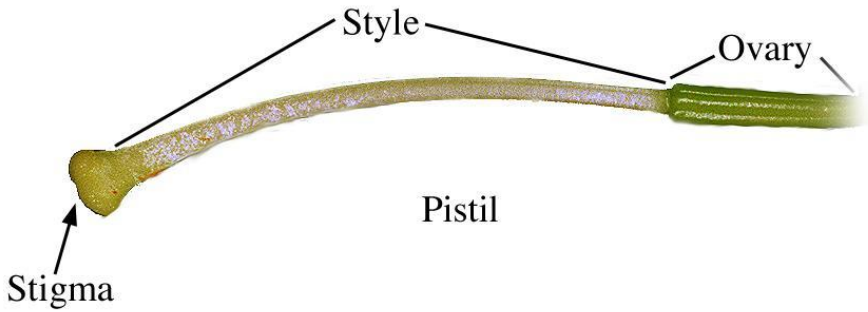
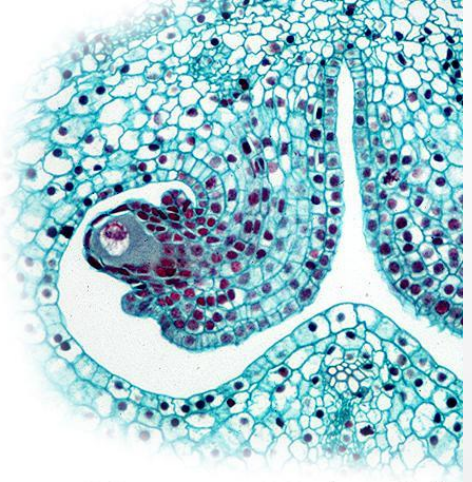


Fig. 2.15. Normal or *Polygonum* type of embryo sac.

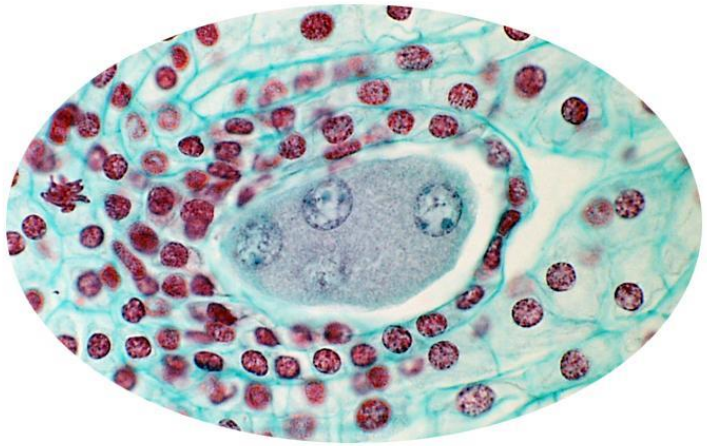
Cross Section of Ovary



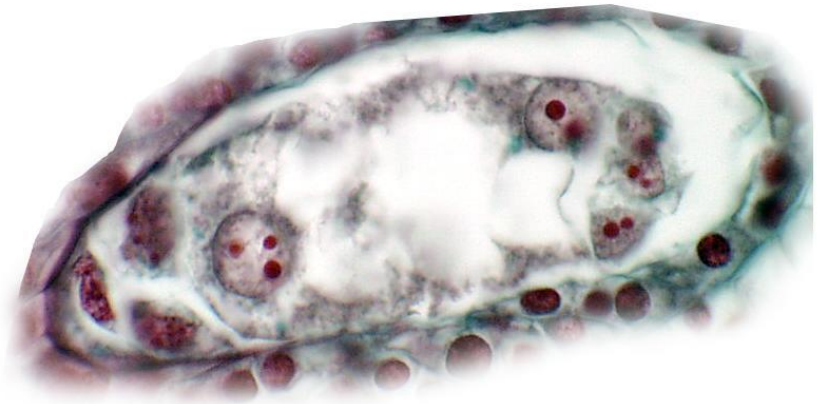
Pistil



Megaspore Mother Cell in Ovule

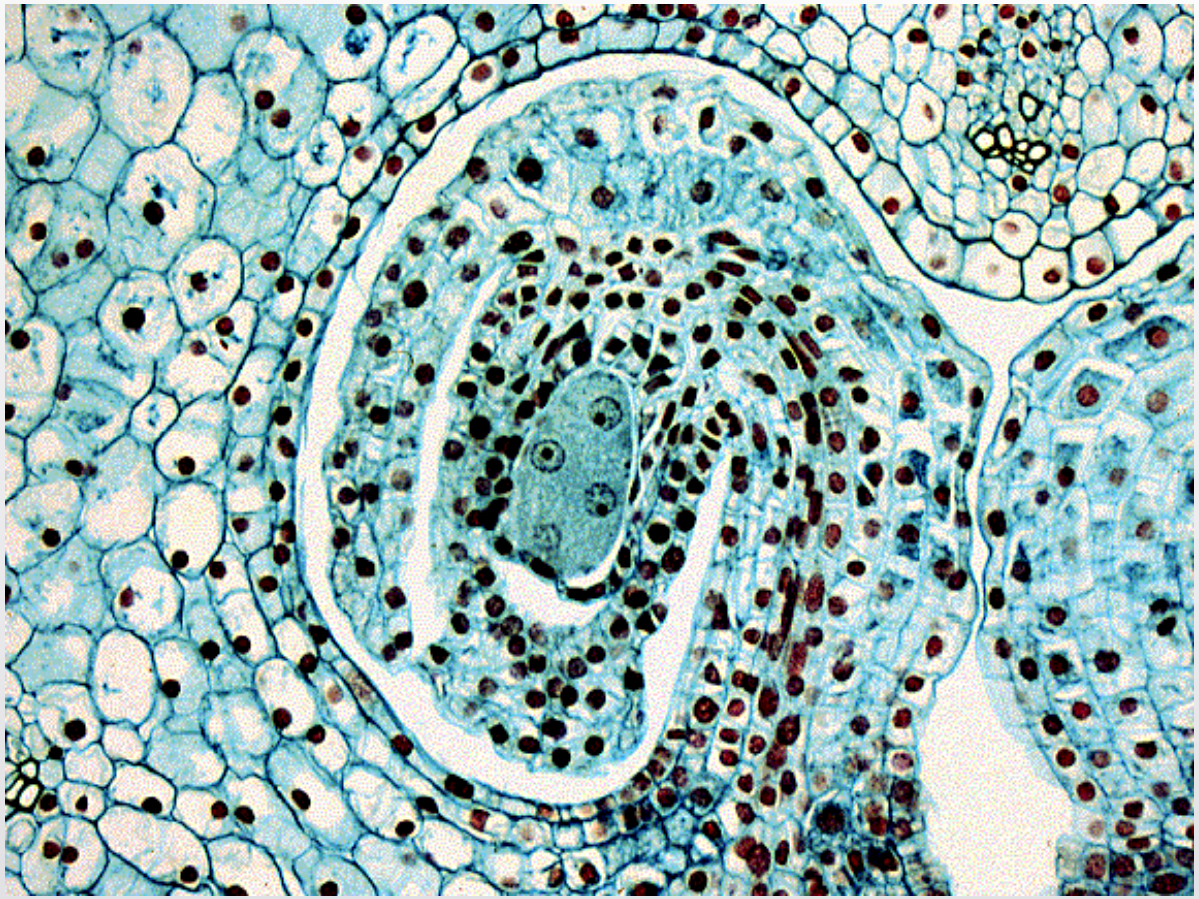


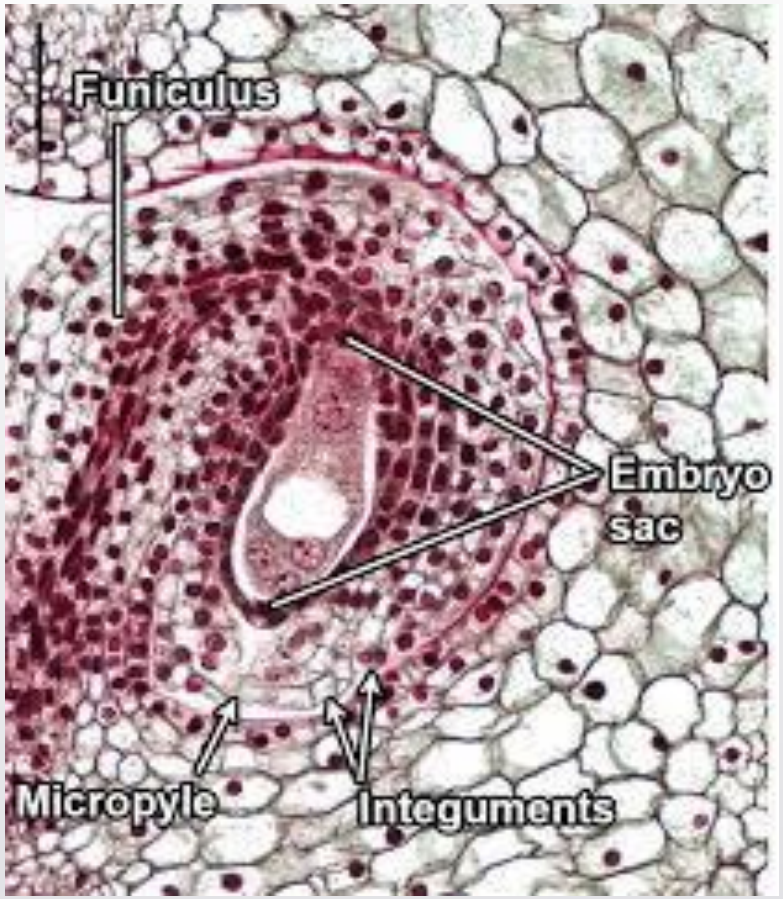
Immature Embryo Sac



Embryo Sac (400x)

Lilium composite of images of the gynoecium cross section of the ovary, pistil in profile, ovule with megaspore mother cell, four-nucleated embryo sac, mature 8-nucleated 7-celled embryo sac UWDC





4-nucleated embryo sac

Chapter 3

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสัตว์

คัพภวิทยา

อาจารย์ ดร.นฤมล ประครองรักษ์

แง่มๆ ผมชื่อ yellowhead jawfish ปลาอมไข่หัวเหลือง

นี่ลูกผมเองครับ

Chapter 3 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสัตว์

1. โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (Male Reproductive System)
2. ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง
3. การสร้างอสุจิ (Spermatogenesis)
4. กระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นอสุจิ (Spermiogenesis)

---

5. โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (Female Reproductive System)
6. ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง
7. การสร้างไข่ (Oogenesis)
8. วงจรในรังไข่ (Ovarian cycle)

---

1. Male Reproductive System

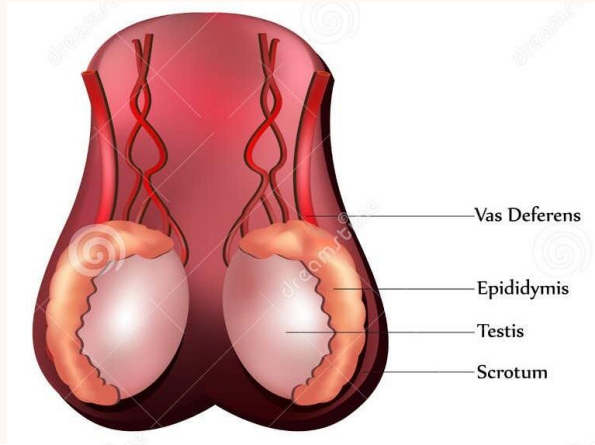
ระบบสืบพันธุ์เพศผู้ (Male Reproductive System)

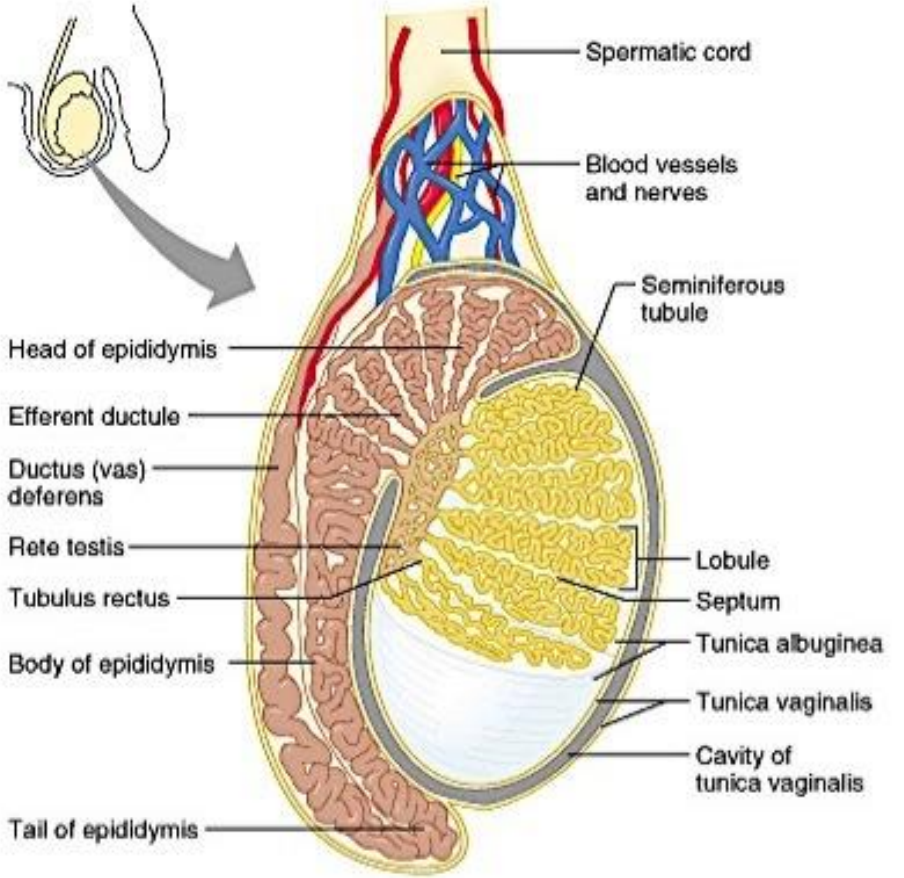
ระบบสืบพันธุ์ของสัตว์เพศผู้ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ

1. Primary sex organs เป็นอวัยวะหลักที่ท้าหน้าที่ในการผลิตอสุจิ และฮอร์โมนเพศผู้ ได้แก่ อัณฑะ ซึ่งมี 2 ข้าง ซึ่งแต่ละข้างจะหุ้มด้วยถุง scrotum
2. Secondary sex organs ท้าหน้าที่เป็นท่อเพื่อน้าอสุจิจากแหล่งผลิตหรืออัณฑะออกสู่ภายนอก ได้แก่ ท่อต่างๆ คือ rete testis, epididymis, vas deferen, ampulla, uretha และ penis
3. Accessory sex organs ได้แก่ ต่อมต่างๆ ที่ท้าหน้าที่ผลิตน้ำกาม (seminal plasma) ประกอบด้วย ต่อม vesicular glands ต่อม prostate

1.1 อัณฑะ (Testis)

อัณฑะจะอยู่ภายในถุงหุ้มอัณฑะ (scrotum) นอกช่องท้อง ซึ่งจะทำให้ลูกอัณฑะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายในช่องท้อง เหมาะสมแก่การผลิตอสุจิ อัณฑะเป็นอวัยวะที่สำคัญที่สุดของระบบสืบพันธุ์ในสัตว์เพศผู้ มีหน้าที่หลัก คือ สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (sperm) และสร้างฮอร์โมนเพศผู้ คือ เทสโทสเตอโรน (testosterone) ถ้าผ่าอัณฑะออกตามยาว จะพบ mediastium เป็นเส้นหนาตามยาวของอัณฑะจาก mediastium จะมี septa testis แตกแขนงออกเป็นเนื้อเยื่อของอัณฑะออกเป็น lobules ในแต่ละ lobule จะมีท่อ seminiferous tubules ขดไปมา และต่อกับท่อร่างแหของอัณฑะ (rete testis)





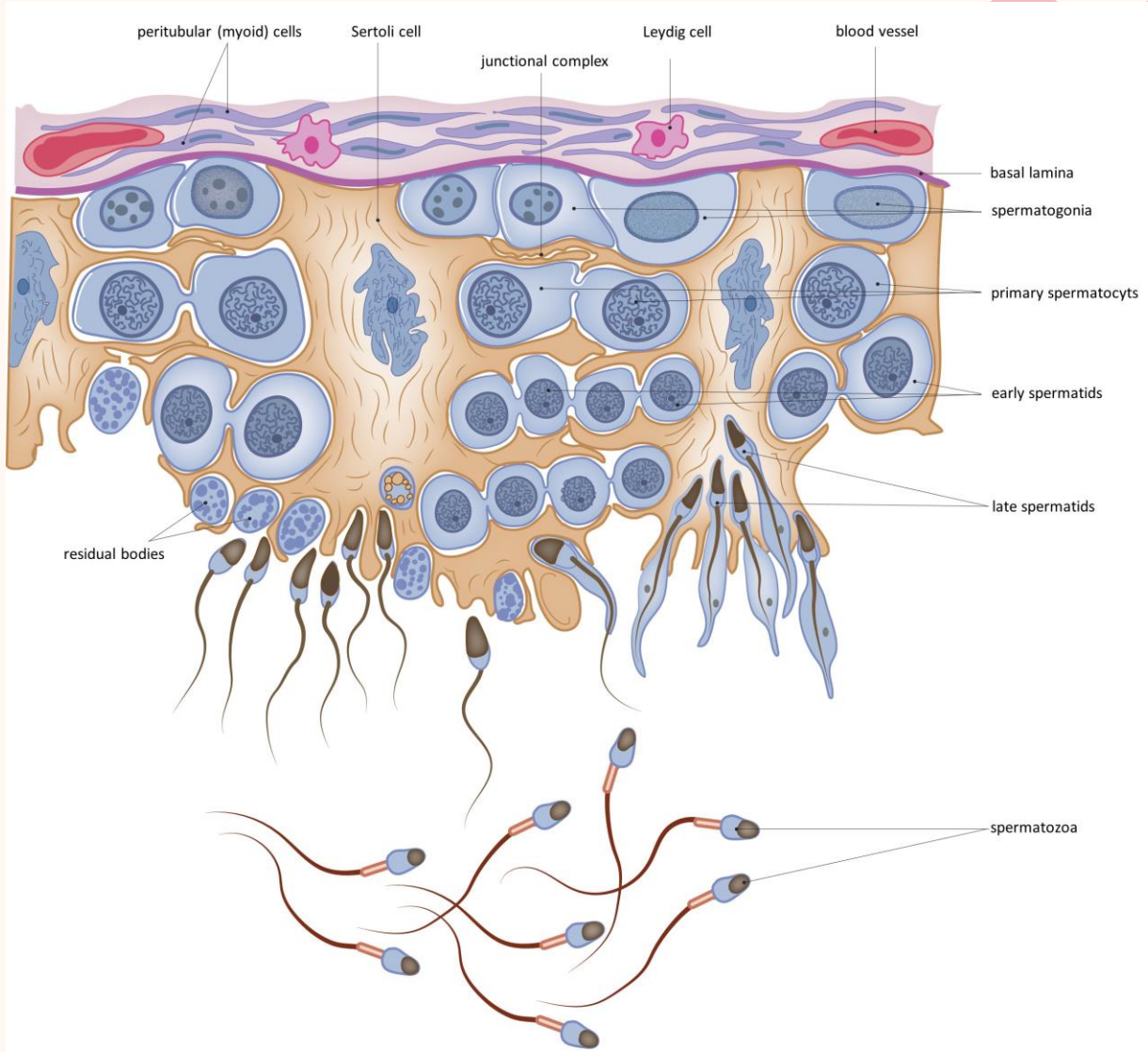
https://parvizbagloo.wordpress.com/2014/10/12/testis-ultrasound-2/

Seminiferous tubules

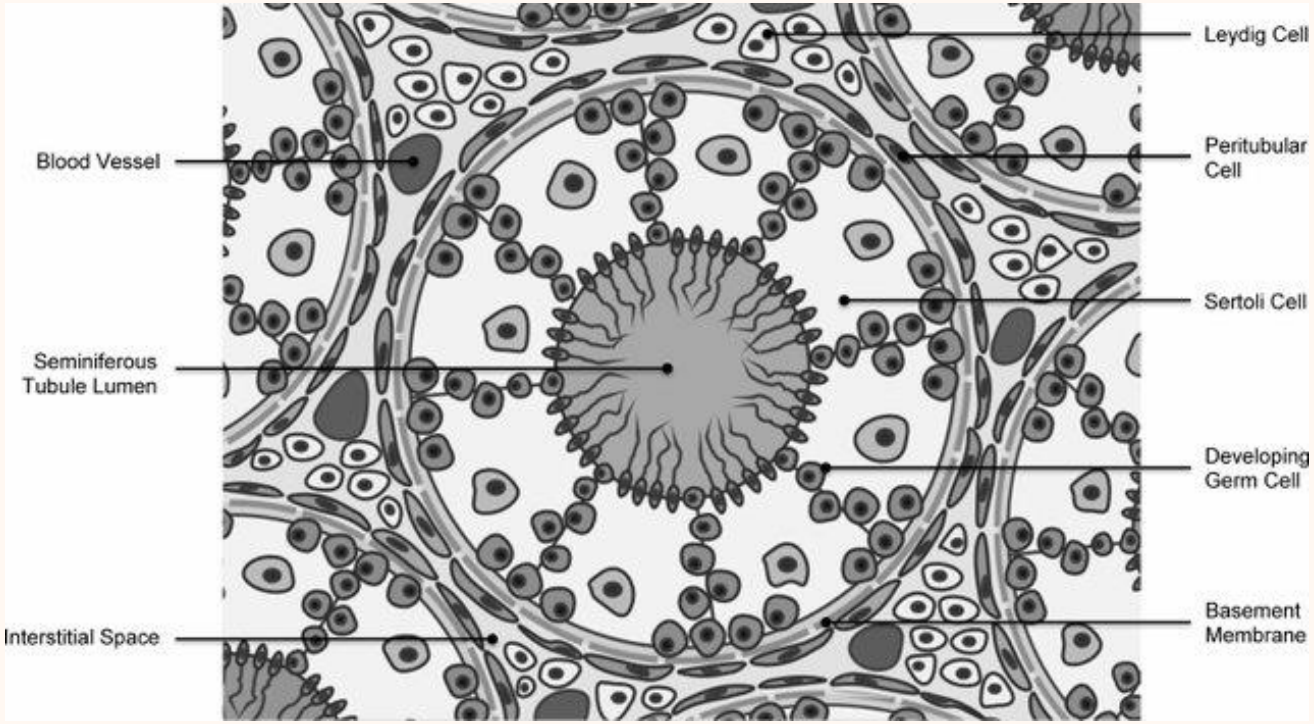
เป็นท่อที่ทำหน้าที่ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (sperm) และระหว่าง Seminiferous tubules จะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเซลล์ที่ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนเพศผู้ คือ เทสโทสเตอโรน (testosterone) คือ เลย์ดิกเซลล์ (laying cell) ภายในท่อ Seminiferous tubules ประกอบด้วย basement membrane และ epithelium cells วางตัวเป็นชั้นๆ บน basement membrane แบ่งออกเป็น

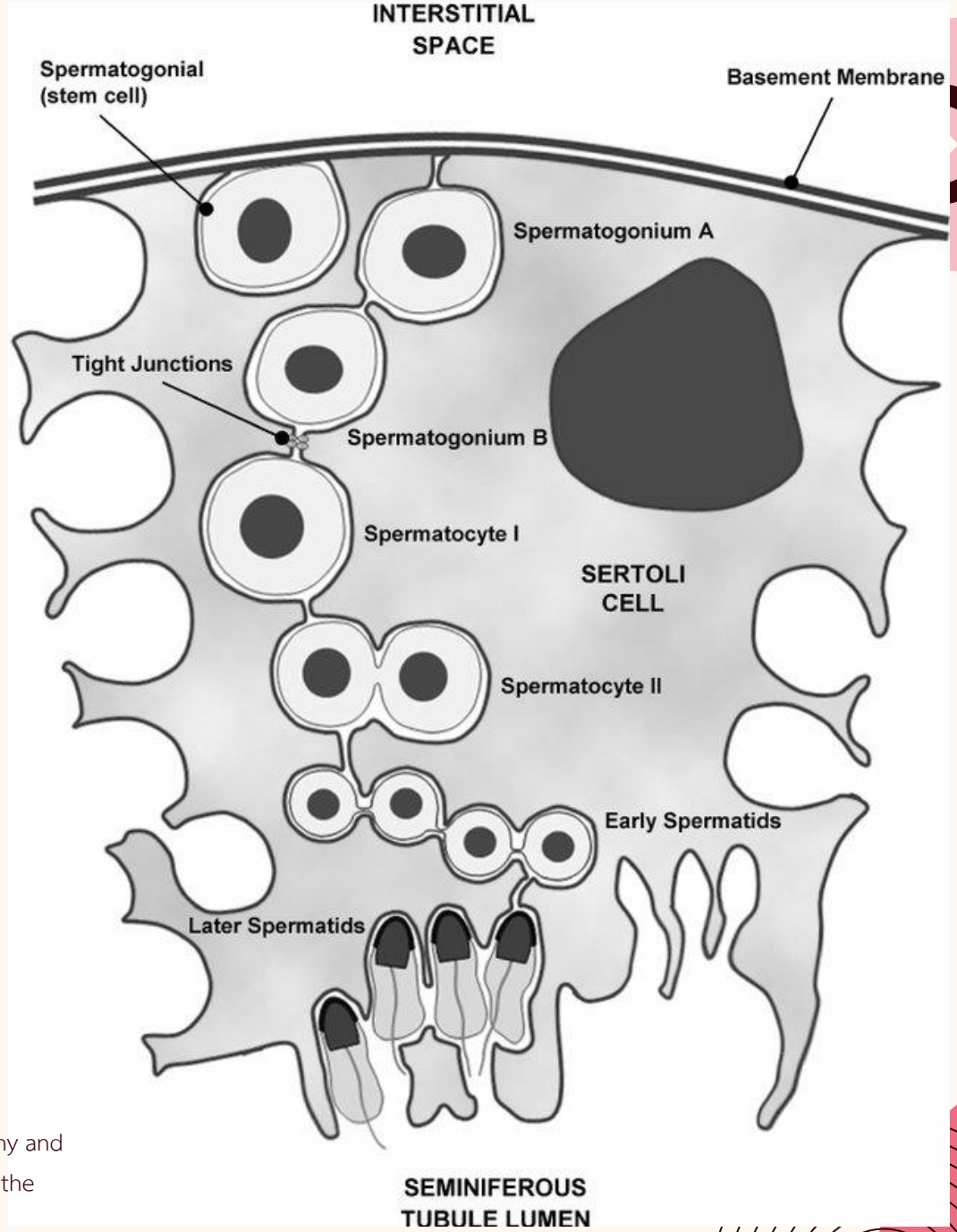
Spermatogenic cells เป็นแหล่งที่มาของ spermatozoa มีการเจริญและพัฒนาเป็นระยะๆ จาก spermatogonia ไปจนเป็น spermatozoa เรียกขบวนการนี้ว่า spermatogenesis

Supporting cell ท้าหน้าที่ให้อาหารป้องกันและค้ำจุน spermatogenic cell



https://anatomytool.org/content/slagter-drawing-spermatogenesis-seminiferous-tubules-testis-english-labels





Luís P Rato et al. (2012). Endothelium and Epithelium: Composition, Functions and PathologyEdition: Human Anatomy and Physiology, Cell Biology Research ProgressChapter: Blood Testis Barrier: How Does the Seminiferous Epithelium Feed the Developing Germ Cells?Publisher: Nova PublisherEditors: João Carrasco, Matheus Mota.

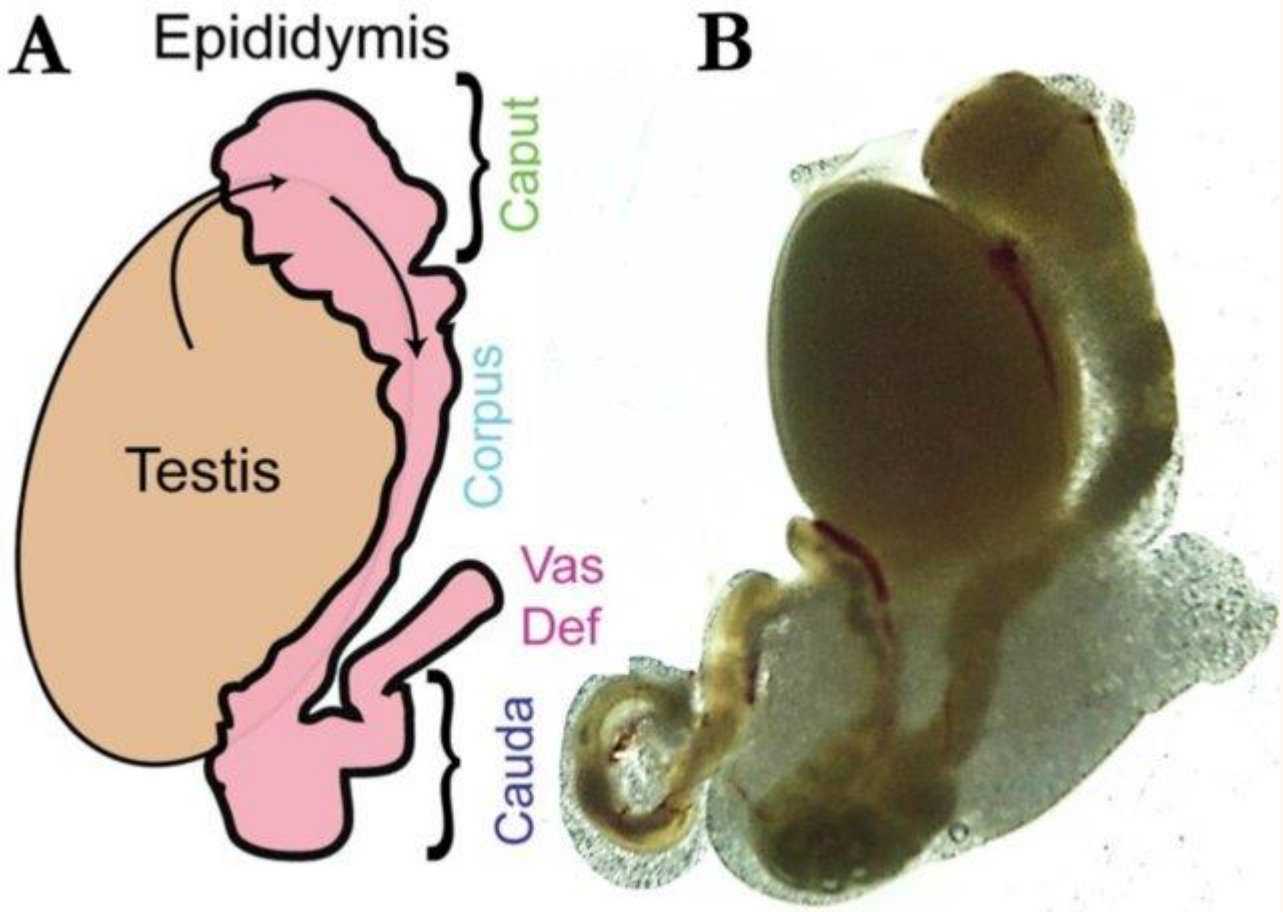
• 1.2 ท่อพักอสุจิ (epididymis)

ท่อพักอสุจิ (epididymis) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (caput epididymis, head) ซึ่งเป็นจุดที่ efferent ductules มาเชื่อมกัน จากส่วนหัวจะเป็นส่วนตัว (corpus epididymis, body) และส่วนหาง (cauda epididymis, tail)

หน้าที่ของท่อพักอสุจิ คือ

1. ลำเลียงอสุจิ (sperm transport) จากริตี (rete testis) ไปยังท่อนำอสุจิ (ductus deferens)
2. ดูดซึมน้ำออกจากน้ำเชื้อที่อยู่ในท่อพักอสุจิ ทำให้น้ำเชื้อมีความเข้มข้น (sperm concentration) และสร้างของเหลวซึ่งเหมาะกับการดำรงชีวิตของอสุจิ
3. ทำให้ตัวอสุจิสมบูรณ์ (sperm maturation) เป็นที่พักตัวของอสุจิจนเจริญเต็มวัย (maturation)
4. เป็นแหล่งเก็บรวบรวมอสุจิ โดยส่วนใหญ่อสุจิที่สมบูรณ์เต็มที่จะถูกเก็บกักไว้ใน epididymis รอจนกระทั่งมีการปลดปล่อยออกมาขณะมีการผสมพันธุ์ อสุจิประมาณครึ่งหนึ่งที่ผลิตได้จากอัณฑะจะเก็บไว้ชั่วคราว (storage sperm) ที่ส่วนหาง (cauda epididymis, tail)

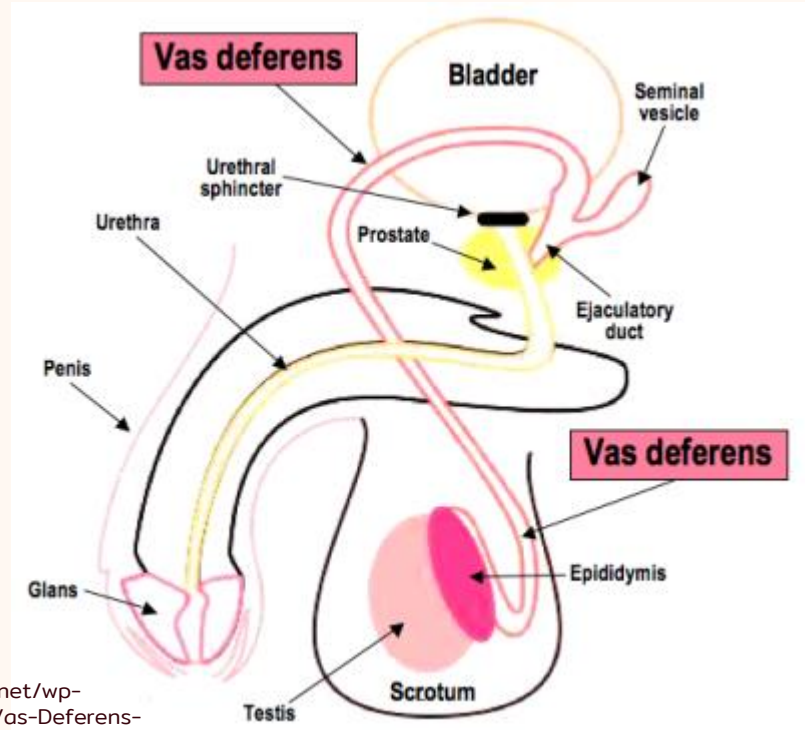
The epididymis A) Illustration of the epididymis as the link between the efferent ducts of the testes on the proximal side and vas deferens on its distal end. The epididymis is anatomically divided in distinct regions -the caput (head), corpus (body), and cauda (tail). B) FVB mouse epididymis.



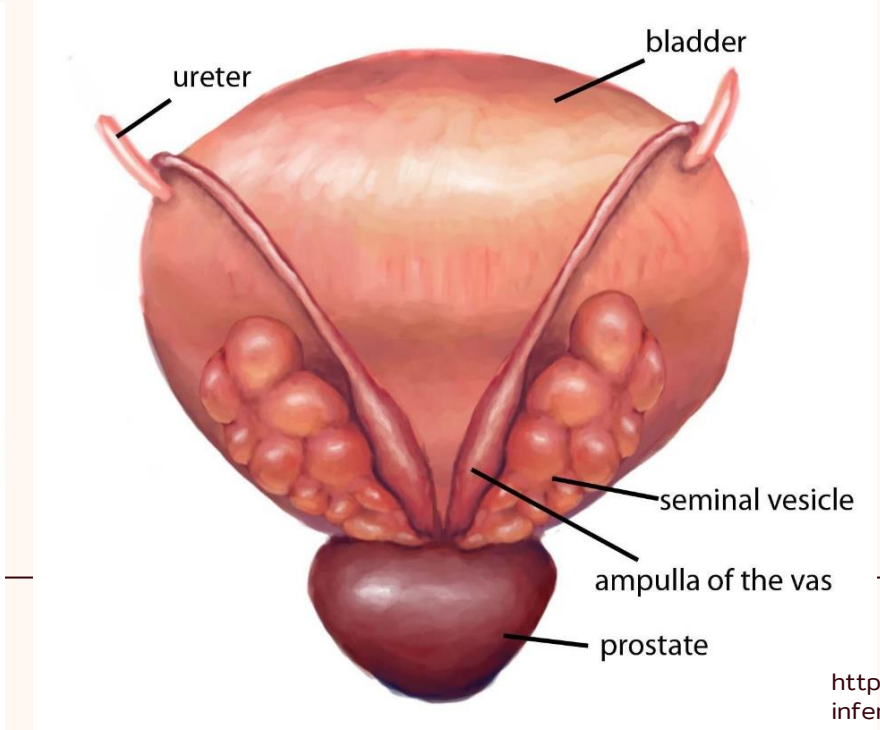
Carolina Galan. (2021). Epigenomics of Post-testicular Sperm Maturation. University of Massachusetts Medical School.

1.3 ท่อนำน้ำเชื้อ (ductus deferens, vas deferens)

เป็นส่วนที่ต่อจากส่วนหาง (cauda epididymis, tail) ของท่อพักอสุจิ (epididymis) ผนังประกอบด้วยกล้ามเนื้อหนา ส่วนท้ายจะต่อกับบริเวณต่อมต่างๆ (accessory gland) และเชื่อมต่อกับ pelvic urethra บริเวณส่วนท้ายของระบบท่อต่างๆ จะมีส่วนที่พองออกเรียกว่าแอมพูล่า (ampulla) ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ ภายในมีต่อมมากมาย ส่วนนี้จะทำหน้าที่ส่งอสุจิจากท่อนำน้ำเชื้อ (ductus deferens) ไปยังท่อนำน้ำปัสสาวะ (urethra)



https://www.knowyourbody.net/wp-content/uploads/2017/09/Vas-Deferens-Images.png



https://maleinfertility.org/understanding-male-infertility/anatomy-physiology-male-reproduction/vas-deferens-ejaculatory-ducts-1

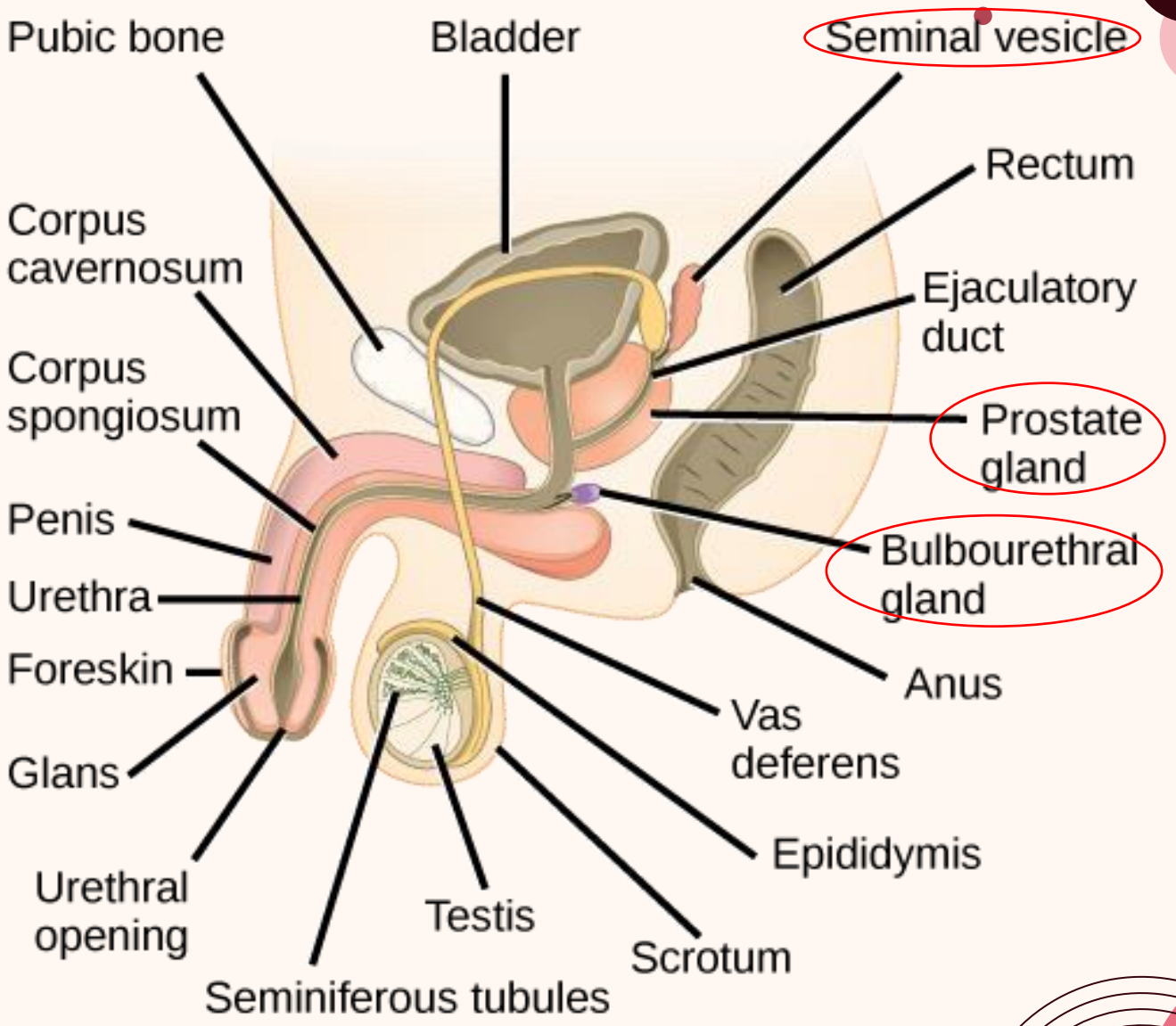
1.4 ต่อมร่วม (Accessory gland)

ต่อมร่วมจะอยู่บริเวณ pelvic portion ของท่อนำน้ำปัสสาวะ (urethra) โดยมีท่อออกสู่ท่อนำน้ำปัสสาวะ (urethra) ต่อมร่วมเป็นแหล่งสำคัญของน้ำกาม มีคุณสมบัติเป็น buffer เป็นแหล่งอาหารและอื่นๆ ที่ทำให้น้ำเชื้อมีความสมบูรณ์พันธุ์ ต่อมร่วมมี 3 ต่อม ได้แก่

ต่อมเวสซิคูลาร์ (vesicular gland)

ต่อมลูกหมาก (prostate gland)

ต่อมคาวเปอร์ (cowper's gland)



https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/male-reproductive-anatomy/

4. ต่อมร่วม (Accessory gland)

1 ต่อมเวสซิคูลาร์ (vesicular gland also called vesicular glands, or seminal glands) เป็นต่อมคู่ แต่ละต่อมมีลักษณะคล้ายพวงองุ่น ท่อเปิดของต่อม vesicular จะเปิดบริเวณใกล้กับ bifurcation ซึ่งเป็นบริเวณที่แอมพูล่า (ampulla) ต่อกับท่อนำน้ำปัสสาวะ (urethra) ทำหน้าที่สร้างสารที่เป็นอาหารให้กับตัวอสุจิ

2 ต่อมลูกหมาก (Prostate gland) เป็นต่อมเดี่ยวและอยู่รอบตามยาวของท่อปัสสาวะใกล้กับท่อเปิดของต่อมเวสซิคิวลาร์ (vesicular gland) สามารถคลำต่อมลูกหมากได้โดยผ่านทางทวารหนัก น้ำกามที่มาจากต่อมนี้มีปริมาณเพียงเล็กน้อย ซึ่งประกอบด้วยสารอนินทรีย์ (inorganic ions) ได้แก่ โซเดียม, คลอไรด์, แคลเซียม และแมกนีเซียม ทำหน้าที่สร้าง proteolytic enzymes และ acid phosphatase

3 ต่อมคาวเปอร์ (Cowper’s gland or bulbourethral) เป็นต่อมคู่ วางตัวตามยาวของท่อนำน้ำปัสสาวะ (urethara) ต่อมคาว์เปอร์ จะสร้างของเหลวเพียงนิดเดียว ทำหน้าที่สร้างน้ำเมือกเหนียว

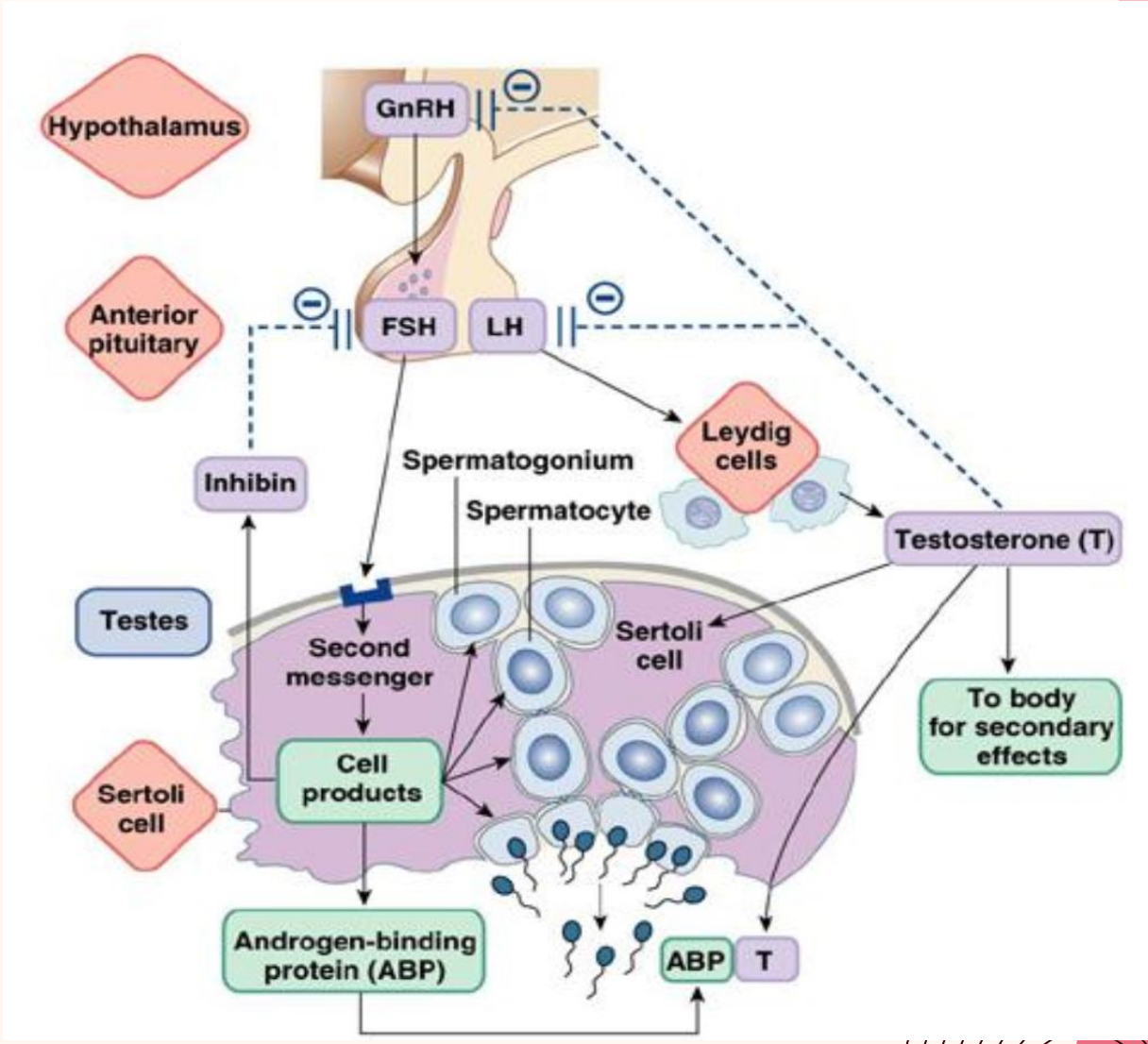
2. ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องในระบบสืบพันธุ์เพศผู้

- Luteinizing hormone (LH) หรือ Interstitial cell stimulating hormone (ICSH)
- Follicle-stimulating hormone (FSH)
- Androgens

  -testosterone,

  -androstenedione

  -5 α−dihydrotestosterone



Luteinizing hormone (LH) หรือ **Interstitial cell stimulating hormone (ICSH)** มีหน้าที่กระตุ้นการสร้าง androgens จาก Leydig cell ในอัณฑะ โดย LH จะไปจับกับตัวรับ (receptor) บนผนัง Leydig cell และกระตุ้นให้เกิดกลไกการสร้างเทสโตสเตอโรนภายในเซลล์ หลังจากนั้นจึงปล่อยเทสโตสเตอโรนผ่านผนังเซลล์เข้าสู่กระแสโลหิต

Follicle-stimulating hormone (FSH) บทบาทยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่า FSH มีส่วนช่วยในขั้นตอนท้ายๆ ของการเปลี่ยนแปลงตัวอสุจิ และดูเหมือนจำเป็นต่อการกระตุ้นกระบวนการสร้างอสุจิในระยะเริ่มต้นของวัยหนุ่มสาว (puberty) โดย FSH จะไปกระตุ้นให้ Sertoli cell ใน seminiferous tubule สร้างและหลั่งสาร androgen-binding protein (ABP) ซึ่งสารนี้จะไปจับกับ androgens ทำให้มีการสะสม androgens ภายในช่องว่างของ seminiferous tubule ในปริมาณสูง และส่วน caput epididymis เพื่อประโยชน์ในกระบวนการผลิตอสุจิ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตัวอสุจิให้มีความสมบูรณ์ขณะอยู่ ใน caput epididymis ต้องอาศัยอิทธิพลของ androgens

Androgens เป็นชื่อเรียกกลุ่มฮอร์โมนเพศผู้ ซึ่งประกอบด้วยฮอร์โมนที่สำคัญ เช่น testosterone, androstenedione 5 α–dihydrotestosterone ซึ่งผลิตหลักคือจาก Leydig cell ในอัณฑะ แต่ในต่อมหมวกไตส่วนของ adrenal cortex ก็สามารถผลิตได้ หน้าที่ของ androgens ในเพศผู้ มีดังนี้

1 กระตุ้นกระบวนการสร้างอสุจิใน seminiferous tubule ของลูกอัณฑะ

2 ยืดอายุของตัวอสุจิที่ถูกเก็บสะสมใน epididymis

3 ทำให้มีการเจริญ และการทำหน้าที่ของต่อมผลิตน้ำเลี้ยงอสุจิ

4 กระตุ้นให้สัตว์แสดงพฤติกรรมเพศผู้และความกำหนัด (libido)

5 ทำให้มี secondary sex characteristics ของเพศผู้ ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์ เช่น ในคนจะทำให้มีเสียงใหญ่ มีกล้ามเนื้อตามแขนขา หรือมีหนวด ในไก่จะมีหงอนใหญ่ และร่างกายที่ใหญ่กว่าเพศเมีย

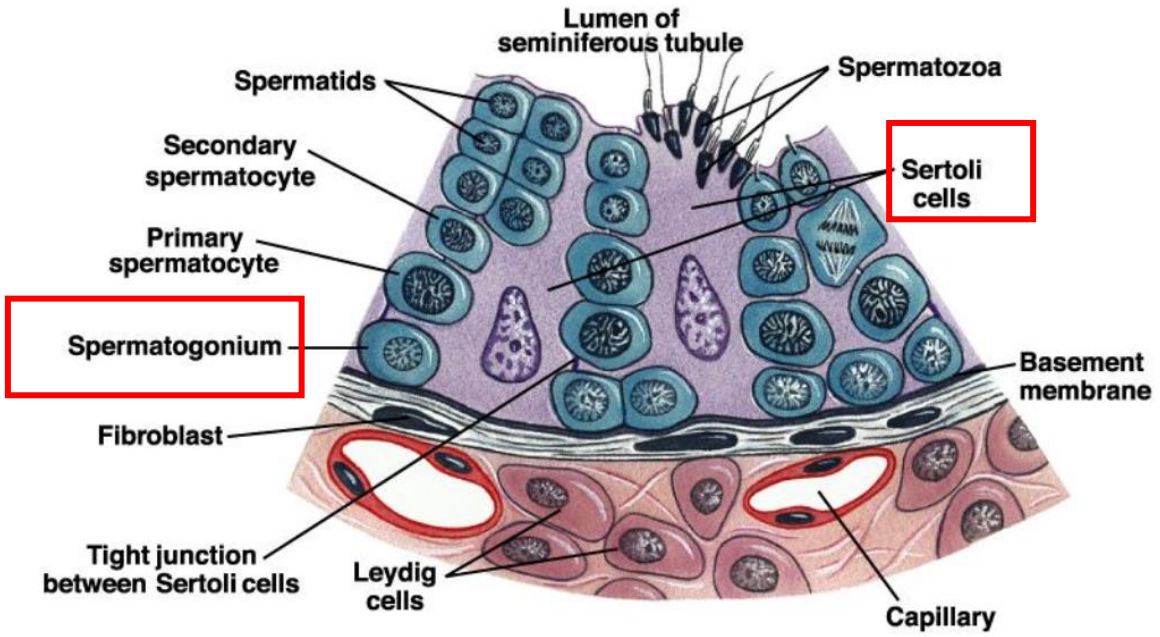
6 เพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างส่วนประกอบโปรตีนของร่างกาย คือทำให้มีการสะสมไนโตรเจน และเพิ่มจำนวนและความหนาของเส้นใยกล้ามเนื้อ

Leydig (interstitial) cells สร้าง testosterone ซึ่งมีหน้าที่สำคัญแบ่งออกเป็น 3 อย่างคือ

- ในระยะตัวอ่อน มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของ male fetus
- ในระยะวัยหนุ่ม (puberty) เริ่มกระตุ้นสร้างตัวอสุจิสร้างน้ำคัดหลั่งออกจาก accessory sex glands และทำให้มีการเจริญของ secondary male characteristics
- ในระยะผู้ใหญ่ (adult) ปรับสมดุลและคงคุณภาพของ spermatogenesis ลักษณะโครงสร้างของเพศชาย ท่อนำตัวอสุจิ และ accessory sex glands

3. การสร้างอสุจิ (Spermatogenesis)

การสร้างอสุจิเกิดขึ้นที่ seminiferous tubule ของอัณฑะ ซึ่งภายใน seminiferous tubule จะพบการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สืบพันธุ์หลายขั้นตอน ขั้นตอนสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดตัวอสุจิ (spermatozoa) ที่ประกอบด้วยส่วนหัวและหาง และสามารถเคลื่อนที่ได้ อสุจิจะถูกหลั่ง (ejaculation) ออกมาพร้อมกับน้ำเลี้ยงอสุจิ (seminal plasma) ที่สร้างจากต่อมต่างๆ รวมเรียกว่า น้ำเชื้อ (semen) เยื่อบุผนังด้านในของ seminiferous tubule ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด คือ sertoli cell และ spermatogonia



Sertoli cell เปรียบเสมือนโครงสร้างหลักในการยึดเกาะของเซลล์สืบพันธุ์ หน้าที่ของ Sertoli cell มีดังนี้

1. ปลดปล่อยตัวอสุจิให้เป็นอิสระในช่องว่างของ seminiferous tubule และยึดไซโตพลาสซึมของอสุจิที่เหลือ (residual bodies) เอาไว้
2. สร้าง androgen-binding protein (ABP) เพื่อจับเกาะกับ androgens ให้สะสมใน seminiferous tubule
3. สร้างสาร inhibin ในกระบวนการ negative feedback เพื่อไปยับยั้งการสร้าง FSH ตรง hypothalamus และ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า

การสร้างอสุจิ (spermatogenesis) แบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ ระยะการแบ่งตัว (spermatogenesis) และระยะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (spermiogenesis)

การสร้างอสุจิ (spermatogenesis)

การสร้างอสุจิเริ่มจาก เซลล์สืบพันธุ์เริ่มต้น (primordial germ cell) เคลื่อนมาที่อัณฑะประมาณสัปดาห์ที่ 4 (ของการเจริญของเอมบริโอ) และคงอยู่ในระยะนี้จนเข้าสู่วัยหนุ่มสาว เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว primordial germ cell มีการเปลี่ยนแปลงเป็น spermatogonium โดยกระบวนการแบ่งเซลล์แบบ mitosis ระหว่างขั้นตอนการแบ่งตัวของเซลล์ จะมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ต้นแบบขึ้นเพื่อทดแทนตัวเก่าอยู่ตลอดเวลา ทำให้การผลิตอสุจิดำเนินอยู่ได้ตลอดวัยเจริญพันธุ์

spermatogonium จะมีการแบ่งเซลล์แบบ meiosis โดยระยะที่ 1 จะเปลี่ยนเป็น primary spermatocyte (46, 4N) และเปลี่ยนต่อไปเป็น secondary spermatocyte (23, 2N) จำนวน 2 เซลล์ เมื่อสิ้นสุดระยะ meiosis ระยะที่ 1 หลังจากนั้น secondary spermatocyte 2 เซลล์ จะแบ่งต่อเป็น spermatid (23, 1N) จำนวน 4 เซลล์เมื่อสิ้นสุดระยะ meiosis ระยะที่ 2

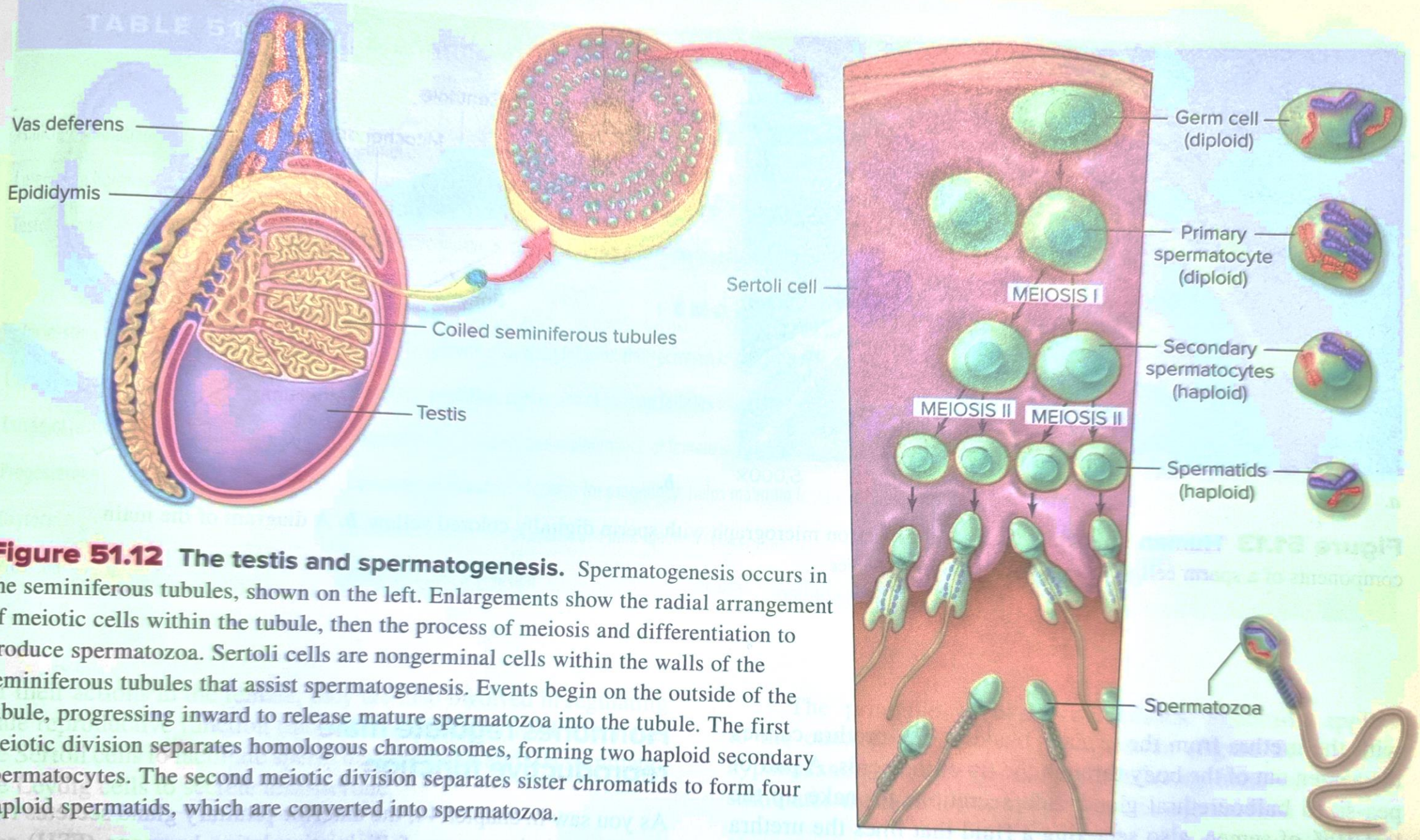
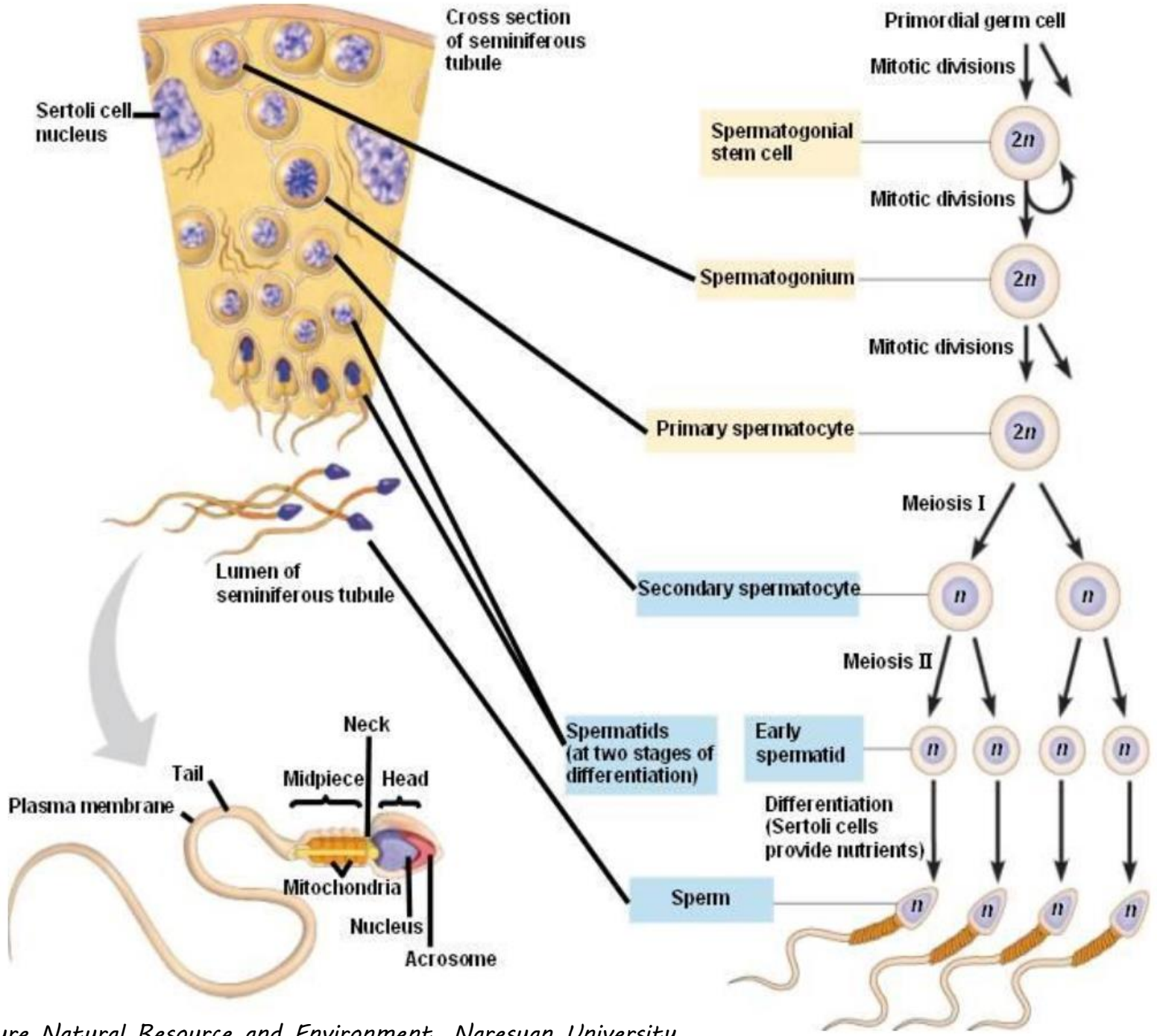


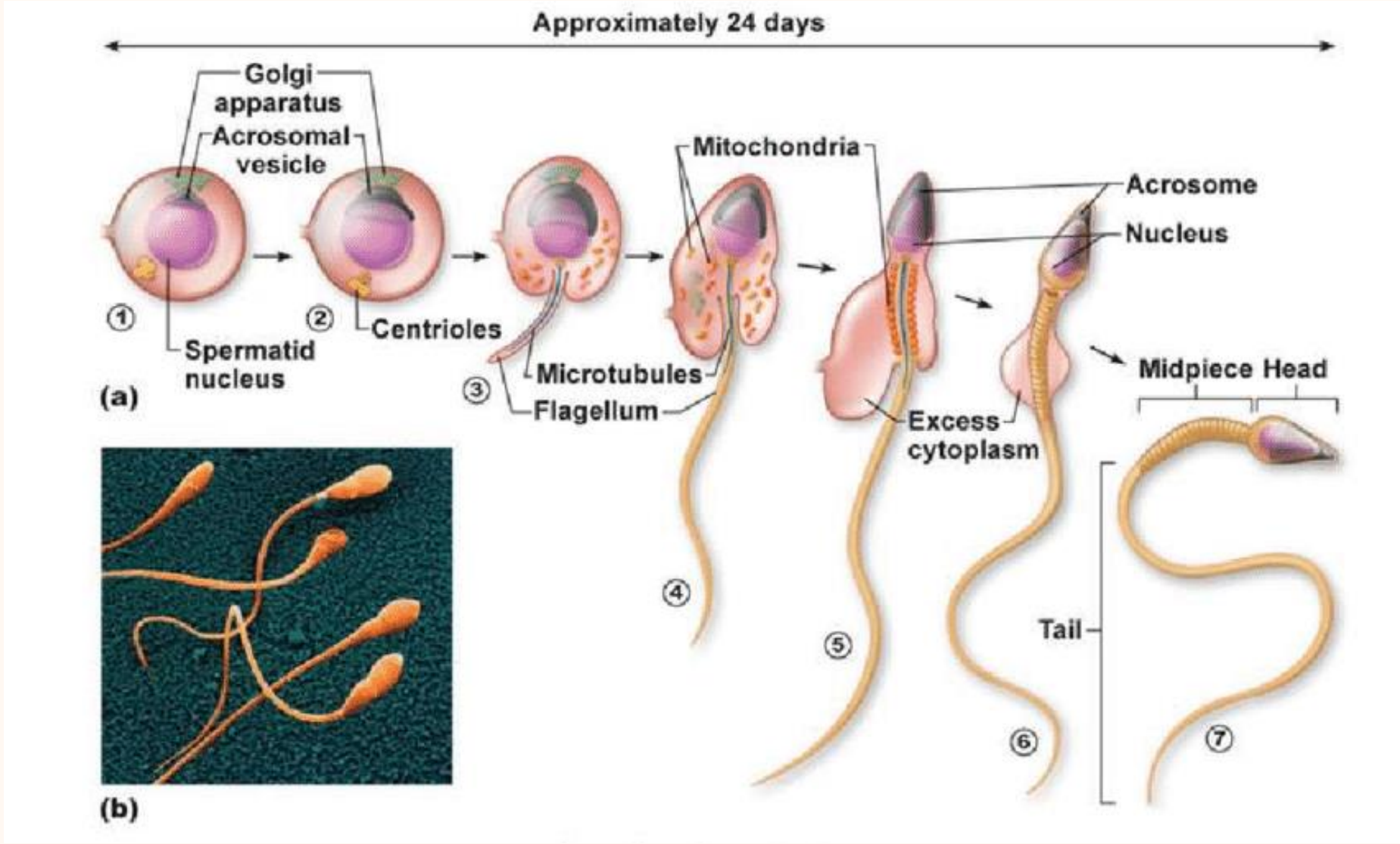
Figure 51.12 The testis and spermatogenesis. Spermatogenesis occurs in the seminiferous tubules, shown on the left. Enlargements show the radial arrangement of meiotic cells within the tubule, then the process of meiosis and differentiation to produce spermatozoa. Sertoli cells are nongerminal cells within the walls of the seminiferous tubules that assist spermatogenesis. Events begin on the outside of the tubule, progressing inward to release mature spermatozoa into the tubule. The first meiotic division separates homologous chromosomes, forming two haploid secondary spermatocytes. The second meiotic division separates sister chromatids to form four haploid spermatids, which are converted into spermatozoa.


Cross section of seminiferous tubule
Sertoli cell nucleus
Lumen of seminiferous tubule
Primordial germ cell
Mitotic divisions
Spermatogonial stem cell
2n
Mitotic divisions
Spermatogonium
2n
Mitotic divisions
Primary spermatocyte
2n
Meiosis I
Secondary spermatocyte
n
n
Meiosis II
Spermatids (at two stages of differentiation)
Early spermatid
n
n
n
n
Differentiation (Sertoli cells provide nutrients)
Sperm
n
n
n
n
Neck
Tail
Midpiece
Head
Plasma membrane
Mitochondria
Nucleus
Acrosome

4. กระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นอสุจิ (Spermiogenesis)

Spermiogenesis คือ ขบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ male gamates จนกลายเป็น spermatozoa และพร้อมที่จะเคลื่อนที่ได้เอง

Spermiogenesis จากเซลล์สืบพันธุ์ระยะ spermatid (ระยะแบ่งนิวเคลียสเป็น n) จะมีการเปลี่ยนแปลงทางรูปร่างหลายขั้นตอน จนได้เป็น spermatozoa ซึ่งขั้นตอนดังกล่าว แบ่งเป็น 4 ระยะ คือ golgi phase, cap phase, acrosomal phase และ maturation phase ซึ่ง spermatozoa มีโครงสร้างประกอบด้วยส่วนหัว และส่วนหาง ส่วนหัวเป็นส่วนของ nucleus ที่มี acrosome คลุมอยู่ 2 ใน 3 ส่วนทางด้านบน ส่วนหัวจะมีรูปร่างรีและแบน nucleus บรรจุ chromatin ที่อัดแน่นอยู่ภายใน จำนวนโครโมโซมภายในเท่ากับครึ่งหนึ่งของโครโมโซมร่างกาย เนื่องจากเซลล์มีการแบ่งตัวแบบ meiosis



Spermiogenesis B15 Col. Mode V.2024

Chapter 3

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสัตว์

คัพภวิทยา

อาจารย์ ดร.นฤมล ประครองรักษ์

Chapter 3 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสัตว์

1. โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (Male Reproductive System)
2. ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง
3. การสร้างอสุจิ (Spermatogenesis)
4. กระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นอสุจิ (Spermiogenesis)

---

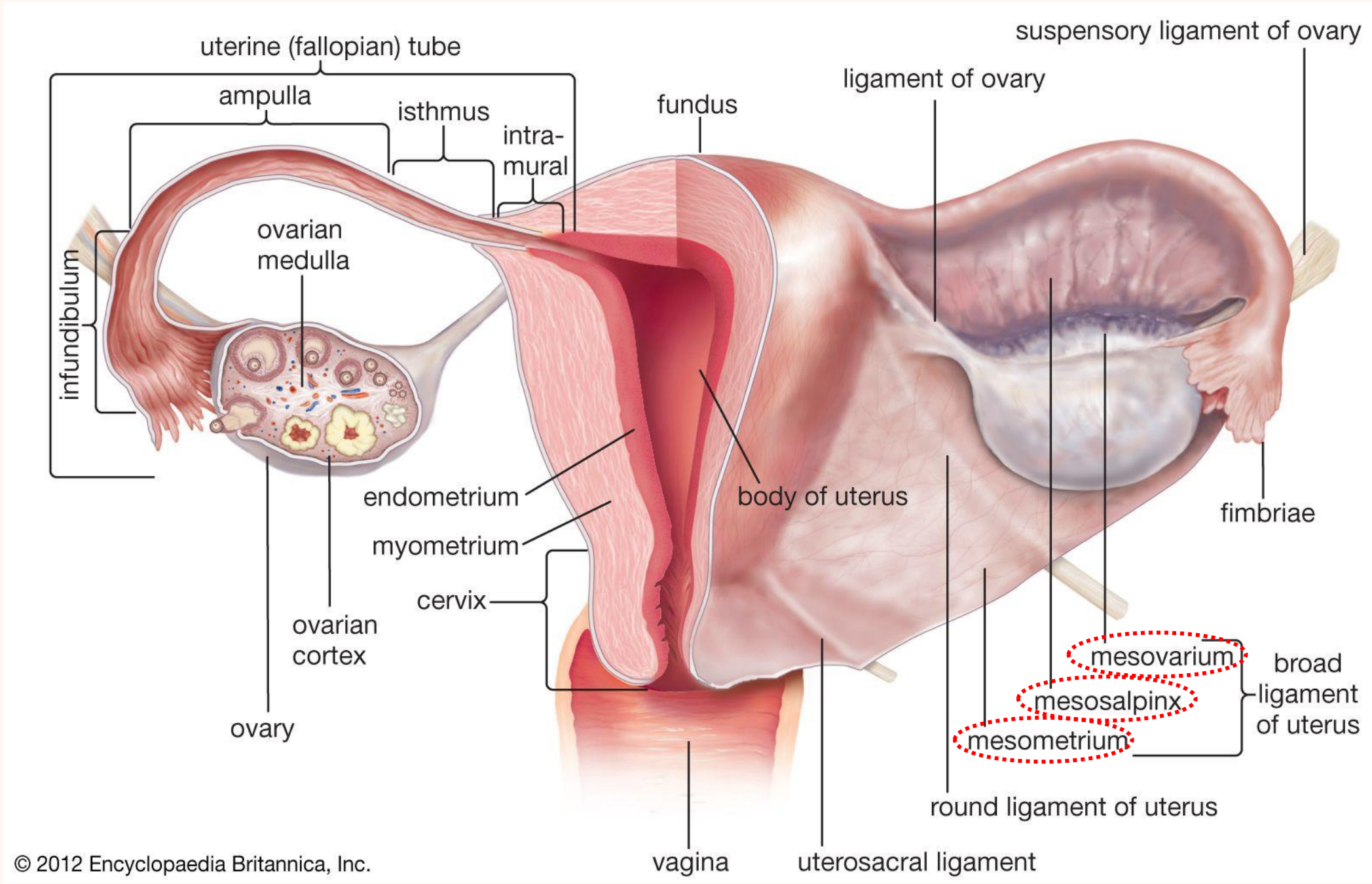
5. โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (Female Reproductive System)
6. ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง
7. การสร้างไข่ (Oogenesis)
8. วงจรในรังไข่ (Ovarian cycle)

---

5. Female Reproductive System

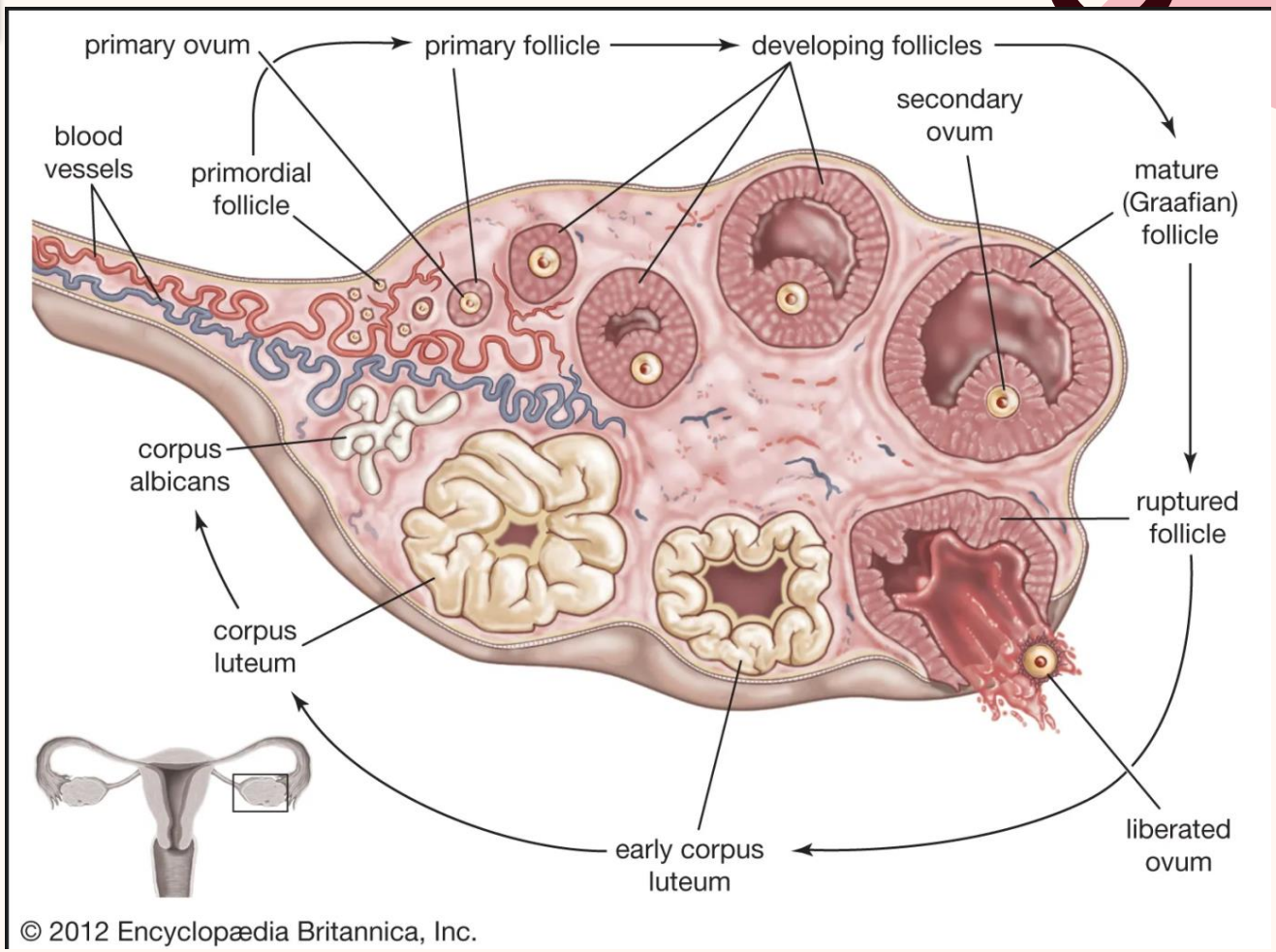
ระบบสืบพันธุ์เพศเมีย (Female Reproductive System)

ระบบสืบพันธุ์เพศเมียประกอบด้วย รังไข่ ท่อนำไข่ มดลูก ปากมดลูก ช่องคลอดและปากช่องคลอด อวัยวะสืบพันธุ์ที่อยู่ภายในช่องท้องจะถูกแขวนโดยเยื่อ broad ligament 3 ส่วนคือ
เยื่อยึดไข่ (mesovarium)
เยื่อยึดท่อนำไข่ (mesosalpinx)
และเยื่อยึดมดลูก (mesometrium)


uterine (fallopian) tube
ampulla
isthmus
intra-
mural
fundus
ligament of ovary
suspensory ligament of ovary
infundibulum
ovarian
medulla
endometrium
myometrium
cervix
body of uterus
fimbriae
ovarian
cortex
ovary
mesovarium
mesosalpinx
mesometrium
broad
ligament
of uterus
round ligament of uterus
vagina
uterosacral ligament
© 2012 Encyclopaedia Britannica, Inc.

5.1 รังไข่ (Ovary)

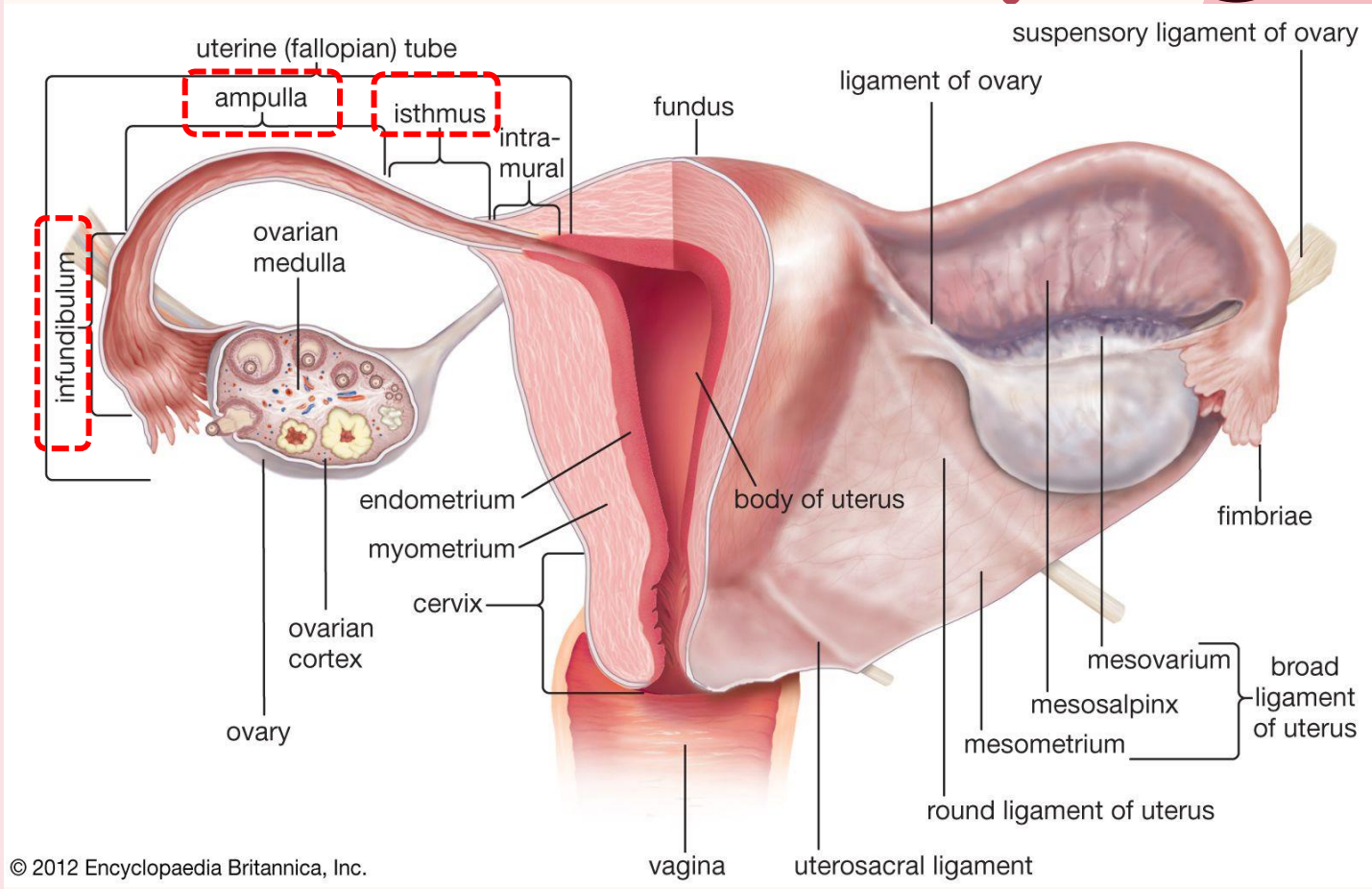
รังไข่ (Ovary) มีอยู่ 2 ข้าง ซ้ายขวา รูปร่างและขนาดจะแตกต่างกันไป รูปร่างของรังไข่มักจะค่อนข้างกลมรี ขนาดกว้างประมาณ 2 เซ็นติเมตร ยาวประมาณ 3 เซ็นติเมตร และหนาประมาณ 1 เซ็นติเมตร รังไข่ที่บริเวณตรงกลาง (medulla) ของรังไข่ จะถูกยึดด้วยเอ็นและจะมีส่วนของเส้นประสาท เส้นเลือด และหลอดน้ำเหลืองมาหล่อเลี้ยง

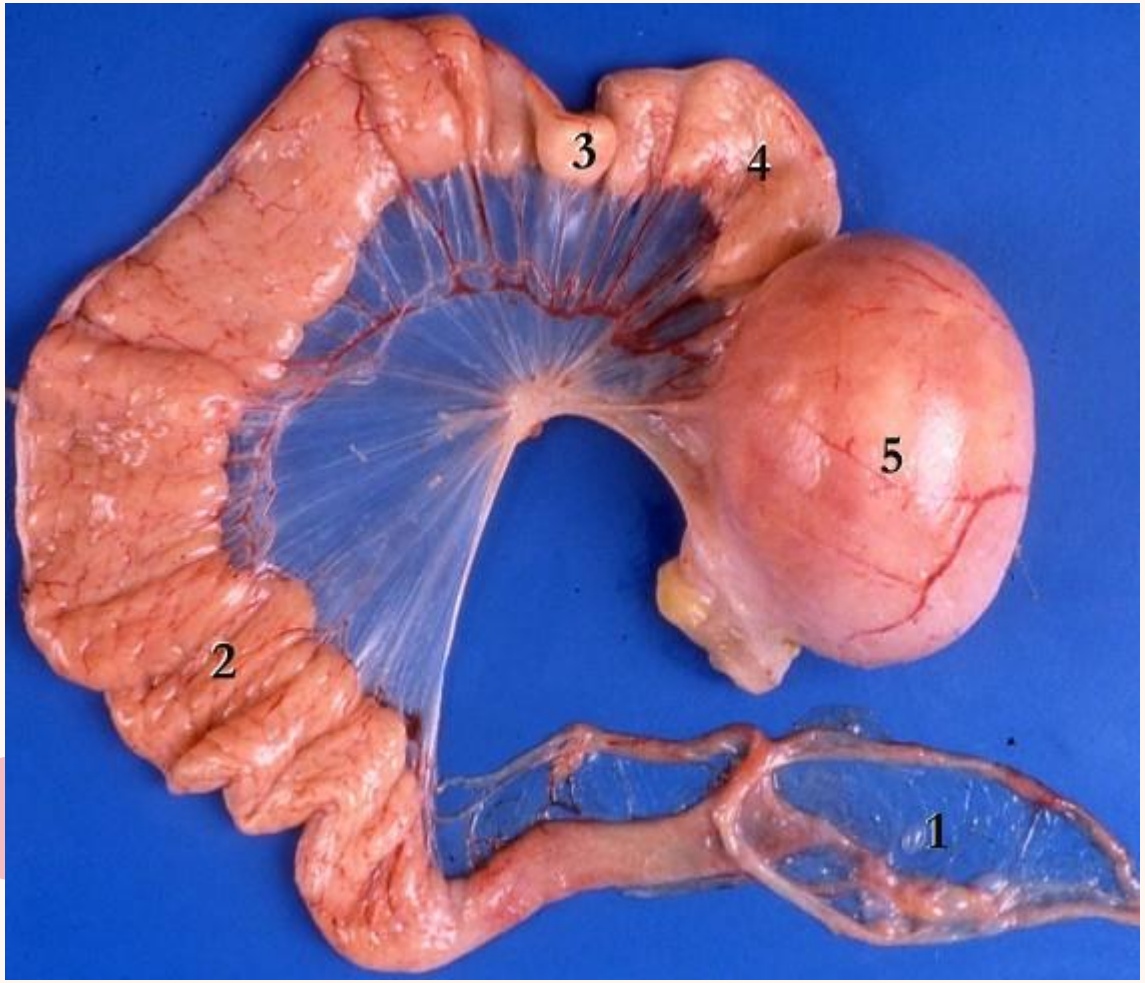


5.2 ท่อนำไข่ (Oviduct)

มีลักษณะเป็นท่อมี 1 คู่ ปลายท่อมาเปิดบริเวณใกล้กับรังไข่ เพื่อรองรับไข่ที่ตกจากรังไข่ให้เดินทางเข้าในท่อนำไข่ และอีกด้านหนึ่งจะต่อกับปลายปีกมดลูก ท่อนำไข่มีหน้าที่ในการนำไข่และตัวอสุจิด้วยในเวลาเดียวกัน ซึ่งการนำไข่และตัวอสุจิเป็นการนำในทิศทางตรงกันข้าม นอกจากนั้นท่อนำไข่ยังเป็นตำแหน่งที่เกิดการปฏิสนธิของไข่และตัวอสุจิ และเป็นที่ให้ตัวอ่อนแบ่งตัวในระยะแรกก่อนที่จะเดินทางไปยังมดลูก ท่อนำไข่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

Infundibulum คอยรองรับไข่ ส่วนของ Ampulla มีการสร้างสารคัดหลั่งช่วยในการเคลื่อนที่ของไข่ และ Isthmus ต่อกับปีกมดลูก





Oviduct of a laying hen 1 Infundibulum, 2 Magnum, 3 Isthmus, 4 Uterus, 5 Vagina with egg inside

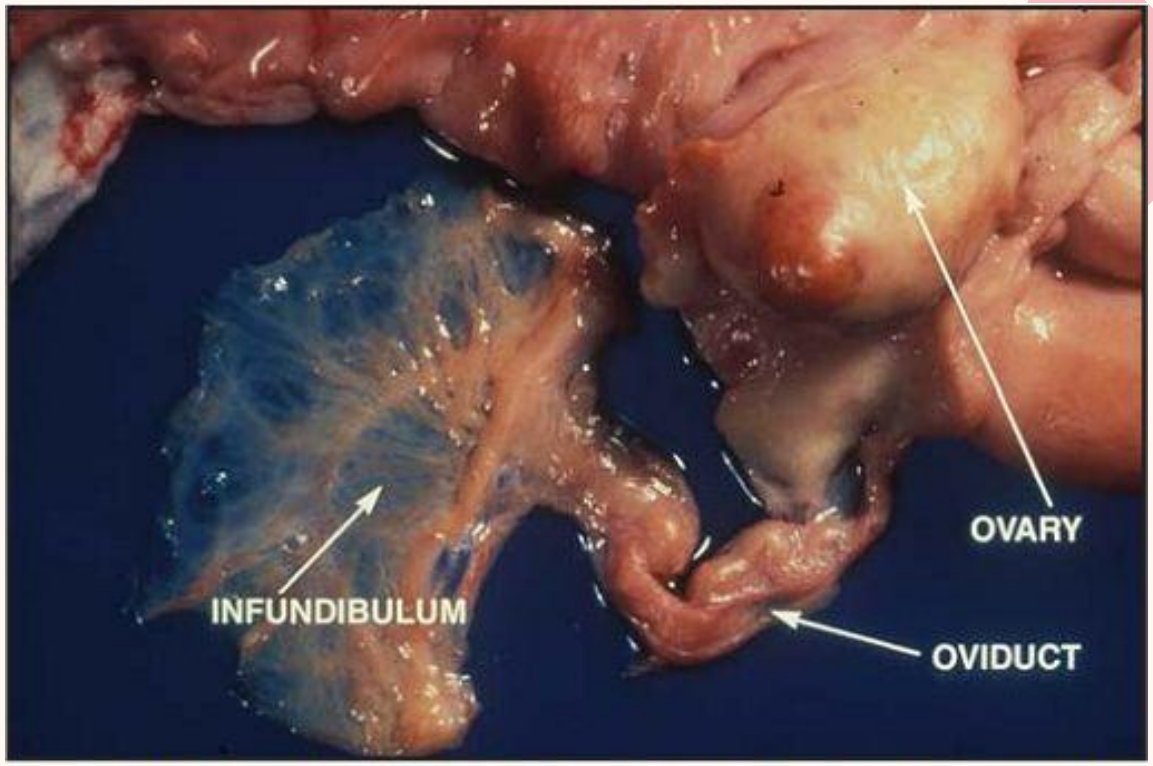


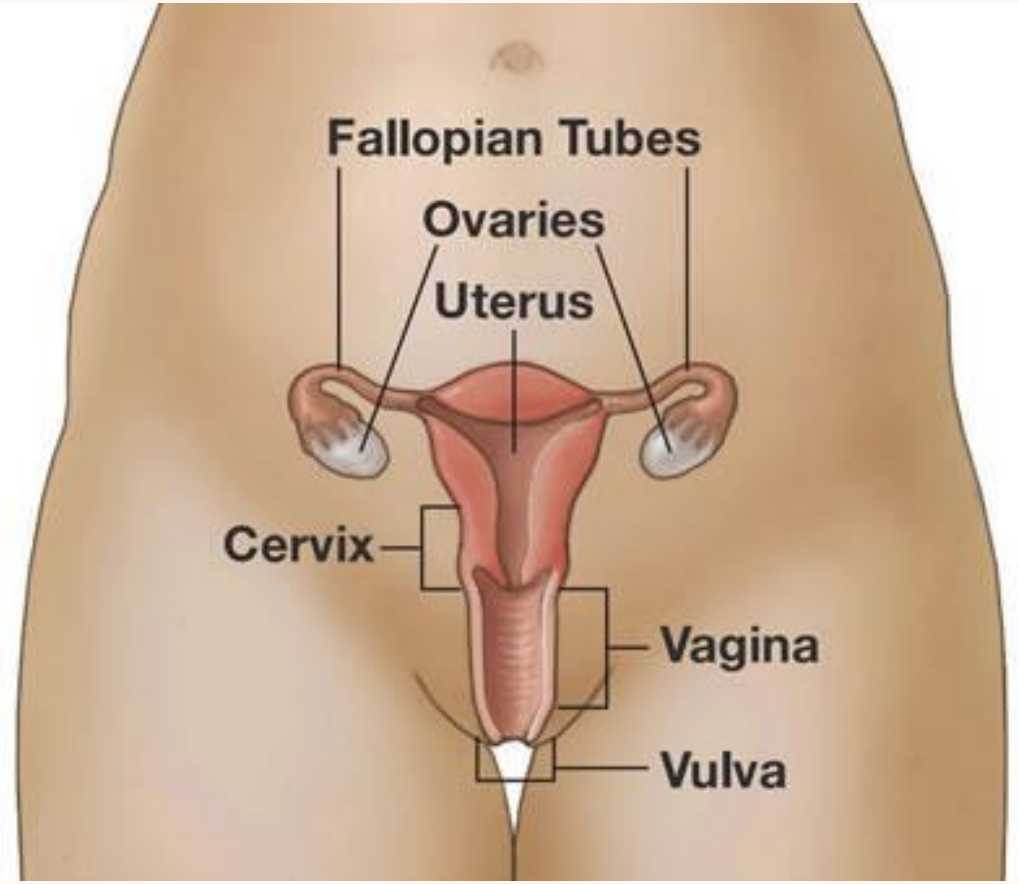
Figure 6. The infundibulum catches the egg from the ovary and guides it into the oviduct.

Oviduct of a cow

https://en.wikipedia.org/wiki/Oviduct#/media/File:Oviduct-hen.jpg

5.3 มดลูก (Uterus)

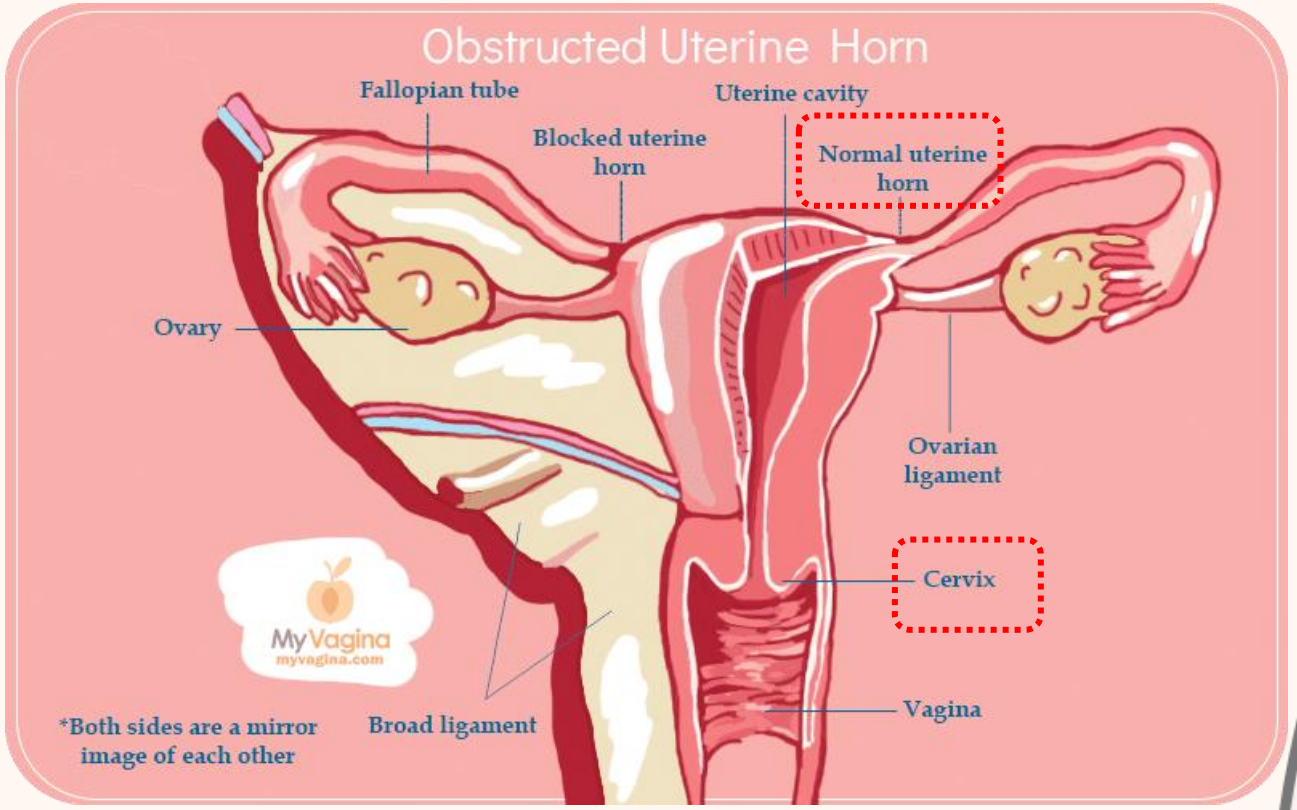
1. คอมดลูก หรือปากมดลูก (cervix)
2. ตัวมดลูก (body of uterus)
3. ปีกมดลูก (horn of uterus)



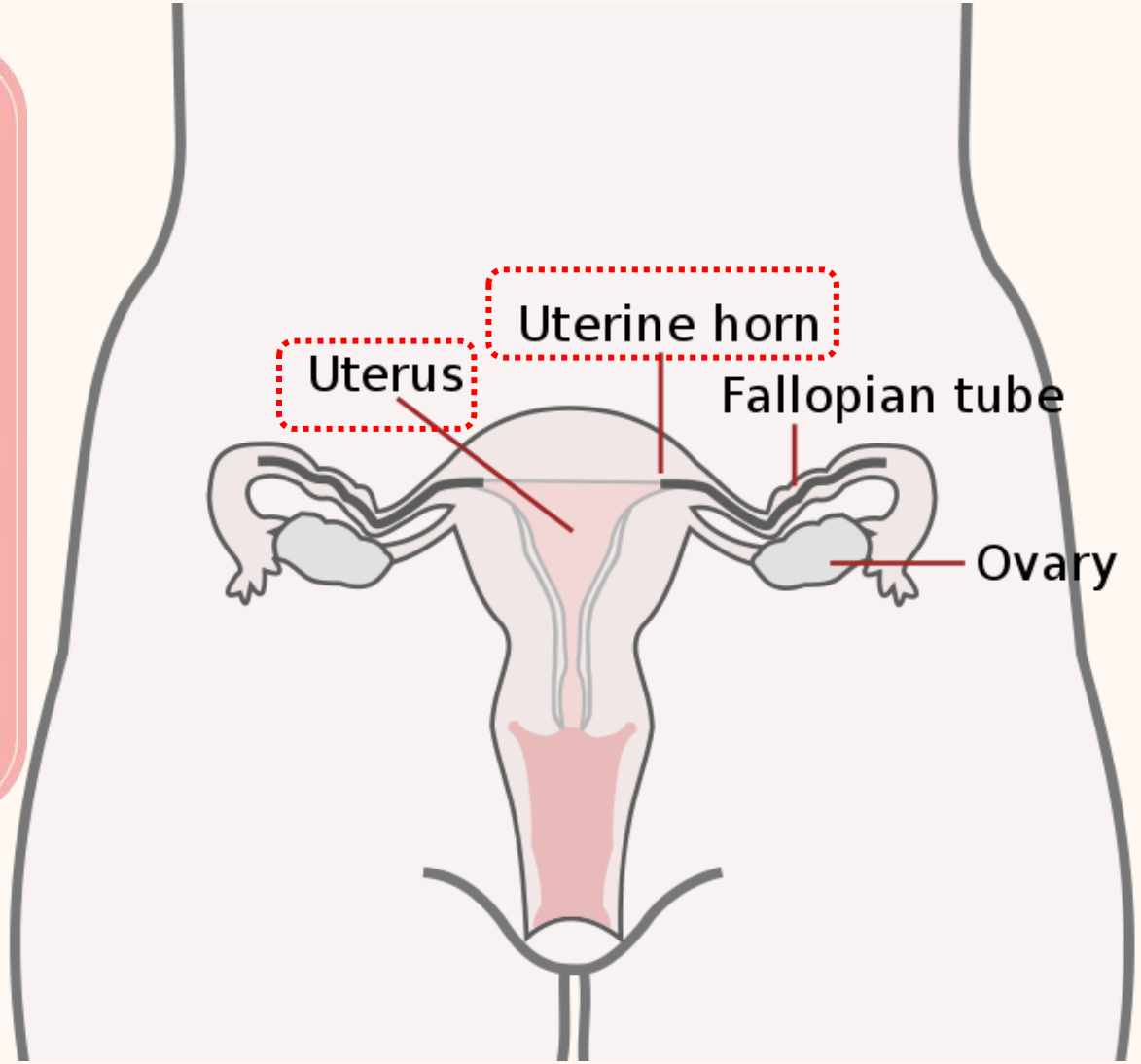
คอมดลูก หรือปากมดลูก (cervix) มีลักษณะเป็นท่อ อยู่ระหว่างตัวมดลูก (body of uterus) กับช่องคลอด (vagina) ภายในคอมดลูกมีส่วนของเนื้อเยื่อที่เป็นหลืบ 2-3 หลืบ ด้านที่ต่อกับช่องคลอด (vagina) เป็นปากมดลูก ซึ่งมีช่องเปิดเล็กๆ ผ่านตลอดความยาว มีช่องเปิดด้านนอกออกสู่ช่องคลอด คอมดลูกมีต่อมสร้างน้ำเมือกเช่นเดียวกับในช่องคลอด ซึ่งจะขับออกมาเมื่อสัตว์เป็นสัด

ตัวมดลูก (body of uterus) เป็นส่วนที่ต่อจากคอมดลูก (cervix) ผนังบางกว่าปีกมดลูก (horn of uterus) ปลายของตัวมดลูก จะถูกแบ่งเป็นซ้ายและขวา และเป็นท่อยาวออกไปทั้ง 2 ข้าง ซึ่งจะไปเชื่อมต่อกับปีกมดลูก (horn of uterus) ตัวมดลูก (body of uterus) มีต่อมสร้างน้ำเมือก ซึ่งจะขับออกมาเมื่อสัตว์เป็นสัด

ปีกมดลูก (horn of uterus) เป็นส่วนที่ต่อมาจากตัวมดลูก มี 2 ข้าง ซ้ายและขวา ปีกมดลูกเป็นกล้ามเนื้อเรียบ ด้านในของตัวมดลูกและปีกมดลูกมีลักษณะเป็นโพรง บุด้วยชั้นของเนื้อเยื่อที่เรียกว่าเยื่อบุด้านในมดลูก มีลักษณะเปราะบางและง่ายต่อการฉีกขาดหรือบาดเจ็บ



https://myvagina.com/obstructed-uterine-horn/

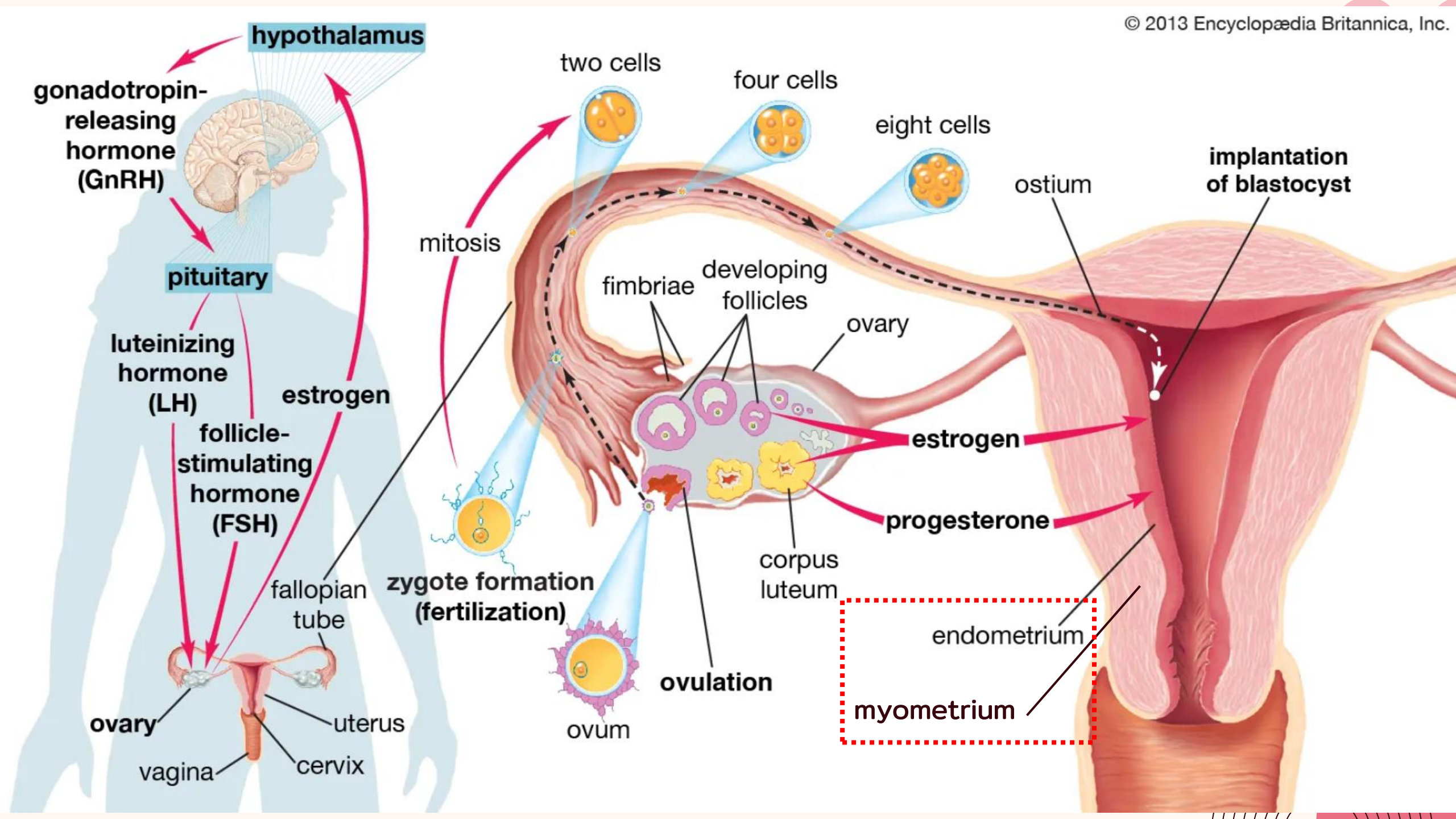


https://en.wikipedia.org/wiki/Uterine_horns

มดลูก มีลักษณะเป็นท่อประกอบด้วยเยื่อบุภายในมดลูก (endometrium) และชั้นนอกที่เป็นกล้ามเนื้อเรียบ (myometrium) ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบบางๆ 2 ชั้น วางตัวตามแนวยาวและกล้ามเนื้อเรียบชั้นที่หนากว่าจะกวางตัวตามแนวขวาง ฮอร์โมน estrogen มีผลทำให้ชั้น myometrium แข็งตัวขึ้น (tone) ส่วนฮอร์โมน progesterone จะมีผลทำให้ชั้นกล้ามเนื้อนี้อ่อนตัวลง ส่วนเยื่อบุชั้นในสุดเรียกว่า endometrium ชั้นนี้มีต่อมต่าง ๆ และท่อต่างๆ อยู่มาก ต่อมและท่อเหล่านี้จะตอบสนองต่อฮอร์โมน estrogenและ progesterone โดยฮอร์โมน estrogen ทำให้มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงชั้น endometrium มากขึ้น ทำให้ชั้นนี้หนาตัวขึ้นและกระตุ้นให้มีการเจริญของต่อมต่างๆ ในบริเวณนี้ ส่วนฮอร์โมน progesterone ทำให้ต่อมต่างๆ ที่เจริญขึ้นนั้นขดเป็นเกลียวแตกกิ่งก้านสาขามากขึ้น ผลของฮอร์โมนทั้งสองที่ทำงานร่วมกันทำให้มดลูกพร้อมที่จะรับการฝังตัวของไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว หลังจากนั้นตัวอ่อนจะมาฝังตัวกับชั้น endometrium โดยการแนบชิดระหว่างผนังเยื่อบุตัวอ่อนกับ endometrium เกิดกระบวนการสร้างรกขึ้นเรียกว่า placentation โดยตัวอ่อนจะได้รับอาหารทางรกและสามารถถ่ายเทของเสียผ่านทางรกได้เช่นกัน

https://www.knowyourbody.net/wp-content/uploads/2017/09/Vas-Deferens-Images.png

https://maleinfertility.org/understanding-male-infertility/anatomy-physiology-male-reproduction/vas-deferens-ejaculatory-ducts-1


© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.
hypothalamus
gonadotropin-releasing hormone (GnRH)
pituitary
luteinizing hormone (LH)
follicle-stimulating hormone (FSH)
estrogen
ovary
uterus
vagina
cervix
fallopian tube
mitosis
two cells
four cells
eight cells
fimbriae
developing follicles
ovary
ostium
implantation of blastocyst
estrogen
progesterone
corpus luteum
endometrium
myometrium
zygote formation (fertilization)
ovulation
ovum

5.4 ช่องคลอด (Vagina)

ช่องคลอดเป็นอวัยวะที่ต่อจากคอมดลูก มีลักษณะเป็นท่อผนังบางและมีความยืดหยุ่น ช่องคลอดในโคและม้ายาวประมาณ 25-30 cm. ในแพะ แกะและสุกร ยาวประมาณ 10-15 cm. ผนังช่องคลอดประกอบด้วย **ชั้น serosa, ชั้นกล้ามเนื้อ**มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงจำนวนมาก มีเส้นประสาทเจริญดีและมีทั้งเยื่อเกี่ยวพันชนิดหนาและหลวมๆ ปนอยู่ **และเยื่อบุผิว** ในชั้นบุผิวประกอบไปด้วยเยื่อบุผิวที่มีต่อมต่าง ๆเล็กน้อย ลักษณะเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่าซ้อนกันหลายชั้น ช่องคลอดเป็นส่วนสำคัญที่มีบทบาทมากในขณะที่สัตว์กำลังผสมพันธุ์ โดยเป็นส่วนที่รองรับอวัยวะเพศผู้และกักเก็บน้ำเชื้อ

5.5 ปากช่องคลอด (Vulva)

ปากช่องคลอด (Vulva) เป็นอวัยวะสืบพันธุ์ ซึ่งสามารถมองเห็นได้จากภายนอก อยู่ตรงบริเวณส่วนท้ายสุดของกระดูกเชิงกราน ปากช่องคลอดจะเป็นทางผ่านของอวัยวะเพศผู้ในขณะผสมพันธุ์ และเป็นทางออกของน้ำปัสสาวะ

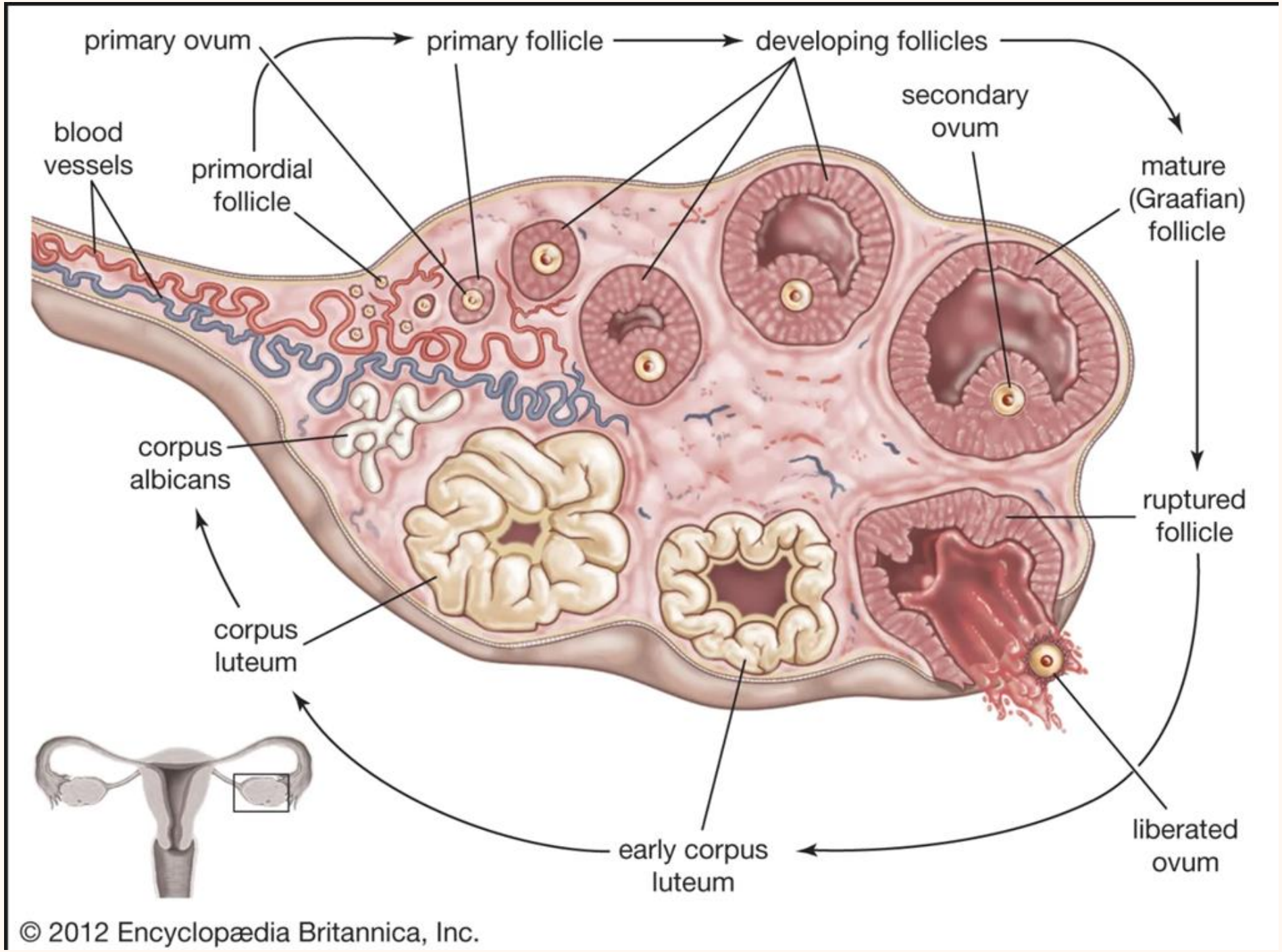
6. ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องในระบบสืบพันธุ์เพศเมีย

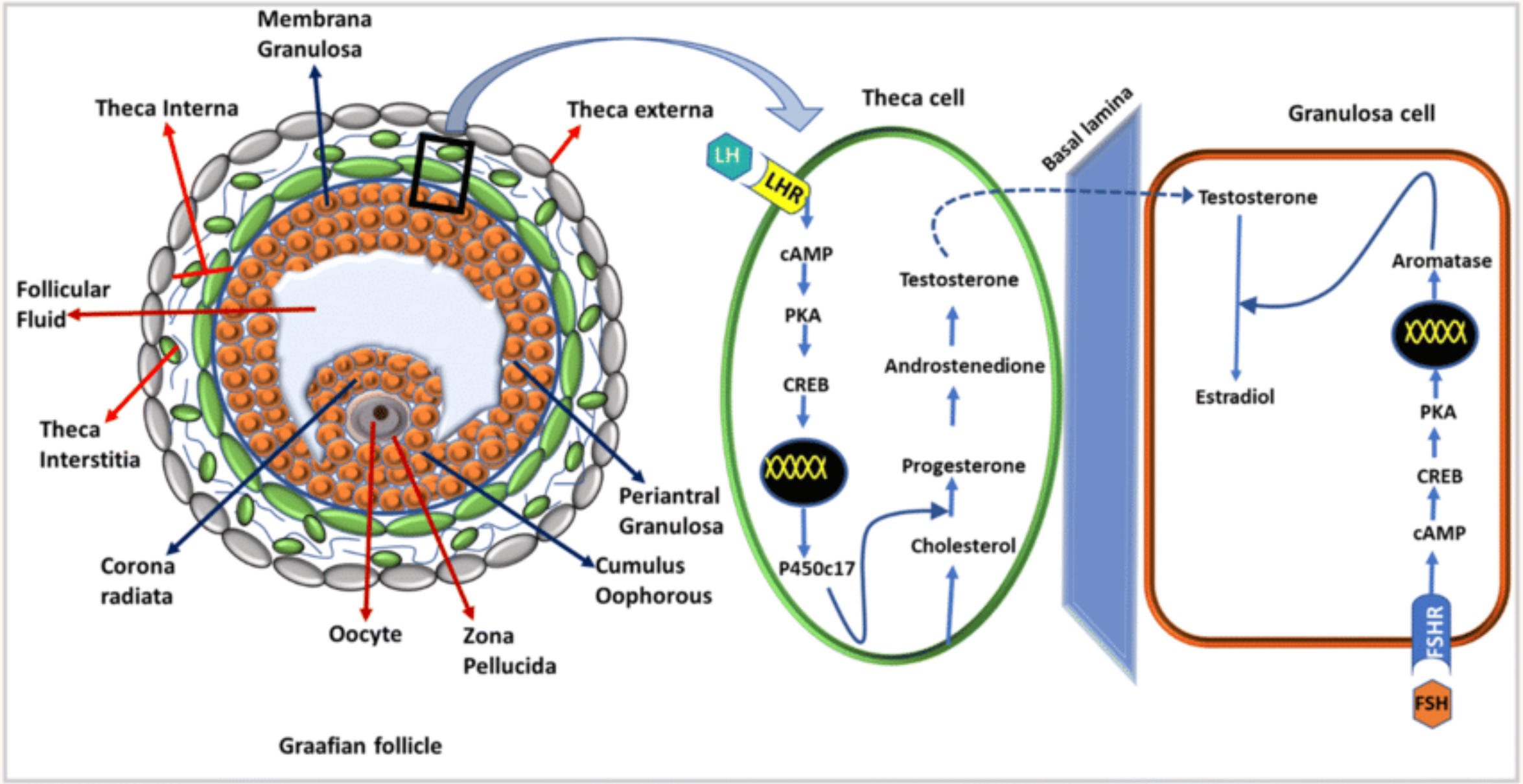
ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องในระบบสืบพันธุ์เพศเมียมีมากชนิด และมีกลไกสลับซับซ้อนมากกว่าในระบบสืบพันธุ์เพศผู้ ฮอร์โมนดังกล่าวมีทั้งที่ผลิตจากต่อมใต้สมองส่วนหน้าและส่วนหลัง รังไข่ และรก

แหล่งผลิตฮอร์โมนและหน้าที่ของฮอร์โมนในระบบสืบพันธุ์เพศเมีย

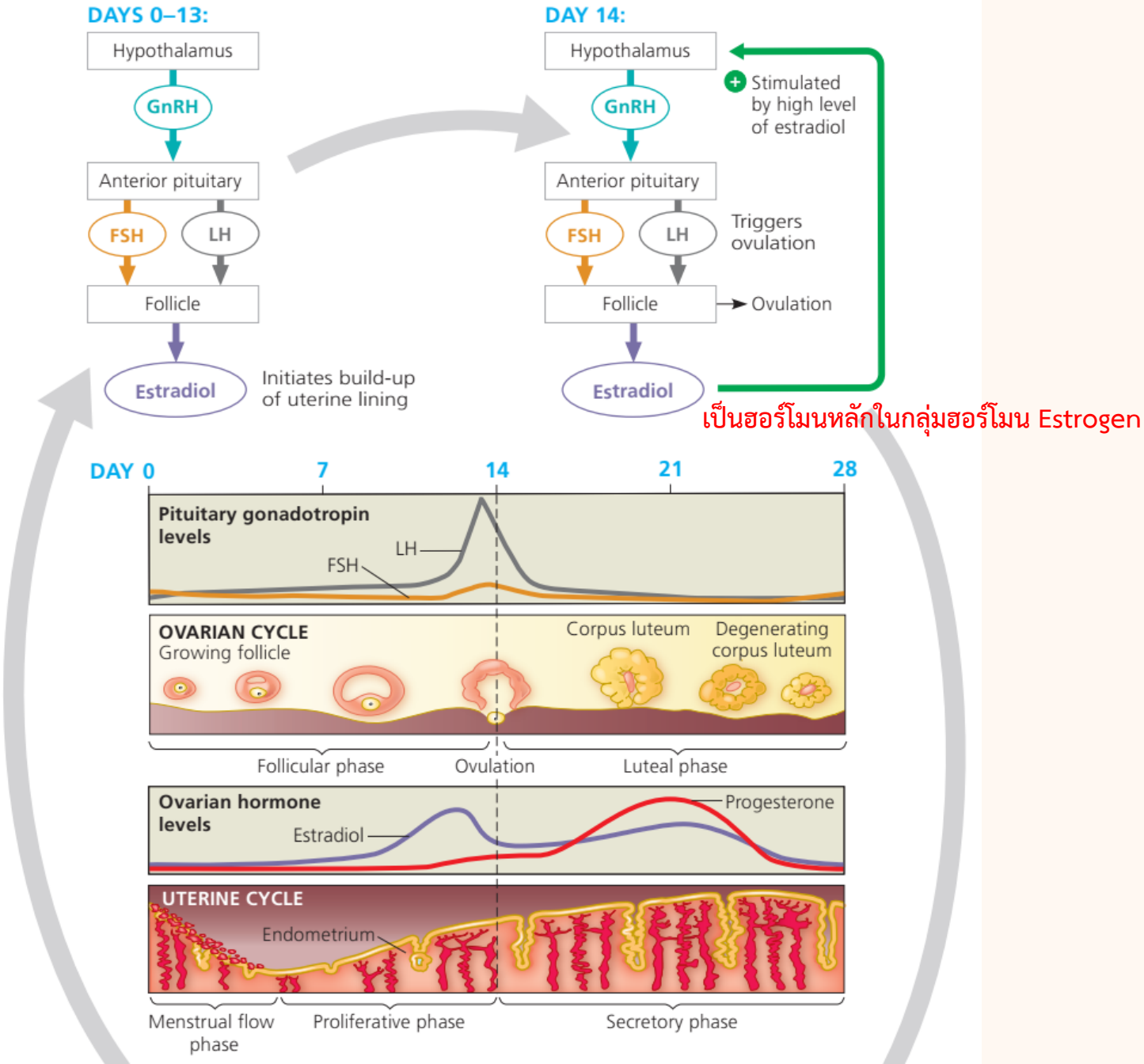
Source	Hormone	Function
Hypothalamus	Releasing hormone (GnRH)	Causes release of FSH and LH
	Prolantin inhibiting factor (PIF)	Inhibits prolactin release
	Oxytocin (store in post. Pituitary)	กระตุ้นการหดตัวของมดลูก การคลอดบุตร การลำเลียงอสุจิและไข่ การขับน้ำนม Stimulates uterine contractions, parturition, sperm and egg transport, milk ejection
Anterior pituitary	Follicle stimulating hormone (FSH)	Stimulates follicular growth, estrogen secretion กระตุ้นการเจริญเติบโตของฟอลลิเคิล การหลั่งเอสโตรเจน
	Luteinizing hormone (LH)	Stimulates ,CL function, secretion of progesterone
	Prolactin	Promotes lactation, stimulates CL function and progesterone secretion in some species; may inhibit estrogen secretion

Source	Hormone	Function
Ovary	Estrogens	Promotes female sex behavior, stimulates sec. sex characteristics, growth of reproductive tract, uterine contractions, mammary duct growth, controls gonadotropin release, stimulates calcium uptake in bones, has anabolic effects
	progesterone	Acts synergistically with estrogen in promoting estrous behavior and preparing reproductive tract for implantation, stimulates endometrial secretion, maintains pregnancy, stimulates mammary alveolar growth, controls gonadotropin secretion
Placenta	Placenta luteotropin	Maintains CL (corpus luteum)
	Estrogens and progesterone	See ovary

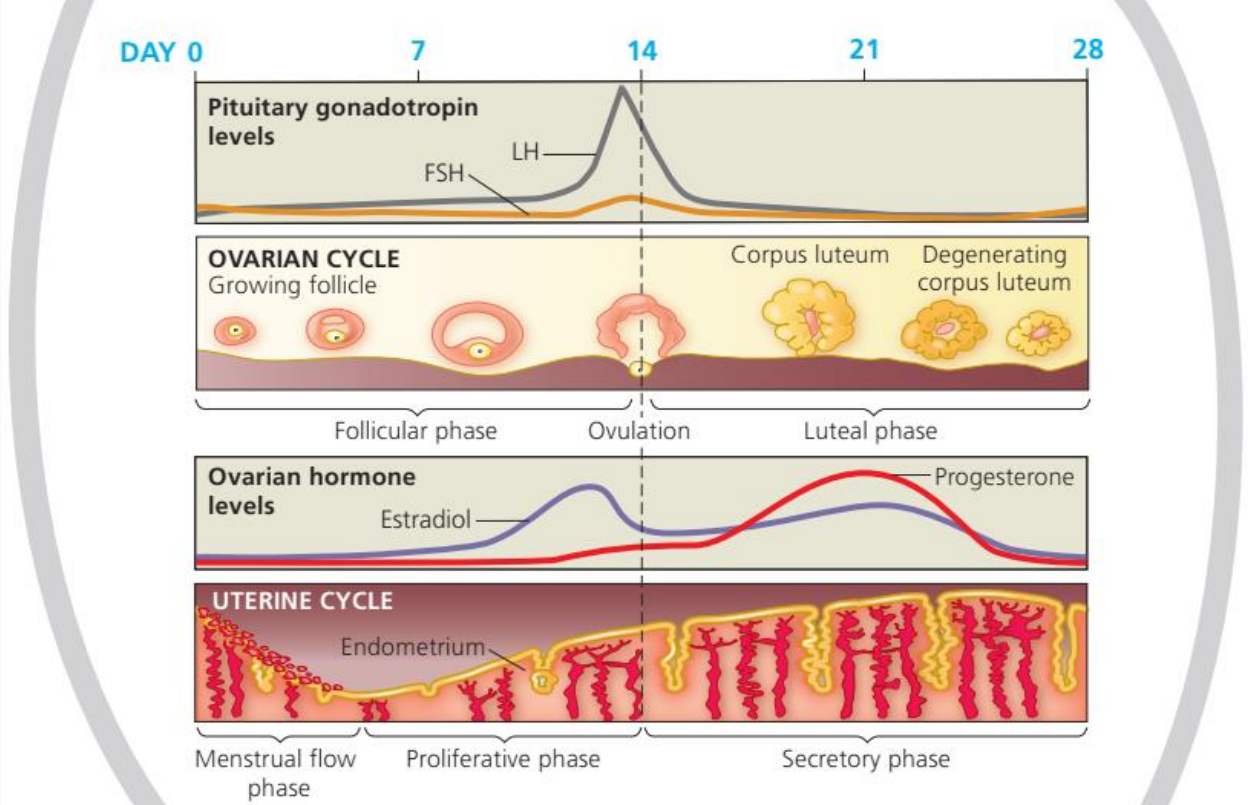

primary ovum
primary follicle
developing follicles
secondary ovum
blood vessels
primordial follicle
mature (Graafian) follicle
corpus albicans
ruptured follicle
corpus luteum
early corpus luteum
liberated ovum
© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.


Membrana Granulosa
Theca Interna
Theca externa
Follicular Fluid
Theca Interstitia
Periantral Granulosa
Corona radiata
Cumulus Oophorous
Oocyte
Zona Pellucida
Graafian follicle
Theca cell
LH
LHR
cAMP
PKA
CREB
P450c17
Testosterone
Androstenedione
Progesterone
Cholesterol
Basal lamina
Granulosa cell
Testosterone
Estradiol
Aromatase
PKA
CREB
cAMP
FSHR
FSH

▼ **Figure 46.14 The reproductive cycles of the human female.** This figure shows how the ovarian cycle and the uterine (menstrual) cycle are regulated by changing hormone levels in the blood.

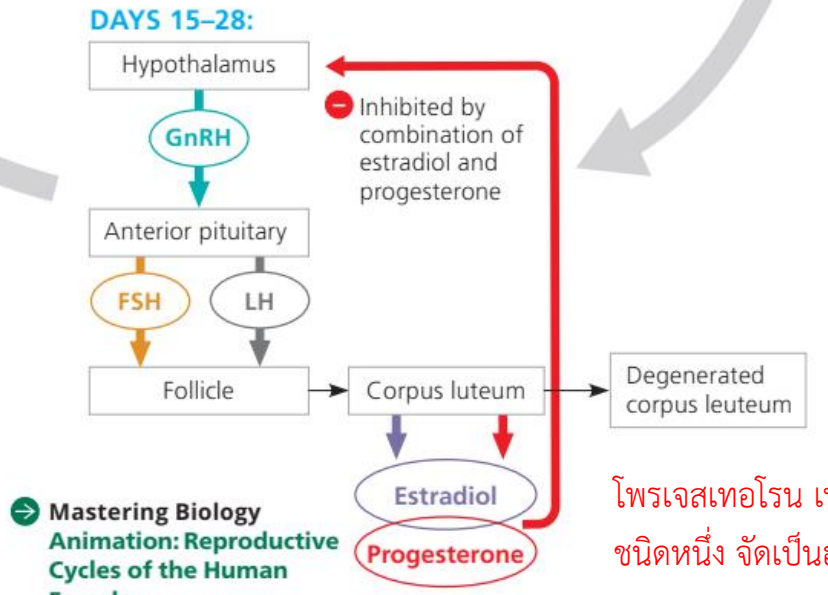


เป็นฮอร์โมนหลักในกลุ่มฮอร์โมน Estrogen



om the
low through
enstruation.
erage 28 days but can
igure 46.14 uses the 28-day
ents of these cycles for one
ting the close coordination
oductive system.

e hypothalamus has a cen-
n. The ovarian cycle begins
GnRH, which stimulates the
amounts of FSH and LH.



Mastering Biology
Animation: Reproductive Cycles of the Human Female

โพรเจสเทอโรน เป็นสารสเตอรอยด์ที่ถูกสร้างขึ้นในร่างกาย ชนิดหนึ่ง จัดเป็นฮอร์โมนเพศในกลุ่มโพรเจสโทเจน

Luteinizing hormone (LH) หรือ **Interstitial cell stimulating hormone (ICSH)** มีหน้าที่ในการเหนี่ยวนำให้เกิดการตกไข่ (ovulation) โดยก่อนการตกไข่ จะมีระดับของ LH และ FSH เพิ่มขึ้น และจะมีระดับลดลงอย่างรวดเร็วหลังไข่ตก หลังการตกไข่ granulosa cell ของฟอลลิเคิลจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็น luteal cell ของคอร์ปัสลูเทียมในกระบวนการ luteinization เชื่อว่าทั้ง LH และ FSH มีความสำคัญในขั้นเริ่มต้นของ luteinization หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับ LH เป็นส่วนใหญ่ ส่วนการทำงานของ luteal cell นั้นอาศัยการทำหน้าที่ร่วมของ LH, FSH และ prolactin

Follicle-stimulating hormone (FSH) มีหน้าที่กระตุ้นให้มีการเจริญพัฒนาของฟอลลิเคิลและการเกิดช่องว่างภายในฟอลลิเคิล เป็นฟอลลิเคิลที่โตเต็มที่ กระตุ้นให้มีการเพิ่มจำนวนของ granulosa cell ให้มากพอเพื่อสร้าง เอสโตรเจน และ FSH ร่วมกับเอสโตรเจนพัฒนาส่วนของ LH receptor บน granulosa cell เพื่อให้ LH สามารถเกาะจับได้ นอกจากนี้ FSH และ LH มีบทบาทกระตุ้นการสร้างเอสโตรเจนจากฟอลลิเคิล

Progesterone (P4) ถูกผลิตจากคอร์ปัสลูเทียมจากรังไข่และรก โปรเจสเตอโรนจะถูกผลิตอย่างต่อเนื่องตลอดระยะการตั้งท้องและปริมาณจะผันแปรตามอายุของคอร์ปัสลูเทียมในวงรอบการเป็นสัด ในระยะการเป็นสัด (estrus) จนถึงประมาณวันที่ 3 ของวงรอบการเป็นสัด ระดับ progesterone จะต่ำหลังจากนั้นระดับ progesterone จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและจะคงที่ประมาณวันที่ 10 ถึง 16 ของวงรอบการเป็นสัด เมื่อ CL เริ่มฝ่อตัวตั้งแต่วันที่ 16 ของวงจรการเป็นสัด progesterone จะมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วจนเข้าสู่วงจรการเป็นสัดรอบใหม่ต่อไป

หน้าที่ของ progesterone

1. กระตุ้นให้ผนังมดลูกเจริญหนาตัวขึ้น ทั้ง myometrium และ endometrium เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการฝังตัวของลูกอ่อนและเจริญของคัพภะตลอดการตั้งท้อง ทั้งยังกระตุ้นให้มีการเจริญของ uterine gland เพื่อผลิตสารอาหารให้แก่ตัวอ่อนก่อนระยะฝังตัว (preimplantation blastocyst)
2. ยับยั้งการเคลื่อนตัวหรือการบีบตัวของมดลูก ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญขณะที่มีการตั้งท้อง
3. มีบทบาทในการพยุงการตั้งท้อง (maintenance of pregnancy)

- Progesterone (ต่อ)

4. ทำงานร่วมกับ estrogen ควบคุมการบีบตัวและการสร้างของเหลวของท่อนำไข่
5. กระตุ้นการเจริญของระบบเต้านม
6. ทำงานร่วมกับ estrogen ในการควบคุมการเป็นสัด ในระหว่างช่วงกลางของวงจรการเป็นสัด progesterone จะมีระดับสูง และกดการทำงานของ estrogen ไม่ให้ไปกระตุ้นการหลั่ง LH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า เป็นการควบคุมแบบ negative feedback จนกระทั่งระดับของ progesterone ลดลงในระยะท้ายของวงรอบการเป็นสัด estrogen จึงสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการหลั่ง LH เพื่อผลในการตกไข่ของวงจรการเป็นสัดครั้งต่อไป หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า progesterone มีผลในการยับยั้งการเป็นสัดและการหลั่ง LH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า

Estrogens สร้างจากรังไข่และรก และอาจสร้างได้จากต่อมหมวกไต ส่วนรังไข่ที่ผลิต estrogen ได้แก่ฟอลลิเคิล โดย LH จะกระตุ้นให้ thecal cell ของฟอลลิเคิลผลิต testosterone ต่อมา testosterone จะถูกเปลี่ยนเป็น estradiol ใน granulose cell ภายใต้อิทธิพลของ FSH ซึ่งเป็นแบบเดียวกับการสังเคราะห์ estradiol จากอัณฑะในเพศผู้ โดย LH จะกระตุ้นการสร้าง testosterone ใน Leydig cell และ FSH จะกระตุ้นให้มีการเปลี่ยน testosterone ไปเป็น estrogen ใน sertoli cell

Estrogens ที่ถูกสร้างขึ้นจะถูกสะสมไว้ในช่องว่างภายในฟอลลิเคิล และมีปริมาณสูงขึ้นตามการเจริญของฟอลลิเคิล estrogens จะมีปริมาณสูงสุดในช่วงต้นของการเป็นสัดและจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็วหลังการตกไข่ ระหว่างการตั้งท้องปริมาณ estrogens จะอยู่ในระดับต่ำยกเว้นในช่วงก่อนการคลอดที่ปริมาณ estrogen จะสูงขึ้นอีกครั้ง หน้าที่ของ estrogens ได้แก่

Estrogens

1. กระตุ้นให้มีการเจริญของมดลูกในส่วนของ myometrium และ endometrium
2. ทำให้เกิดการบีบตัวของมดลูก และเพิ่มประสิทธิการทำงานของของ oxytocin และ prostaglandins ในการบีบตัวของมดลูกและท่อนำไข่
3. กระตุ้นให้ท่อน้าไข่เจริญและเพิ่มประสิทธิภาพการท้างานของกล้ามเนื้อลายที่ผนังท่อนำไข่
4. กระตุ้นให้สัตว์แสดงอาการเป็นสัดเมื่อถึงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผสมพันธุ์
5. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเซลล์เยื่อบุของช่องคลอด
6. กระตุ้นการเจริญของระบบท่อน้ำนมในกระบวนการผลิตน้ำนม (lactogenesis)
7. มีบทบาทช่วยในการฝังตัวของตัวอ่อน
8. ทำให้สัตว์เพศเมียมีรูปร่างลักษณะที่แสดงออกถึงความเป็นเพศเมียมากขึ้น
9. กระตุ้นให้มีการสะสมของน้ำ โซเดียม แคลเซียม ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในร่างกาย
10. ทำให้ช่องเชิงกรานขยาย และปากมดลูกเปิดขณะคลอดลูก
11. ควบคุมการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองโดยขณะที่ปริมาณ estrogen อยู่ในระดับต่ำจะมีผลไปกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่ง FSH เพื่อให้เกิดการเจริญของฟอลลิเคิล และเพื่อให้เกิดการเจริญของฟอลลิเคิล และเมื่อ estrogen อยู่ในระดับสูงสุดก็จะทำให้มีการหลั่ง LH เพื่อกระตุ้นการตกไข่

Prostaglandins (PG)

Prostaglandins (PG) เป็นสารที่ถูกผลิตที่มดลูกและมีบทบาทต่อการสลายตัวของ CL ที่สำคัญในระบบสืบพันธุ์ได้แก่ PGF2α เมื่อถูกผลิตโดยมดลูกของสัตว์ที่ไม่ตั้งท้อง จะถูกส่งไปยังรังไข่ทาง ovarian artery ทำให้ CL สลายตัว เพื่อให้สัตว์เข้าสู่ วงจรการเป็นสัดรอบใหม่ PG ที่ปนอยู่ในน้ำเชื้อนั้นมีผลการเคลื่อนตัวและบีบตัวของมดลูก เพื่อที่จะนำอสุจิเข้าไปยังท่อนำไข่ นอกจากนี้ขณะคลอด PG จะถูกหลั่งออกมาเพื่อสลาย CL และเพื่อการเคลื่อนตัวและบีบตัวของมดลูกด้วย

Oxytocin

Oxytocin เป็นฮอร์โมนที่สร้างโดย hypothalamus แล้วถูกส่งไปเก็บที่ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับบีบตัวของกล้ามเนื้อมดลูกระหว่างคลอด ทำให้เกิดการบีบตัวและการเบ่งของมดลูกขณะคลอด ขณะเกิดการผสมพันธุ์ จะช่วยเร่งการบีบตัวของท่อนำไข่ และการเคลื่อนไหวอสุจิ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการไหลของน้ำนม และกระตุ้นการหลั่งของน้ำนม โดยไปกระตุ้นการทำงานของ myoepithelial cell ของเต้านม

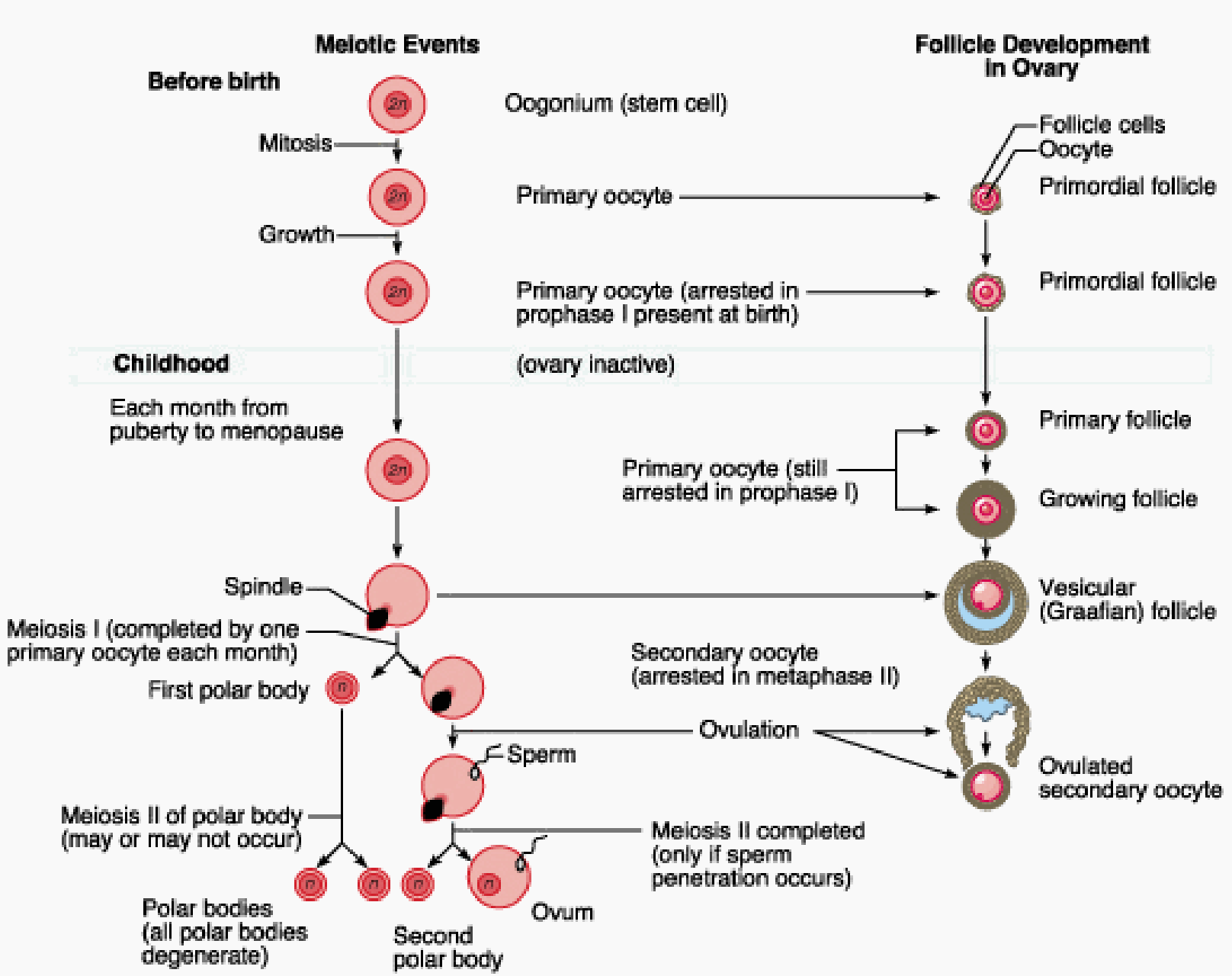
Pfizer
พอนสแตน® 500
Ponstan since 1979
Antiprostaglandins•Analgesic•Anti-inflammatory•Antipyretic
ยาบรรเทาอาการปวดประจำเดือน
และกลุ่มอาการผิดปกติก่อนมีประจำเดือน
ลดอาการอักเสบ
สกัดกั้นสารโพรสต้าเกลนดิน
บรรเทาอาการปวดประจำเดือน ประจำเดือนออกมามากผิดปกติ
นอกจากนี้บรรเทาอาการปวดต่างๆ ปวดศีรษะ
รวมทั้งอาการปวดกล้ามเนื้อ ปวดรูมาติซั่มของข้อกระดูก
ปวดบาดแผล ปวดฟันและปวดหลังผ่าตัด
ใน 1 เม็ดประกอบด้วย : เมฟินามิก แอซิด 500 มก.
ขนาดรับประทาน : ผู้ใหญ่รับประทานครั้งละ 1 เม็ด
วันละ 3 ครั้ง เมื่อเริ่มมีอาการ
ผลิตโดย : OLIC (Thailand) Limited. Ayutthaya, Thailand
For Pfizer (Thailand) Limited. Bangkok, Thailand
เก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25°ซ
10 เม็ด

7. กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (Oogenesis)

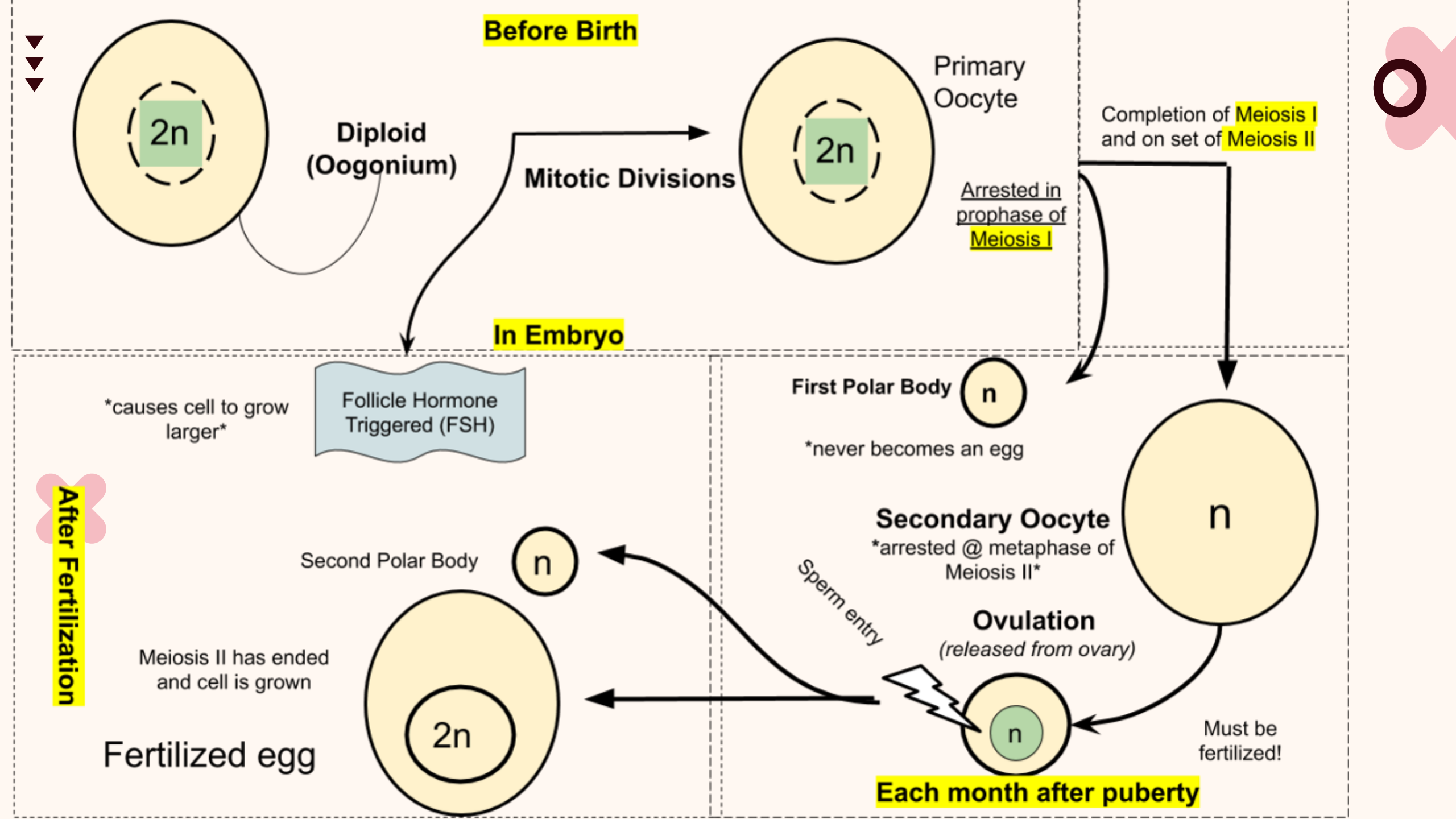
การผลิตเซลล์พันธุ์ในเพศเมียมีข้อแตกต่างจากในเพศผู้ โดยที่ในเพศผู้ การผลิตอสุจิจะเกิดขึ้นตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่สัตว์เข้าสู่วัยหนุ่มสาว แต่ในเพศเมียการเจริญและแบ่งตัวเซลล์สืบพันธุ์จะมีช่วงพัก คือไม่เสร็จสมบูรณ์ในขั้นตอนเดียว โดยที่ oocyte (เซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย) จะหยุดการแบ่งตัวในระยะ prophase I ของการแบ่งตัวแบบ meiotic ครั้งแรก รอจนกระทั่งถึงเวลาที่เหมาะสมการแบ่งตัวจึงดำเนินต่อไป จนในที่สุดได้เซลล์สืบพันธุ์ (ootid) ที่พร้อมสำหรับการปฏิสนธิ

Oogenesis คือกระบวนการเปลี่ยนแปลงของ oocyte ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้ายก่อนการปฏิสนธิ ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของฟอลลิเคิลที่เรียกว่า folliculogenesis

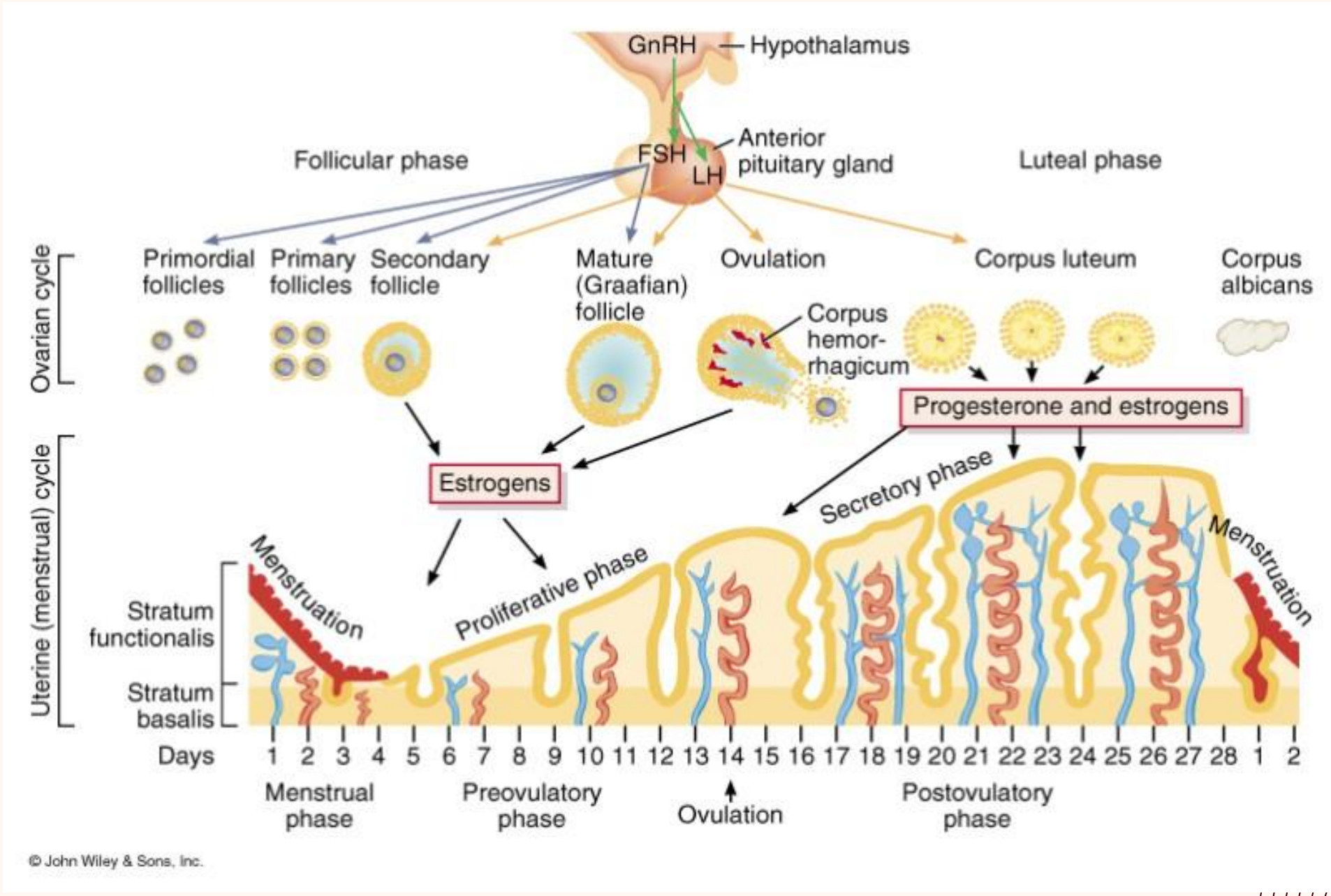
ในระยะตัวอ่อนของสัตว์เพศเมีย oogonia ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์เริ่มต้น จะมีการพัฒนาโดยการแบ่งตัวแบบ mitosis หลายครั้ง ตามด้วยมีการแบ่งตัวแบบ meiosis ครั้งแรก และการแบ่งตัวก็จะหยุดที่ระยะ prophase I ได้เซลล์สืบพันธุ์ที่เรียกว่า oocyte ดังนั้นรังไข่ของสัตว์แรกเกิดจะเต็มไปด้วย oocyte มากมาย ต่อมา oocyte จะมีการฝ่อไปบ้างทำให้จำนวน oocyte ลดลง จนกระทั่งสัตว์เข้าสู่วัยหนุ่มสาว กระบวนการ oogenesis จึงดำเนินต่อไป การเจริญของ oocyte คือ ไซโทพลาซึมขยายใหญ่ขึ้น มีการพัฒนาของผนังหุ้ม oocyte ที่เรียกว่า zona pellucid และมีการเจริญและเปลี่ยนแปลงของ follicular cell ซึ่งอยู่ล้อมรอบ oocyte และทำหน้าที่เป็นเซลล์พี่เลี้ยง การเจริญของ oocyte แบ่งเป็นสองระยะ ในระยะแรก oocyte จะมีการเจริญอย่างรวดเร็ว ขณะที่ฟอลลิเคิลเพิ่งเริ่มมีการพัฒนา oocyte จะมีขนาดสมบูรณ์ในระยะที่ฟอลลิเคิลเริ่มมีการฟอร์ม antrum ในระยะที่สอง oocyte จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น แต่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของฟอลลิเคิล โดย oocyte ในระยะที่สองนี้จะมีโครโมโซมอยู่ในระยะ prophase I ของการแบ่งตัวแบบ meiosis เรียก oocyte ระยะนี้ว่า primary oocyte ขณะที่มีการตกไข่ oogenesis ยังคงดำเนินอยู่ โดย oocyte จะเสร็จสิ้นในขั้นตอนของ meiosis I และการแบ่งตัวแบบ meiosis II จะสิ้นสุดในเวลาเดียวกับการเกิดปฏิสนธิ



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.


Before Birth
2n
Diploid
(Oogonium)
Mitotic Divisions
2n
Primary
Oocyte
Completion of Meiosis I
and on set of Meiosis II
Arrested in
prophase of
Meiosis I
In Embryo
*causes cell to grow
larger*
Follicle Hormone
Triggered (FSH)
First Polar Body
n
*never becomes an egg
n
Secondary Oocyte
*arrested @ metaphase of
Meiosis II*
Sperm entry
Ovulation
(released from ovary)
After Fertilization
Second Polar Body
n
Meiosis II has ended
and cell is grown
2n
Fertilized egg
n
Must be
fertilized!
Each month after puberty

8. วงจรในรังไข่ (Ovarian cycle or Menstrual cycle)



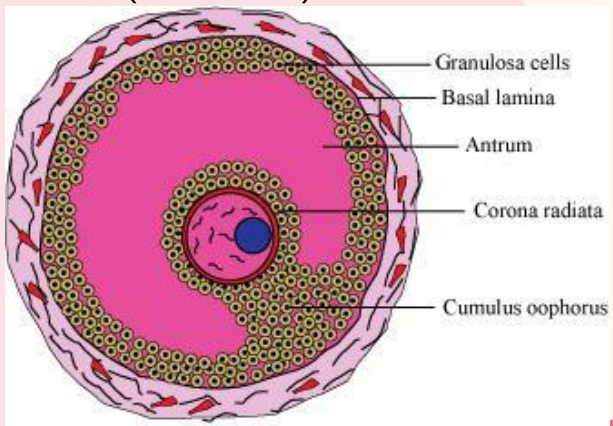
Folliculogenesis การพัฒนาของฟอลลิเคิลแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ประกอบด้วย

1. Primordial (primary) follicle คือ oocyte ที่ล้อมรอบด้วยเซลล์รูปร่างแบนเพียงชั้นเดียว ในสัตว์ทั่วไปจะพบ primordial follicle มากมายในรังไข่ตั้งแต่แรกเกิด เมื่อแรกเกิดจะมีไข่ประมาณ 2 ล้านใบ โดยครึ่งหนึ่งอยู่ในระยะเสื่อมสลายหรือฝ่อ (atresia) ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา

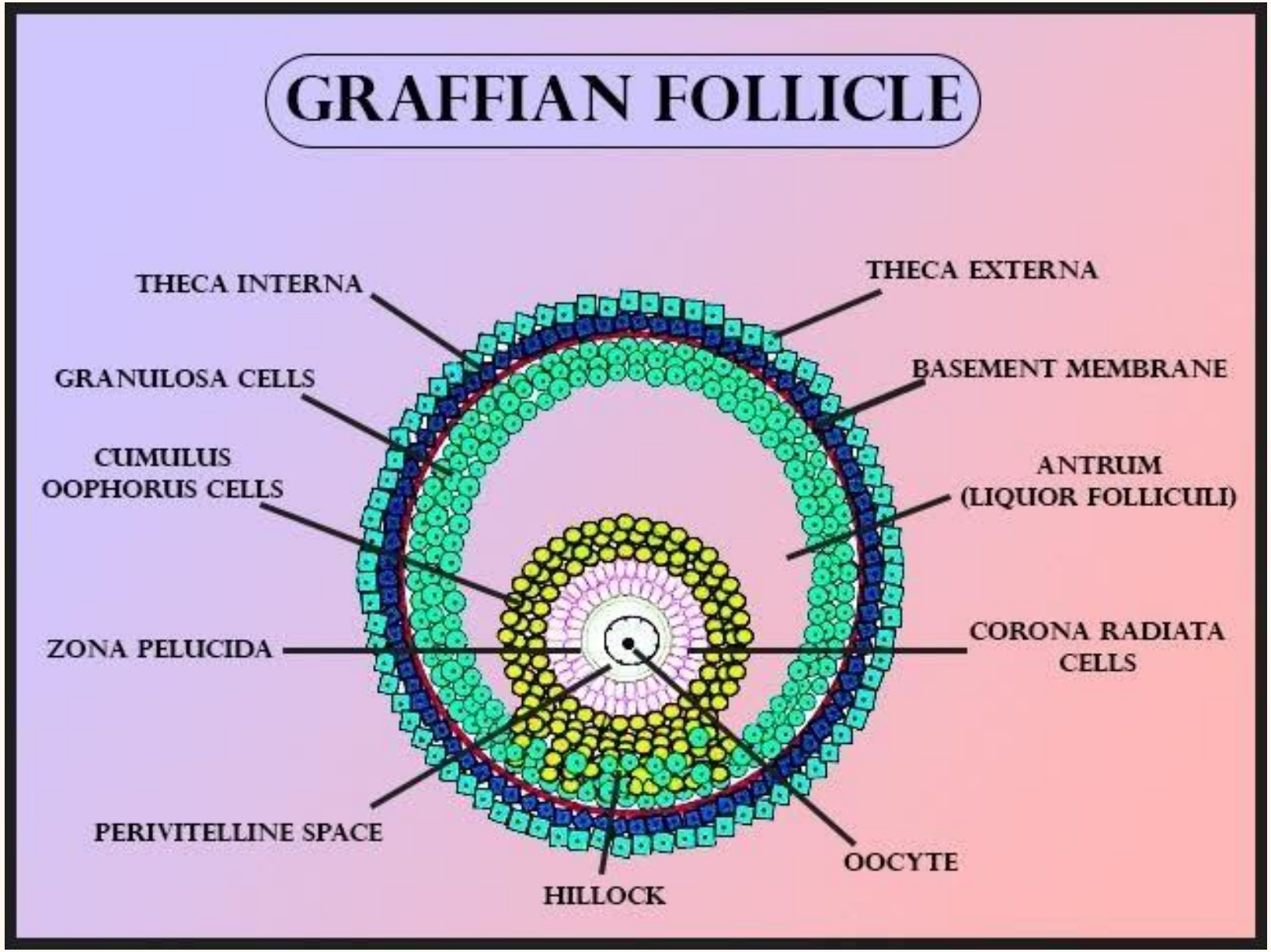
2. Secondary follicle มีการพัฒนาโดยเซลล์ที่ล้อมรอบ oocyte เกิดการแบ่งตัวแบบ mitosis ทำให้เกิดเซลล์รูปร่างทรงลูกบาศก์หลายชั้น zona pellucida เริ่มเด่นชัดขึ้น เมื่อเข้าสู่วัยสาวจะเหลือไข่ประมาณ 400,000 ใบ และมีเพียง 8,000 ใบที่เจริญเติบโตต่อ แต่จะมีเพียง 300 ถึง 400 ใบเท่านั้นที่จะเจริญจนถึงระยะการตกไข่

3. Tertiary (vesicular) follicle เริ่มจากการแยกตัวของ follicular cell ทำให้เกิดช่องว่าง (antrum) โดยมีของเหลว ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนและเอสโตรเจนบรรจุอยู่ภายในช่องว่าง เซลล์บุช่องว่างที่เรียกว่า membrane granulose จะเพิ่มจำนวนชั้นขึ้น

4. Graafian follicle เป็นฟอลลิเคิลที่สมบูรณ์และมีขนาดใหญ่เต็มที่ ช่องว่างภายในขนาดใหญ่และมี oocyte ยื่นเข้าไปในช่องว่าง โดยมีเซลล์กลุ่มหนึ่งยึดไว้กับผนังด้านในฟอลลิเคิล ฟอลลิเคิลจะยื่นนูนขึ้นจากผิวของรังไข่คล้ายถุงน้ำ โดยที่ granulosa cell จะถูกกั้นโดย basement membrane โดย granulosa cell จะหยุดการแบ่งตัว 2-3 วันก่อนการตกไข่



Structure of the Graafian follicle

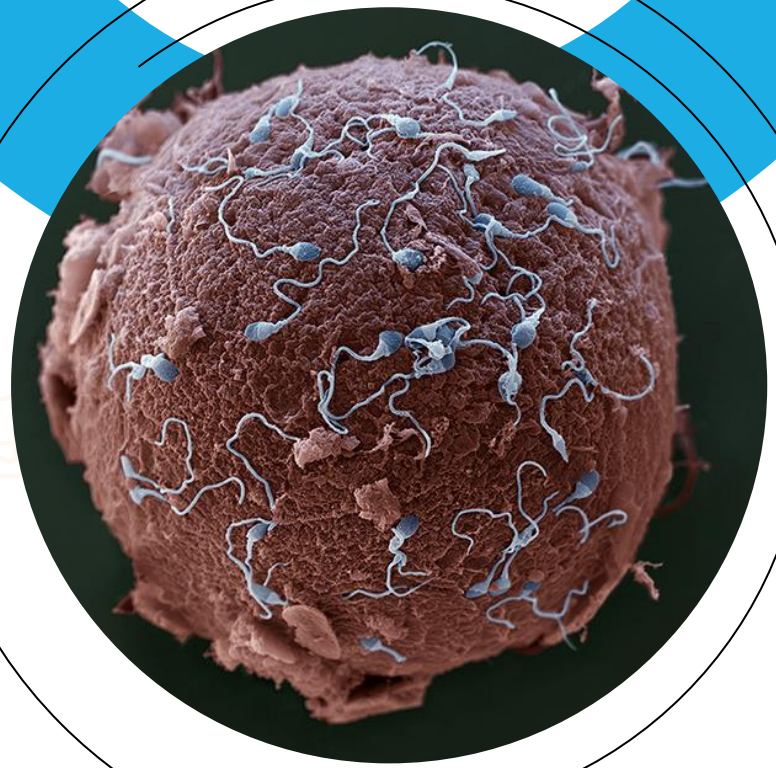

GRAFFIAN FOLLICLE
THECA INTERNA
THECA EXTERNA
GRANULOSA CELLS
BASEMENT MEMBRANE
CUMULUS OOPHORUS CELLS
ANTRUM (LIQUOR FOLLICULI)
ZONA PELUCIDA
CORONA RADIATA CELLS
PERIVITELLINE SPACE
OOCYTE
HILLOCK

การตกไข่ (ovulation)

การตกไข่ (ovulation) คือการที่ไข่ถูกปล่อยออกมาจากฟอลลิเคิล โดยมีการฉีกขาดของผนัง graafian follicle ไข่ที่ถูกปล่อยจะตกไปบนส่วน infundibulum ของท่อนำไข่และจะถูกส่งไปยังส่วนท้ายของท่อนำไข่เพื่อพบอสุจิและเกิดการปฏิสนธิต่อไป การที่ผนังฟอลลิเคิลแตกออกเชื่อว่าเป็นอิทธิพลของ PGF2α ซึ่งผลิตโดยรังไข่จากการกระตุ้นของ LH นอกจากนี้ PGF2α ยังมีผลทำให้เกิดการบีบตัวของกล้ามเนื้อลายในรังไข่ และบริเวณ theca externa เพื่อบีบไล่ oocyte ให้หลุดออกมาหลังจากที่ผนังฟอลลิเคิลฉีกขาดอีกด้วย จะมีเพียงแค่ oocyte เท่านั้นที่หลุดออกมาซึ่งถูกควบคุมด้วย FSH และ LH

Corpus luteum (CL)

Corpus luteum (CL) จะมีการพัฒนาขึ้นทันทีหลังตกไข่ โดยช่องว่างภายในฟอลลิเคิลจะเต็มไปด้วยเลือดและน้ำเหลืองกลายเป็น corpus hemorrhagicum ก้อนเลือดในช่องว่างจะทำหน้าที่เป็นโครงเกาะ สำหรับเซลล์ที่แบ่งตัวและเป็นแหล่งอาหารให้ด้วย ต่อมา granulosa cell จะแบ่งตัวและขยายใหญ่ขึ้น จนเต็มช่องว่างภายในกลายเป็น corpus luteum เซลล์ภายในที่เกิดใหม่เรียกว่า lutien cell มีหน้าที่ผลิต progesterone CL จะเจริญอย่างรวดเร็วระหว่างวันที่ 3 และ 12 ของวงรอบการเป็นสัดและจะคงที่อยู่ถึงวันที่ 16 ก่อนที่ CL จะฝ่อไป (ไม่ตั้งท้อง) ในกรณีไม่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้น หรือการปฏิสนธิล้มเหลว หรือสิ้นสุดระยะการตั้งท้อง CL จะเสื่อมและฝ่อไปกลายเป็น corpus albican โดยจะมีขนาดหดลงและมีสีขาวซีด การสลายของ CL (luteolysis) เกิดจากสาร PGF2α ซึ่งผลิตโดยมดลูกข้างเดียวกัน



คัพภวิทยา

Chapter 4

การปฏิสนธิ (Fertilization)

อาจารย์ ดร.นฤมล ประครองรักษ์

Chapter 4 การปฏิสนธิ (Fertilization)

1. ความหมายของการปฏิสนธิ
2. ประเภทของการปฏิสนธิ
3. โครงสร้างของ ovum และ sperm
4. ขั้นตอนการปฏิสนธิ
5. การฝังตัว implantation

1. ความหมายของการปฏิสนธิ

การปฏิสนธิเป็นกลไกที่มีความซับซ้อน ซึ่งความสำเร็จของการปฏิสนธิจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่แม่นยำ และขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงที่มีความพอเหมาะในช่วงจังหวะที่พอดีระหว่างชาย (อสุจิ) และหญิง (ไข่) ตัวที่มีบทบาทสำคัญมากในกระบวนการปฏิสนธิ คือ อสุจิ ซึ่งตัวอสุจิต้องผ่านอุปสรรคมากมายและผ่านขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ตลอดเวลา เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ในขณะที่เซลล์ไข่จะดูเหมือนมีบทบาทน้อยกว่า กระบวนการก่อนการปฏิสนธิของอสุจิ เพิ่งจะถูกค้นพบในช่วง 10 – 15 ปีที่ผ่านมา ในขณะที่ยังมีอีกหลายกระบวนการที่ยังไม่เป็นที่เข้าใจ ขั้นตอนที่ซับซ้อนเหล่านี้ เกี่ยวข้องกับระบบต่างๆ ภายในร่างกายทำงานร่วมกัน ตั้งแต่ตัวอสุจิในฝ่ายชาย และการเปลี่ยนแปลงทั้ง ระบบฮอร์โมนและ cytokines ในฝ่ายหญิงจนเกิดเป็นตัวอ่อนขึ้น

ตามปกติอสุจิตัวที่แข็งแรงที่สุดตัวเดียวเท่านั้นจะไปพบกับไข่ได้ก่อน และเนื่องจากอสุจิจะมีสารซึ่งสามารถละลายผนังที่ห่อหุ้มปกป้องไข่ออกได้ อสุจิจึงเจาะผ่านเปลือกของไข่ เพื่อเข้าไปรวมตัวกับนิวเคลียสภายในไข่ได้ เรียกว่าเกิดการปฏิสนธิ หลังจากนั้นอสุจิตัวอื่นๆ ก็จะไม่สามารถเข้าไปได้อีก ส่วนอสุจิตัวที่เข้าไปในไข่แล้วจะสลัดหางทิ้ง และส่วนหัวที่เข้าไปในไข่จะเริ่มพองขึ้นและหลอมรวมกันกับไข่เป็นเซลล์เดียวกันในที่สุด

การปฏิสนธิตามคำาจำากัดความของ ICMART(International Committee Monitoring Assisted Reproductive Technologies) หมายถึง กระบวนการต่อเนื่องทางชีววิทยา ที่เริ่มต้นโดยการที่ อสุจิเข้าไปในไข่ที่โตเต็มที่ ทำให้เกิดเป็น pronuclei

2. ประเภทของการปฏิสนธิ

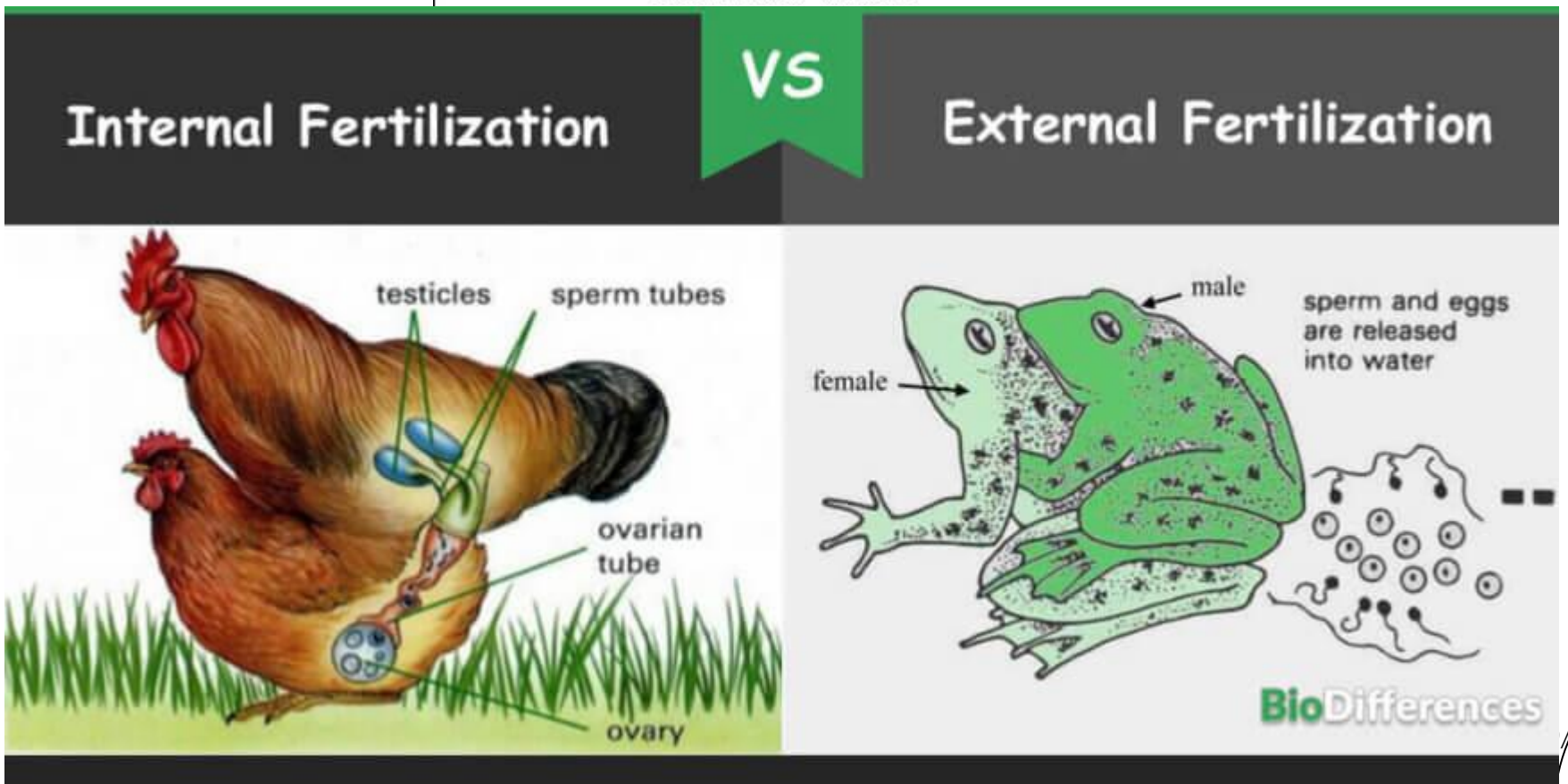
2. ประเภทของการปฏิสนธิ

- การปฏิสนธิมี 2 แบบ คือ

1. การปฏิสนธิภายนอก (External Fertilization) ส่วนใหญ่เกิดกับสัตว์น้ำซึ่งออกลูกเป็นไข่ (Oviparus)

เป็นการที่เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (อสุจิ) เข้าผสมกับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (ไข่) ภายนอกร่างกายของสัตว์ตัวเมีย โดยมีน้ำเป็นตัวกลางช่วยพาอสุจิให้เคลื่อนที่เข้าไปผสมกับไข่ หลังจากนั้น ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะฟักเป็นตัวต่อไป การปฏิสนธิภายนอกร่างกายจะพบในสัตว์น้ำประเภทปลาและสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบก ดาวทะเล เม่นทะเล ยกเว้นปลาบางชนิด เช่น ฉลาม หมึก กุ้ง ปู

shutterstock.com · 165350462



2. การปฏิสนธิภายใน (Internal Fertilization) ได้แก่ สัตว์บก เพื่อป้องกันไม่ให้อสุจิแห้งตายและป้องกันการสูญเสียอสุจิ การปฏิสนธิภายในร่างกายเป็นการที่เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (อสุจิ) เข้าไปผสมกับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (ไข่) ภายในร่างกายของสัตว์เพศเมีย โดยสัตว์เพศผู้มีการจับคู่ผสมพันธุ์กับสัตว์เพศเมียเพื่อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (อสุจิ) ให้เข้าไปผสมกับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (ไข่) ภายในร่างกายของสัตว์เพศเมีย แล้วสัตว์เพศเมียจะออกลูก ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1) สัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายในร่างกาย และคลอดลูกออกมาเป็นไข่ที่มีเปลือกแข็ง หรือเป็นไข่ที่มีเปลือกเหนียวหุ้ม ได้แก่ สัตว์เลื้อยคลาน เช่น จระเข้ เต่า งูบางชนิด หรือสัตว์ปีก เช่น ไก่ นก เป็ด ห่าน

2.2) สัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายในร่างกายและคลอดลูกออกมาเป็นตัว ได้แก่ สัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เช่น สุนัข แมว ช้าง ม้า วัว ควาย ลิง ลา โลมา วาฬ พะยูน ปลาบางชนิด เช่น ปลาหางนกยูง ปลาสายรุ้ง ปลาสอด เป็นต้น

- **Dioecious**
- **Monoecious**
- **Androdioecy (the coexistence of males and hermaphrodites)**

Dioecious

Figure 4: Male (left) and female (right) mandarin ducks

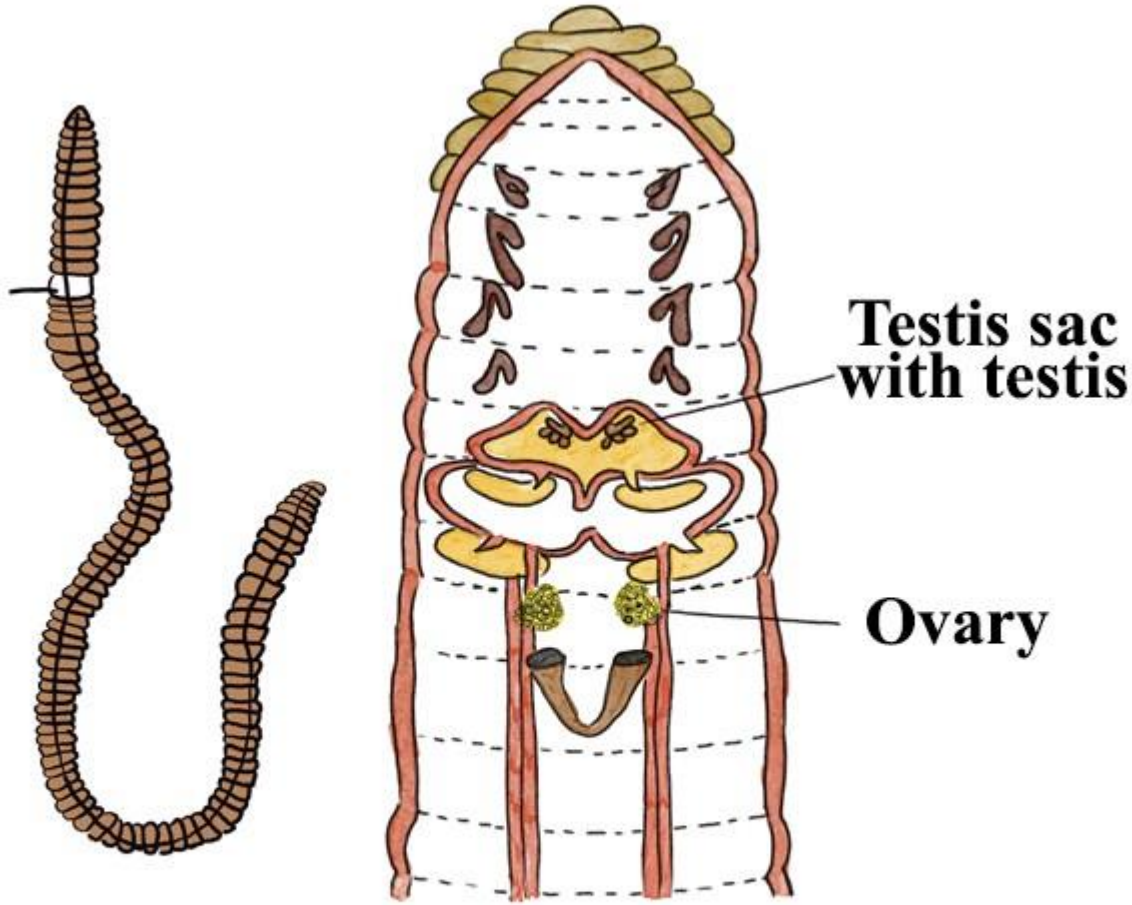
Difference Between Monoecious and Dioecious

Definition

Monoecious: Monoecious in organisms is the containment of both male and female reproductive organs in the same individual.

Dioecious: Male and female reproductive organs are found in separate dioecious organisms.

Monoecious



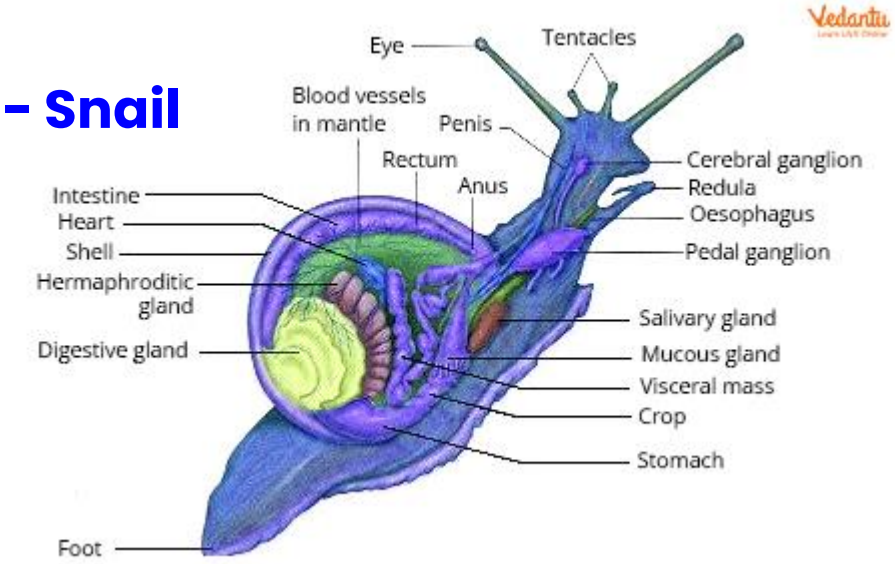
Bisexual Organism (Earthworm)

How can each of these earthworms be both male and female?

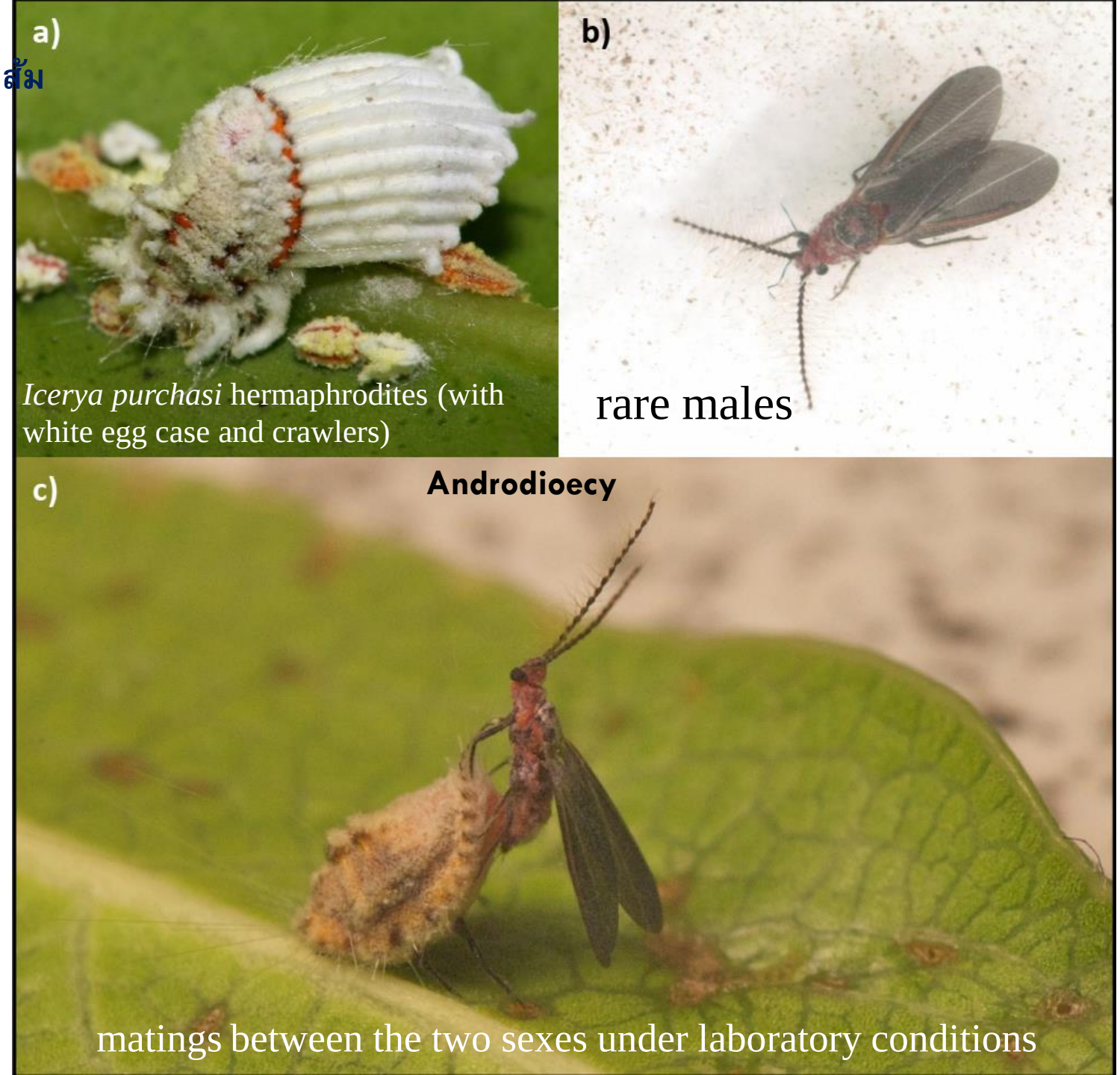
Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Starfish (External Fertilization)

A Hermaphrodite animal- Snail



- เพลี้ยแป้งส้ม


a)
b)
Icerya purchasi hermaphrodites (with white egg case and crawlers)
rare males
c)
Androdioecy
matings between the two sexes under laboratory conditions

Androdioecy

Caenorhabditis Elegans

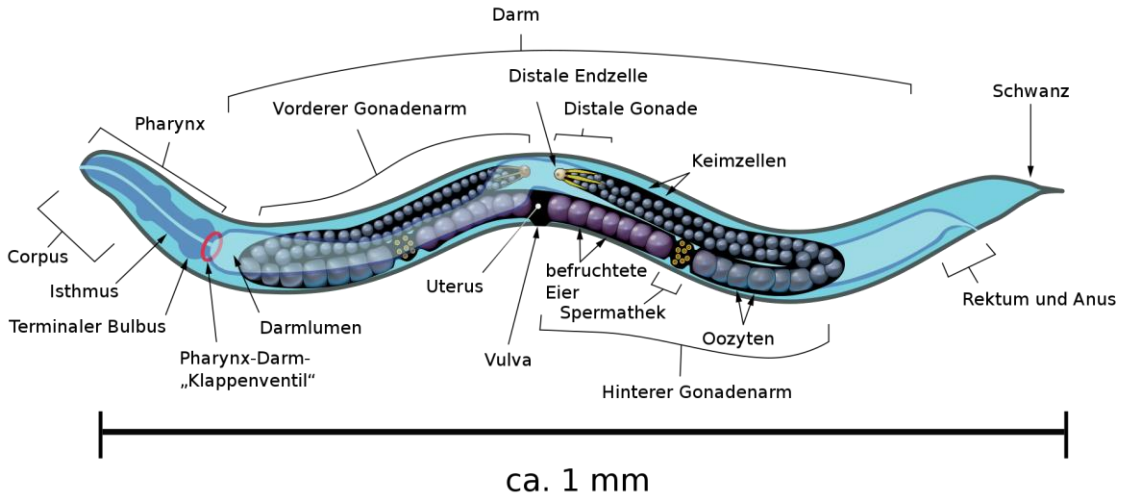
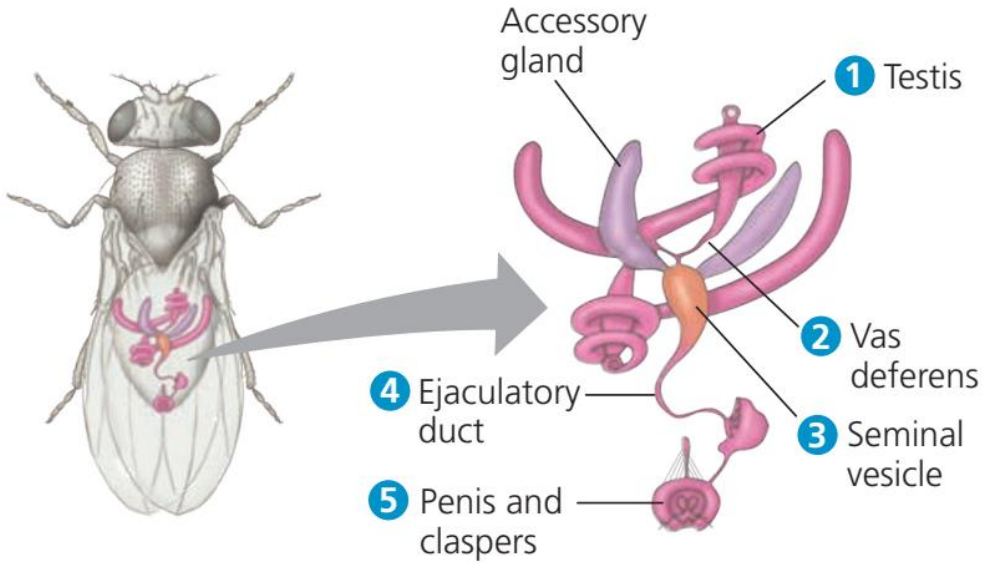
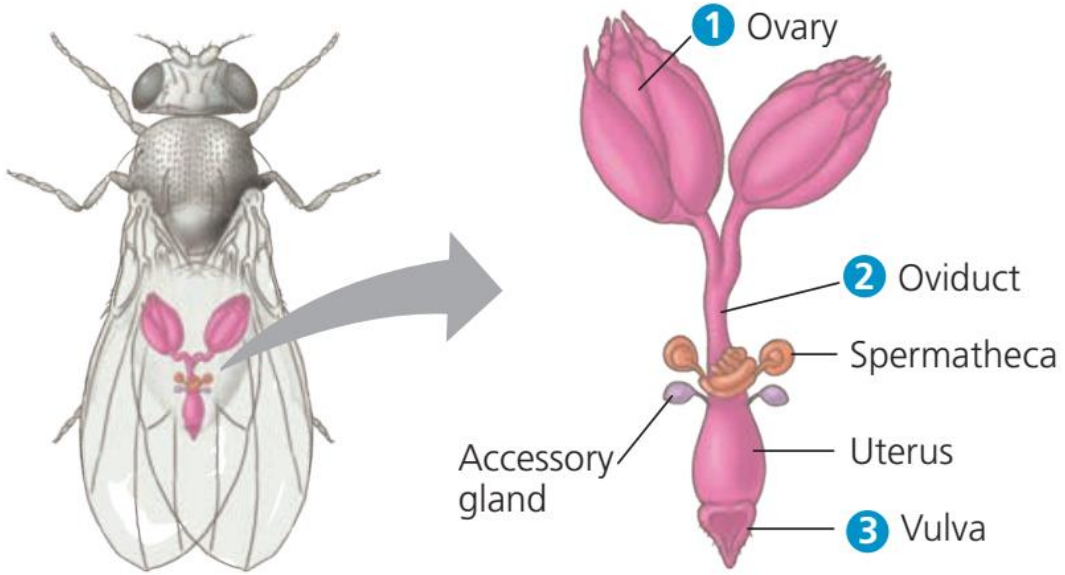


Figure 46.7 An example of insect reproductive anatomy.
The circled numbers indicate sequences of sperm and egg movement.

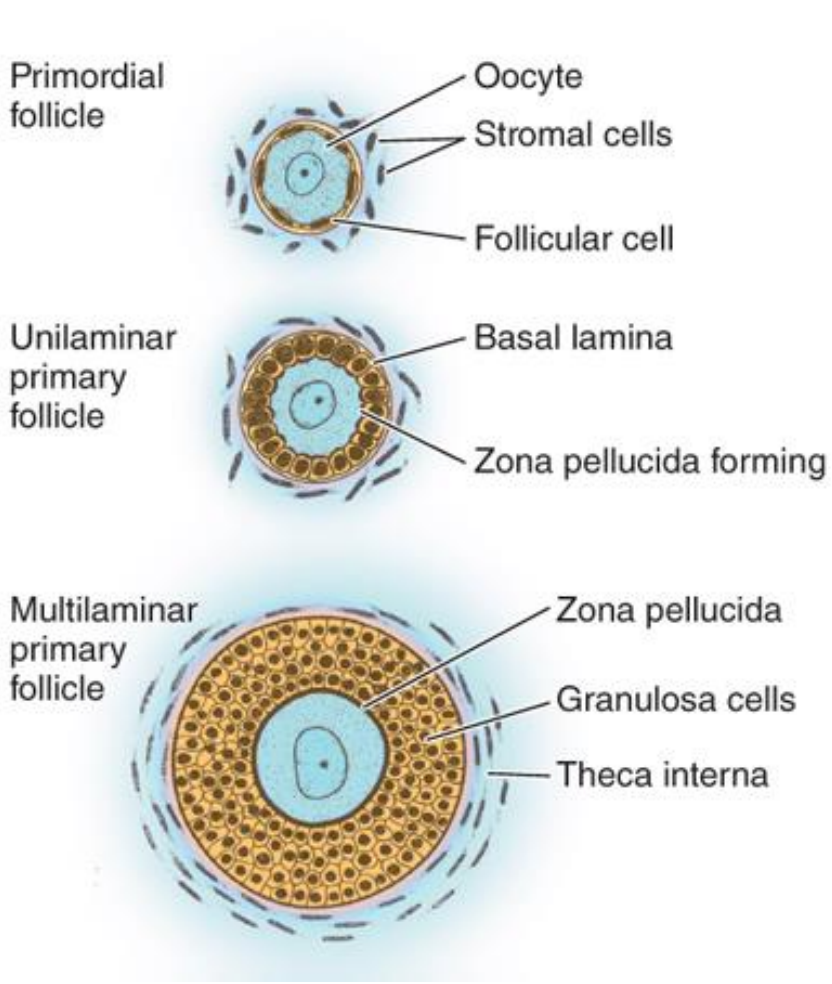


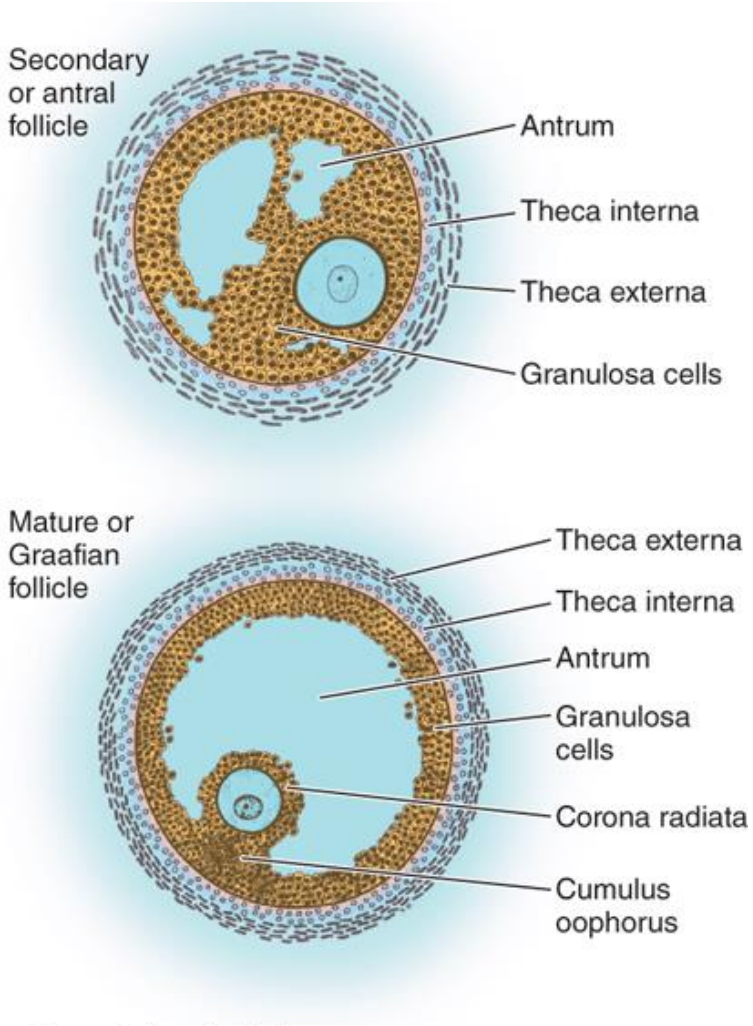
(a) Male fruit fly. Sperm form in the testes, pass through a sperm duct (vas deferens), and are stored in the seminal vesicles. The male ejaculates sperm along with fluid from the accessory glands. (Males of some species of insects and other arthropods have appendages called claspers that grasp the female during copulation.)



(b) Female fruit fly. Eggs develop in the ovaries and then travel through the oviducts to the uterus. After mating, sperm are stored in the spermathecae, which are connected to the uterus by short ducts. The female uses a stored sperm to fertilize each egg as it enters the uterus before she passes the egg out through the vulva.

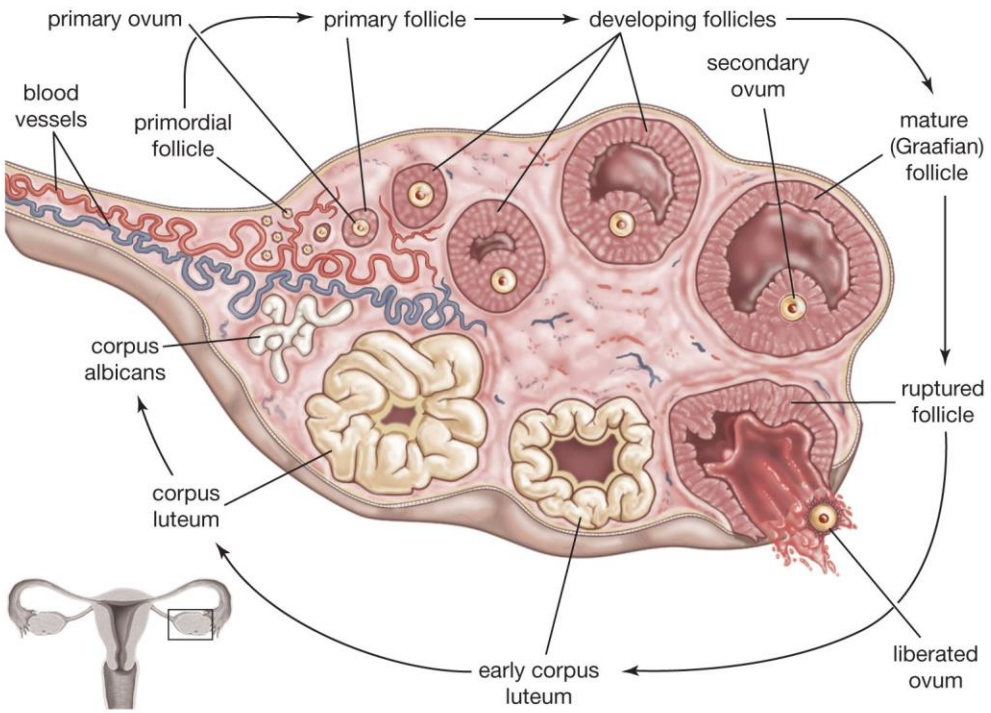
3. โครงสร้างของ ovum และ sperm





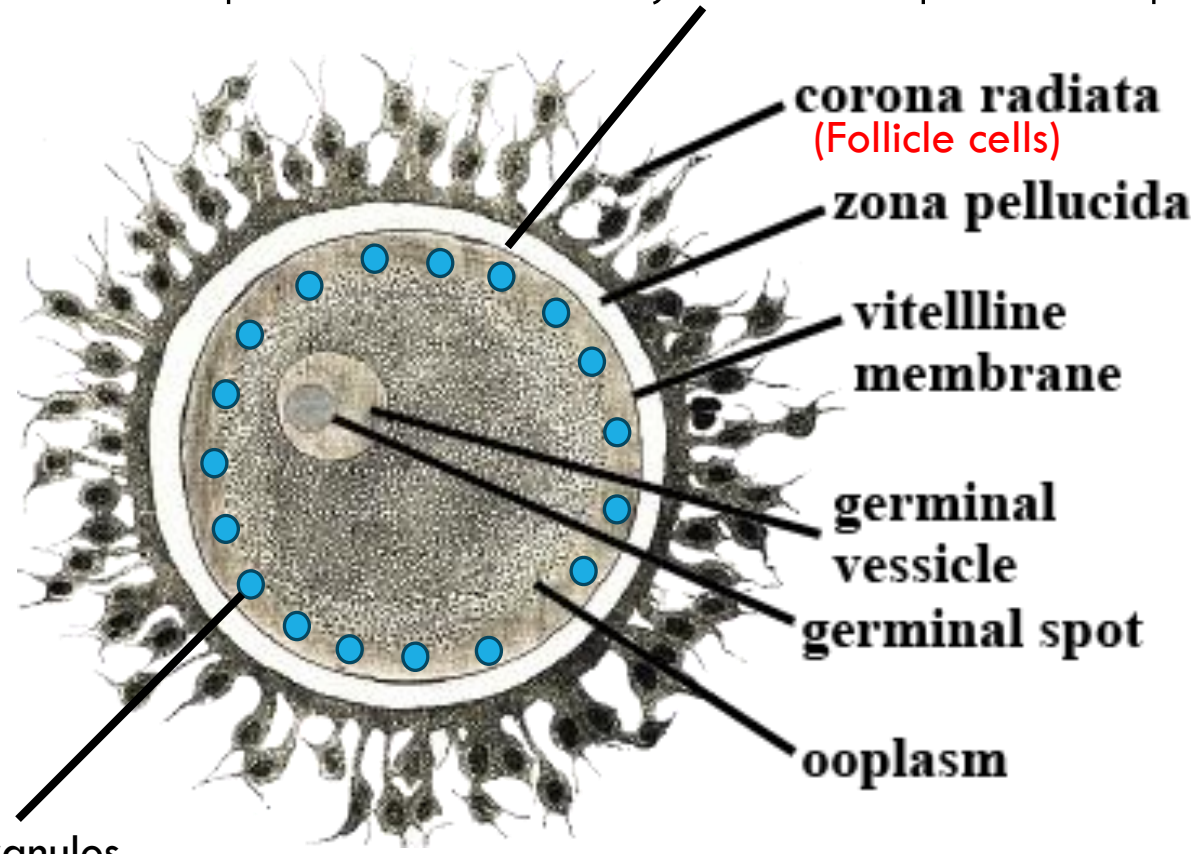
Source: Anthony L. Mescher:
Junqueira's Basic Histology Text and Atlas, 16e
Copyright © McGraw-Hill. All rights reserved.

Ovum Structure



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

The space between the two layers is called a perivitelline space.

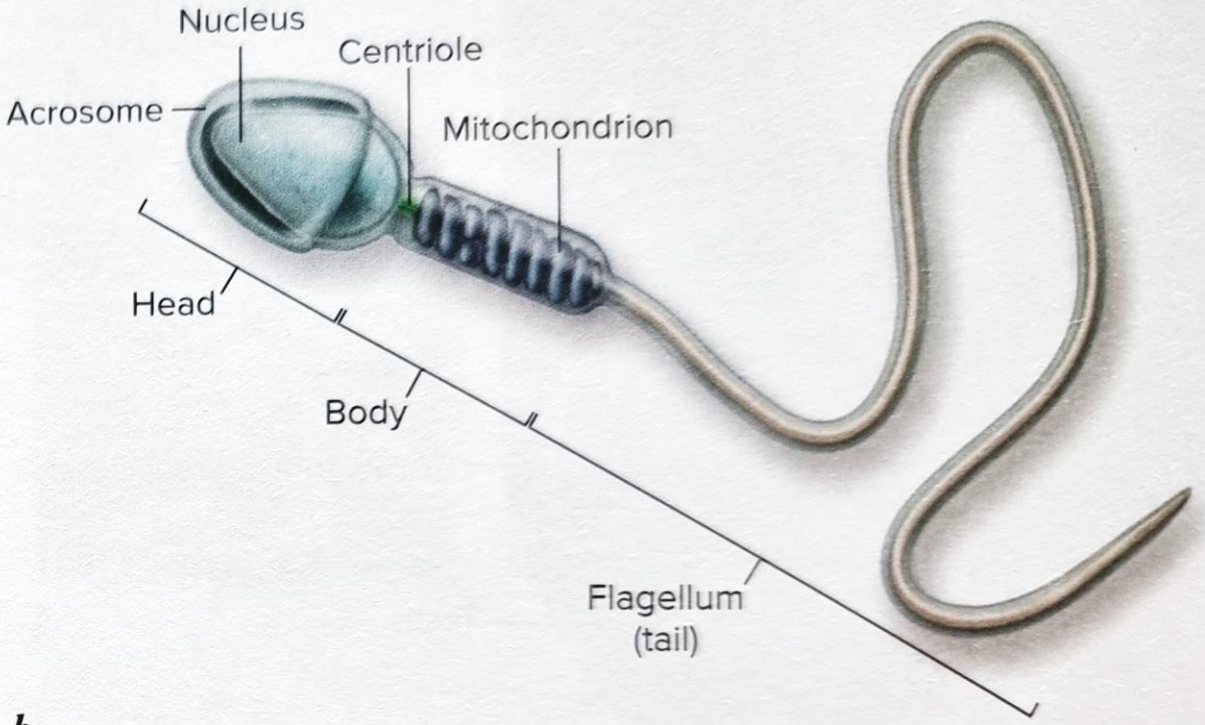


Cortical granules

โครงสร้างอสุจิ (Sperm structure)

5,000×

a.

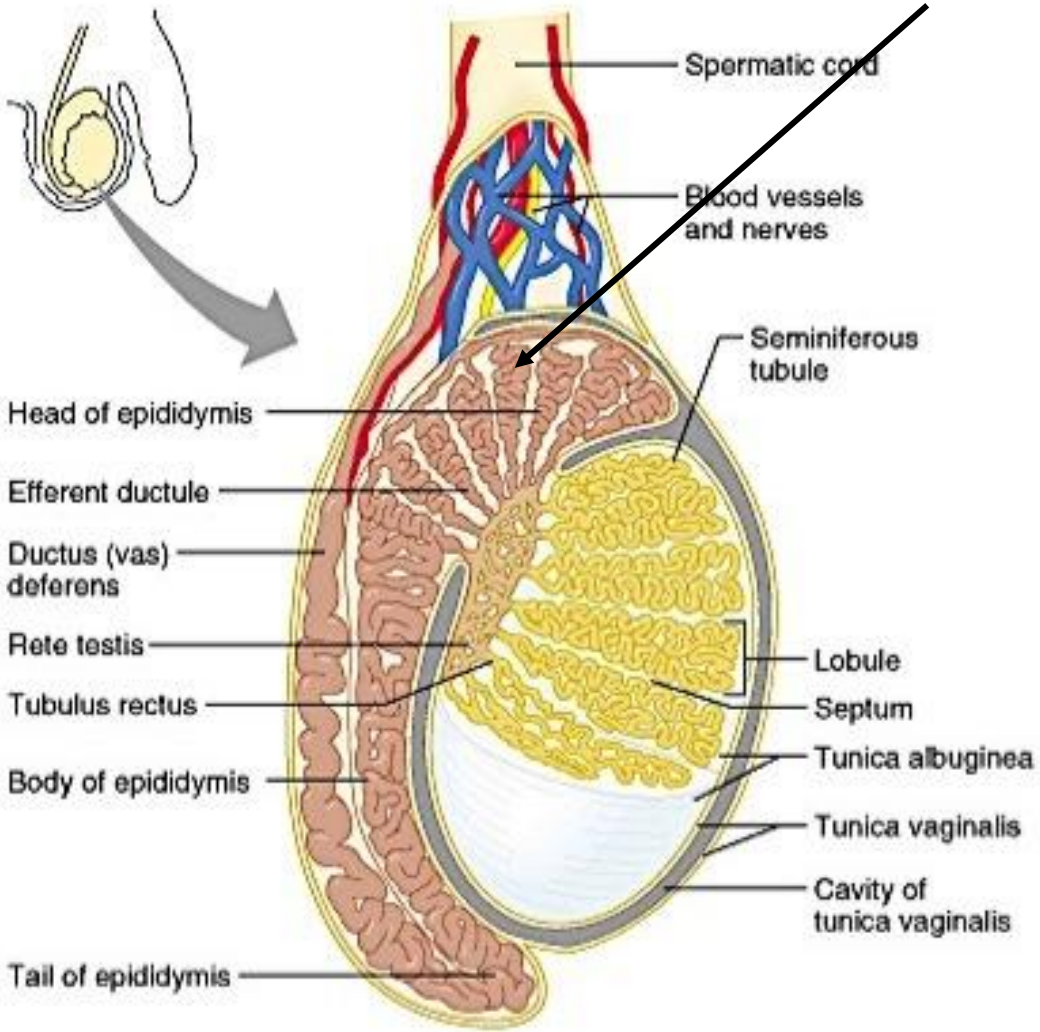


b.

Figure 51.13 Human sperm. *a.* A scanning electron micrograph with sperm digitally colored yellow. *b.* A diagram of the main components of a sperm cell. (a) ©David M. Phillips/Science Source

1. epididymal maturation

จะใช้เวลาประมาณ 72 วัน จึงจะเกิดความสมบูรณ์ของอสุจิ (sperm maturation)



มีการเคลือบสารบนผิวเซลล์หลายชนิดที่เกิดขึ้นระหว่างอสุจิที่อยู่ใน epididymis โดยหนึ่งในสารสำคัญนั้นก็คือ Beta-defensin 126 ซึ่งเชื่อว่าทำให้ plasma membrane ของอสุจิมีความเหมาะสมในการคงตัวอยู่ในมูกบริเวณปากมดลูก แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องสามารถเคลื่อนที่ผ่านมูกเหล่านั้นได้ด้วย

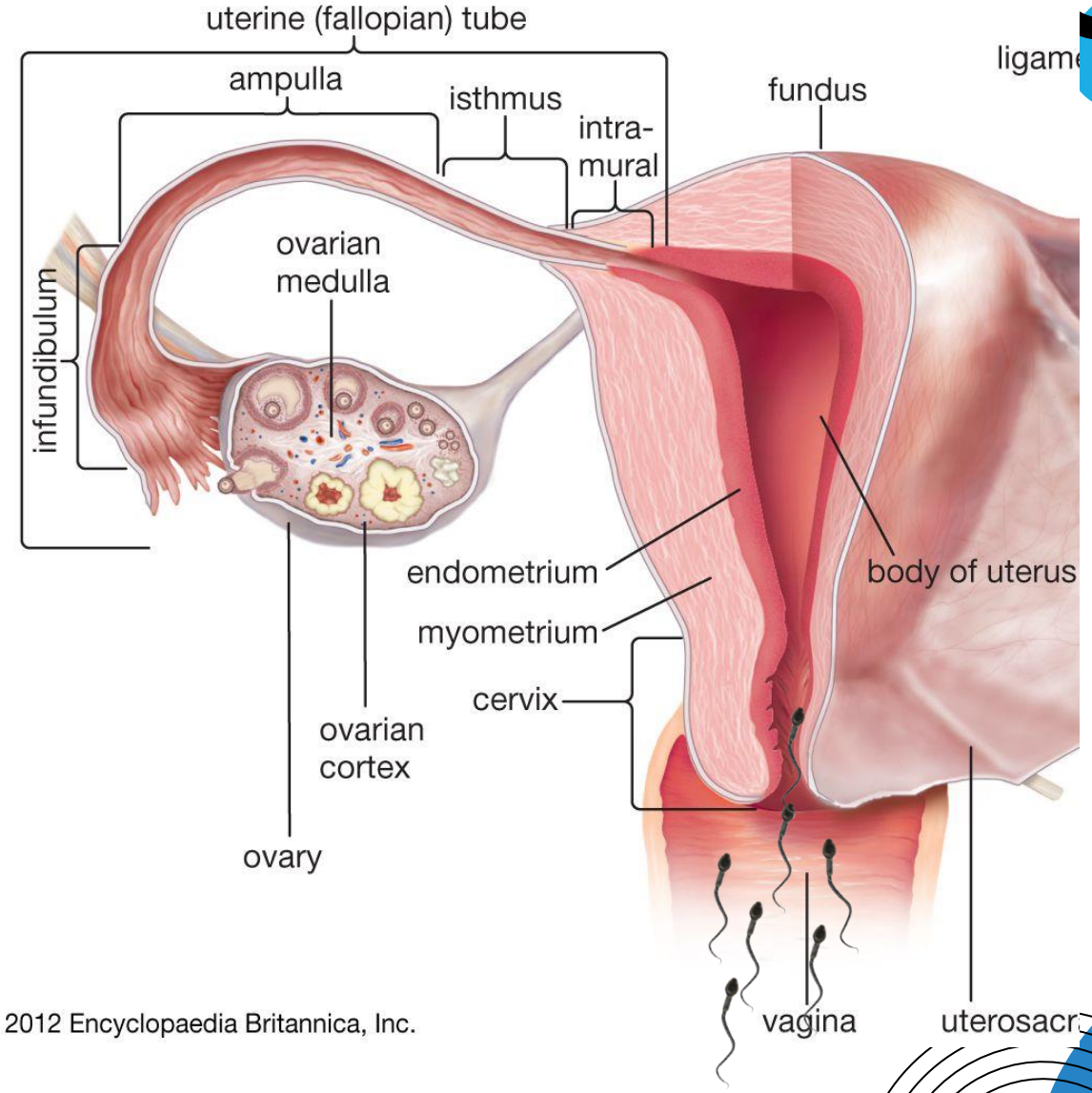
2. Capacitation: เป็นกระบวนการสำคัญที่จำเป็นต้องเกิดเพื่อให้อสุจิมีความสามารถในการปฏิสนธิ (capacitation ซึ่งถูกค้นพบโดย Chang และ Austin)

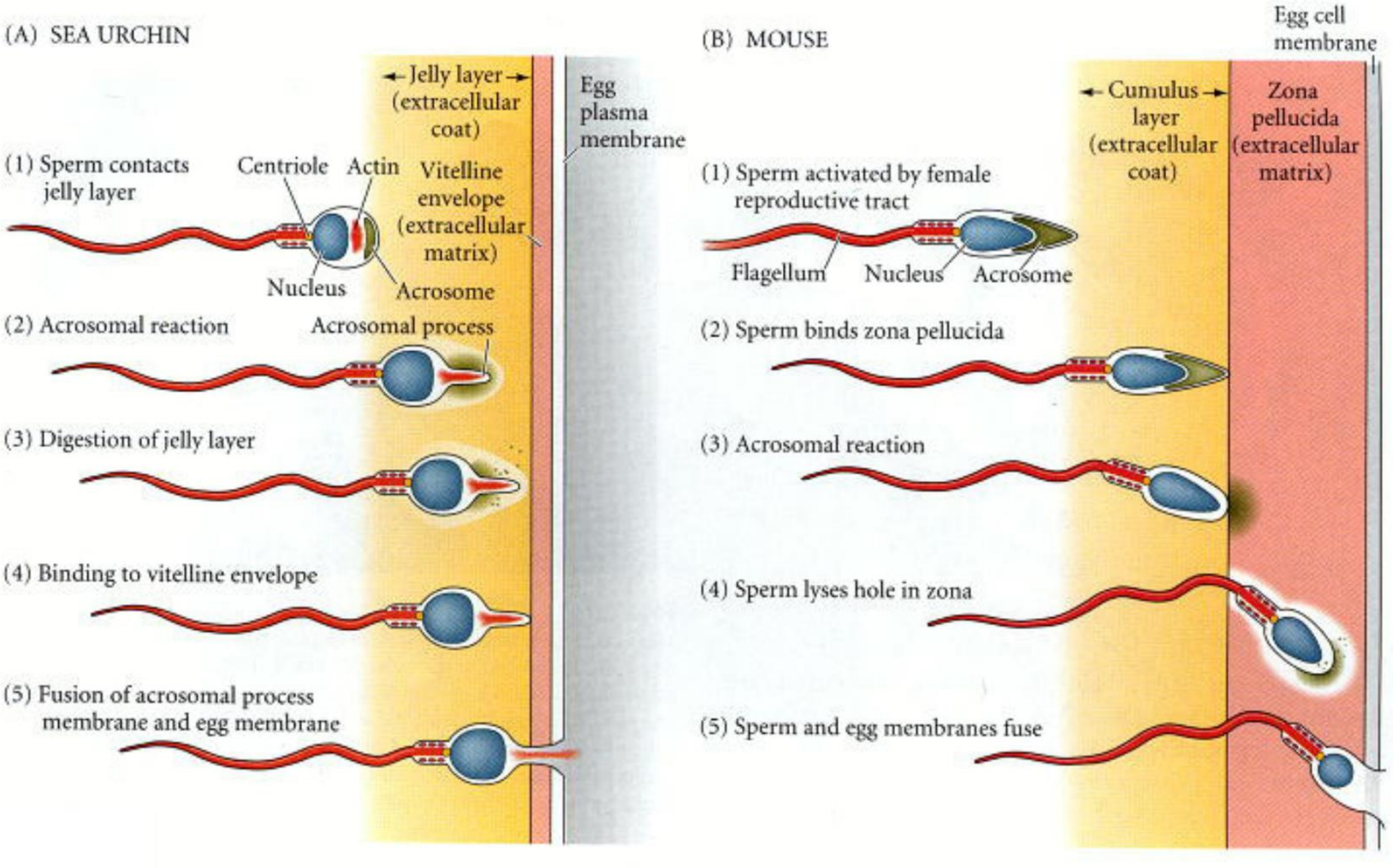
- โดยกระบวนการ capacitation จะเริ่มเกิดเมื่ออสุจิเข้าสู่ปากมดลูกแต่จะเกิดจนเสร็จสมบูรณ์ขณะอยู่ในสภาวะเป็นด่างของท่อนำไข่ ซึ่งพบได้ในระยะกึ่งกลางของรอบเดือน
- หลังสิ้นสุดกระบวนการ capacitation จะทำให้อสุจิมีคุณลักษณะ 3 อย่างดังนี้

1.มีความสามารถในการจับกับ zona pellucida ได้

2.มีความสามารถในการเกิด acrosomal reaction ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้ plasma membrane ของอสุจิรวมเข้ากับเซลล์ไข่ได้

3.สามารถเคลื่อนไหวแบบ hyperactivated mobility ซึ่งทำให้อสุจิเคลื่อนที่เข้าหาเซลล์ไข่ได้เร็วและตรงตำแหน่งมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการลดโอกาสการถูกดักจับระหว่างเดินทางผ่านมดลูกและท่อนำไข่



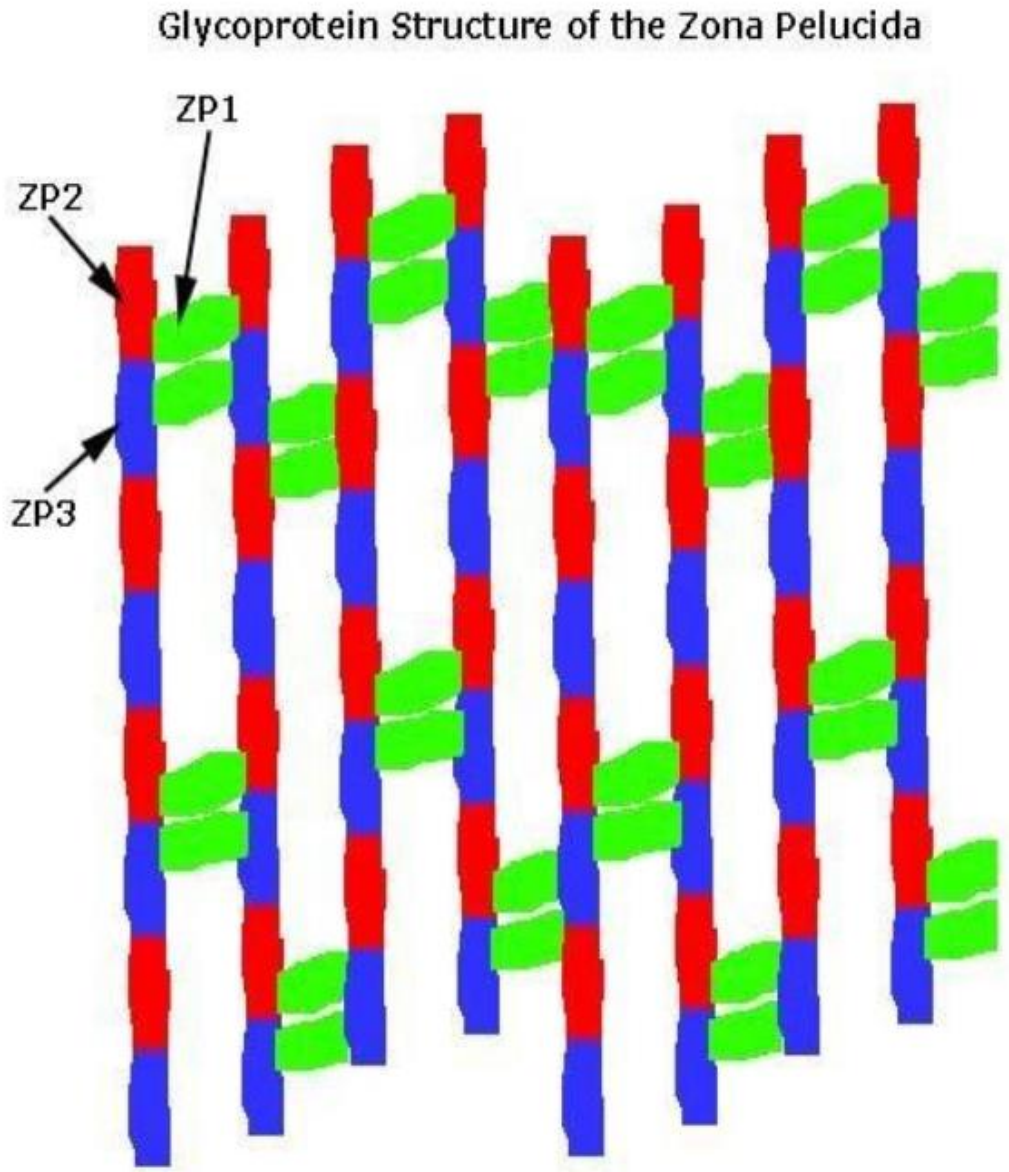

(A) SEA URCHIN
Jelly layer (extracellular coat)
Egg plasma membrane
(1) Sperm contacts jelly layer
Centriole
Actin
Vitelline envelope (extracellular matrix)
Nucleus
Acrosome
(2) Acrosomal reaction
Acrosomal process
(3) Digestion of jelly layer
(4) Binding to vitelline envelope
(5) Fusion of acrosomal process membrane and egg membrane
(B) MOUSE
Egg cell membrane
Cumulus layer (extracellular coat)
Zona pellucida (extracellular matrix)
(1) Sperm activated by female reproductive tract
Flagellum
Nucleus
Acrosome
(2) Sperm binds zona pellucida
(3) Acrosomal reaction
(4) Sperm lyses hole in zona
(5) Sperm and egg membranes fuse

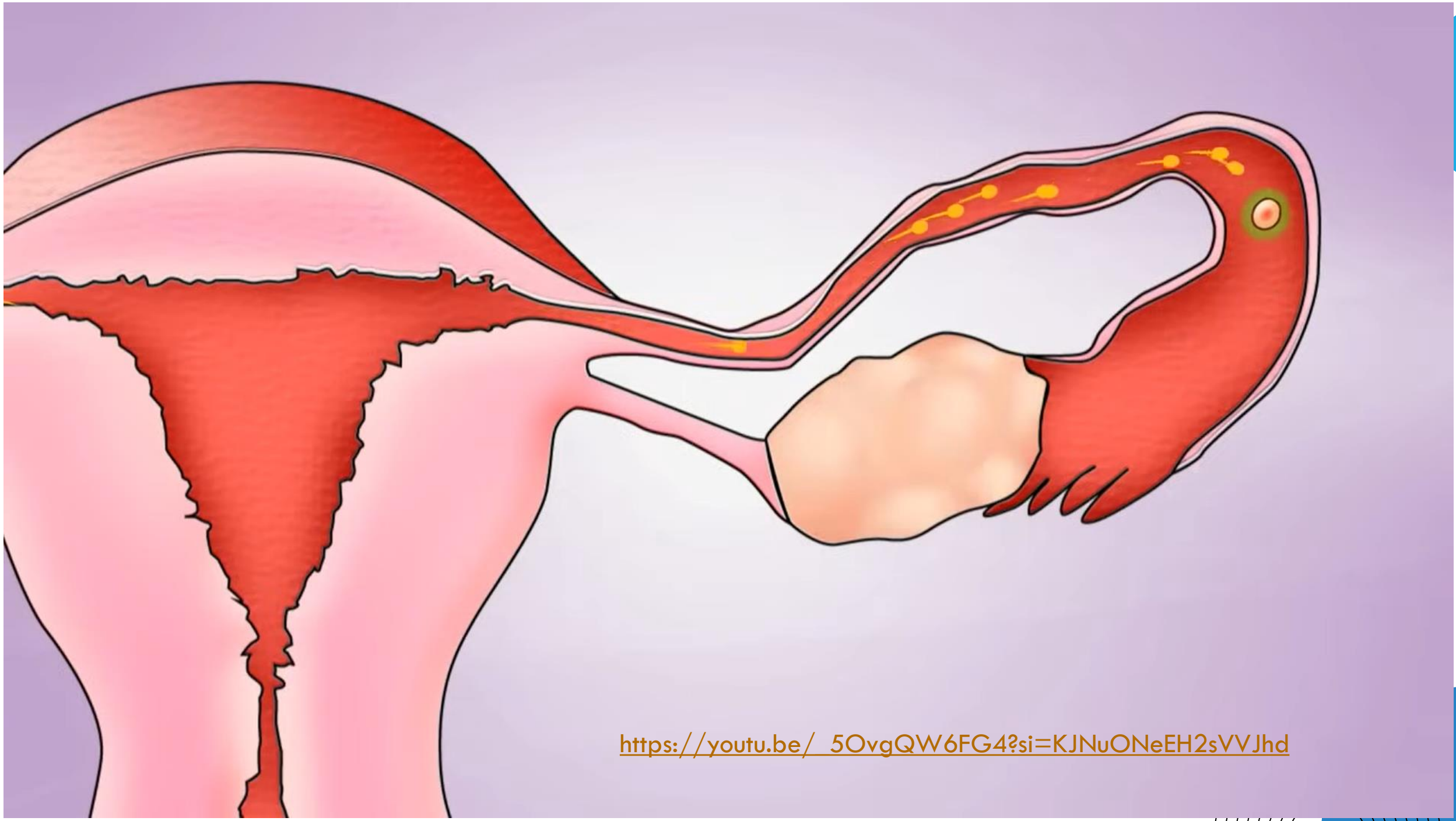
Wassermann and co-workers (1980, 1985, 1987, 1988)

Found that zona pellucida is composed of 3 glycoproteins

ZP1, ZP2, ZP3

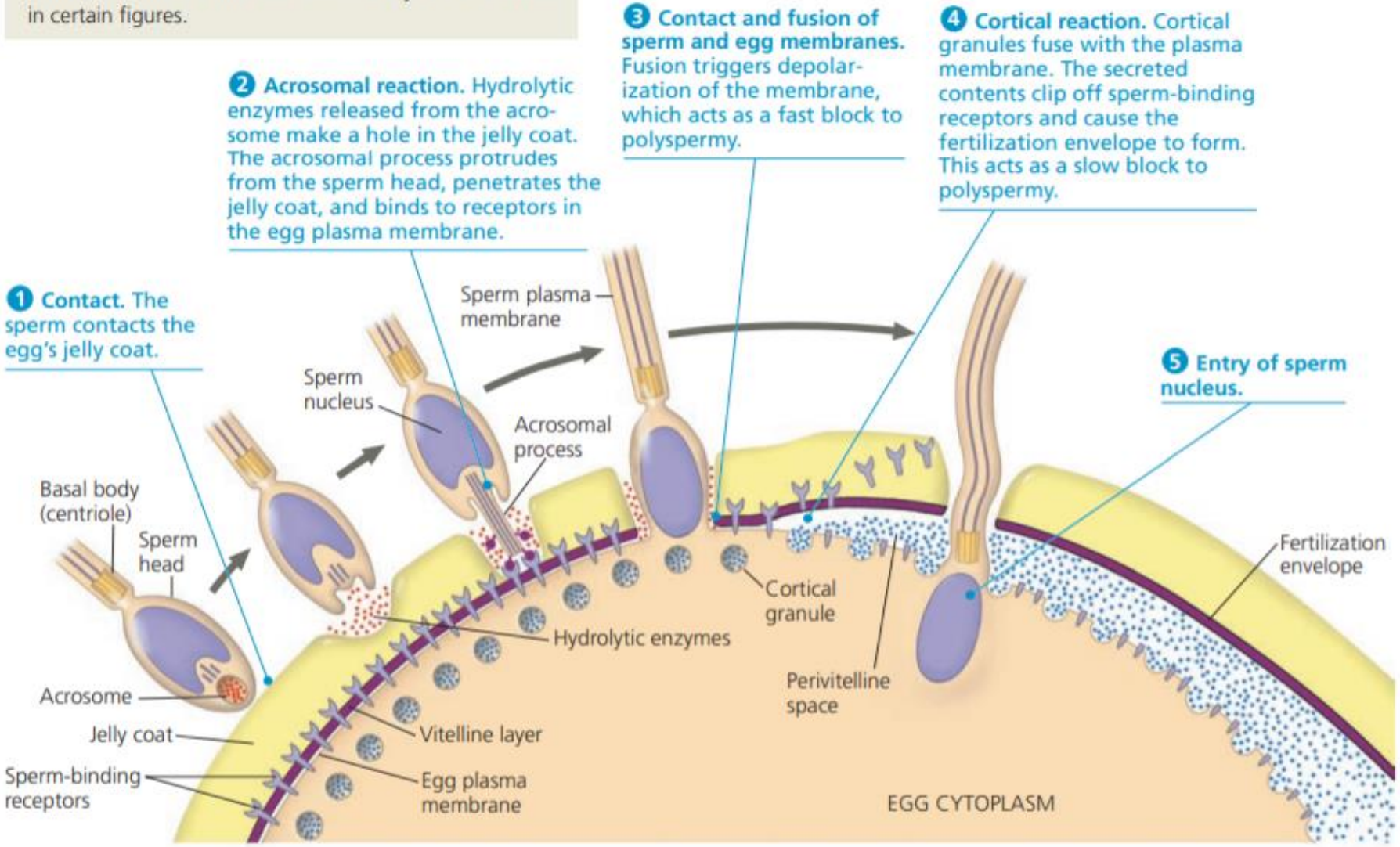
Repeating subunits of ZP2 and ZP3 form filaments that are bound together by ZP1



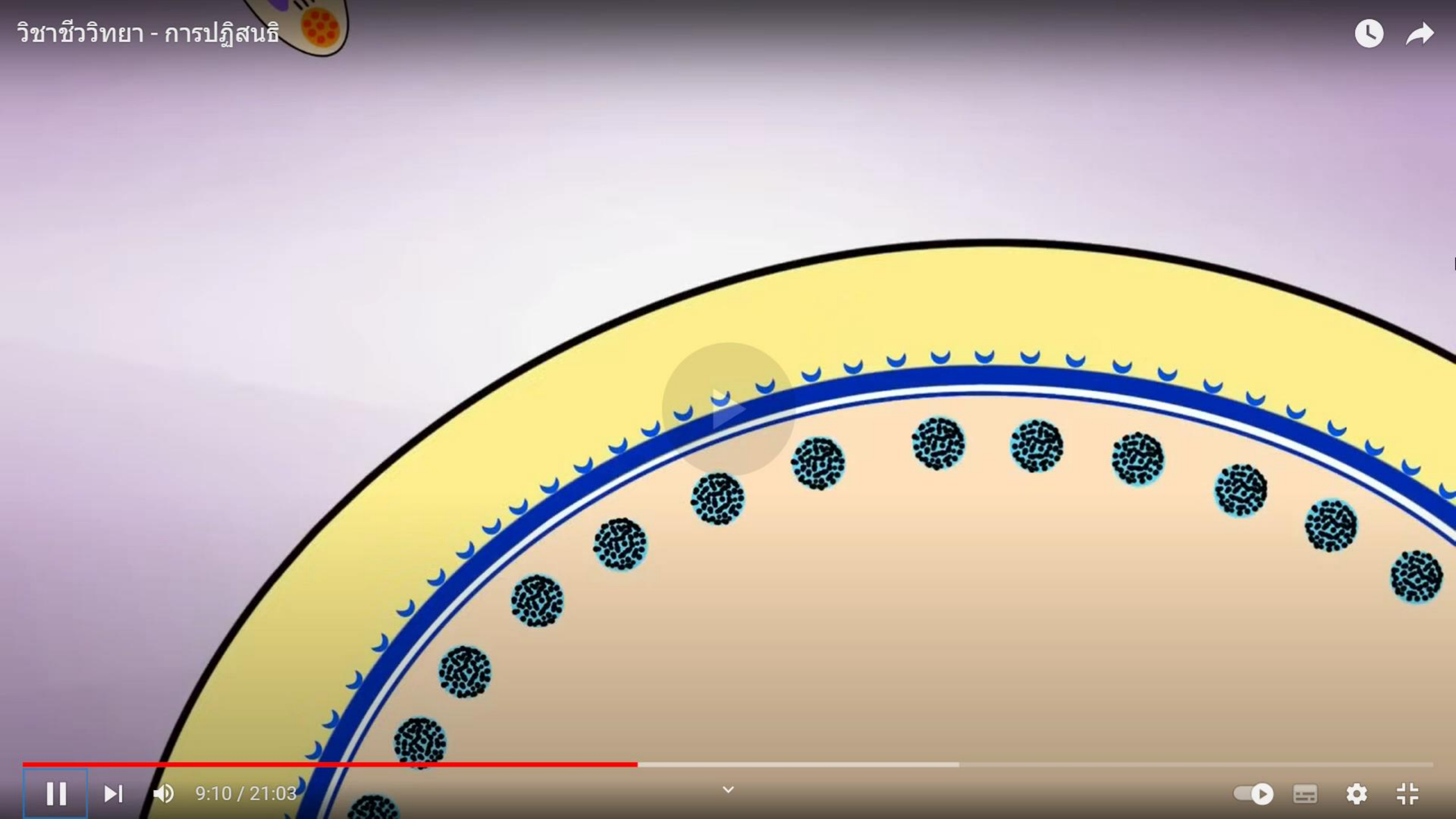


https://youtu.be/_5OvgQW6FG4?si=KJNuONeEH2sVVJhd

The icon above is a simplified drawing of an adult sea urchin. Throughout the chapter, this icon and others representing an adult frog, chicken, nematode, and human indicate the animals whose embryos are featured in certain figures.



(Campbell, Biology 11th , 2016)


วิชาชีววิทยา - การปฏิสนธิ
9:10 / 21:03

1. Contact : the sperm contacts the egg’s jelly coat (or Zona pelucida)

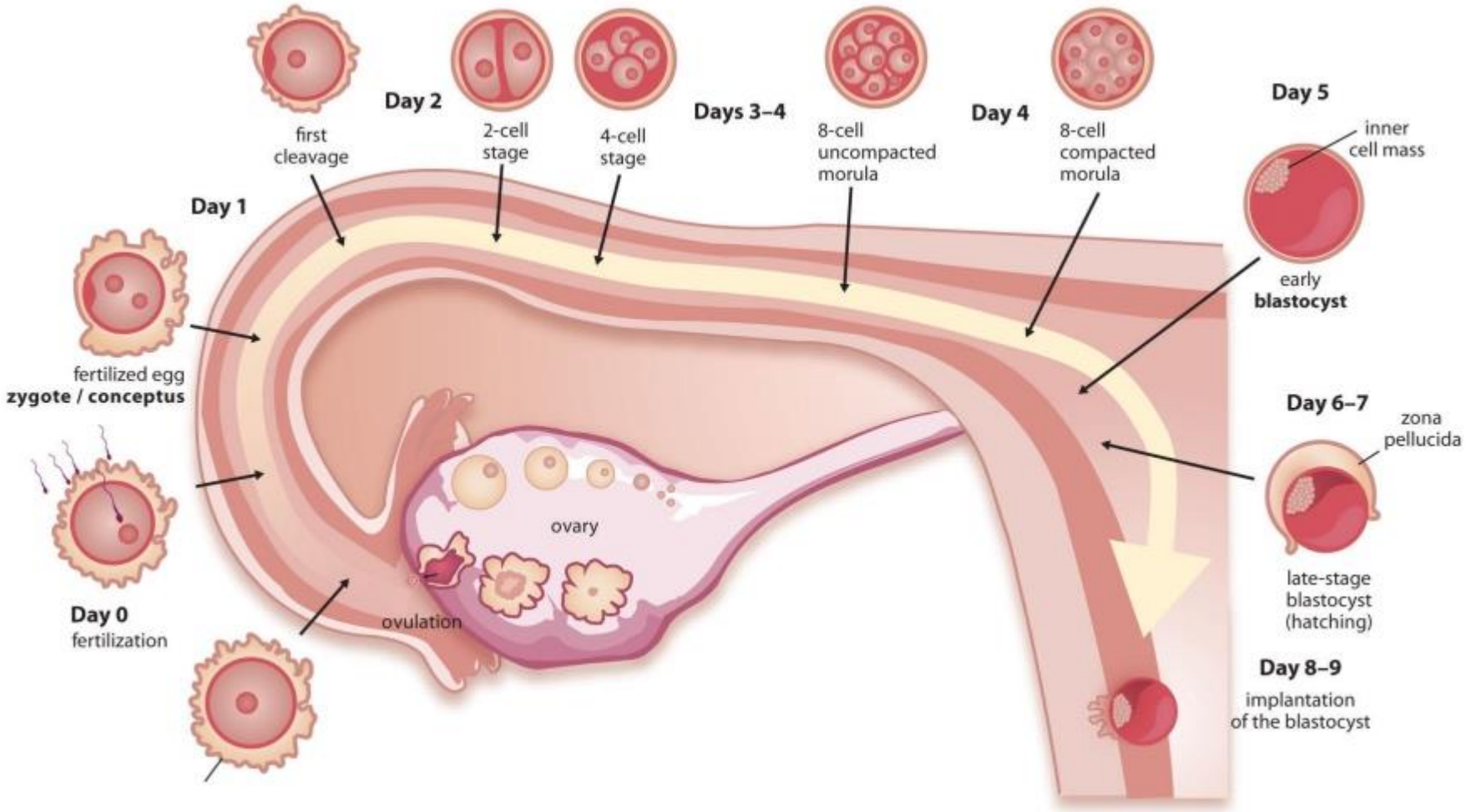
2. Acrosome reaction : เป็นกระบวนการ exocytosis ชนิดหนึ่งเป็นการประสานรวมกันระหว่าง inner surface ของเยื่อหุ้มเซลล์ของอสุจิและ outer acrosomal membrane ทำให้มีการปลดปล่อยสารที่เก็บอยู่ภายใน acrosome ได้แก่ hyaluronidase และ acrosin ซึ่งมีหน้าที่หลักในการทำให้อสุจิสามารถเคลื่อนที่ผ่านชั้นที่ล้อมรอบ oocyte เพื่อจะเกิดการรวมกันของอสุจิและเซลล์ไข่ในท้ายที่สุด โดยอาศัยการเพิ่มขึ้นของ calcium ion ภายในเซลล์, การลดลงของ hydrogen ion และการเพิ่มขึ้นของ pH

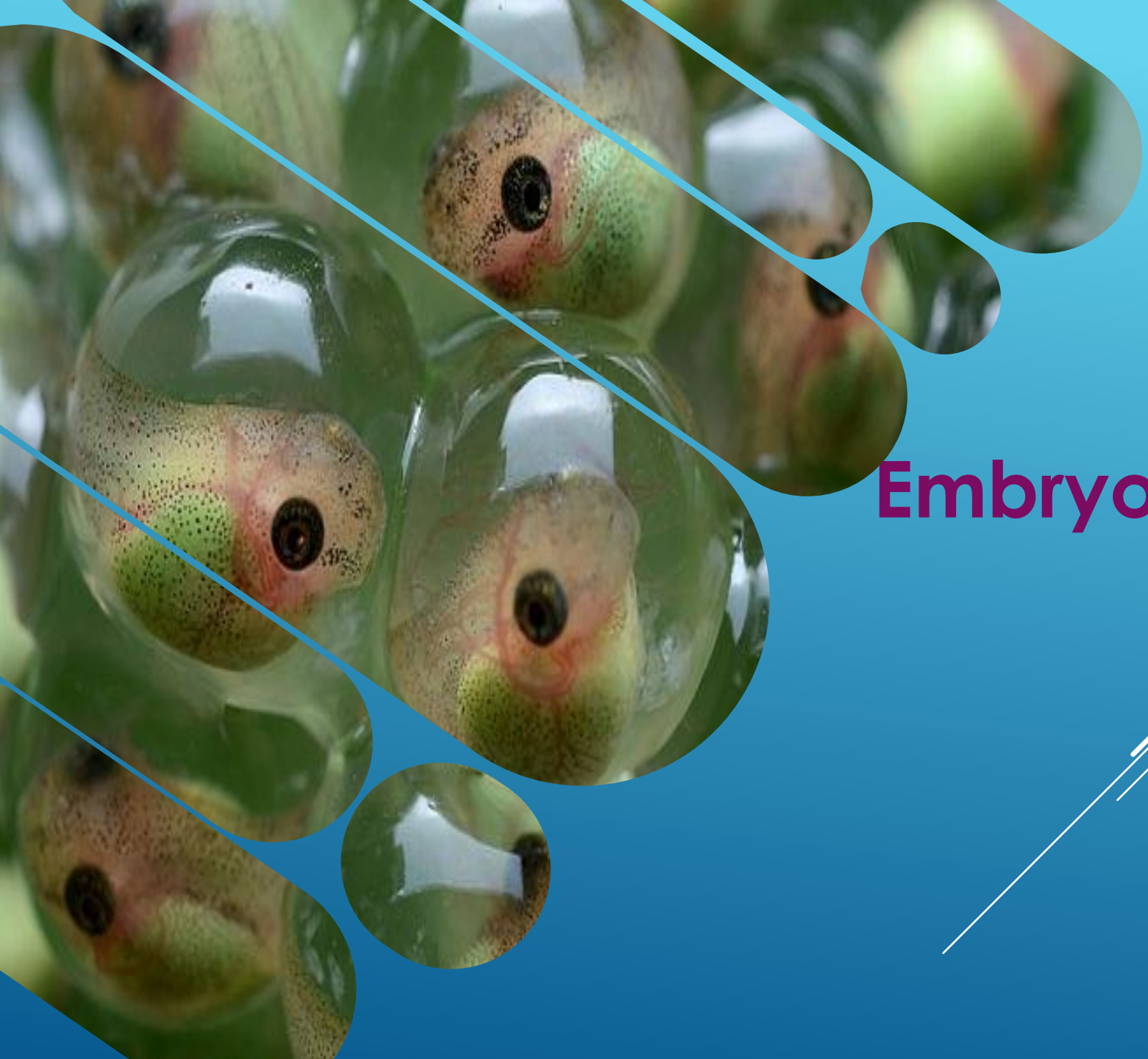
3. เมื่อเกิดการผสานรวมกันของอสุจิและ oocyte membrane จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ calcium ion ภายในเซลล์ไข่ทำให้เกิด 2 เหตุการณ์ คือ

Cortical reaction: เป็นกระบวนการ exocytosis ของ cortical granule ที่อยู่บริเวณรอบ ๆ ผิวของเซลล์ไข่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Zona pellucida โดยมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนทำให้มีการแน่นขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ Glycoprotein ทำให้ไม่เหมาะต่อการเป็น ligand ของ sperm receptor ได้อีก เพื่อป้องกันการเกิดการปฏิสนธิซ้อน ซึ่งอาจทำให้มีความผิดปกติของตัวอ่อนได้ กระบวนการนี้เรียกว่า Zona reaction ซึ่งเกิดจากการจับกันของ sperm receptor กับ ZP2 ตามหลังกระบวนการ acrosome reaction

Metabolic activation of oocyte คือการเกิดการแบ่งตัวแบบ meiosis โดยสมบูรณ์ของ secondary oocyte เพื่อสร้างชุดโครโมโซมที่พร้อมจะรวมเข้ากับสารพันธุกรรมของเซลล์สืบพันธุ์เพศชายกลายเป็นตัวอ่อนและเริ่มต้นกระบวนการแบ่งตัวต่อไป

5. การฝังตัวของตัวอ่อน implantation





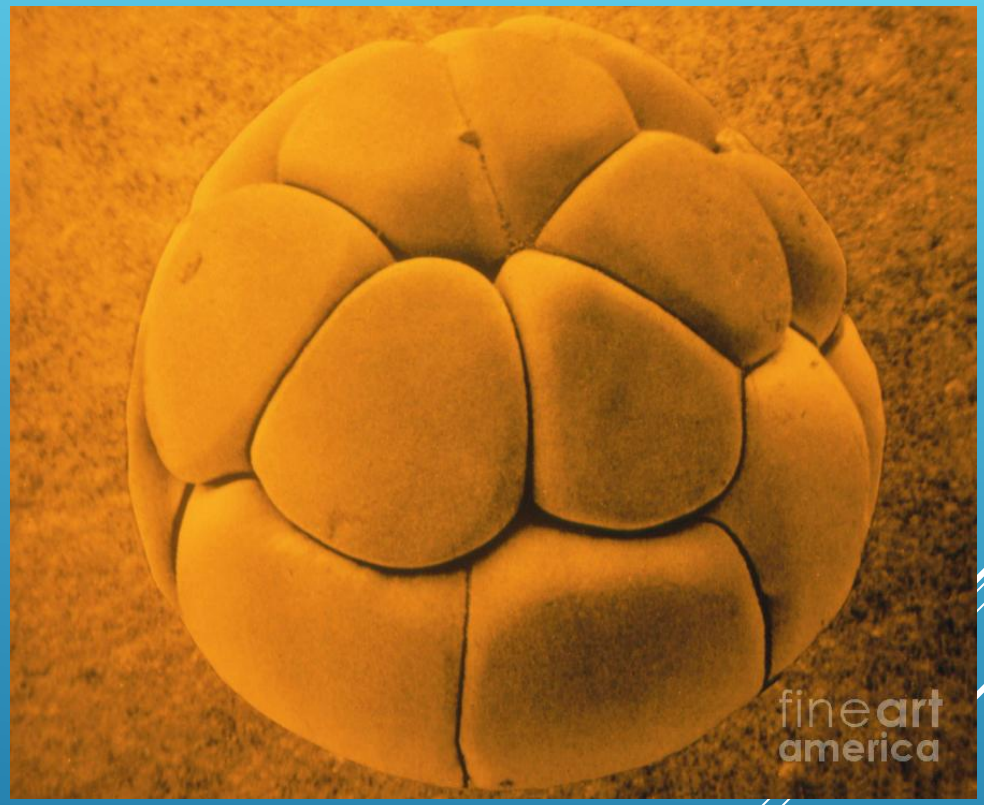
คัพภวิทยา

Chapter 5

Embryonic Development

อาจารย์ ดร.นฤมล ประครองรักษ์

- ประเภทของไข่แดง
- Early development
- Embryonic development
- การเจริญของ Amphioxus



จำแนกตามปริมาณไข่แดง

ประเภทของเซลล์ไข่

จำแนกตามลักษณะการกระจายของไข่แดง

ประเภทของไข่แดง

แบ่งตามปริมาณของไข่แดง

Alecithal egg

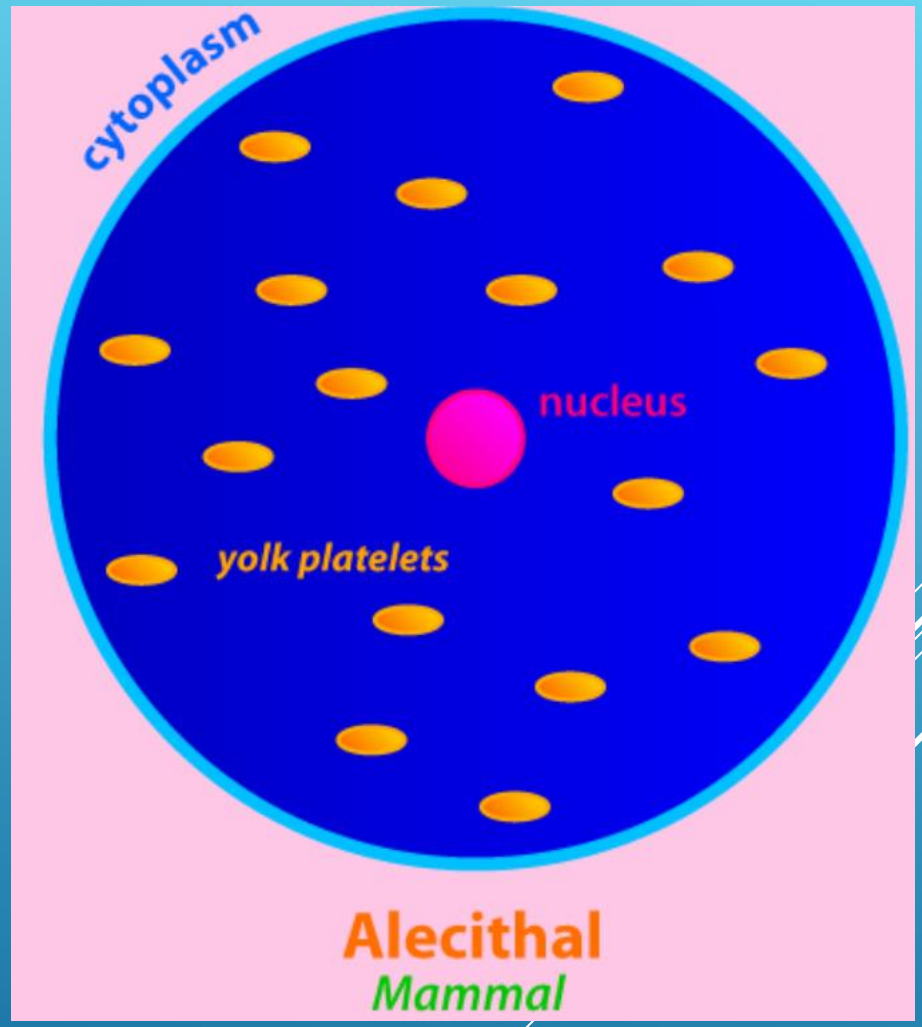
Micro, Iso, Oligolecithal egg

Mesolecithal egg

Polylecithal egg

Alecithal egg

– ไม่มีไข่แดงหรือไข่แดงน้อยมากๆ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม รวมทั้งมนุษย์

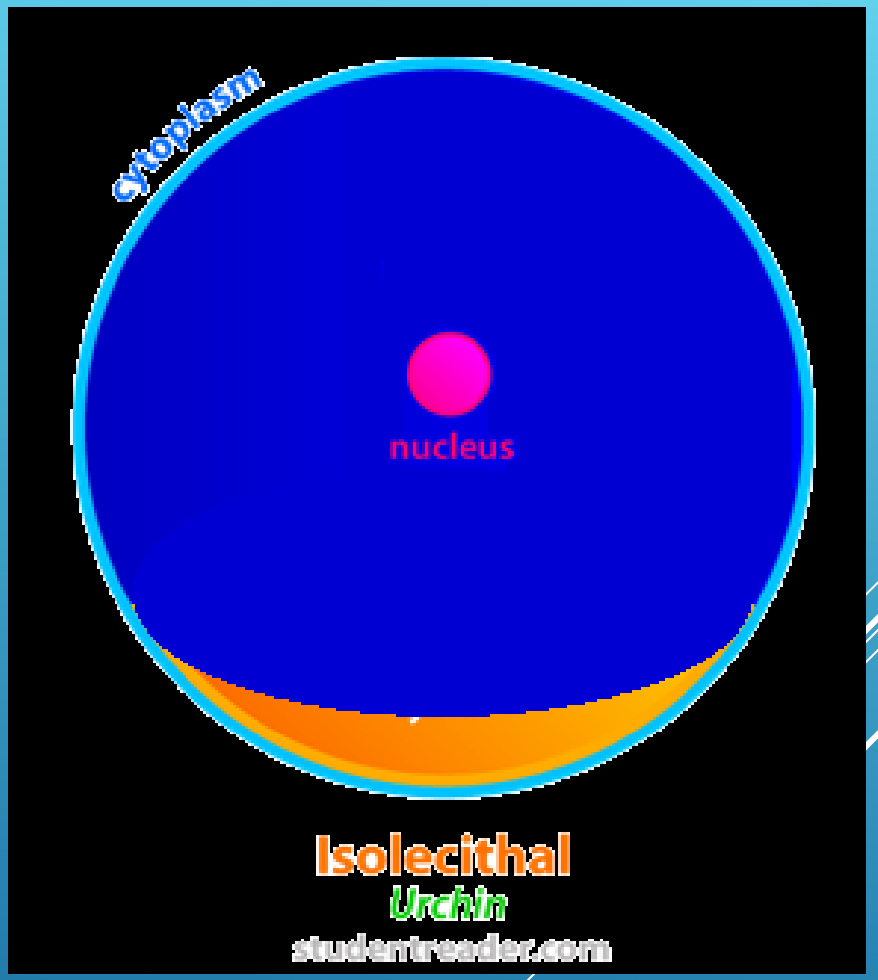


Microlecithal egg

เป็นไข่ชนิดที่มีไข่แดงน้อย

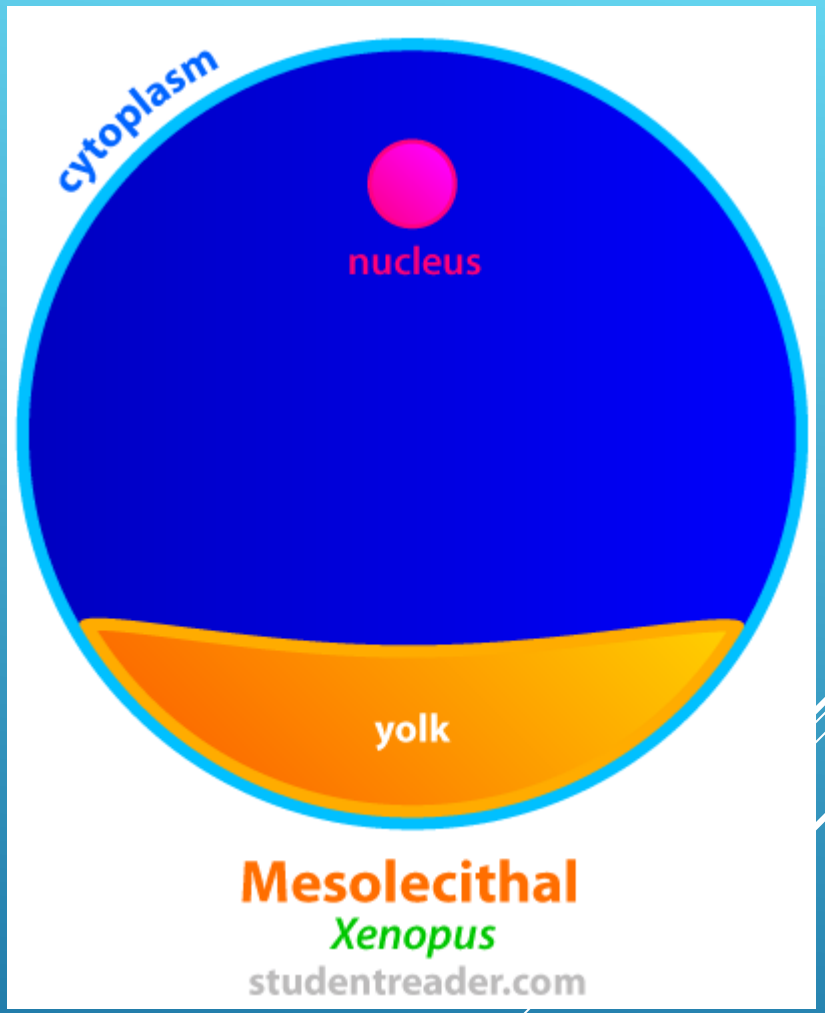
เช่น ไข่ของเม่นทะเล ดาวทะเล

เพรียงหัวหอม Amphioxus



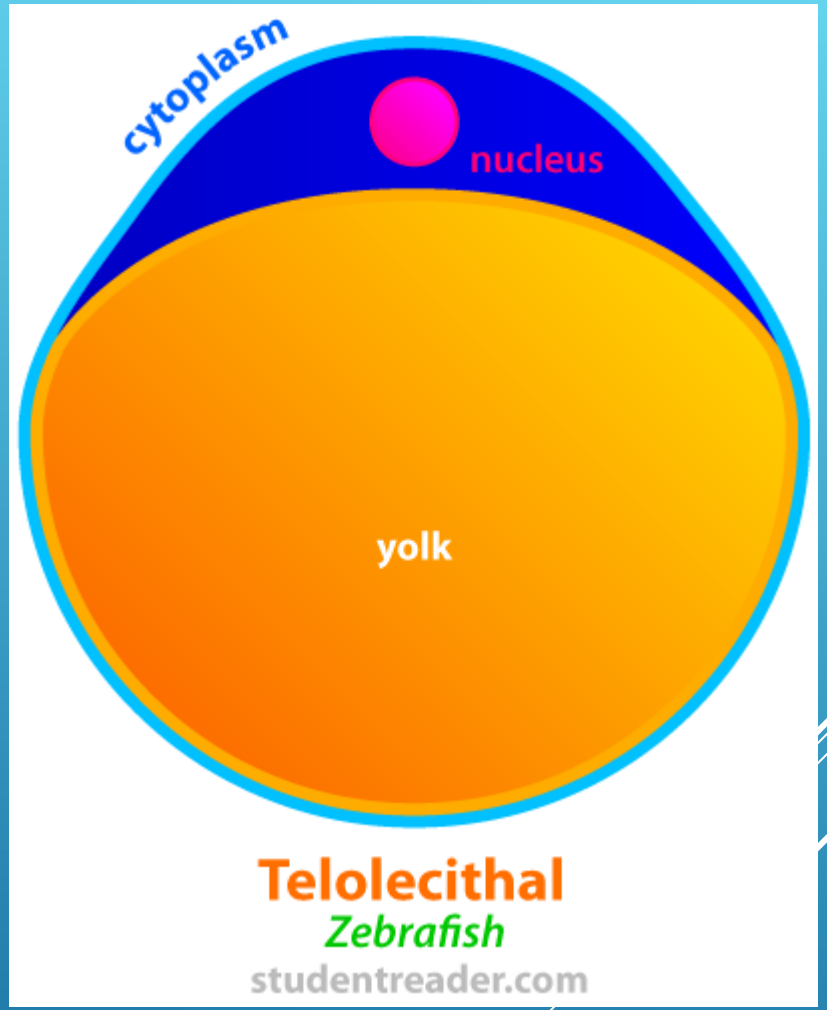
Mesolecithal egg

– มีไข่แดงปริมาณปานกลาง กระจายไปทั่วเซลล์ และมักอยู่กันหนาแน่นที่ขั้วด้านล่างของเซลล์ ส่วนขั้วด้านบนจะมีในปริมาณน้อยเช่น ไข่กบ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก



Polylecithal egg

เป็นไข่ชนิดที่มีไข่แดงมาก
เช่น ไข่ของสัตว์ปีก สัตว์เลื้อยคลาน ไข่แมลง ไข่ปลา ไข่นก ไข่ฉลาม ไข่เต่าและไข่งู เป็นต้น



ประเภทของไข่แดง

แบ่งตามลักษณะการกระจายของไข่แดง

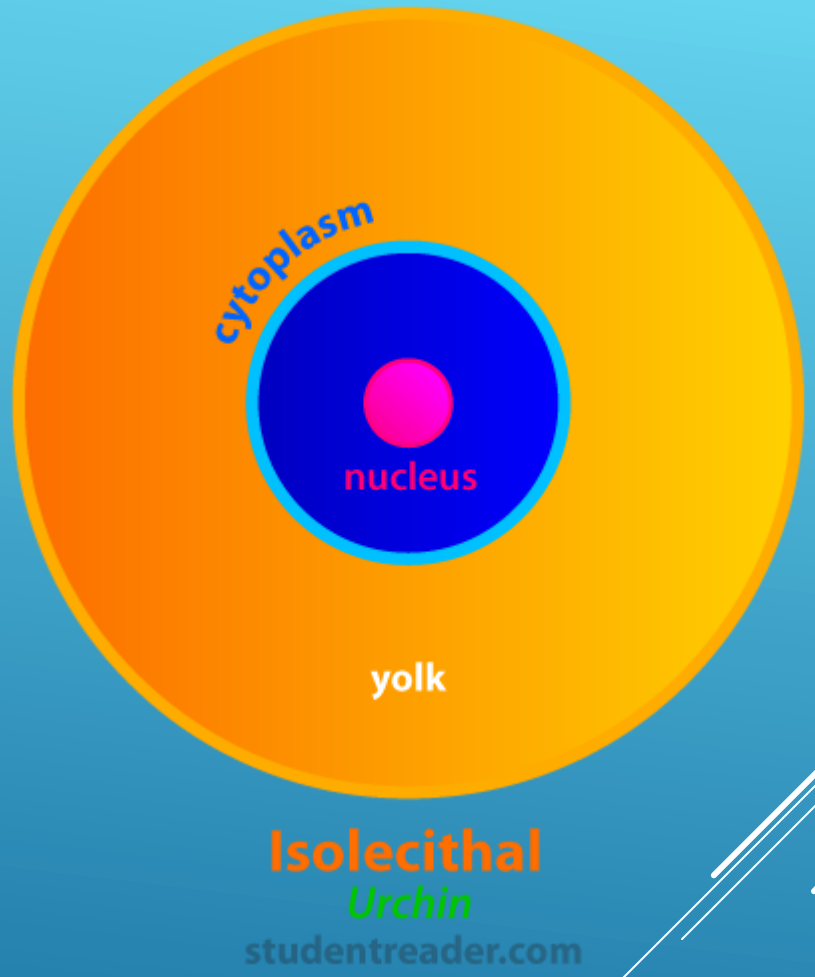
Isolecithal egg

Centrolecithal egg

Telolecithal egg

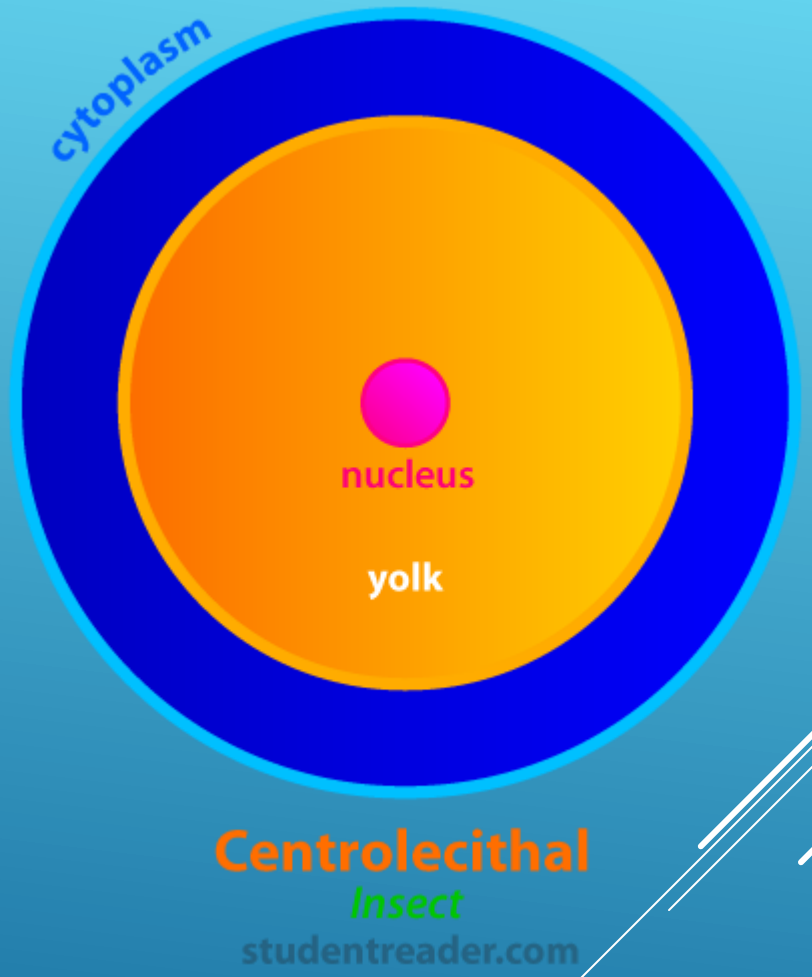
Isolecithal egg

ไข่แดงกระจายอยู่ทั่วไปในเซลล์อย่างสม่ำเสมอ เช่น ไข่ของดาวทะเล เม่นทะเล สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม



Centrolecithal egg

เป็นไข่ที่มีไข่แดงจับกลุ่มกันอยู่ตรงกลางมีไซโทพลาสซึมล้อมรอบ ได้แก่ ไข่ของพวกแมลง

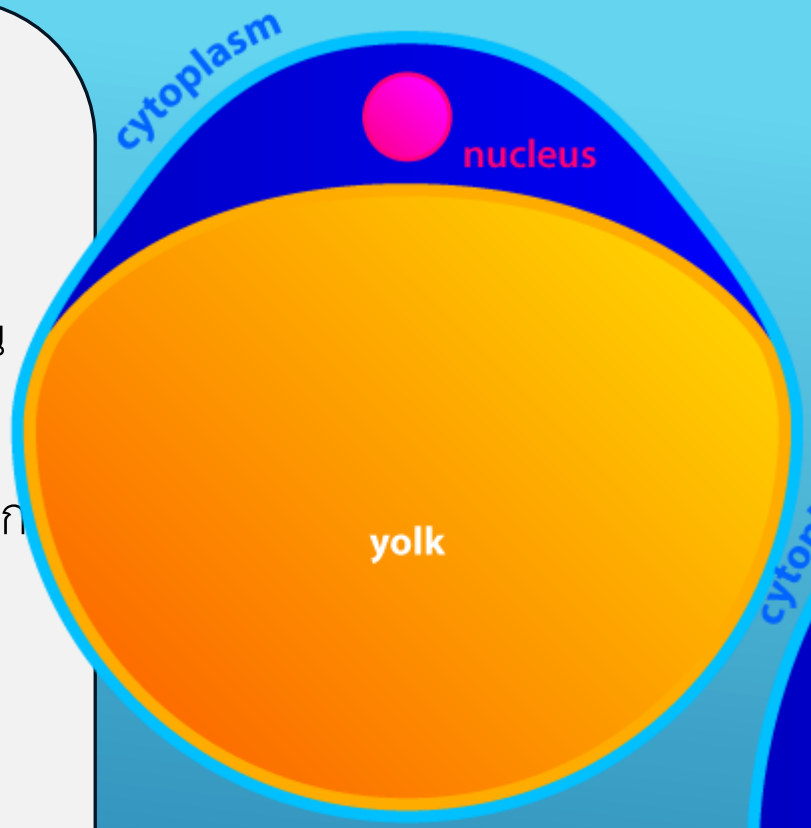


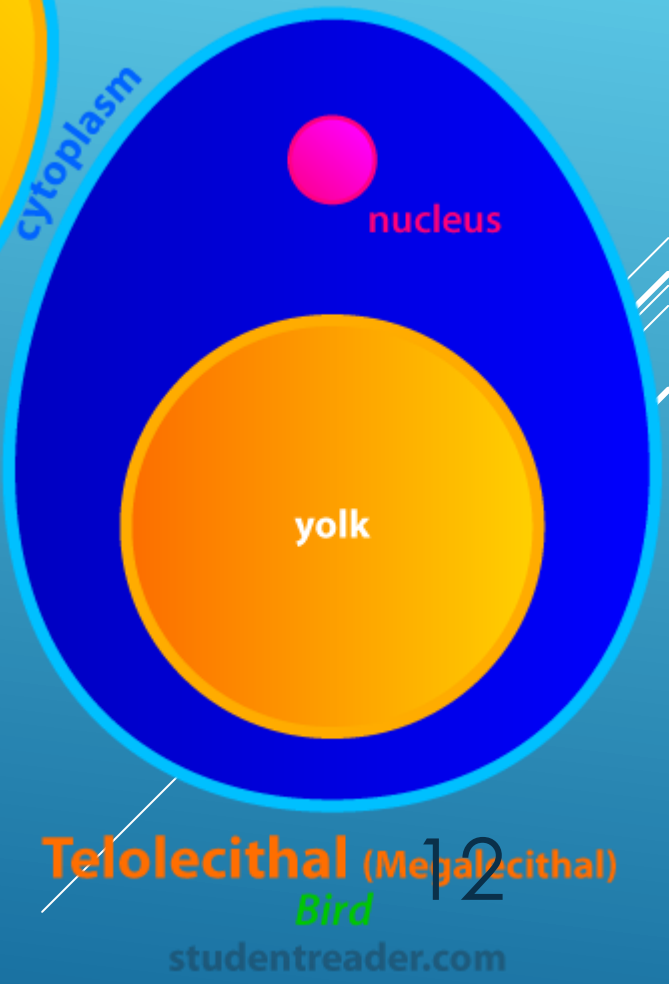
Telolecithal egg

เป็นไข่ที่มีไข่แดงรวมกลุ่มตอนล่างของไข่ เรียกบริเวณนั้นว่า เวเจทัลโพล (Vegetal pole)
ส่วนนิวเคลียสและไซโทพลาสซึมจะอยู่ด้านบนของไข่เรียกบริเวณนั้นว่า แอนิมัลโพล (Animal pole) แบ่งเป็น

-Moderately telolecithal egg เป็นไข่ชนิดที่ไข่แดงไม่ได้แยกออกจากไซโทพลาสซึม แต่กระจายอยู่ในไซโทพลาซึมไม่สม่ำเสมอ แต่จะหนาแน่นที่ด้านล่าง ได้แก่ ไข่ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

-Heavily telolecithal egg เป็นไข่ที่มีไข่แดง มารวมกันเป็นกลุ่มก้อนด้านล่าง นิวเคลียสและไซโทพลาสซึมที่เหลือจะเป็นแผ่นเล็กๆ เรียก บลาสโตดิสต์ (Blastodisc) ได้แก่ ไข่ของนก สัตว์เลื้อยคลานและปลากระดูกแข็ง

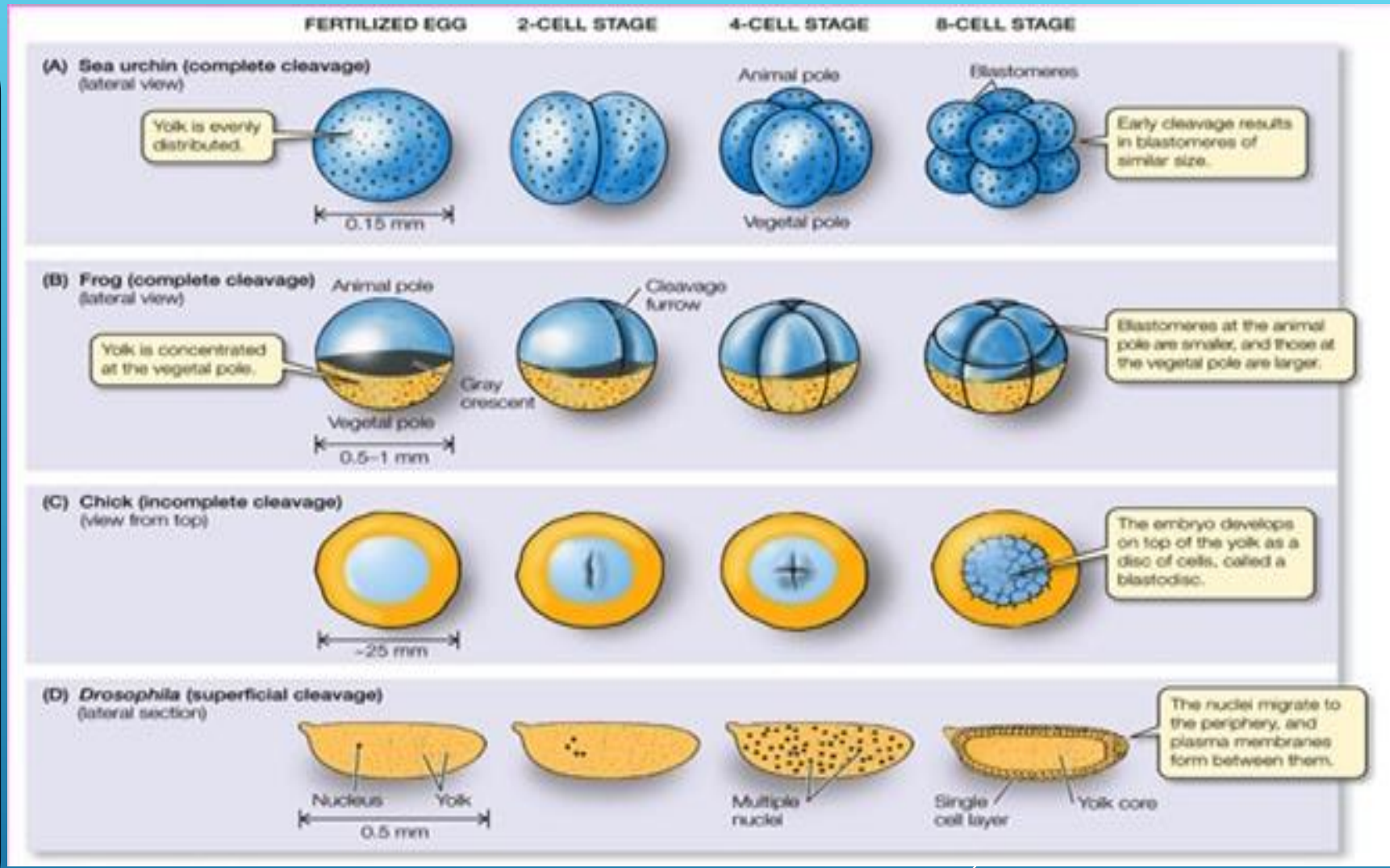




ประเภทของสิ่งมีชีวิต	ปริมาณไข่แดง	การกระจายตัวของไข่แดง
ไข่มนุษย์	ไม่มี (Alecithal egg)	สม่ำเสมอ (Isolecithal egg)
ไข่เม่นทะเล/ดาวทะเล	มีน้อยมาก (Microlecithal egg)	สม่ำเสมอ (Isolecithal egg)
ไข่กบ	มีปานกลาง (Mesolecithal egg)	ไข่แดงด้านล่าง (Moderately telolecithal egg)
ไข่ไก่	มีมาก (Polylecithal egg)	ไข่แดงด้านล่างอย่างหนาแน่น (Heavily telolecithal egg)
ไข่แมลง	มีมาก (Polylecithal egg)	ไข่แดงรวมอยู่ตรงกลาง (Centrolecithal egg)

ข้อควรทราบเกี่ยวกับไข่แดง

- ไข่แดงถูกสะสมใน Food vacuole ของ cell
- ไข่แดงเป็นอุปสรรคต่อการแบ่ง cell ในระยะ Cleavage จึงทำให้ระยะ Cleavage ของสิ่งมีชีวิต แต่ละชนิดแตกต่างกันมาก

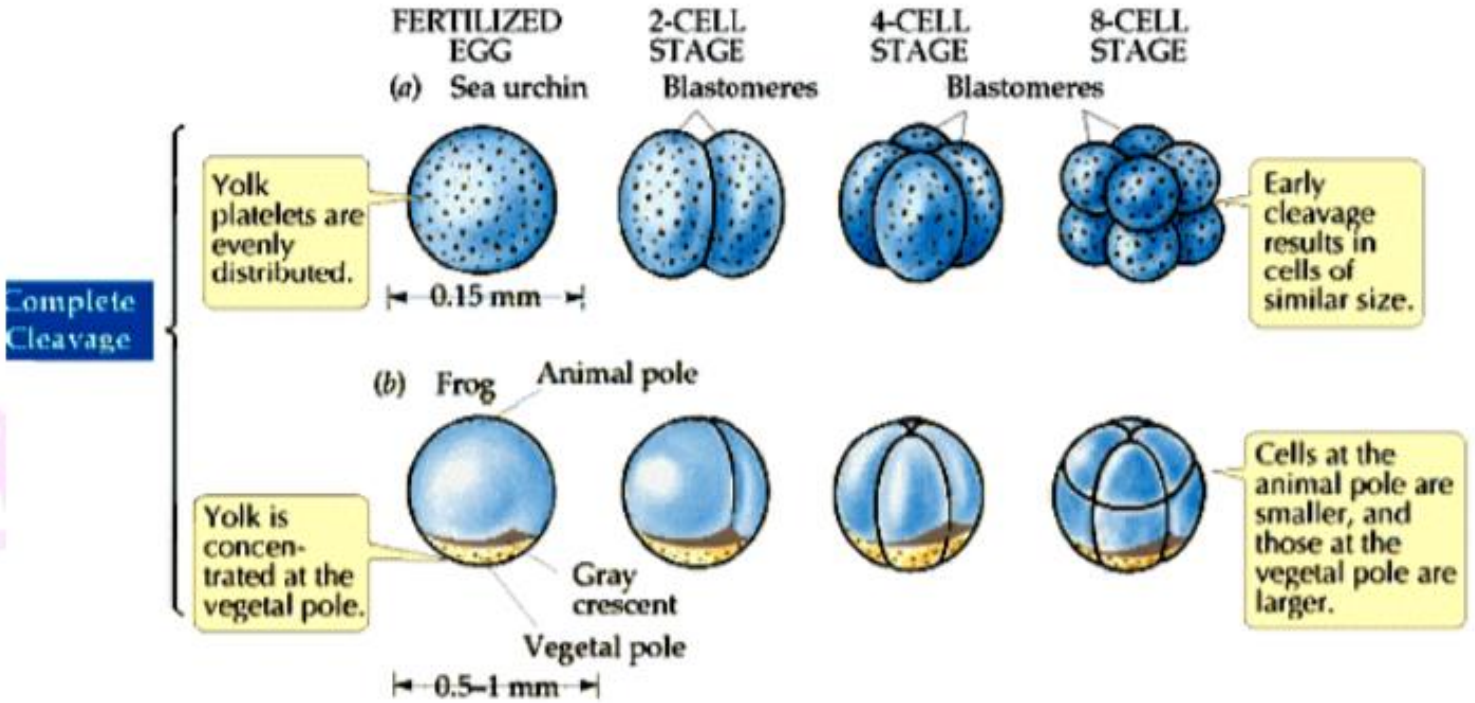


การแบ่งเซลล์ของไซโกตในระยะคลีเวจ (Cleavage)

เป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของไซโกตทั้งในแนวดิ่งและแนวขวางผลคือทำให้เซลล์เพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 2, 4, 6, 8,..... การแบ่งเซลล์ของคลีเวจมี 2 แบบ

1 แบ่งตลอดเซลล์ไซโกต (holoblastic cleavage) เป็นการแบ่งไซโกตออกอย่างสมบูรณ์ทำให้ได้ 2 เซลล์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือเซลล์ที่ได้มีขนาดเท่ากัน ได้แก่ ไข่ของเม่นทะเล และ ดาวทะเล และเซลล์ที่ได้มีขนาดไม่เท่ากัน ได้แก่ ไข่ของพวกสัตว์สะเทินบกสะเทินน้ำ

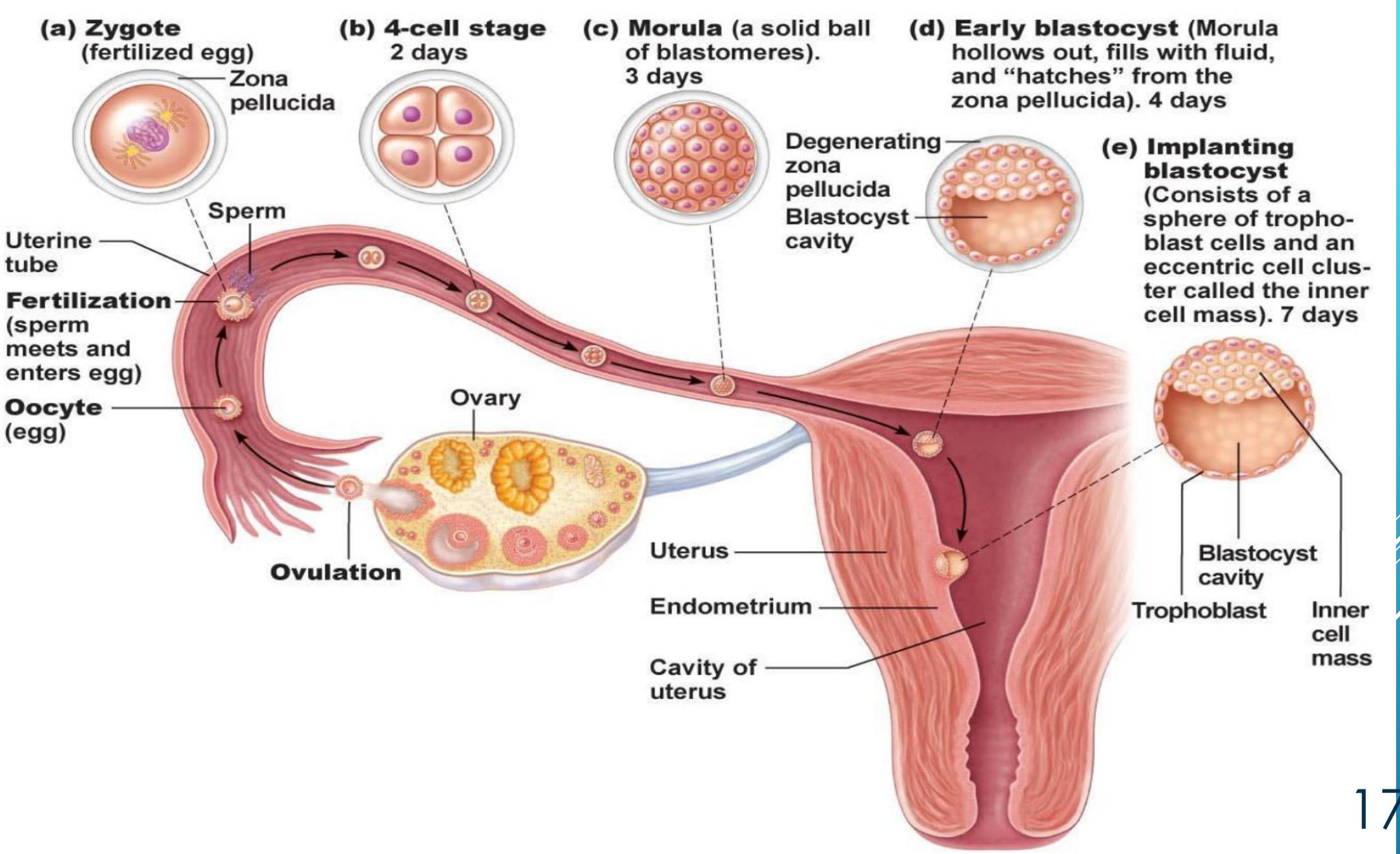
2 แบ่งไม่ตลอดเซลล์ไซโกต (meroblastic cleavage) เป็นการแบ่งไซโกตเฉพาะบริเวณแอนิมัลโพล (animal pole) ส่วนวิจีทัลโพล (vegetal pole) ไม่มีการแบ่งเนื่องจากมีไข่แดง สะสมอยู่มาก ได้แก่ไข่ของพวกสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ปีก



ภาพ: การแบ่งเซลล์ของไซโกตในระยะคลีเวจของเม่นทะเลและกบ

Early development

- Approx. 30 hrs. following fertilization, the zygote undergoes repeated mitotic divisions. This is termed as Cleavage.
- Resulting in a rapid increase in the number of cells.
- These cells become smaller with each cleavage division, known as blastomeres.



Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.

กระบวนการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต

การเจริญเติบโต เป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตทุกระดับ ทั้งทางโครงสร้างและหน้าที่ กระบวนการต่างๆ ของการเจริญเติบโต แบ่งได้ 4 กระบวนการ คือ

1. การเพิ่มจำนวนเซลล์ (cell multiplication)

ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว การแบ่งเซลล์ถือว่าเป็นการสืบพันธุ์ เกิดชีวิตใหม่ขึ้น มีหลายแบบ เช่น การแบ่งแยกตัวเป็นส่วนๆ การแตกหน่อเป็นต้น ในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ การแบ่งเซลล์เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ให้มากขึ้น เช่น การแบ่งเซลล์จากตัวอ่อนเป็นตัวเต็มวัย สร้างเซลล์ใหม่เพื่อทดแทนเซลล์เก่า เช่น เซลล์ผิวหนัง

2. การเพิ่มขนาดเซลล์ (growth)

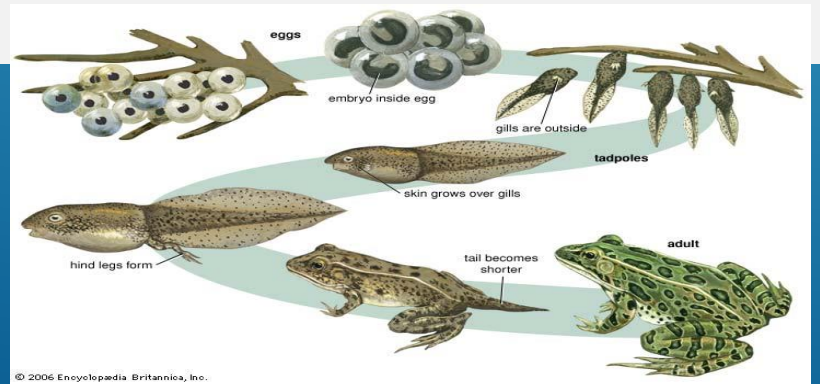
เป็นกระบวนการสะสมและสังเคราะห์สารอินทรีย์ภายในโมเลกุลของเซลล์ทำให้โมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น หรือมีการรวมกันระหว่างโมเลกุลกับโมเลกุลเป็นผลให้เซลล์ต้องขยายขนาดตามไปด้วย จึงเกิดการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต เช่นงูจะมีการลอกคราบเมื่อมีขนาดตัวใหญ่ขึ้น

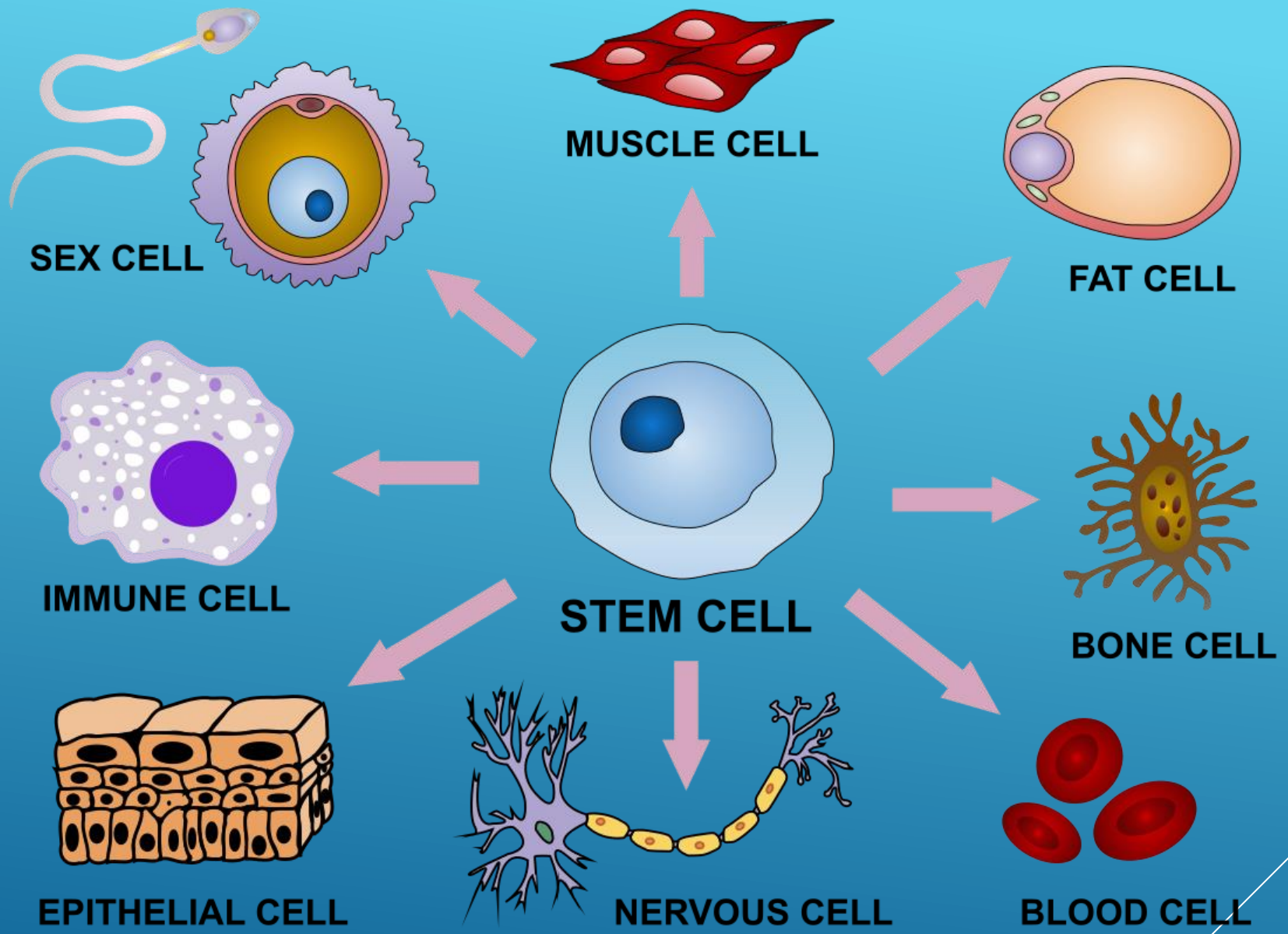
3. การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (cell differentiation)

เนื่องจากในระยะแรกเซลล์อาจจะทำหน้าที่อย่างหนึ่งแต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหน้าที่การทำงาน จึงเกิดการเปลี่ยนสภาพเซลล์ตามไปด้วยเพื่อให้ได้เซลล์ที่สามารถทำหน้าที่ที่ต่างกัน การเปลี่ยนสภาพเกิดทั้งทางกายภาพและชีวเคมี ทั้งในระดับโมเลกุล ระดับเซลล์ ระดับเนื้อเยื่อ ระดับอวัยวะ และระดับระบบอวัยวะ เซลล์ที่ได้ใหม่จะมีหน้าตาต่างไปจากเซลล์เดิม

4. การเกิดรูปร่างที่แน่นอน (morphogenesis)

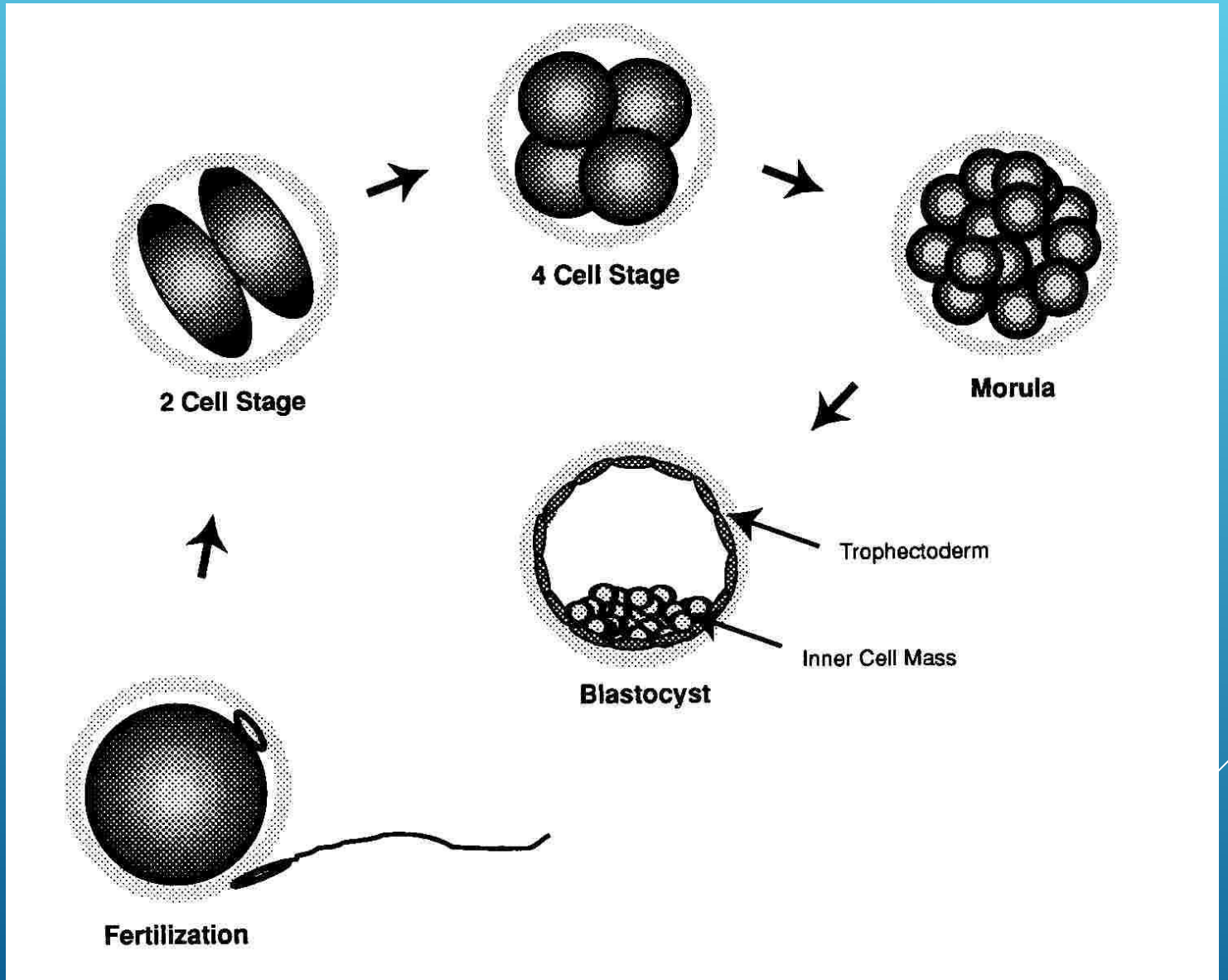
สิ่งมีชีวิตจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างตลอดเวลาตั้งแต่แรกเกิดจนเป็นตัวเต็มวัย เนื่องจากมีการแบ่งเซลล์หรือเพิ่มจำนวนเซลล์ รูปร่างตอนโตอาจจะแตกต่างจากตอนแรกเกิดมากหรือไม่เหมือนกันเลย เช่น กบ ผีเสื้อ เป็นต้น การเติบโตในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงจะหยุดเมื่อโตเต็มวัย โดยการใช้ความสูงที่หยุดเป็นเกณฑ์ ไม่คำนึงว่าน้ำหนักจะเพิ่มหรือลดลง





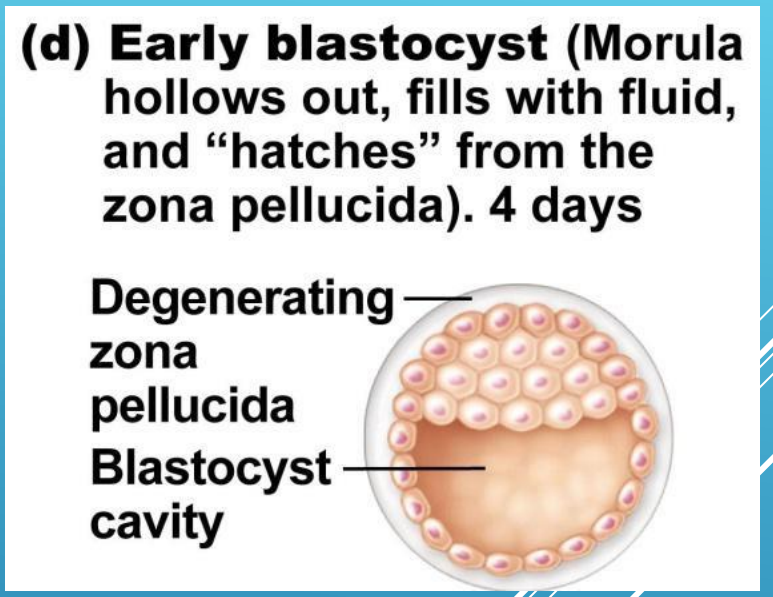
การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (cell differentiation)

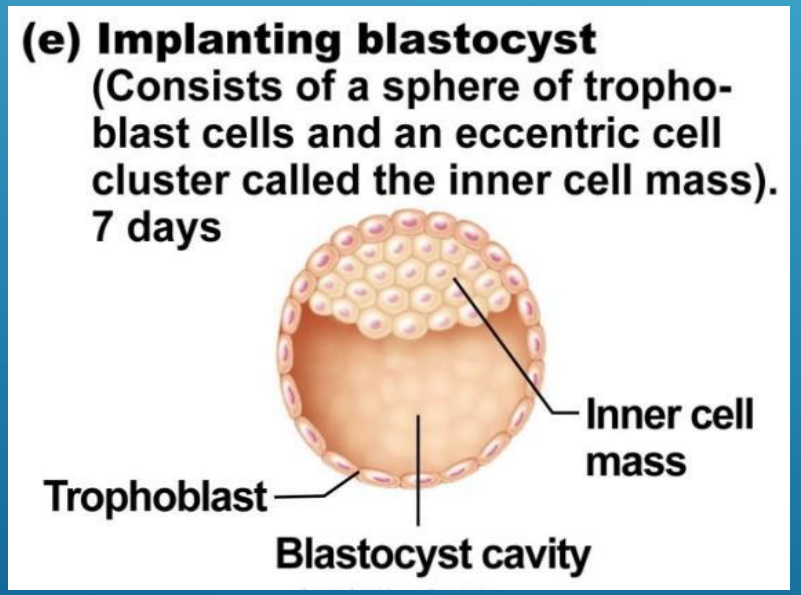
Developmental stages of zygote



Early Development

- Morula & blastocyst
- Trophoblast:
  - Cytotrophoblast
  - Syncytiotrophoblast





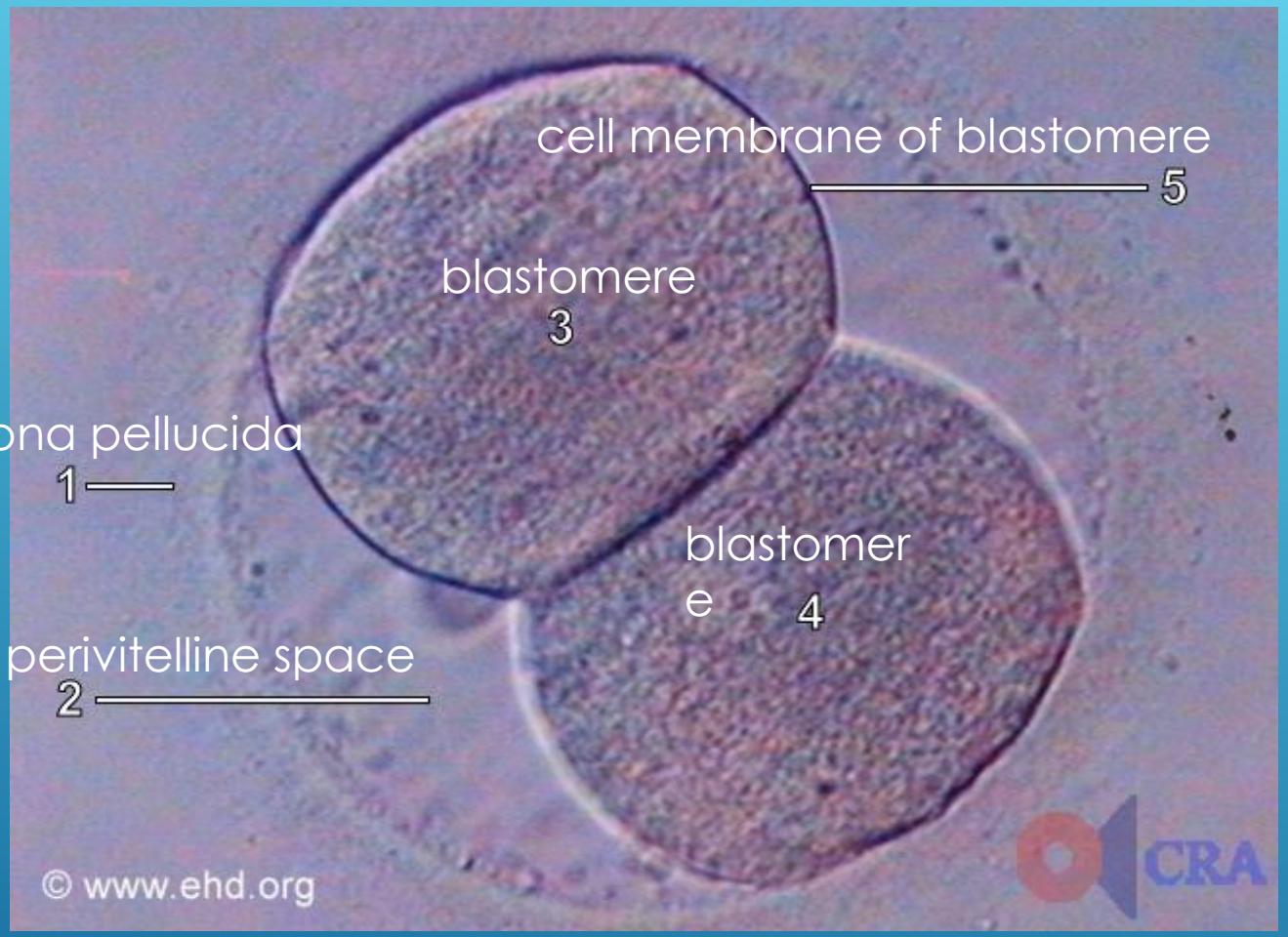
The zygote (6 hours)

Label Key:
1. polar body
2. perivitelline space or subzonal space
3. zona pellucida
4. cell membrane

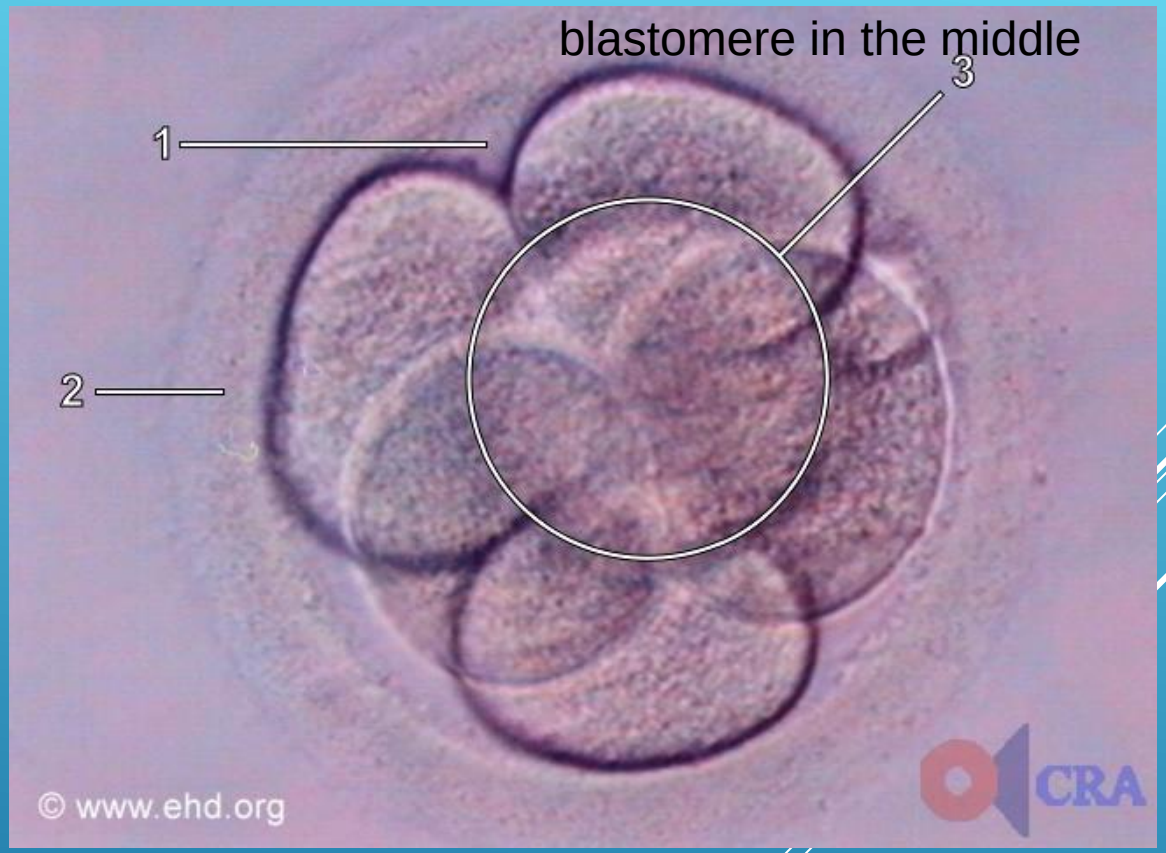
Two-Cell Human Embryo (36 hours)

Label Key:
1. perivitelline space
2. outline of blastomere
3. zona pellucida
4. cell membrane of blastomere

Two-Cell Embryo (36 hours)



Six-Cell Embryo (52 hours)



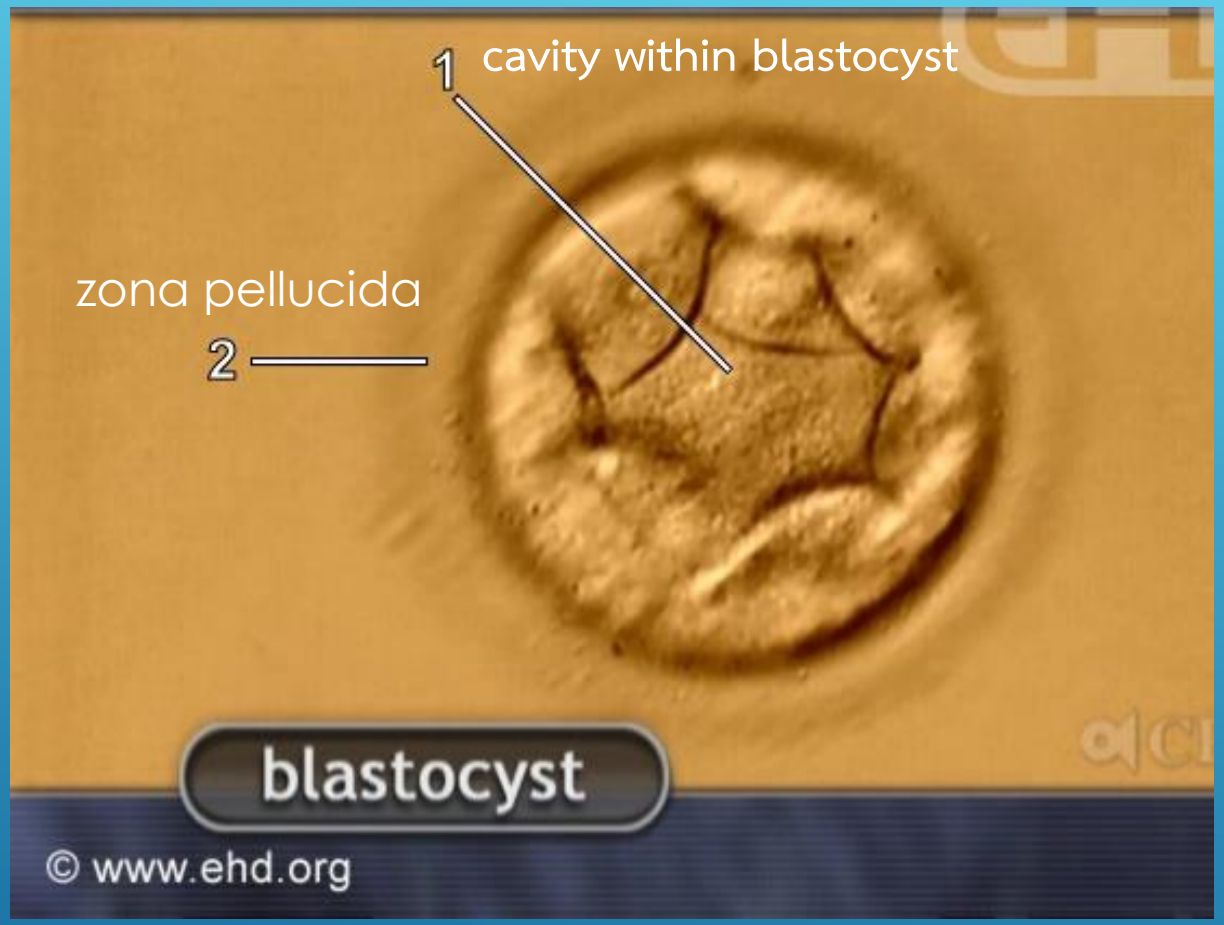
The human morular (3 days)

The morula stage is reached when about 12 to 16 cells are present. This morula may contain 30 cells or more.

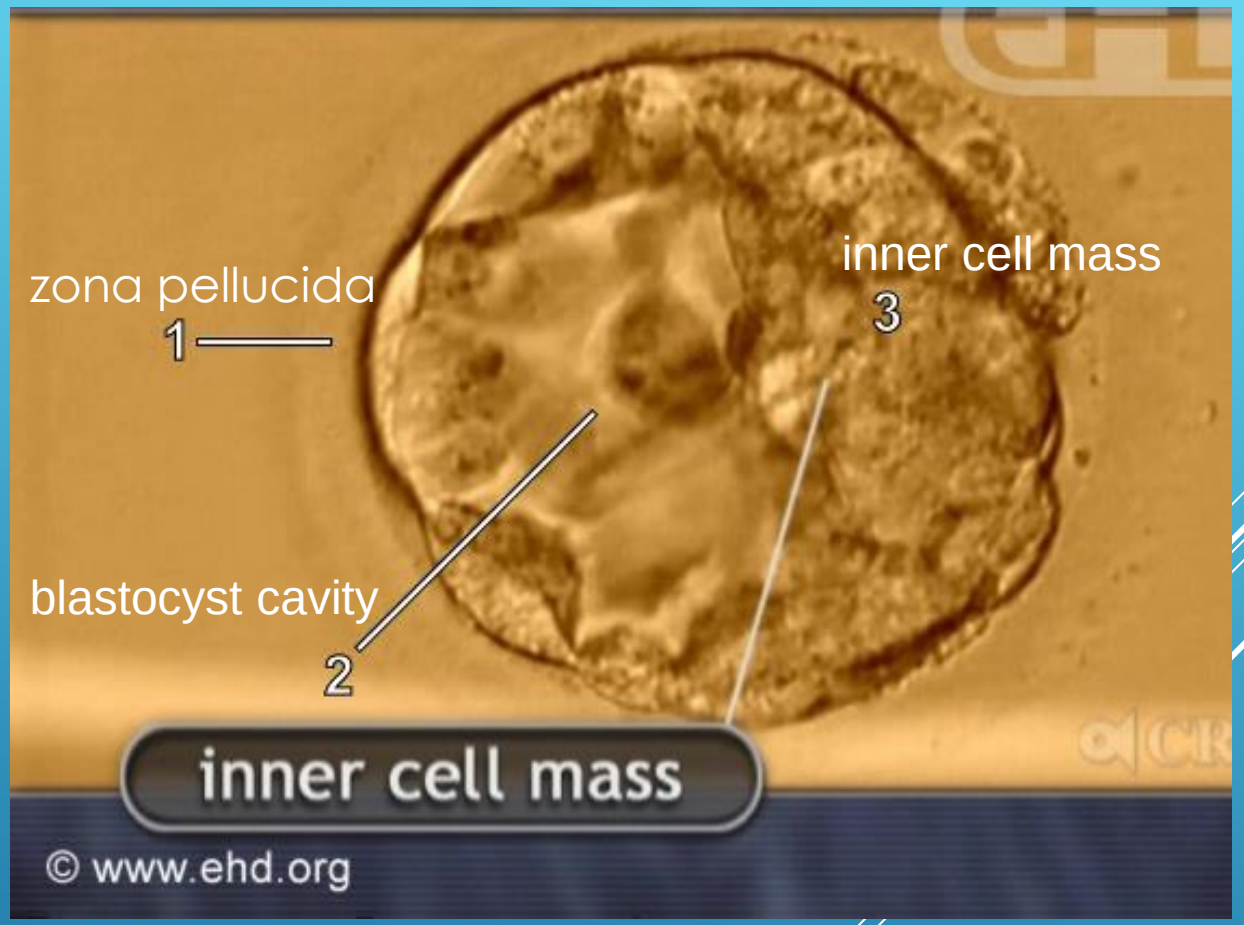
Early Blastocyst (3 days)

Label Key:
1. zona pellucida
2. trophoblast
3. early blastocyst cavity
4. inner cell mass

Blastocyst (4 days)

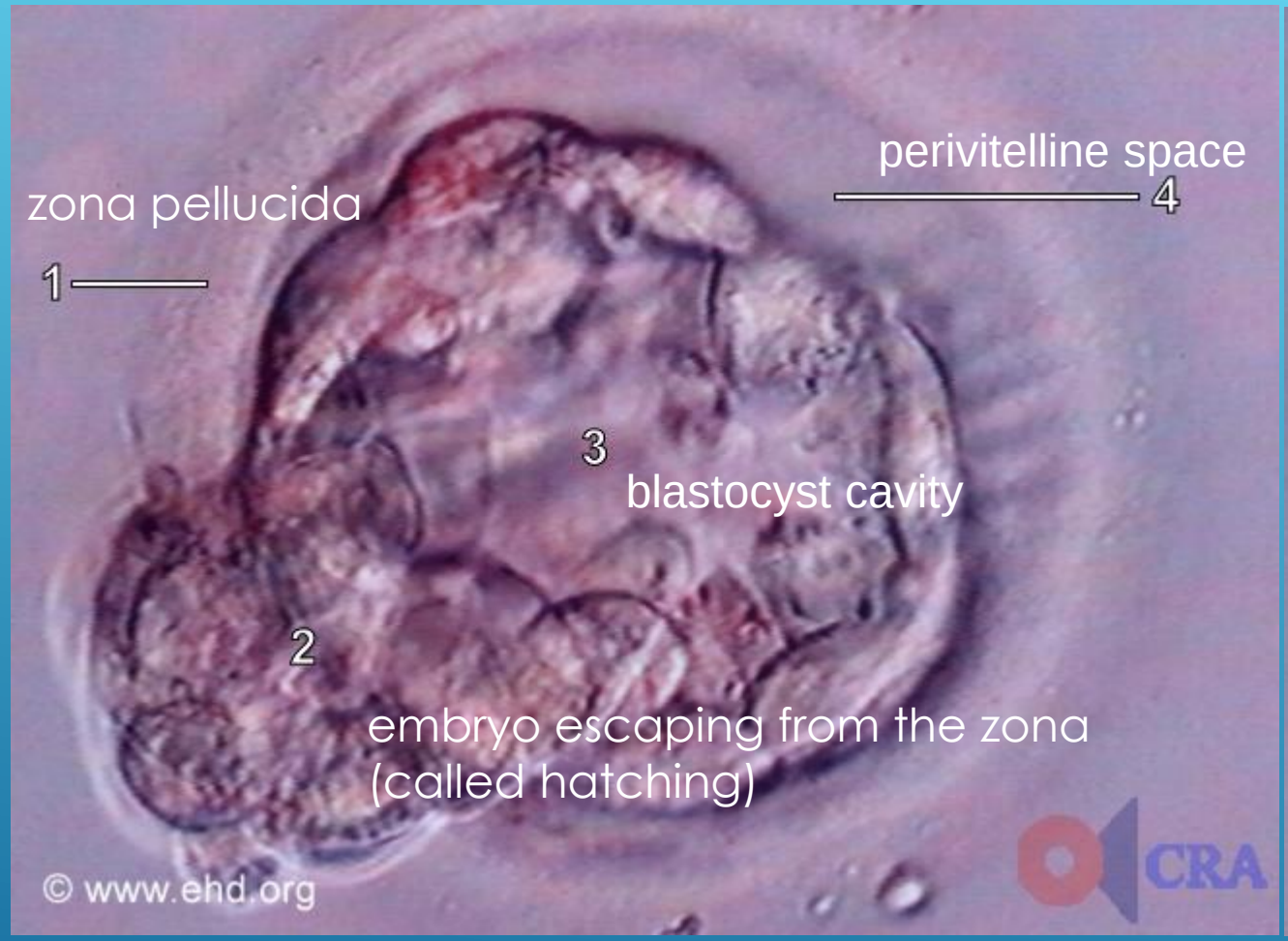


Blastocyst with Inner Cell Mass (5 days)



The inner cell mass is made up of embryonic stem cells.

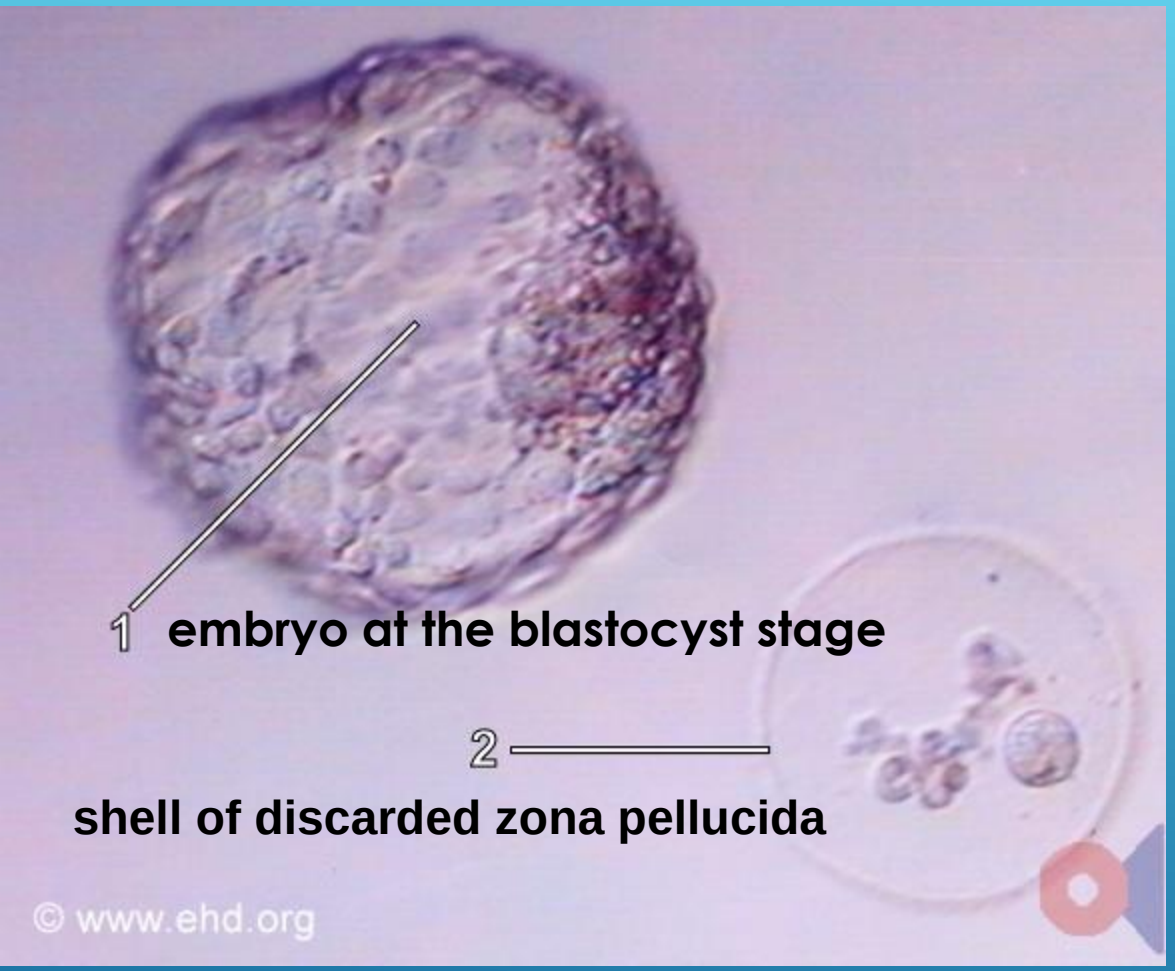
Hatching Blastocyst (5 days)



Hatching Blastocyst (5 days)

The embryo needs space and it needs to implant in the wall of the uterus if it is to survive. The zona must go!

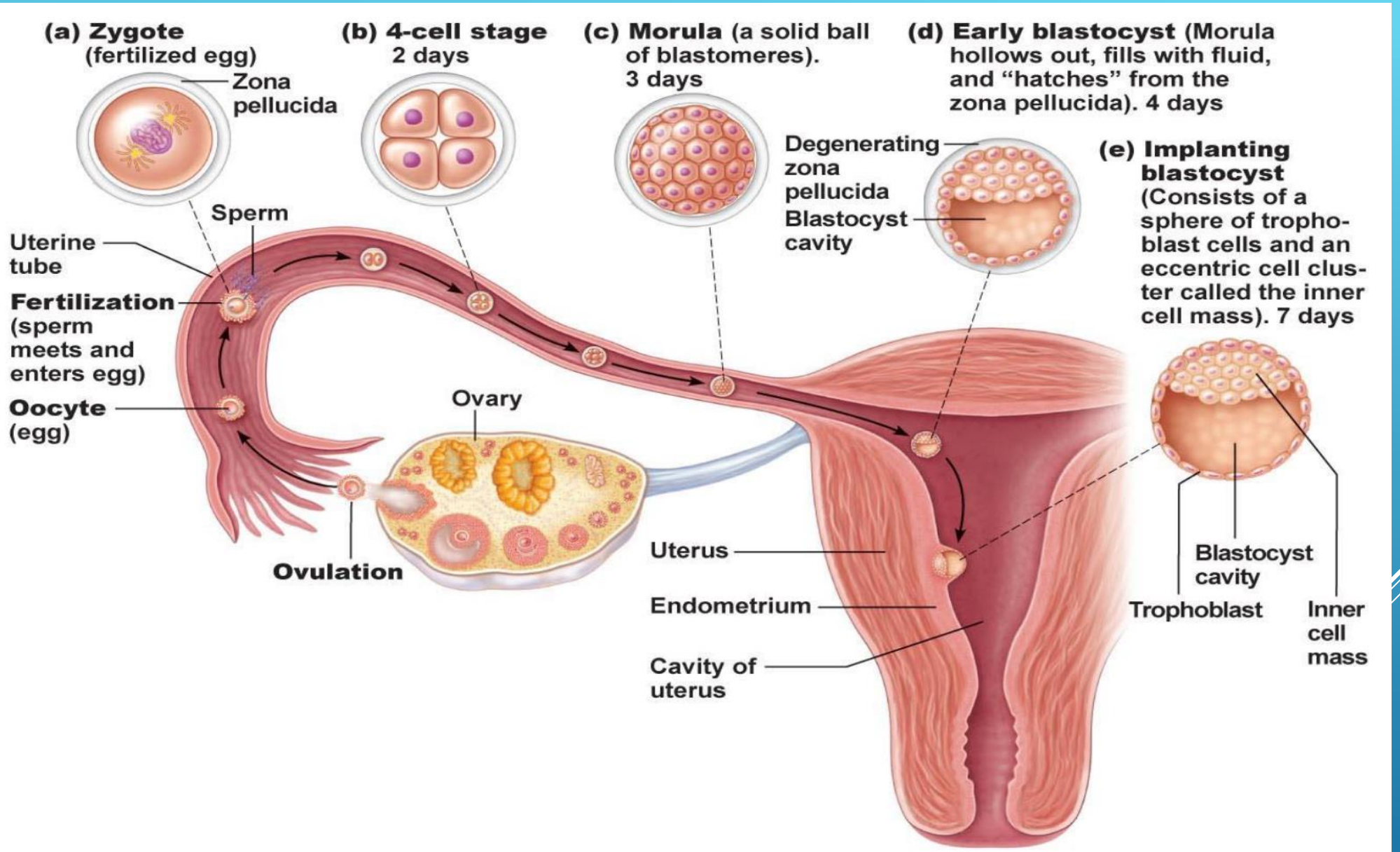
Hatching Blastocyst (5 days)



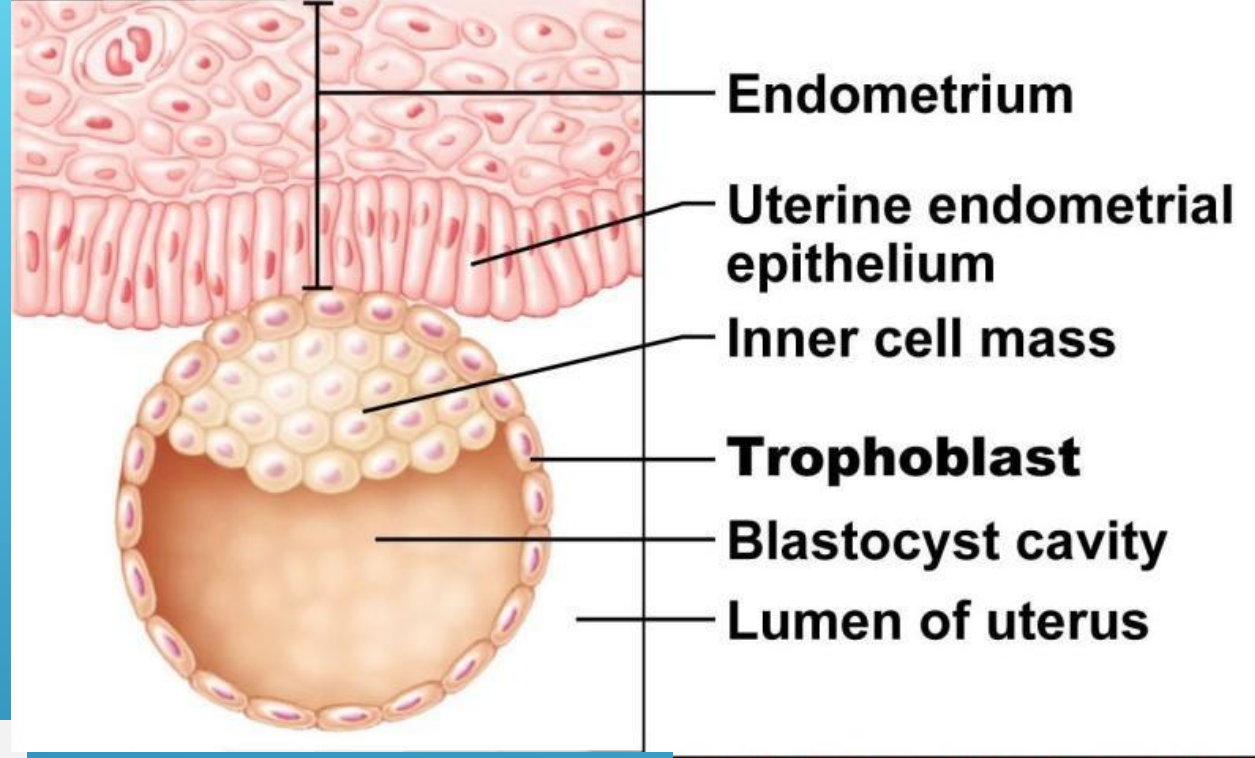
Free Blastocyst (without zona) 6 days

This close-up reveals the absence of the zona and the large size of the blastocyst cavity. The inner cell mass is tiny by comparison.

Implantation



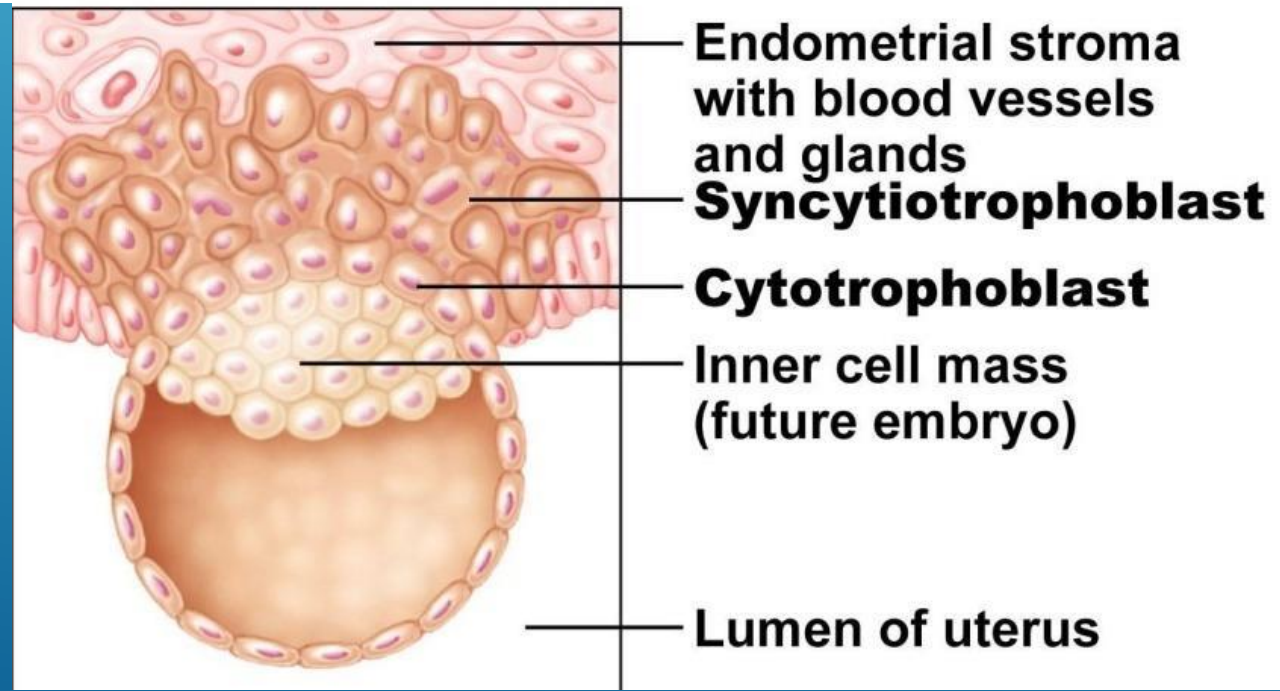
Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.



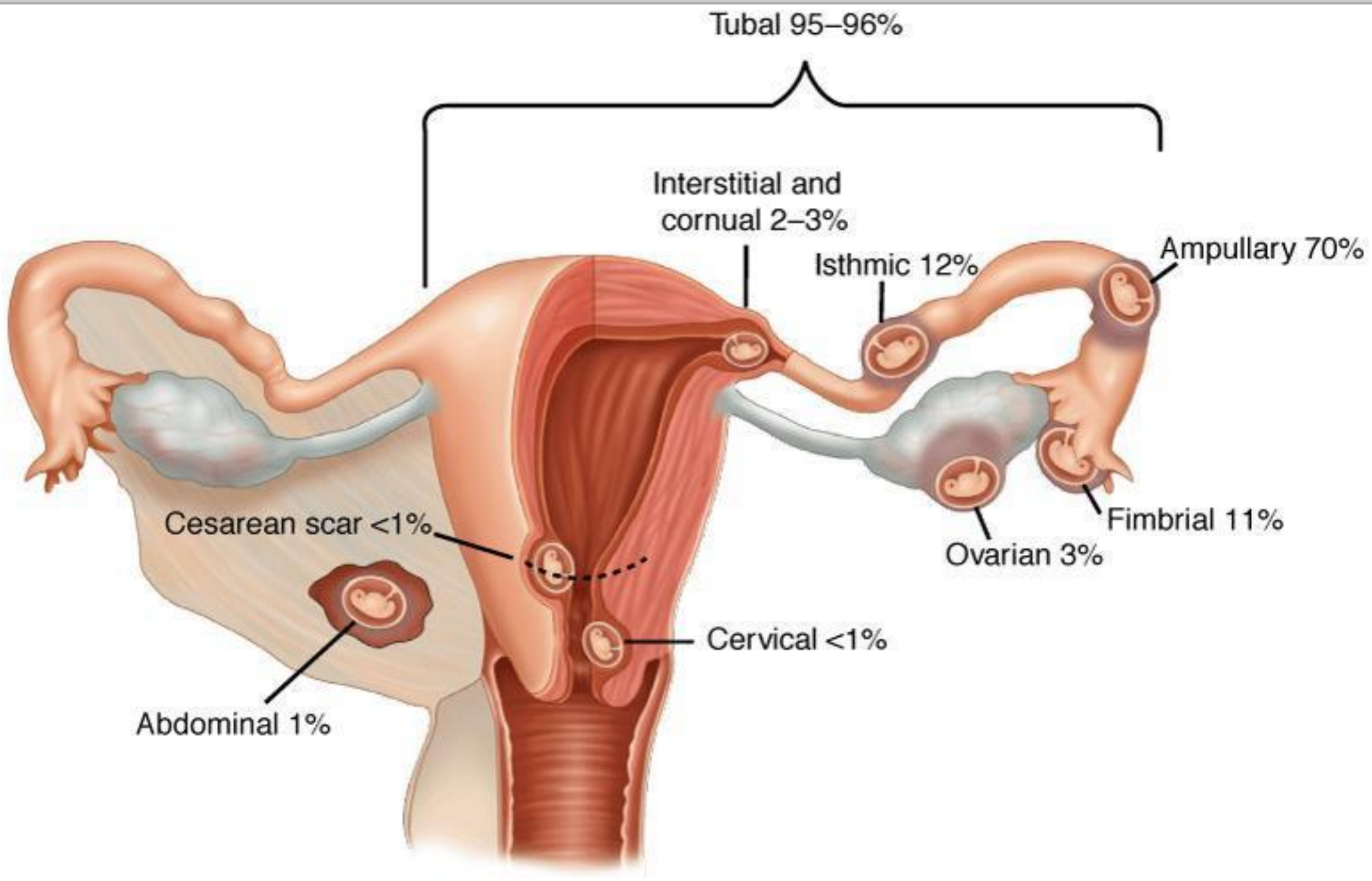
Implantation

– Trophoblast forms placenta

– “Inner cell mass” forms embryo



Abnormal sites of Implantation (Ectopic)



Embryonic development

1. คลีเวจ (cleavage)
2. บลาสทูลา (blastula)
3. แกสทรูลา (gastrula)
4. การเกิดอวัยวะ (organogenesis)

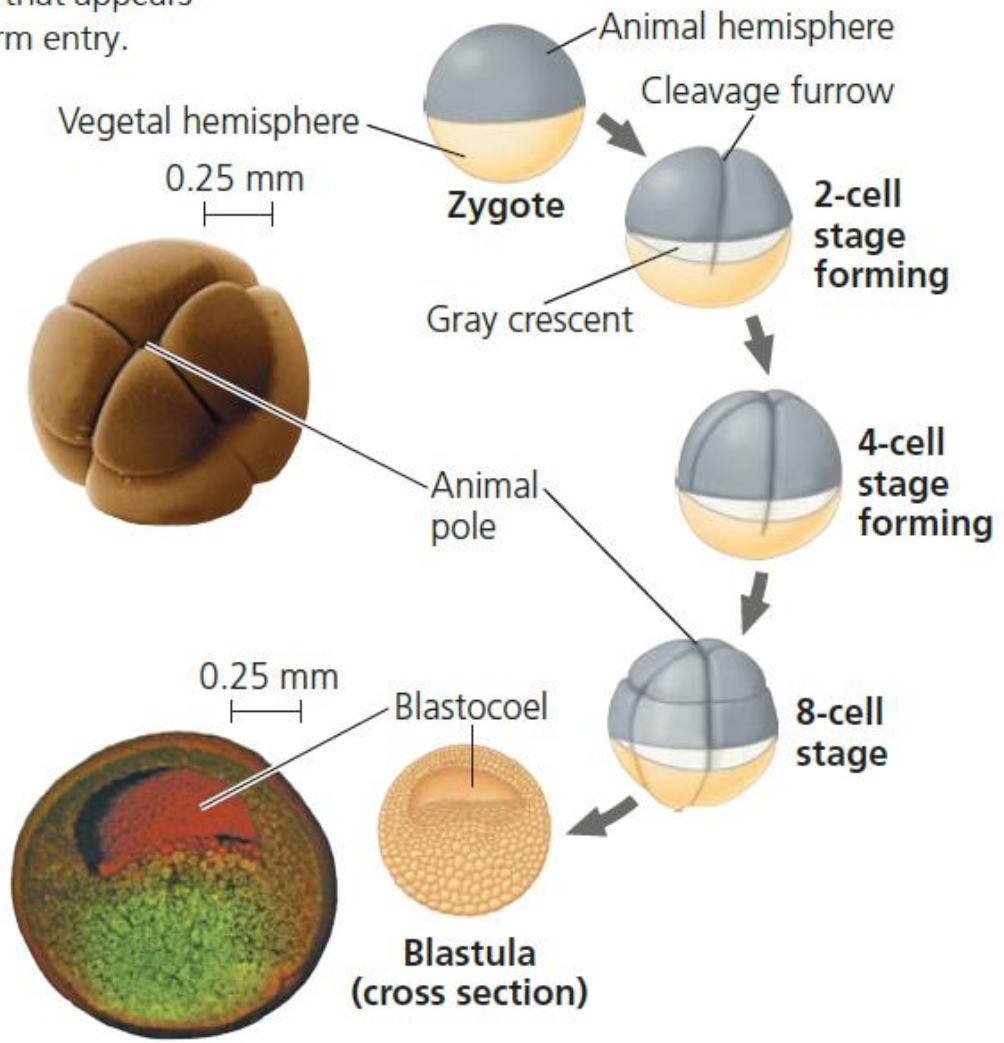
คลีเวจ (cleavage)

1. คลีเวจ (cleavage) เป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของไซโกตทั้งในแนวดิ่งและแนวขวาง ผลคือทำให้เซลล์เพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 2, 4, 6, 8,..... การแบ่งเซลล์ของคลีเวจมี 2 แบบ

1.1 แบ่งตลอดเซลล์ไซโกต (holoblastic cleavage) เป็นการแบ่งไซโกตออกอย่างสมบูรณ์ทำให้ได้ 2 เซลล์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือเซลล์ที่ได้มีขนาดเท่ากัน ได้แก่ ไข่ของเม่นทะเล และ ดาวทะเล และเซลล์ที่ได้มีขนาดไม่เท่ากัน ได้แก่ ไข่ของพวกสัตว์สะเทินบกสะเทินน้ำ

1.2 แบ่งไม่ตลอดเซลล์ไซโกต (meroblastic cleavage) เป็นการแบ่งไซโกตเฉพาะบริเวณแอนิมัลโพล (animal pole) ส่วนวิจีทัลโพล (vegetal pole) ไม่มีการแบ่งเนื่องจากมีไข่แดง สะสมอยู่มาก ได้แก่ไข่ของพวกสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ปีก

Figure 47.7 Cleavage in a frog embryo. The cleavage planes in the first and second divisions extend from the animal pole to the vegetal pole, but the third cleavage is perpendicular to the polar axis. In some species, the first division bisects the gray crescent, a lighter-colored region that appears opposite the site of sperm entry.

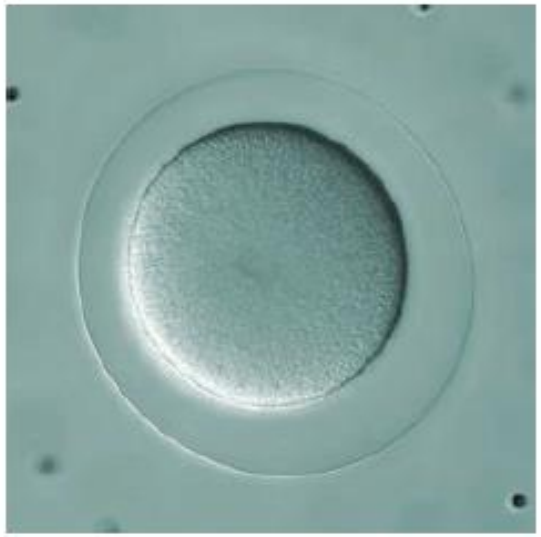


Eight-cell stage (viewed from the animal pole). The large amount of yolk displaces the third cleavage toward the animal pole, forming two tiers of cells. The four cells near the animal pole (closer, in this view) are smaller than the other four cells (colorized SEM).

Blastula (at least 128 cells). As cleavage continues, a fluid-filled cavity, the blastocoel, forms within the embryo. Because of unequal cell division, the blastocoel is located in the animal hemisphere. Both the drawing and the micrograph (assembled from fluorescence images) show cross sections of a blastula with about 4,000 cells.

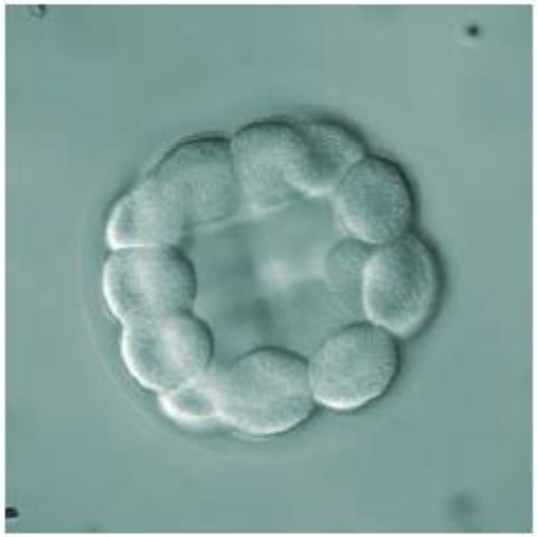
(Campbell, Biology 11th , 2016)

2. บลาสทูลา (blastula) เมื่อไซโกตถูกแบ่งให้เล็กลงโดยไม่มีการเพิ่มพื้นที่ของเซลล์ผล สุดท้ายจะได้ เซลล์ใหม่ (blastomeres หรือ cleavage cell) ประมาณ 100 – 250 เซลล์แล้วจะอัดตัวกันแน่นเป็นรูปทรงกลม (spherical shape) แล้วจะมีการเคลื่อนตัวของเซลล์ ทำให้เกิดช่องกลวงขึ้น ตรงกลาง (central cavity) ภายในมีของเหลวบรรจุอยู่เต็ม เรียกว่า บลาสโทซีส (blastocoel) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของระยะบลาสทูลา ส่วนชั้นของเซลล์ที่ล้อมรอบบลาสโทซีลอยู่เรียกว่าบลาสโทเมียร์ (blastomere) ชั้นของบลาสโทเมียร์จะมีกี่ชั้นแล้วแต่ชนิดของไข่ เช่นไข่ที่มีปริมาณไข่แดงน้อยจะมีชั้นเดียว ส่วนไข่ที่มีไข่แดงปานกลางจะมีเซลล์หลายชั้น แต่ละเซลล์ในบลาสทูลาจะมีขนาดเล็กและมวลทั้งหมดของบลาสทูลาจะน้อยกว่าเซลล์ไข่ที่ปฏิสนธิใหม่ๆ เนื่องจากอาหารที่สะสมอยู่ภายในถูกใช้ไปในกระบวนการแบ่งเซลล์ระยะแรก

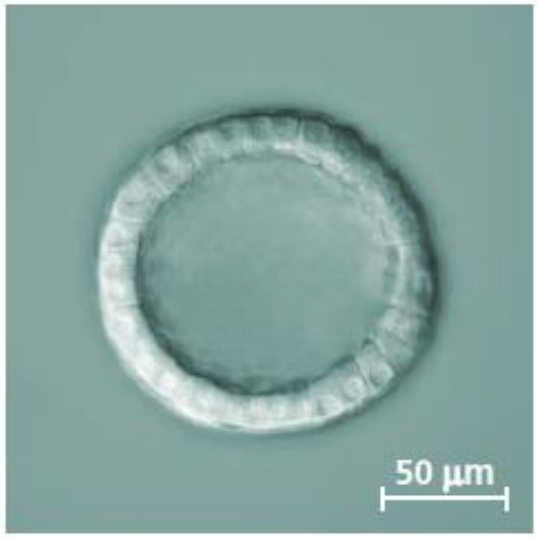


(a) **Fertilized egg.** Shown here is the zygote shortly before the first cleavage division, surrounded by the fertilization envelope.

(b) **Four-cell stage.** Remnants of the mitotic spindle can be seen between the two pairs of cells that have just completed the second cleavage division.



(c) **Early blastula.** After further cleavage divisions, the embryo is a multicellular ball that is still surrounded by the fertilization envelope. The blastocoel has begun to form in the center.



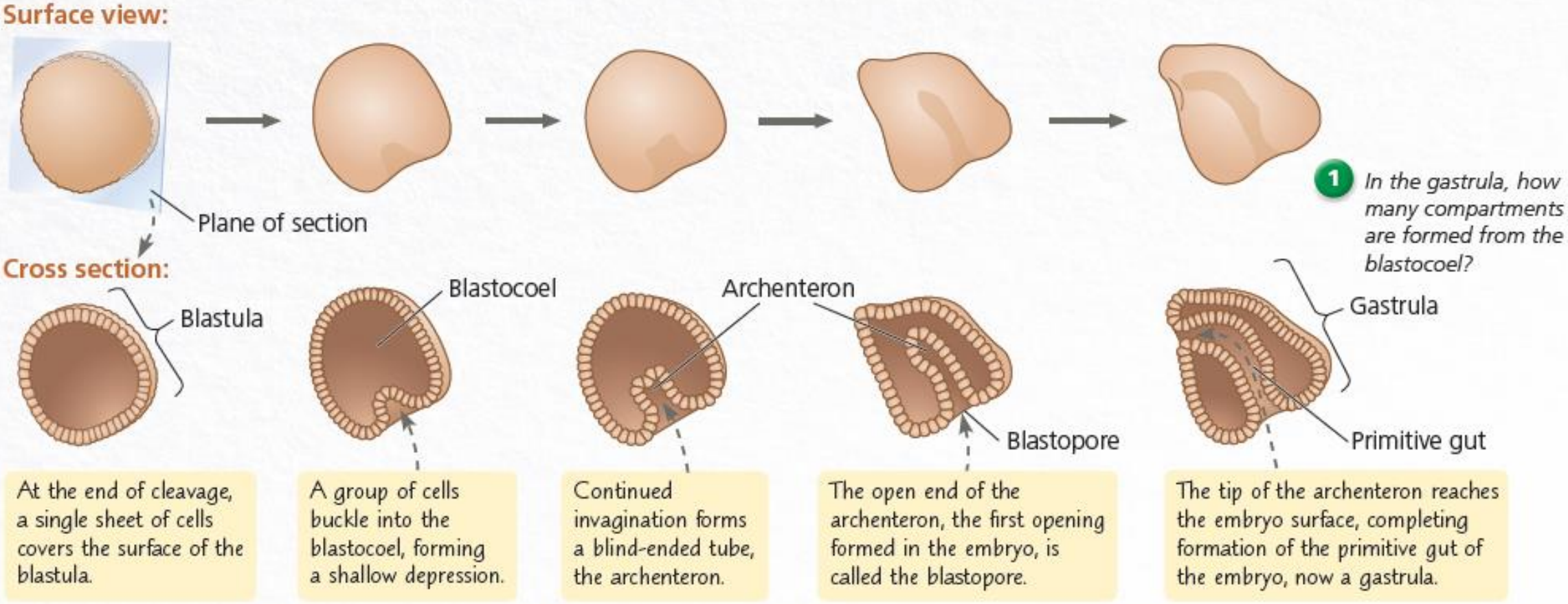
(d) **Later blastula.** A single layer of cells surrounds a large blastocoel. (Although not visible here, the fertilization envelope is still present at this stage.)

(Campbell, Biology 11th , 2016)

3. แกสทรูลา (gastrula) เป็นระยะที่บลาสทูลาที่มีเซลล์เพียงชั้นเดียว (single layered blastula) มีการเปลี่ยนรูปทรงกลมที่มีเซลล์ 2 ชั้น (double-layered sphere) ซึ่งคือระยะแกสทรูลา นั้นเอง โดยการบุ๋มเข้าของผนังบลาสทูลา ทำให้บลาสโทซีลเล็กลง และเกิดช่องใหม่ขึ้นคือ อาร์เคนเทอรอน (arechenteron) หรือแกสโทรซีล (gastrocoel) ซึ่งจะเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นทางเดินอาหาร ในระยะนี้จะเกิดเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ขึ้นคือ เนื้อเยื่อชั้นนอก (ectoderm) เนื้อเยื่อชั้นกลาง (mesoderm) และเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm)

Reorganizing the animal embryo in three dimensions

Gastrulation typically begins with invagination, the infolding of a sheet of cells, shown here in both surface view and cross section. The resulting changes to the epithelium covering the embryo resemble what happens if you push a finger into one end of a lightly inflated balloon.



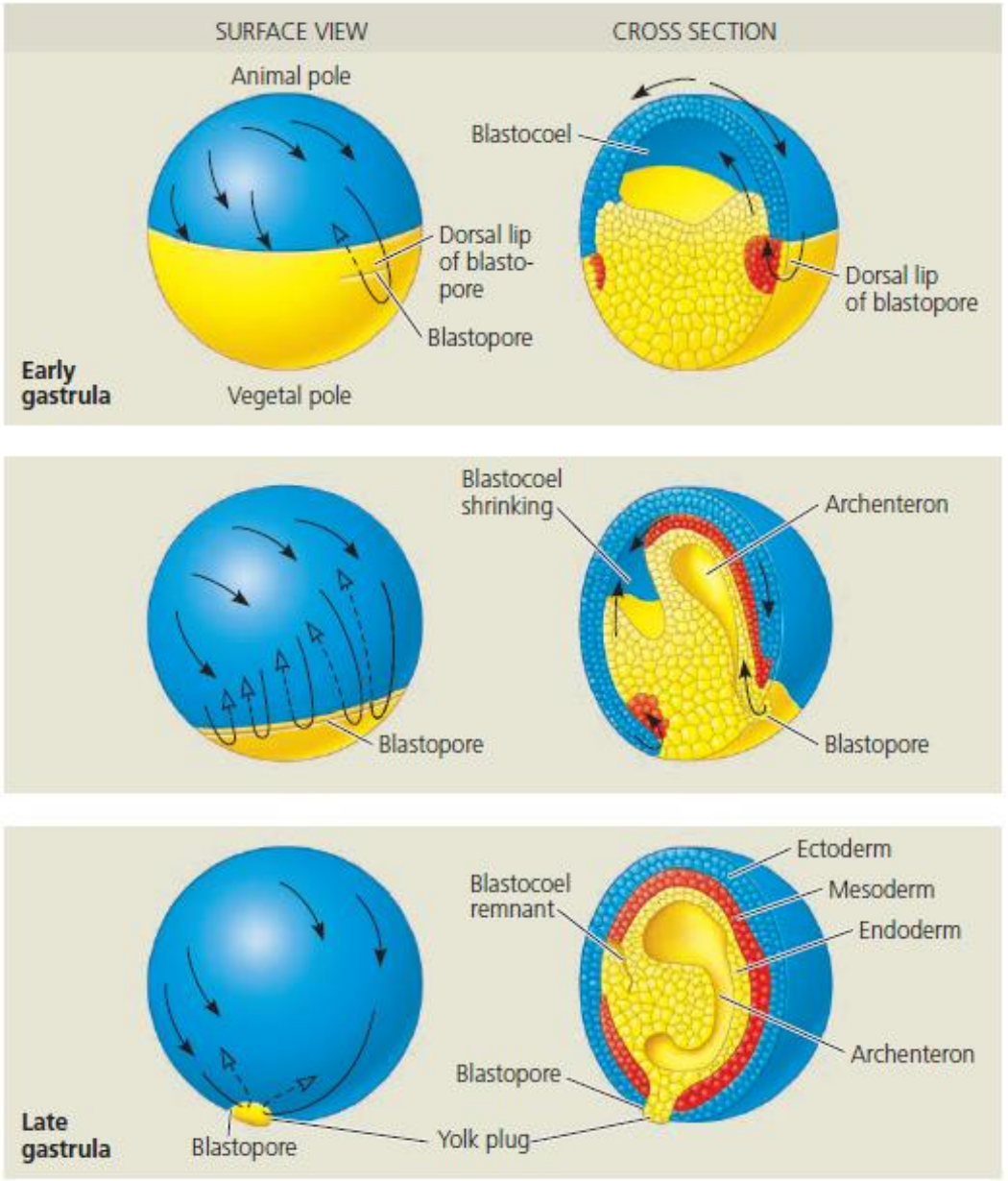
(Campbell, Biology 11th , 2016)

▼ Figure 47.10 Gastrulation in a frog embryo. In the frog blastula, the blastocoel is displaced toward the animal pole and is surrounded by a wall several cells thick.

1. Gastrulation begins when cells on the dorsal side invaginate to form a small indented crease, the blastopore. The part above the crease is called the **dorsal lip**. As the blastopore is forming, a sheet of cells begins to spread out of the animal hemisphere, rolls inward over the dorsal lip (involution), and moves into the interior (shown by the dashed arrow). In the interior, these cells will form endoderm and mesoderm, with the endodermal layer on the inside. Meanwhile, cells at the animal pole change shape and begin spreading over the outer surface.

2. The blastopore extends around both sides of the embryo as more cells invaginate. When the ends meet, the blastopore forms a circle that becomes smaller as ectoderm spreads downward over the surface. Internally, continued involution expands the endoderm and mesoderm; an archenteron forms and grows as the blastocoel shrinks and eventually disappears.

3. Late in gastrulation, the cells remaining on the surface make up the ectoderm. The endoderm is the innermost layer, and the mesoderm lies between the ectoderm and endoderm. The circular blastopore surrounds a plug of yolk-filled cells.



(Campbell, Biology 11th , 2016)

4. การเกิดอวัยวะ (organogenesis)

1. อวัยวะที่เปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อชั้นนอก (ectoderm)

1) ผิวหนัง (skin) ขน (hair) ขนนก (feathers) เขา (horn) เล็บ (nail) เกล็ด (scale) กีบสัตว์ (hoof)

2) ส่วนของปาก ได้แก่ ต่อมในปาก ส่วนที่คลุมลิ้นและริมฝีปาก เคลือบฟัน ต่อมใต้สมองส่วนหน้าและต่อมใต้สมองส่วนกลาง (ส่วนทั้งสองเปลี่ยนแปลงมาจากเยื่อบุช่องปาก)

3) ระบบประสาท ได้แก่ สมอง (brain) ไขสันหลัง (spinal cord) เส้นประสาทสมอง (cranial nerve) เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve) ระบบประสาทอัตโนมัติ ส่วนที่รับความรู้สึกของอวัยวะรับ สัมผัส (sensory part of sensory organ) ต่อมหมวกไตส่วนเมดัลลา (medulla of adrenalgland) และต่อมใต้สมองส่วนท้าย (ส่วนทั้งสองนี้เปลี่ยนแปลงมาจากระบบประสาท)

2. อวัยวะที่เปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อชั้นกลาง (mesoderm)

1) ระบบกล้ามเนื้อ ได้แก่ กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) กล้ามเนื้อลาย (striatedmuscle) กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle)

2) โครงกระดูก ได้แก่ กระดูกอ่อน (cartilage) กระดูกแข็ง (bone) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)

3) ระบบขับถ่าย ได้แก่ ไต (kidneys) ท่อต่าง ๆในระบบขับถ่าย ได้แก่ ท่อรวม กรวยไต ท่อไต

4) ระบบสืบพันธุ์ ได้แก่ รังไข่ (ovary) อัณฑะ (testis) ท่อในระบบสืบพันธุ์ (ducts) และอวัยวะช่วย สืบพันธุ์อื่น ๆ (accessory sex organ) เช่นต่อมลูกหมาก ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ

5) ระบบหมุนเวียนโลหิต ได้แก่ หัวใจ (heart) เส้นเลือด (blood vessel) เลือด (blood) ม้าม (spleen) อวัยวะน้ำเหลือง (lymphatic organ) เนื้อเยื่อสร้างเลือด (blood-formings tissue)

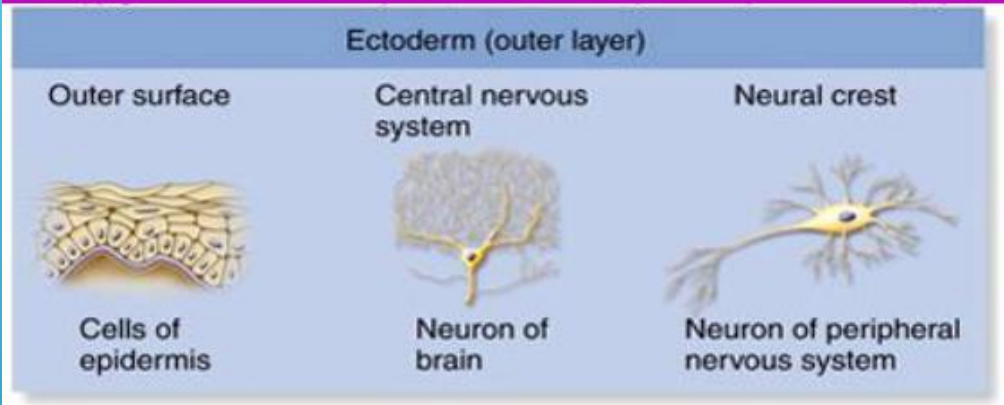
3. อวัยวะที่เปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm)

1) ระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ คอหอย (pharynx) หลอดอาหาร(esophagus) กระเพาะอาหาร (stomach) ลำไส้ (intestine) ตับ (liver) ตับอ่อน (pancreas) สำหรับตับและตับอ่อนไม่ได้เป็น ทางเดินอาหารแต่เป็นอวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร

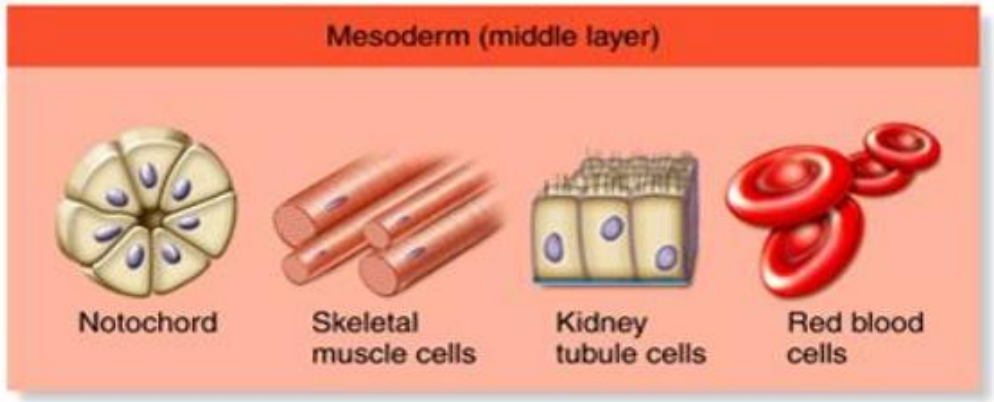
2) ระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ กล่องเสียง (larynx) หลอดลมคอ (trachea) หลอดลม (bronchus) ปอด (lung) เหงือกของปลา

3) อื่น ๆ ได้แก่ หูส่วนกลาง (middle ear) ต่อมทอนซิล (tonsil) ต่อมไทรอยด์ (thyroidgland) ต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid gland) แอนแลนทอยส์ (allantois) กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) ถุงไข่แดง (yolk sac)

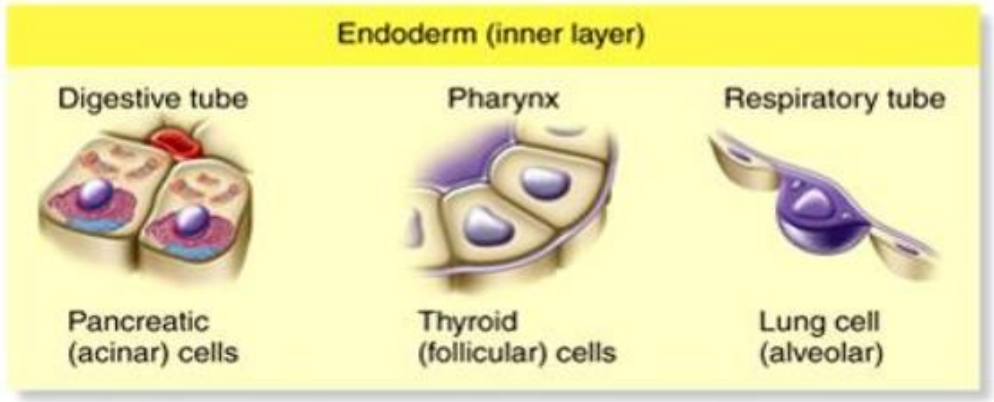
การแปรสภาพของเนื้อเยื่อทั้งสามชั้น



Ectoderm
Nerve system
Sense organ
Epidermis

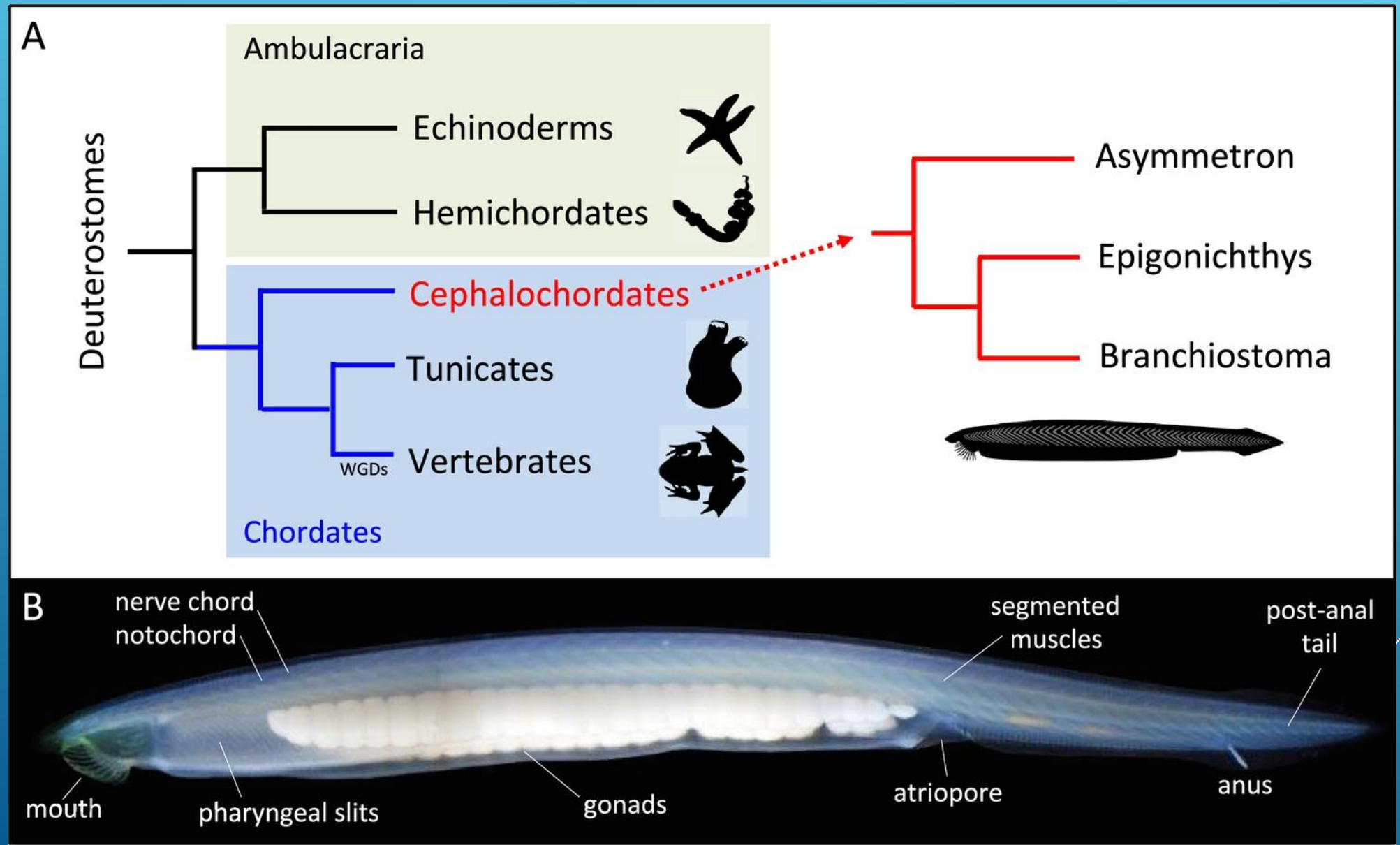


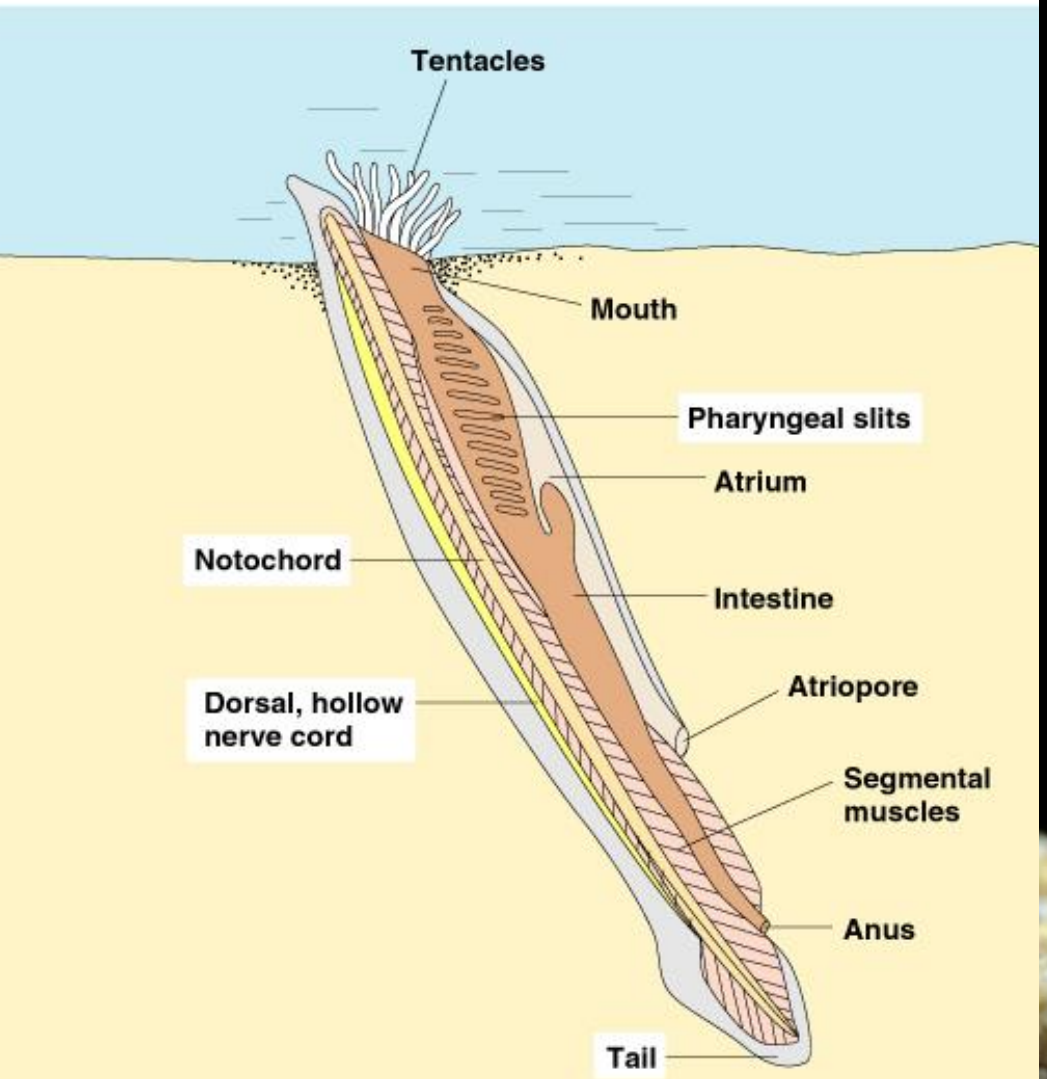
Mesoderm
Skeleton (Bone), Muscle
Cardiovascular System
Urogenital System



Endoderm
GI tract
Respiratory tract
Body cavity (Coelom)

amphioxus (lancelet แหลนทะเล)





© 1999 Addison Wesley Longman, Inc.

แอมฟิออกซัส เป็นสัตว์ตัวเล็กยาวไม่ถึง 10 เซนติเมตร อาศัยอยู่ในโคลนเลนใต้พื้นมหาสมุทร แม้จะว่ายน้ำได้แต่ก็มักพบฝังตัวในชั้นเลนหรือทราย พบได้ในมหาสมุทรในเขตร้อน จนถึงเขตอบอุ่น

Embryonic development of amphioxus

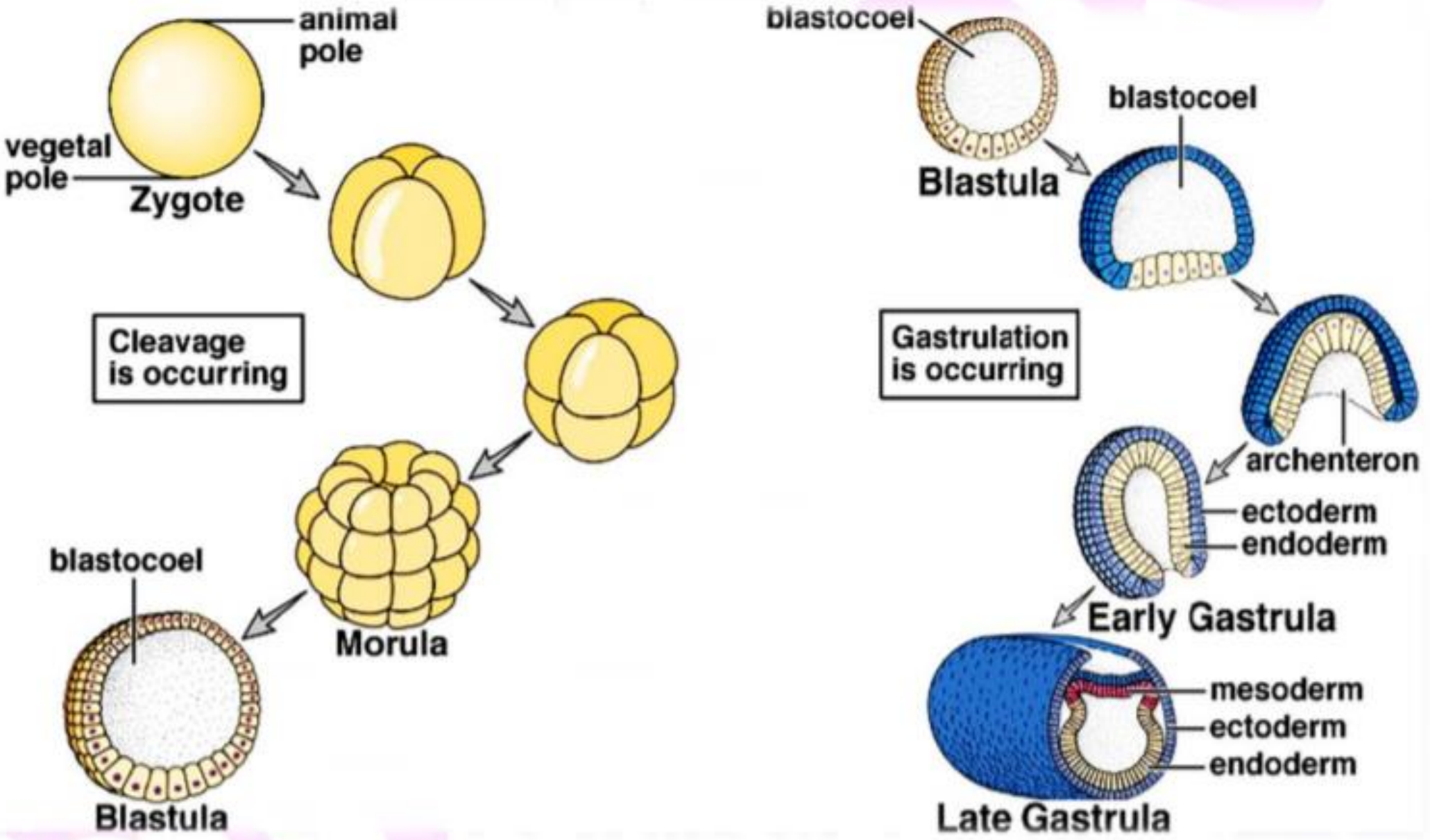
1. Fertilization : External.
2. Types of Egg: According to amount of yolk oligolecithal.
3. Types of cleavage: Equal holoblastic cleavage.
4. Embryonic Development:

Blastulation:

Blastula stage is a ball of cells that excceds more than 256 blastomeres. The blstoderm formed of one cell layer thick. The blastocoele enclosed almost the central cavity .

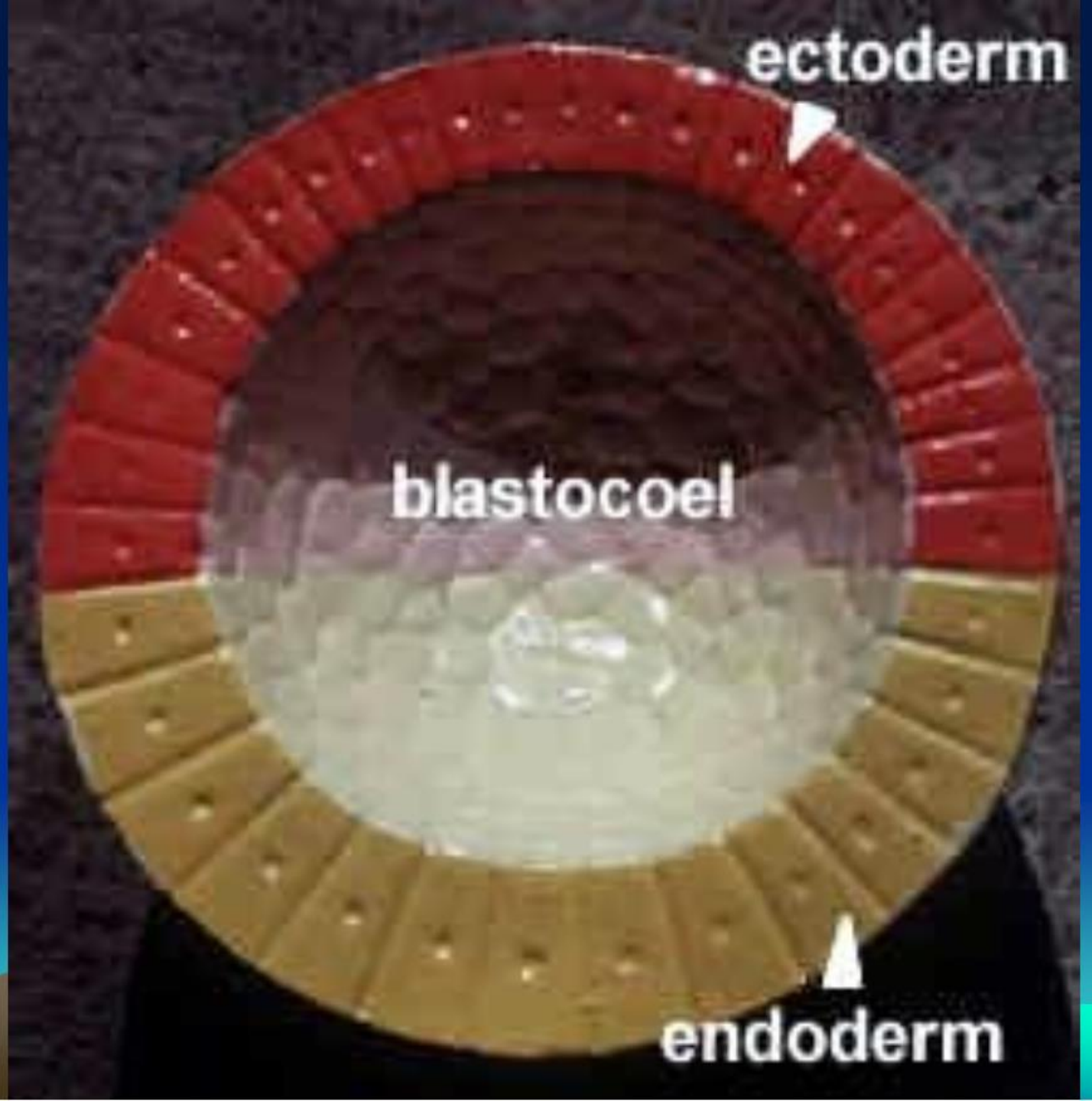
Gastrulation:

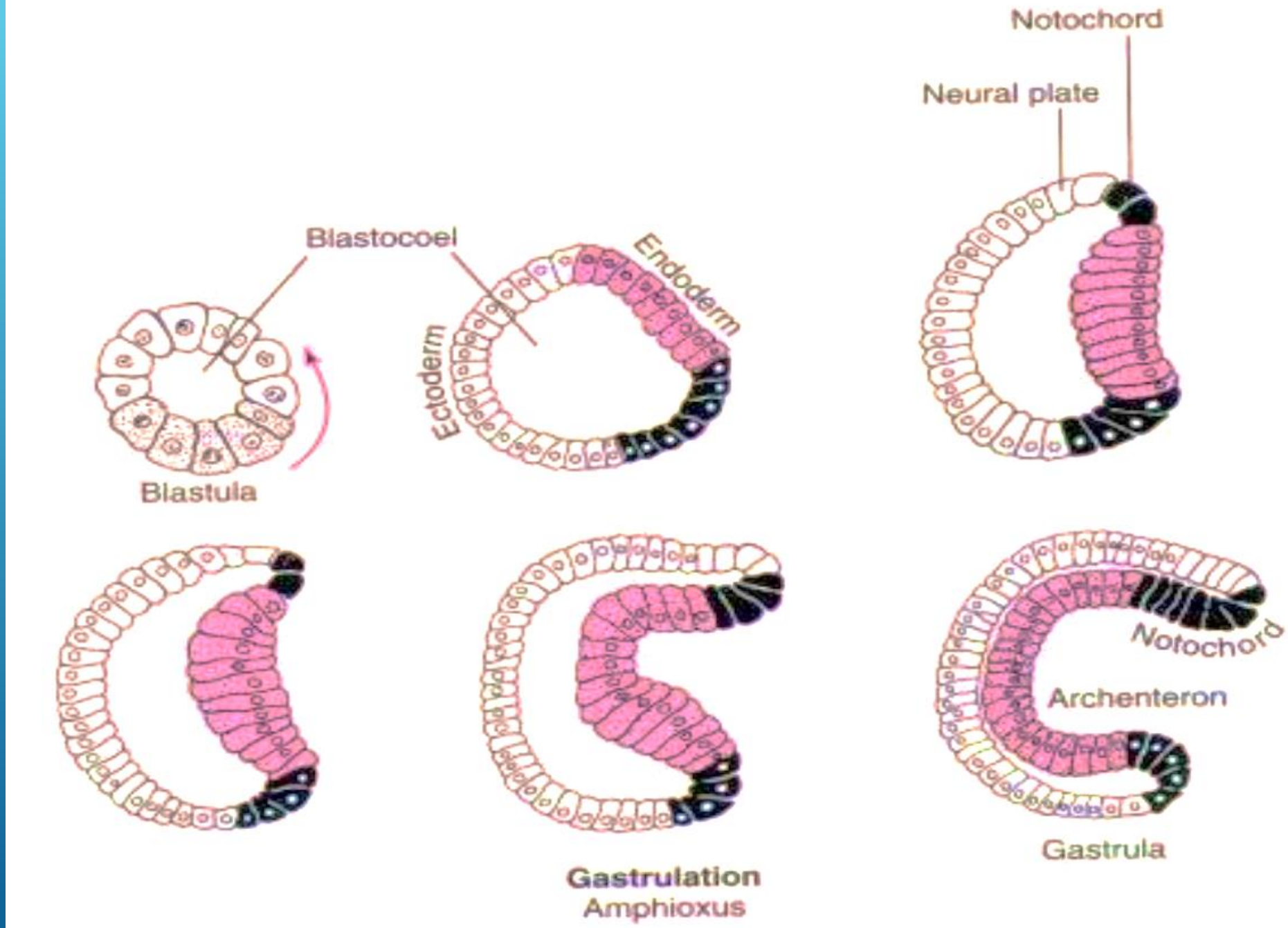
This occurred as a result of different cell movements simply by epiboly ,invagination & involution.

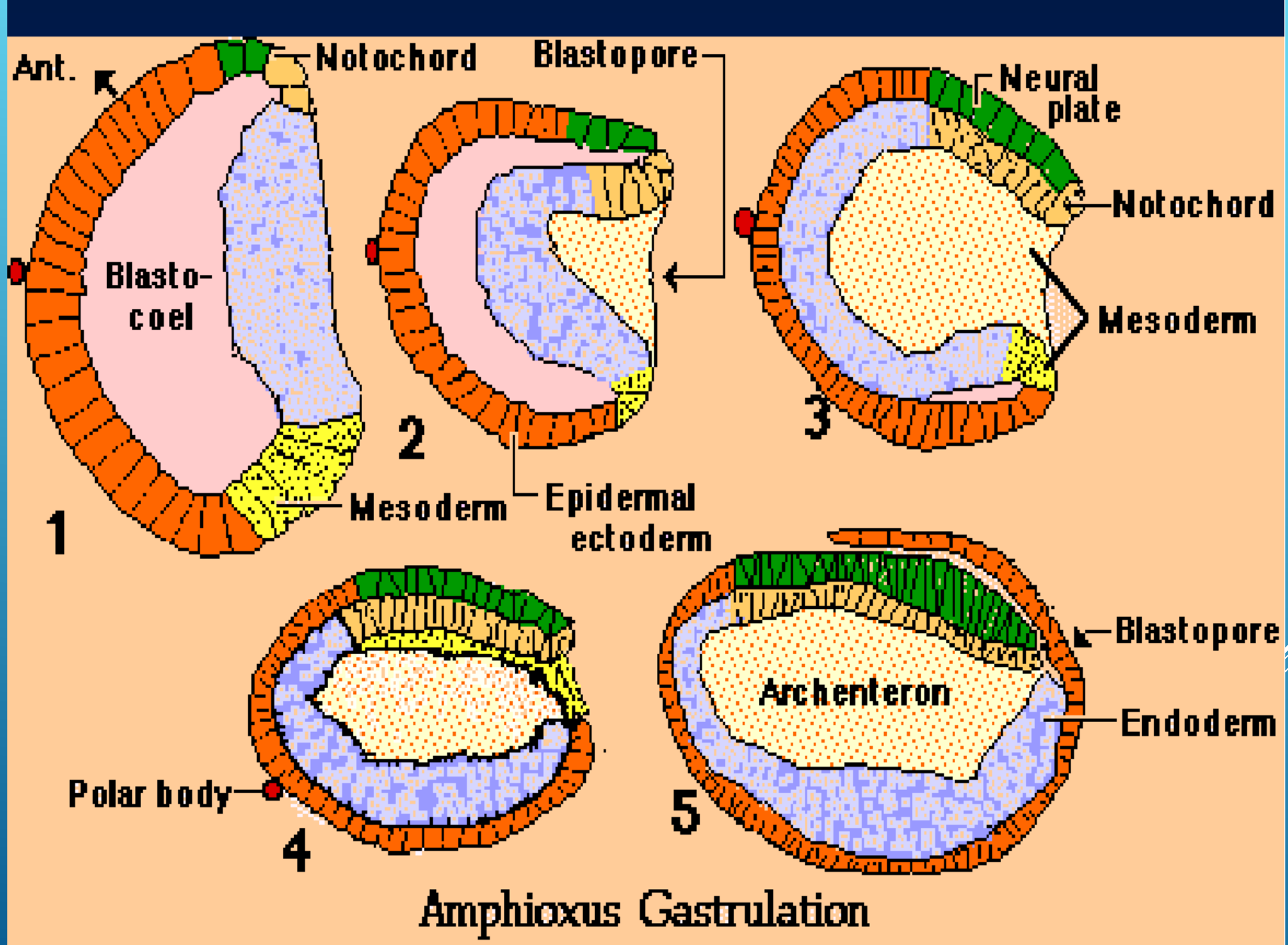


ภาพ :การเจริญระยะเอ็มบริโอของแหลนทะเล (lancet)

Blastula




Blastocoel
Blastula
Ectoderm
Endoderm
Notochord
Neural plate
Gastrulation
Amphioxus
Notochord
Archenteron
Gastrula



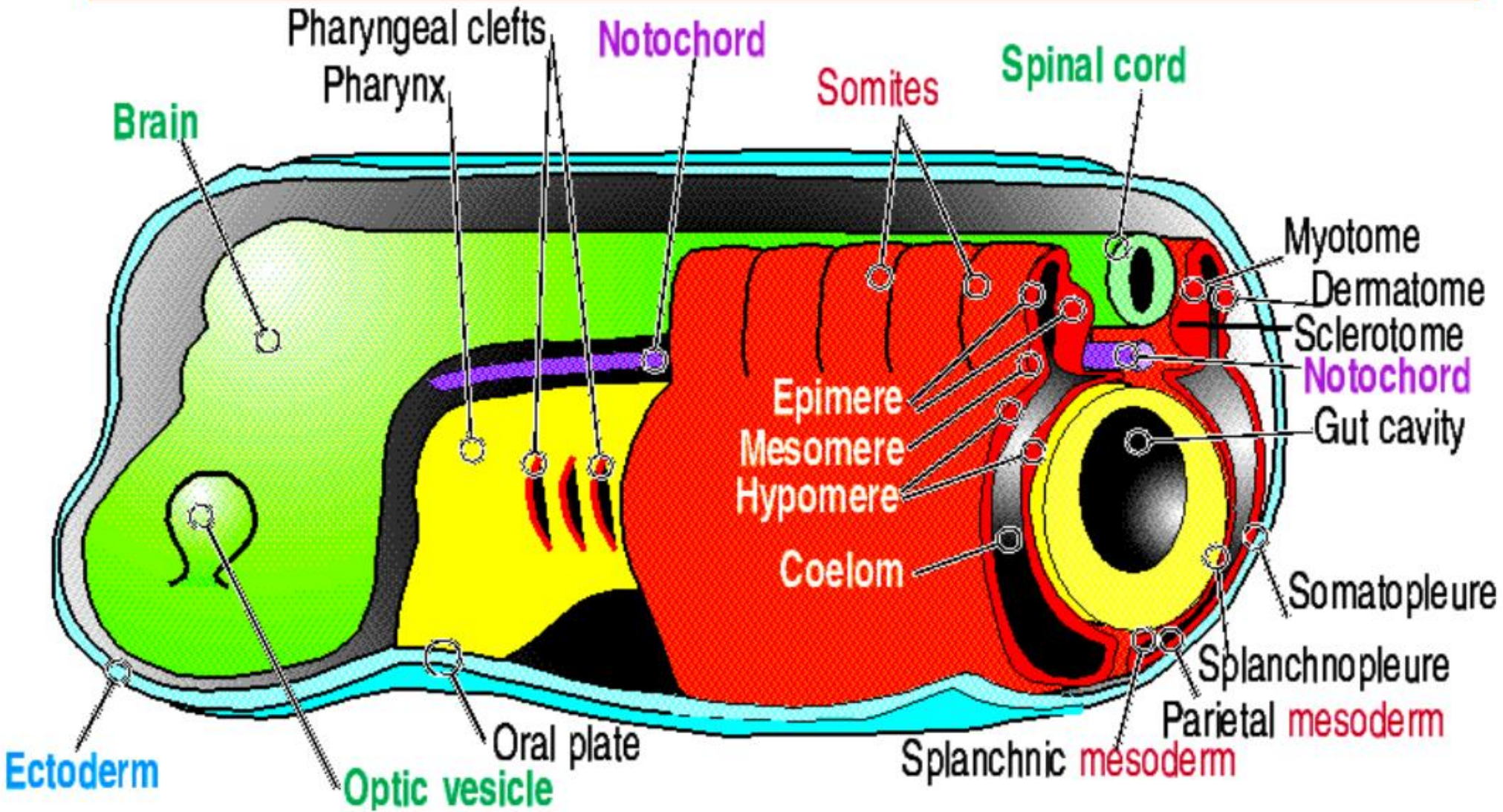
Amphioxus Gastrulation

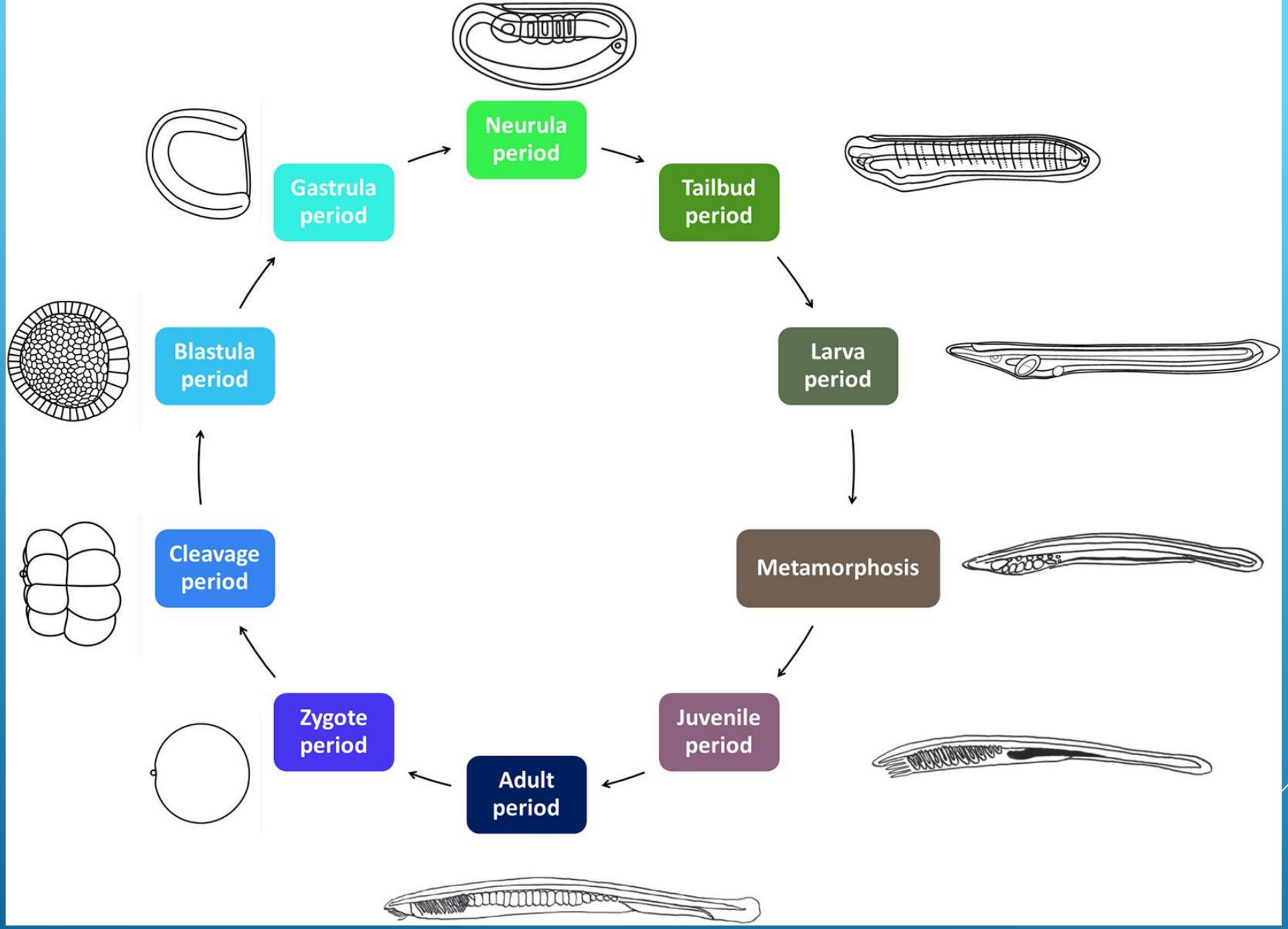
archenteron จะเจริญเป็น ท่อทางเดินอาหาร blastopore เจริญเป็นปาก บลาสโทพอร์ เป็นช่องที่เกิดจากการม้วนตัวของชั้นเนื้อเอนโดเดิร์ม ซึ่งพบเฉพาะสัตว์ที่มีสมมาตรแบบด้านข้าง ซึ่งมี 2 แบบ คือ

โพรโทสโทเมีย (Protostomia) เป็นพวกที่บลาสโทพอร์เปลี่ยนเป็นช่องปากโดยมีช่องปากเกิดก่อนช่องทวารหนัก ได้แก่ ไฟลัมแพลทิเฮลมินทิส แอเนลิดา มอลลัสกา นีมาโทดา อาร์โทรโพดา

ดิวเทอโรสโทเมีย (Deuterostomia) เป็นพวกที่บลาสโทพอร์เปลี่ยนเป็นช่องทวารหนักโดยช่องปากเกิดภายหลังช่องทวารหนัก(ช่องทวารหนักเกิดก่อนช่องปาก) ได้แก่ ไฟลัมเอนไคโนเดอร์มาตา และคอร์ดาตา

Organogenesis





Bertrand et al. 2021. The Ontology of the Amphioxus Anatomy and Life Cycle (AMPHX). Front. Cell Dev. Biol.,Sec. Evolutionary Developmental Biology.Volume 9 - 2021 | https://doi.org/10.3389/fcell.2021.668025

คัพภวิทยา

Chapter 5

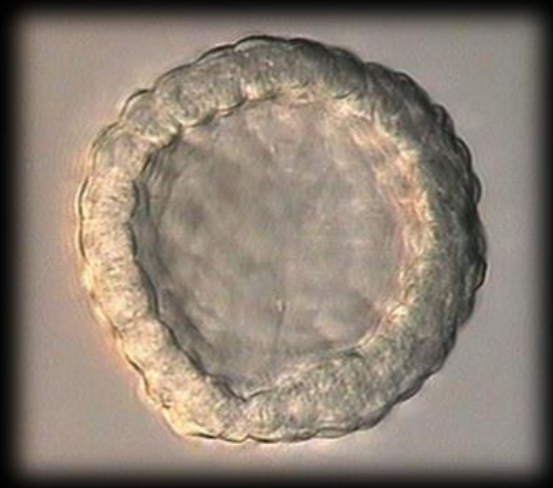
Embryonic Development-Frog and chick

อาจารย์ ดร.นฤมล ประครองรักษ์

การแบ่งเซลล์ของไซโกต

คลีเวจ (cleavage)

บลาสทูลา (blastula)



แกสทรูลา (gastrula)

Gastrulation แกสทรูเลชัน

- เป็นกระบวนการที่เซลล์มีการเคลื่อนที่และจัดเรียงตัวเป็นเนื้อเยื่อชั้นต่างๆ โดยวิธีการเคลื่อนที่ของเซลล์ในลักษณะต่างๆ

  การบุ๋มตัว (invagination)

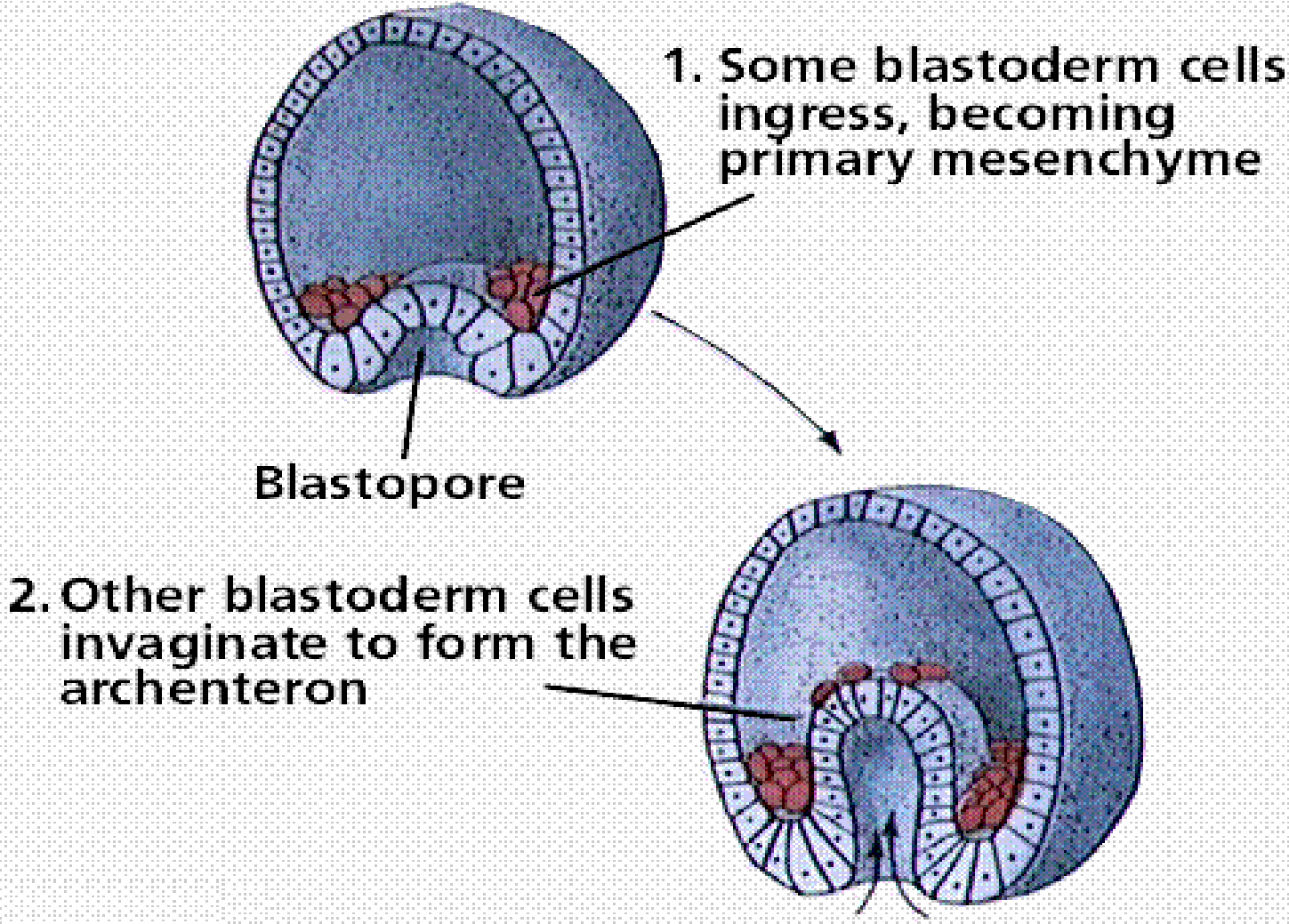
  การคลุมตัว (epiboly)

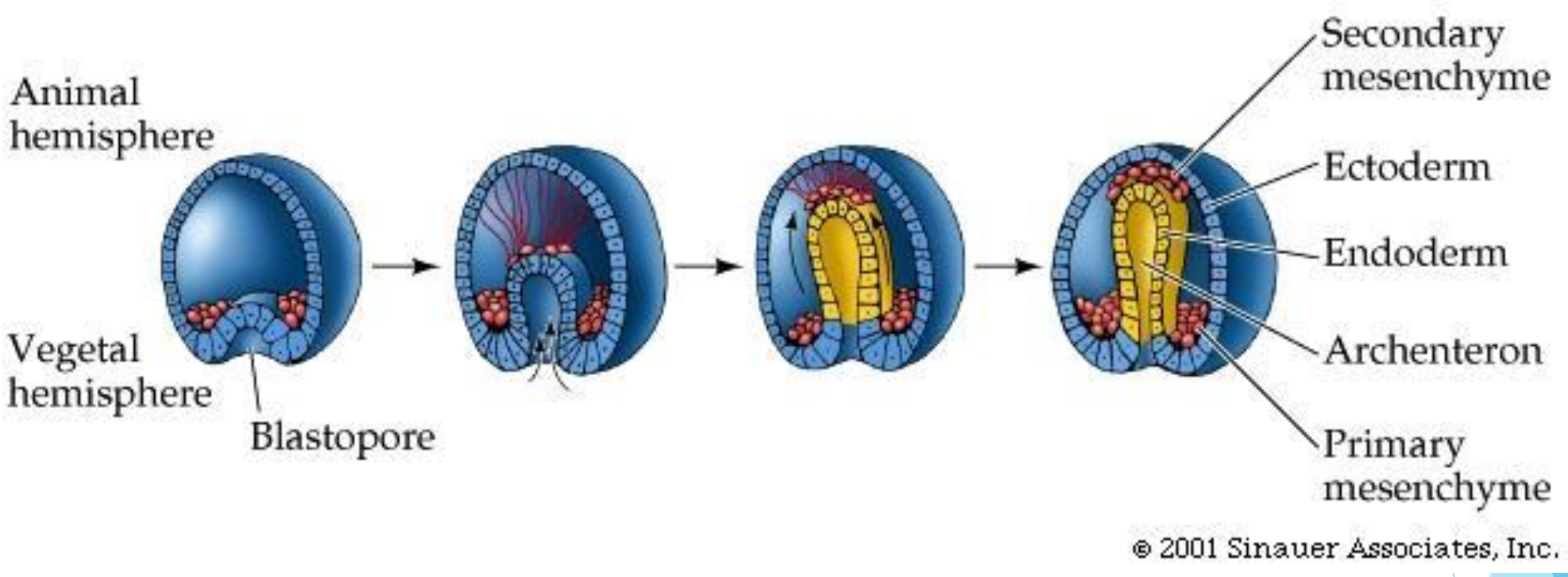
  การม้วนตัว (involution)

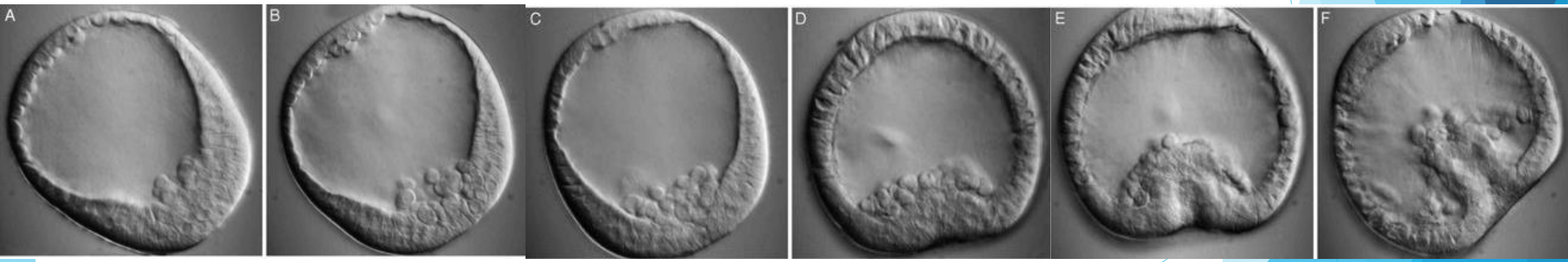
  การแยกตัว (delamination)

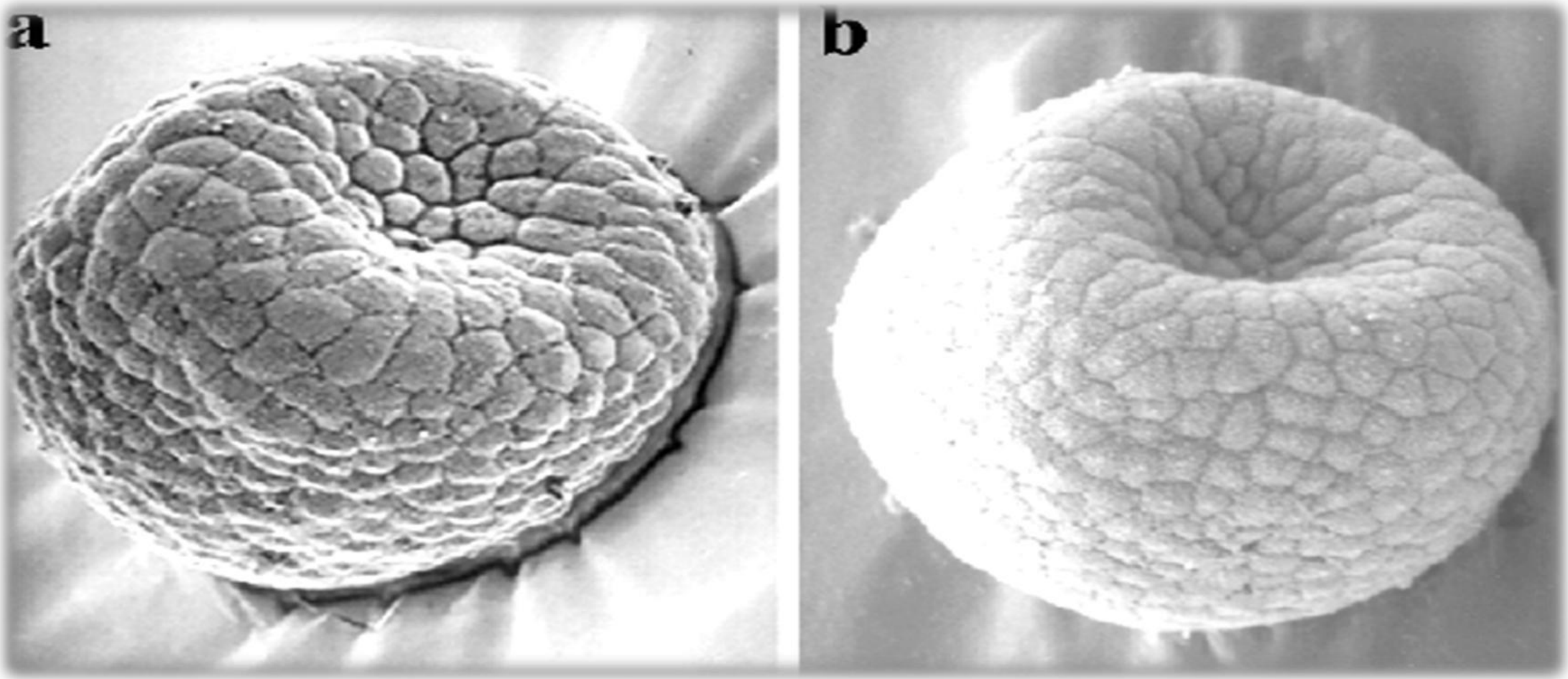
การบุ๋มตัว (invagination)

เกิดโดยชั้นของเซลล์บุ๋มตัวเว้าเข้าสู่ภายในเช่น เม่นทะเล



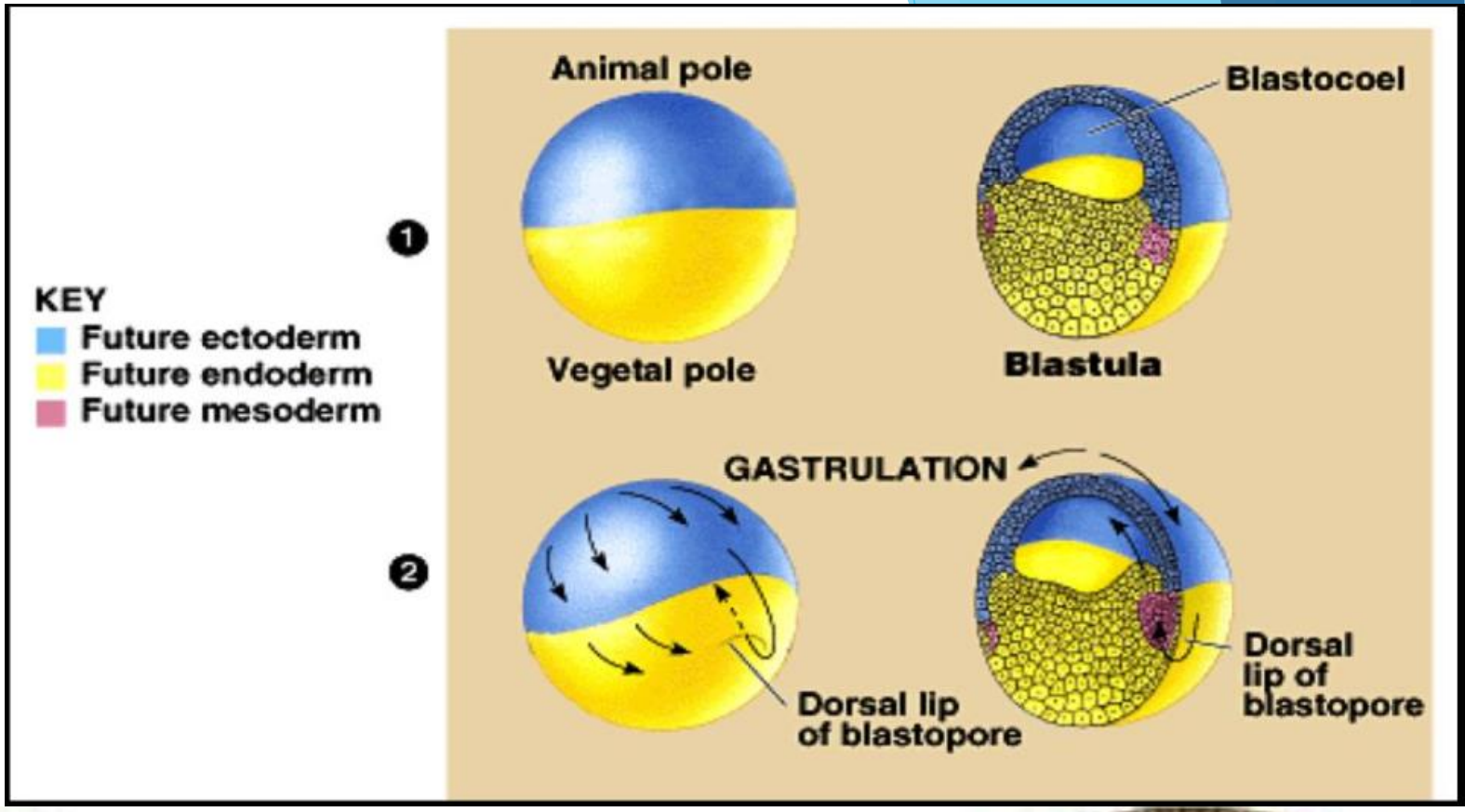

Animal hemisphere
Vegetal hemisphere
Blastopore
Secondary mesenchyme
Ectoderm
Endoderm
Archenteron
Primary mesenchyme
© 2001 Sinauer Associates, Inc.

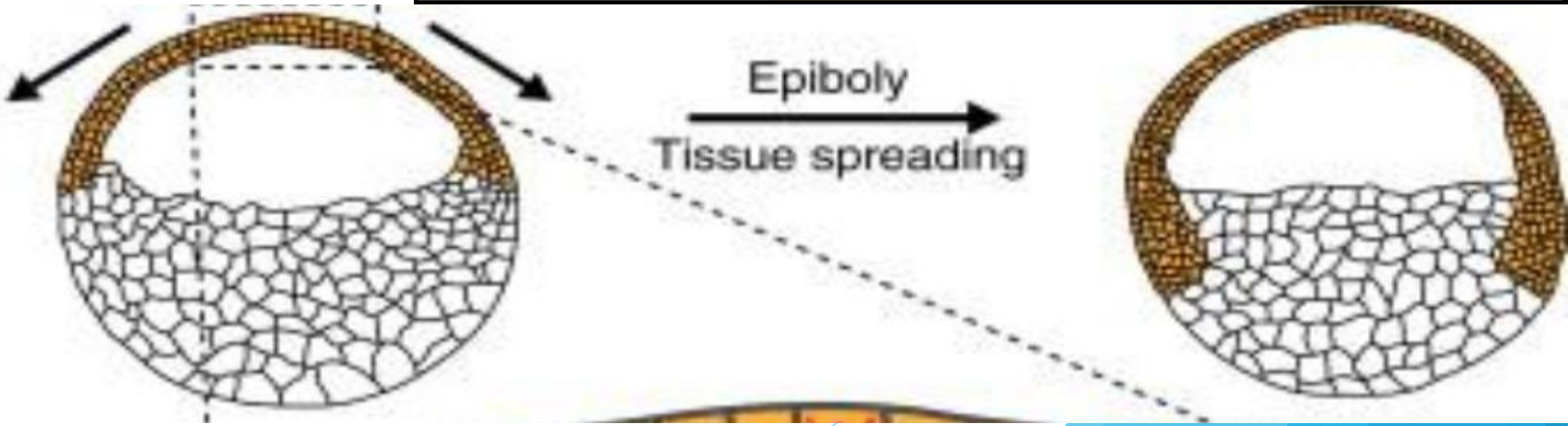

A
B
C
D
E
F

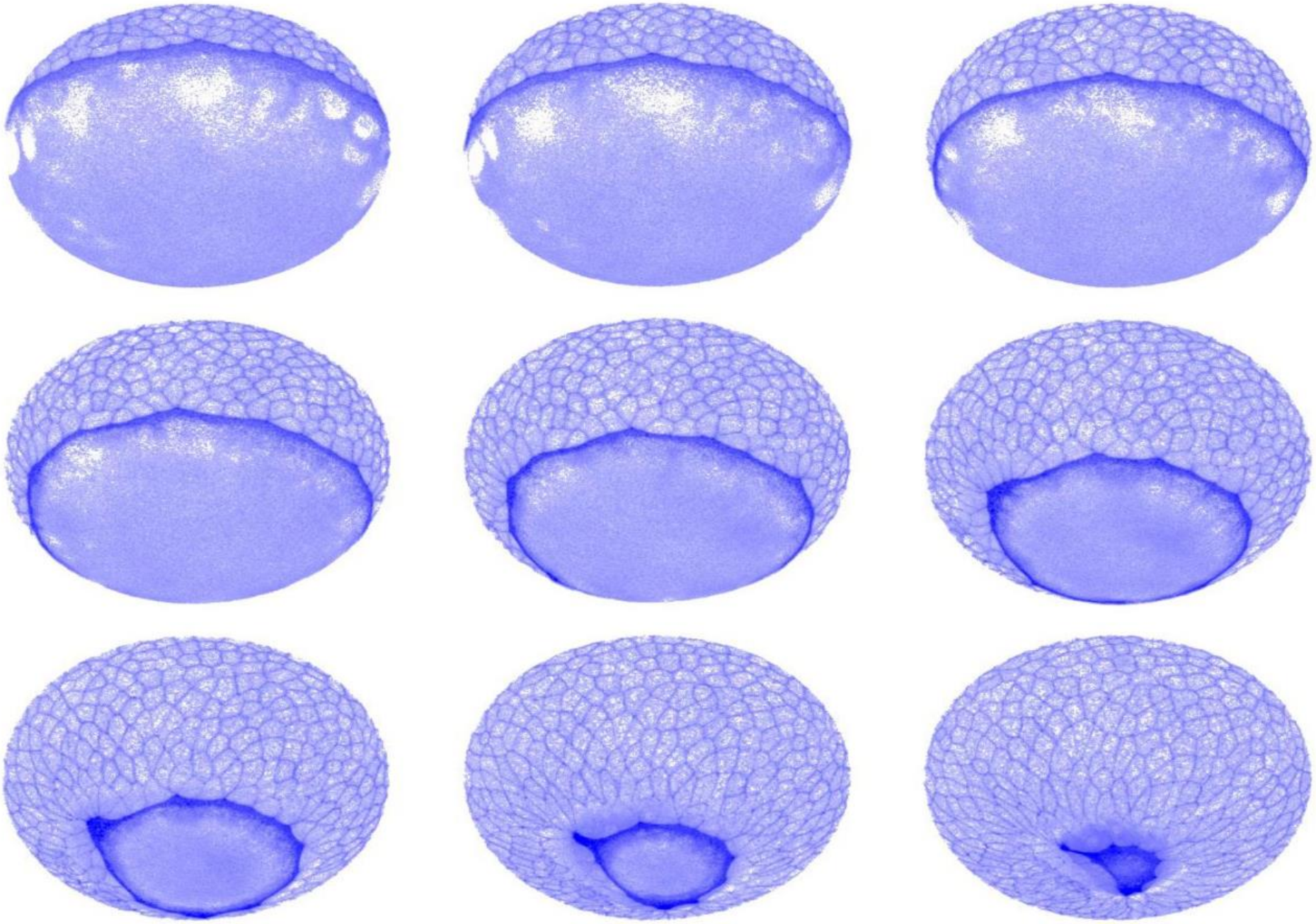

a
b

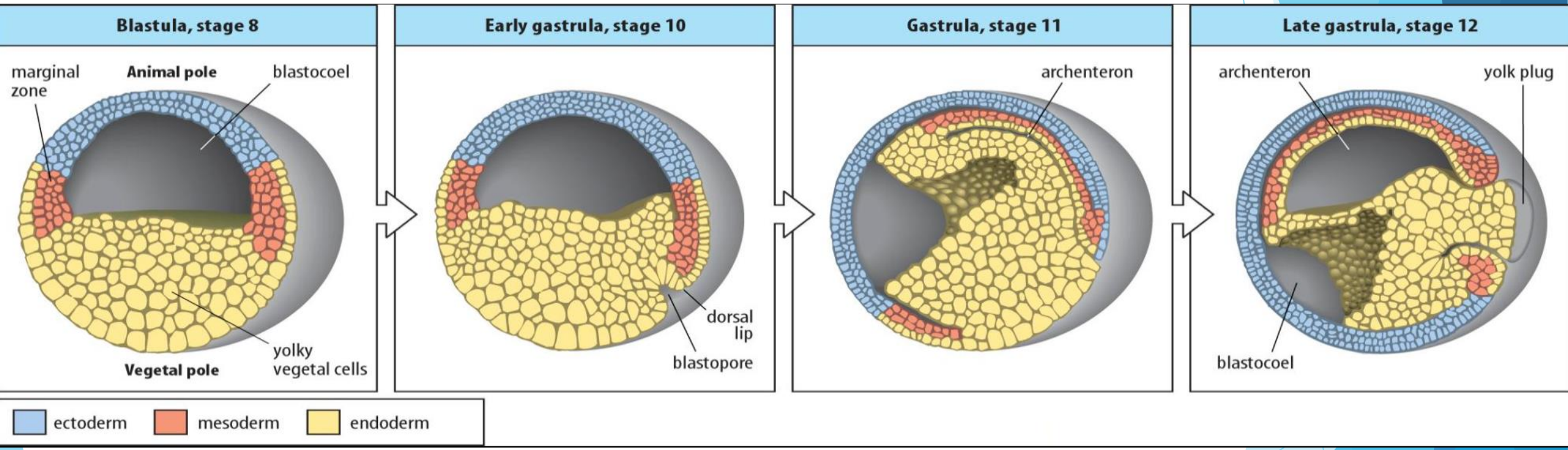
การคลุมตัว (epiboly)

เกิดโดยเซลล์บริเวณที่แบ่งตัวอย่างรวดเร็วเคลื่อนที่ลงมาคลุมบริเวณที่แบ่งตัวช้ากว่า เช่น ระยะต้นของแกสทรูเลชันในกบ



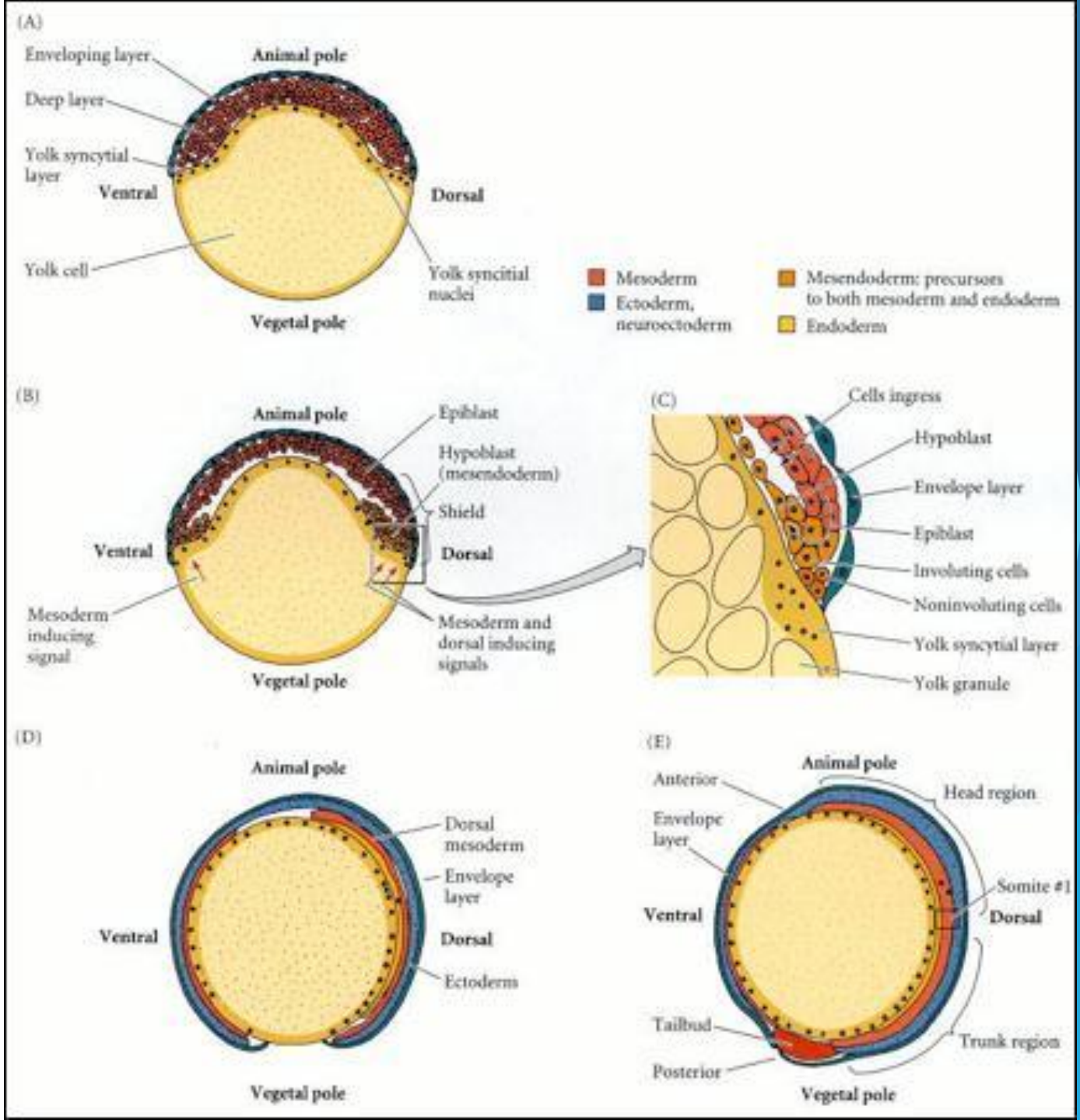


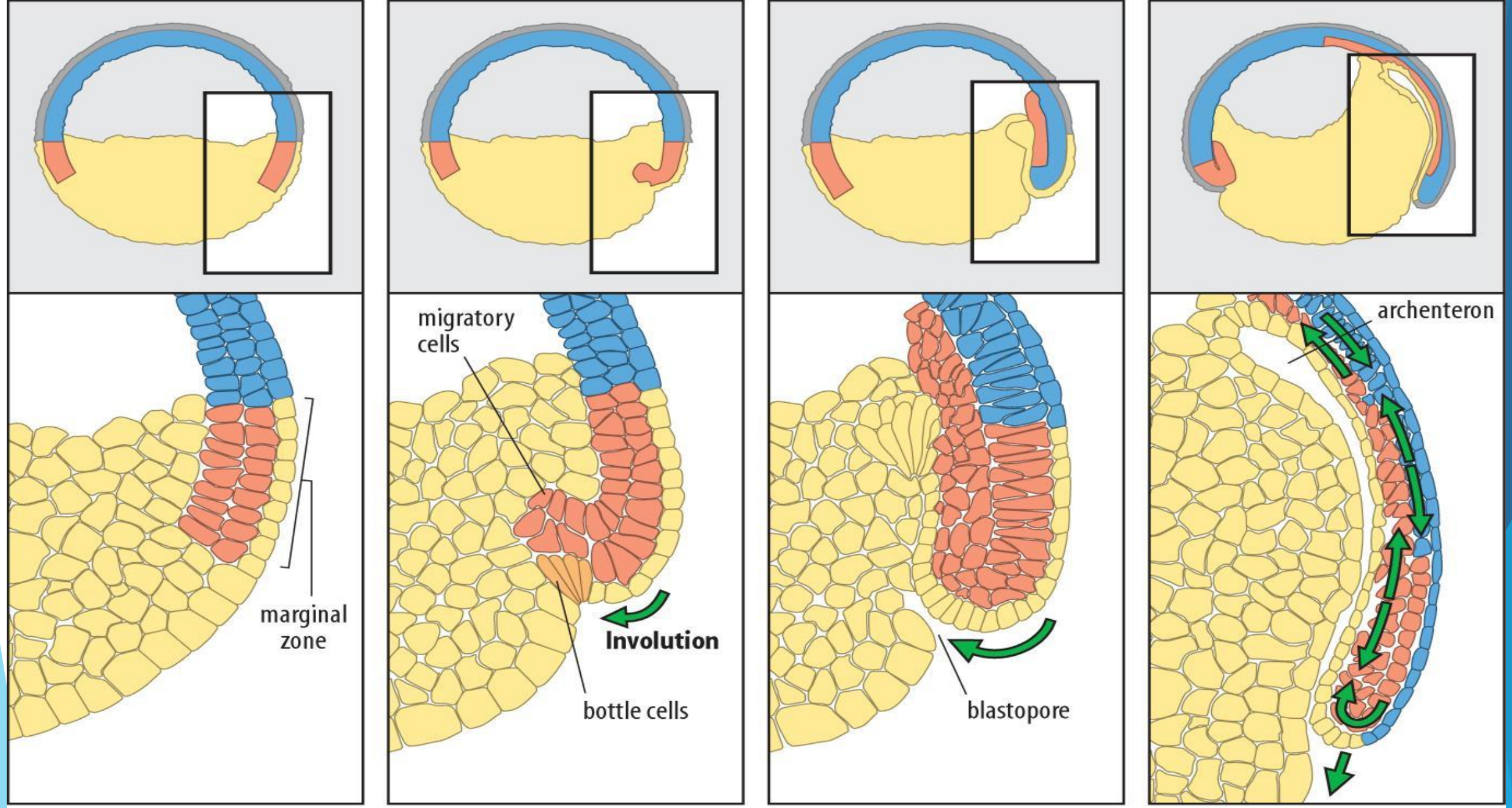



Blastula, stage 8
marginal zone
Animal pole
blastocoel
yolky vegetal cells
Vegetal pole
Early gastrula, stage 10
dorsal lip
blastopore
Gastrula, stage 11
archenteron
Late gastrula, stage 12
archenteron
yolk plug
blastocoel
ectoderm
mesoderm
endoderm

การม้วนตัว (involution)

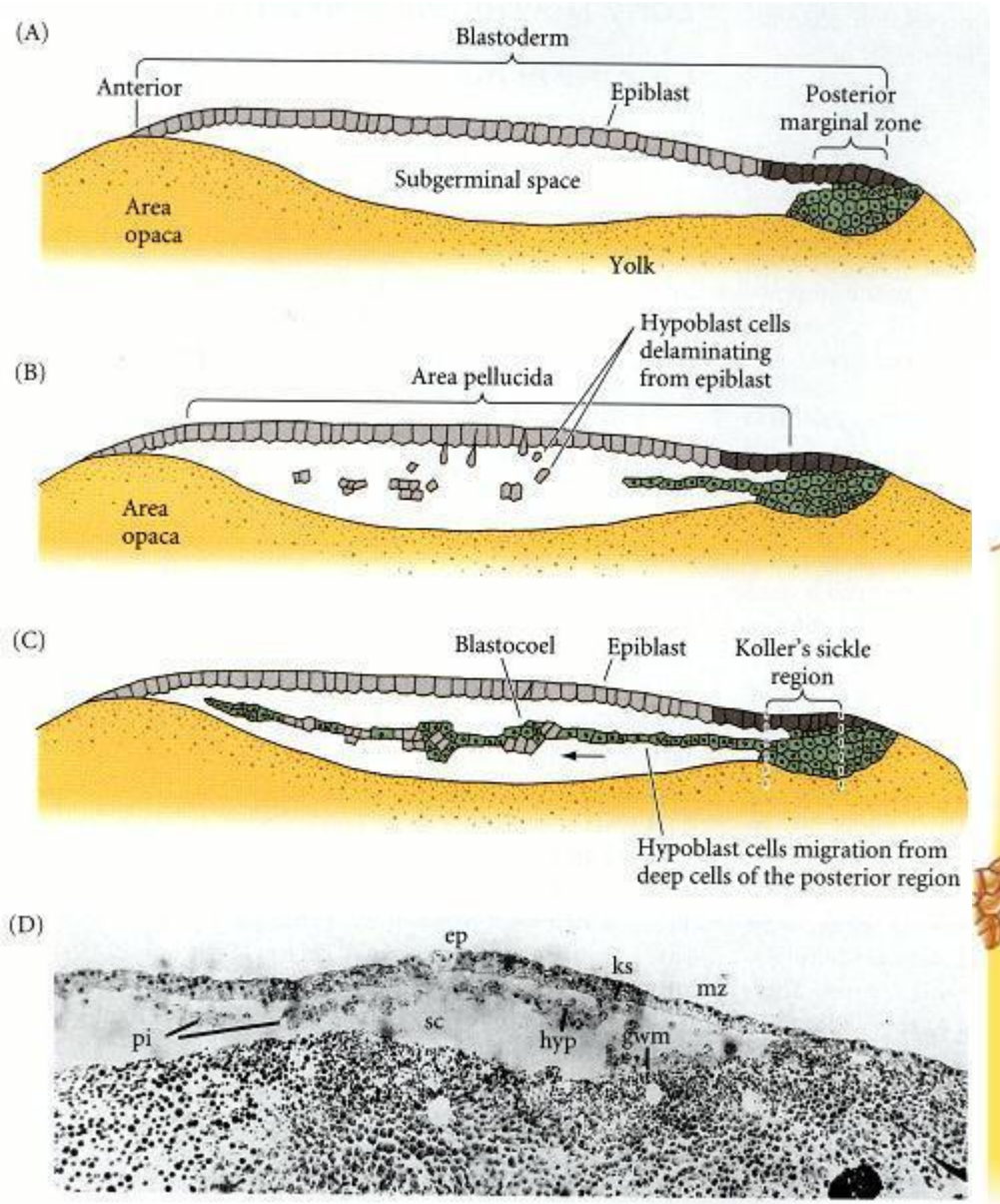
เกิดโดยกลุ่มเซลล์ม้วนตัวเข้าสู่ภายใน เช่น การม้วนตัวของกลุ่มเซลล์ชั้นกลางในกบ

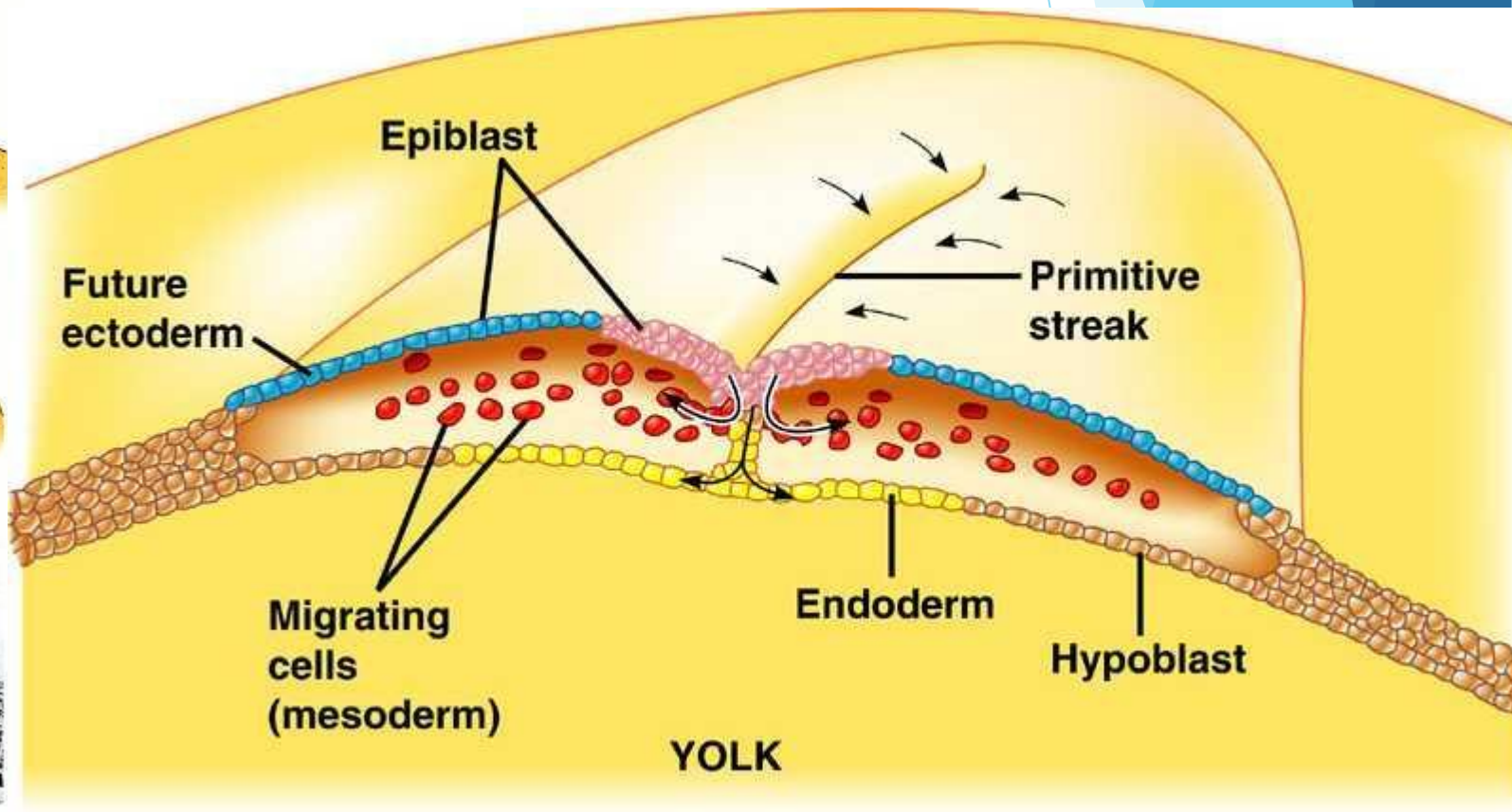



marginal zone
migratory cells
Involution
bottle cells
blastopore
archenteron
mesoderm
ectoderm
endoderm

การแยกตัว (delamination)

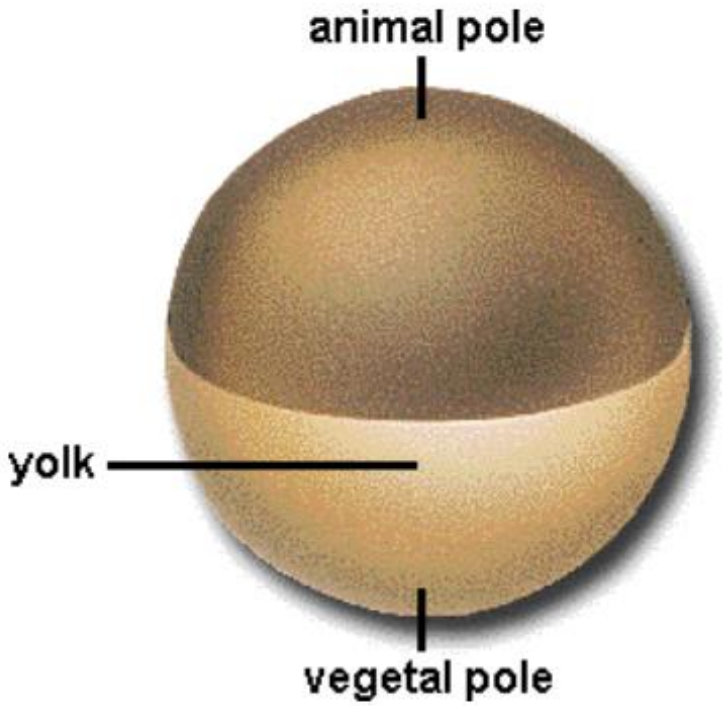
เกิดโดยชั้นเซลล์ที่อยู่ติดกันแยกตัวออกเป็น 2 ชั้น เช่น การแยกตัวของเซลล์ในเอ็มบริโอไก่เกิดเป็น 2 ชั้น

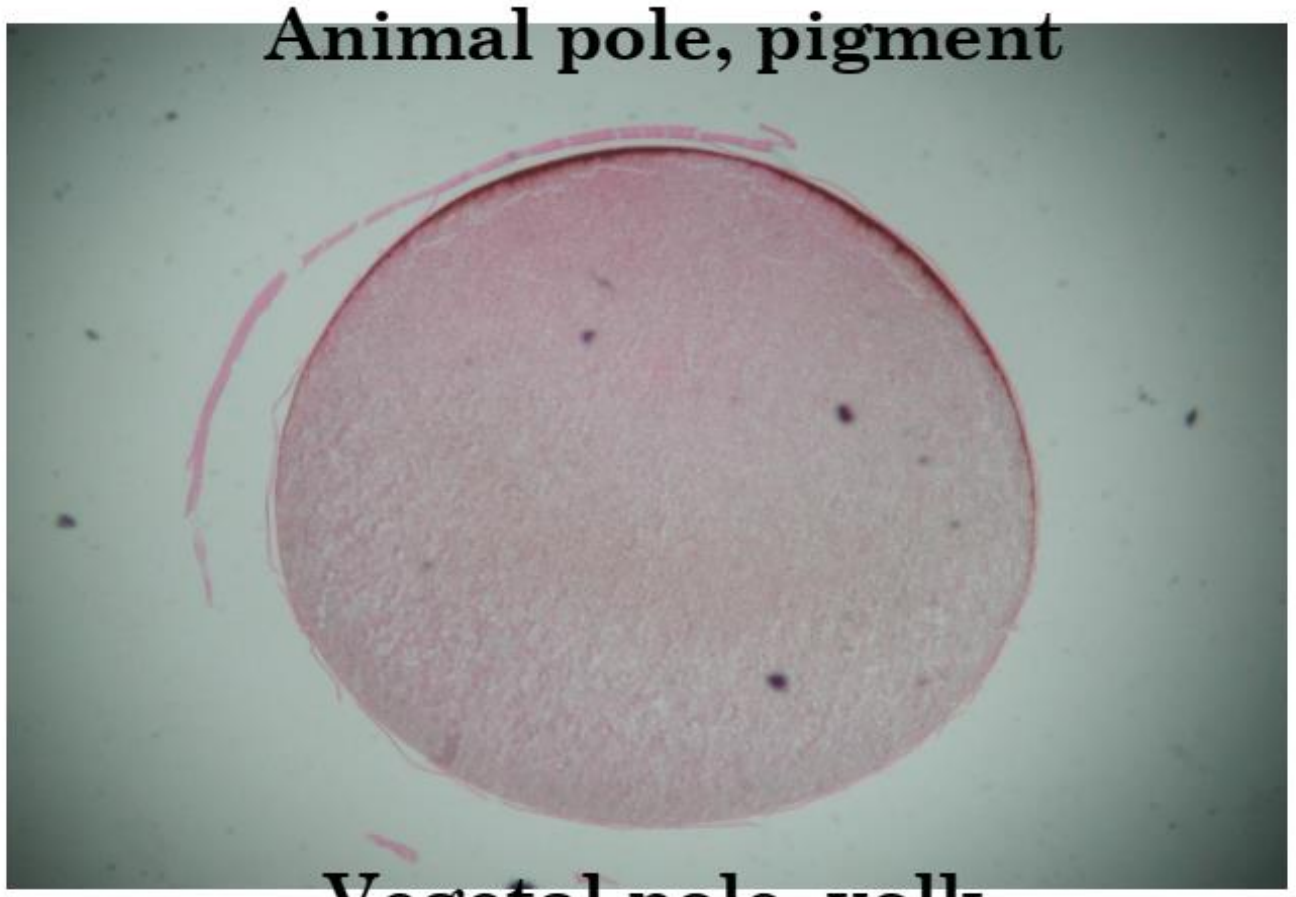


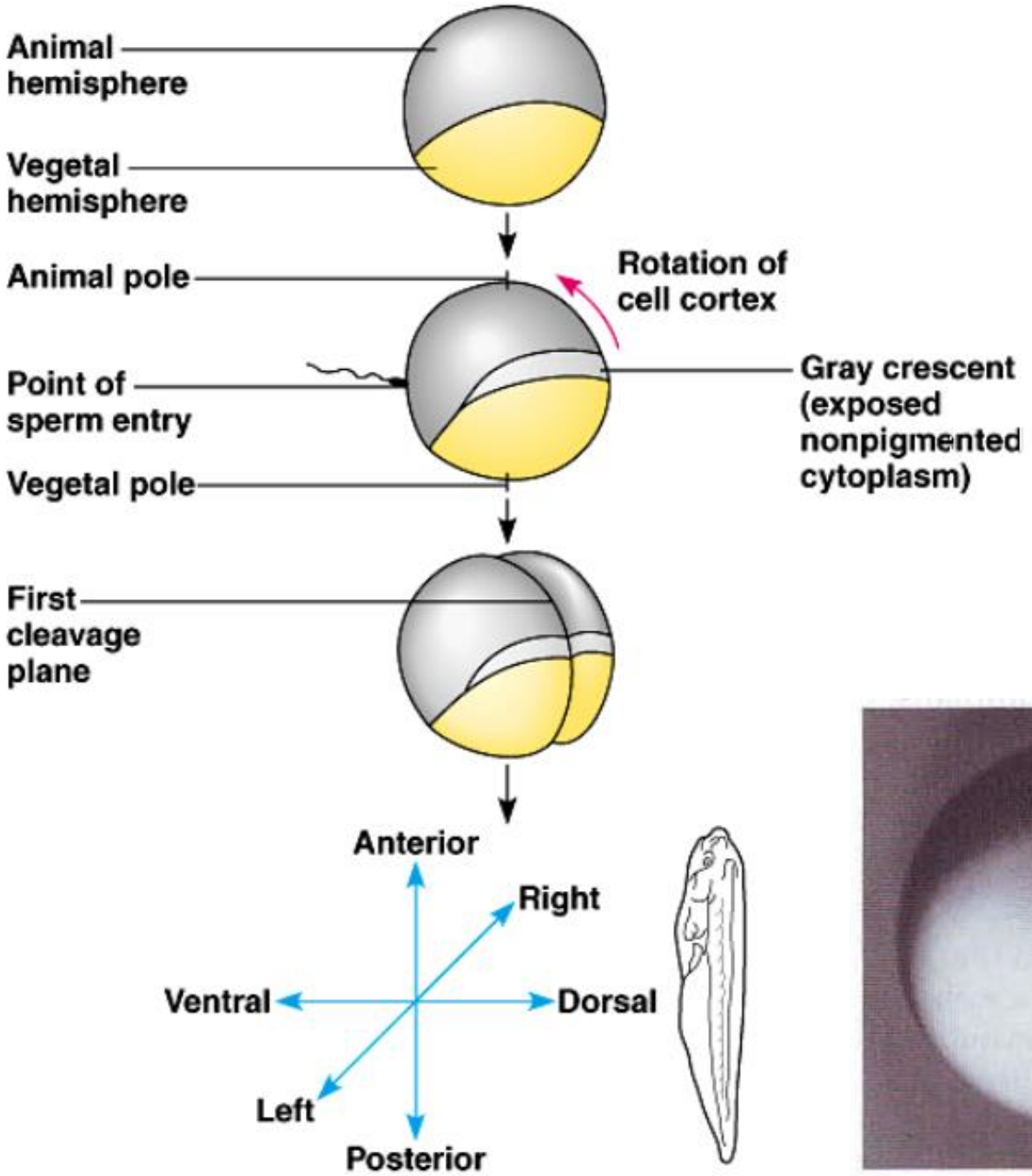


การเจริญของเอมบริโอกบ

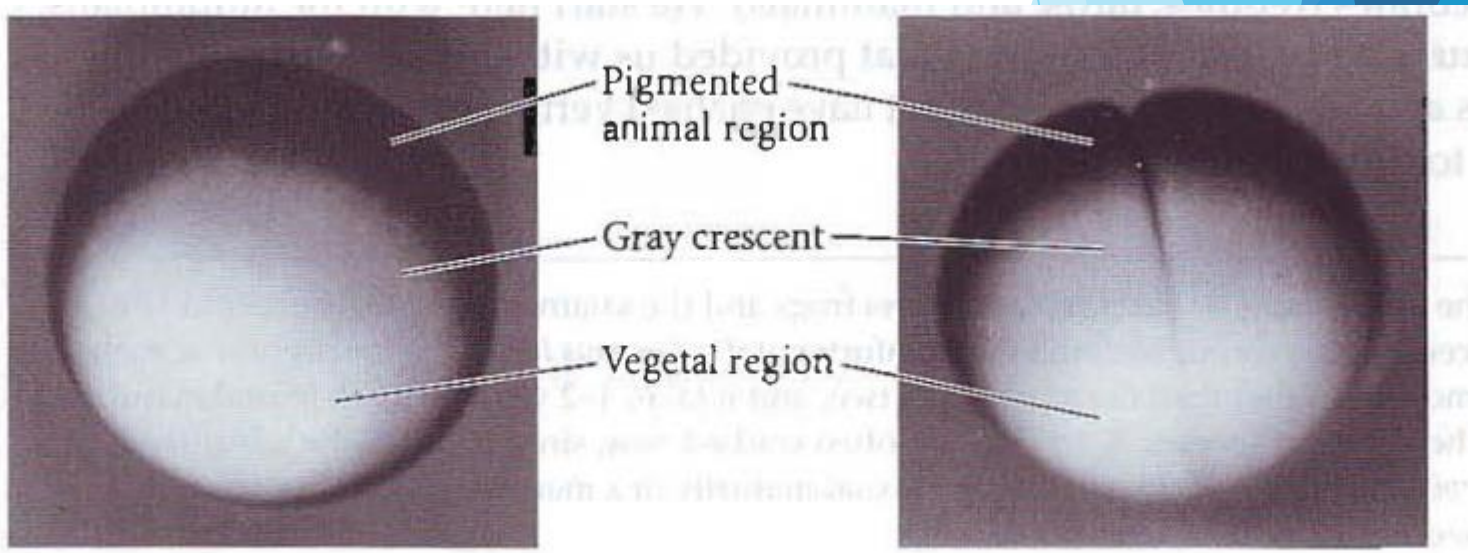
Frog Development : Unfertilized egg



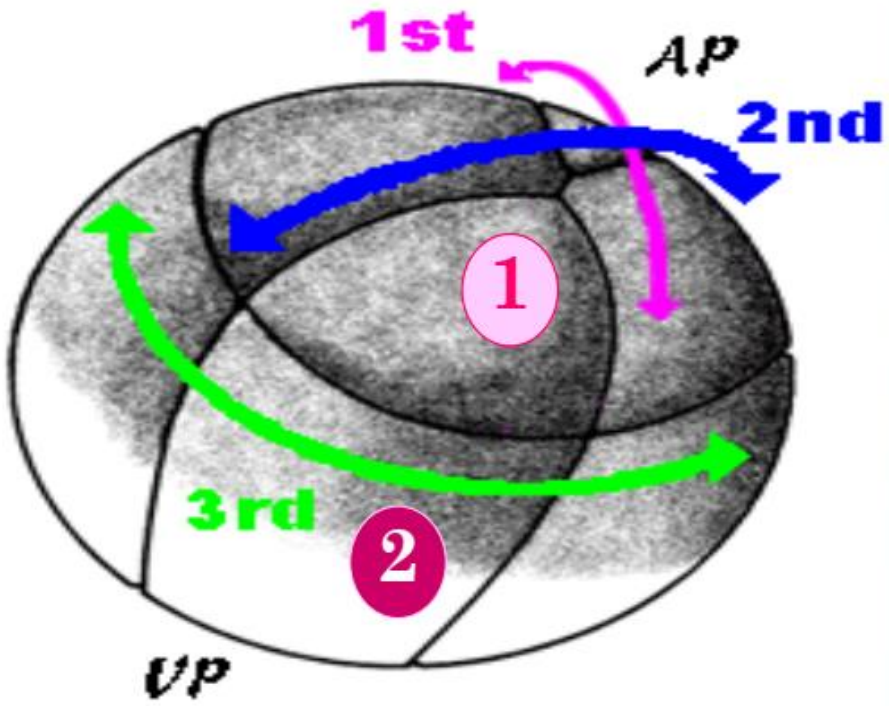




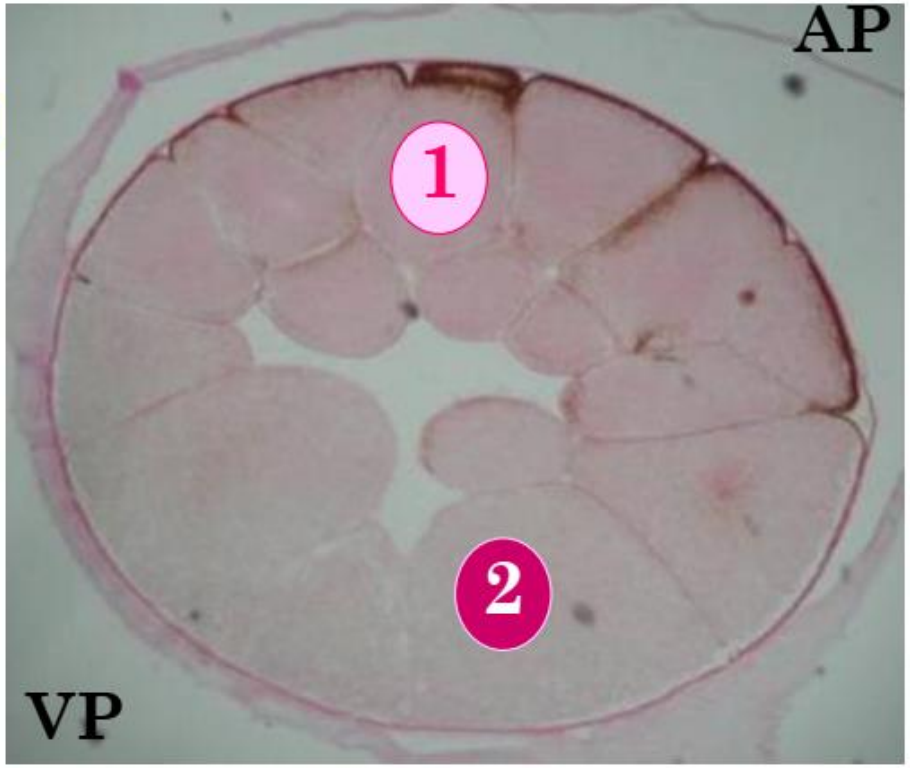
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Frog Development : Holoblastic and Unequal Cleavage



Frog cleavage
Surface View



Mid Frog cleavage
(Sagittal Section)

1 = Micromeres

2 = Macromeres

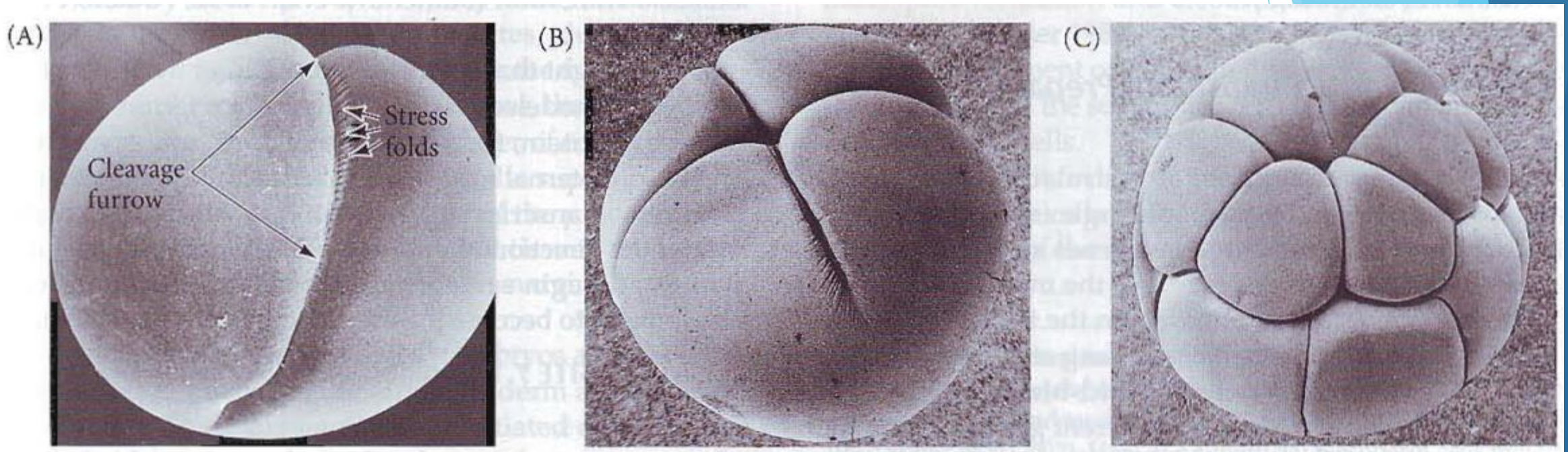
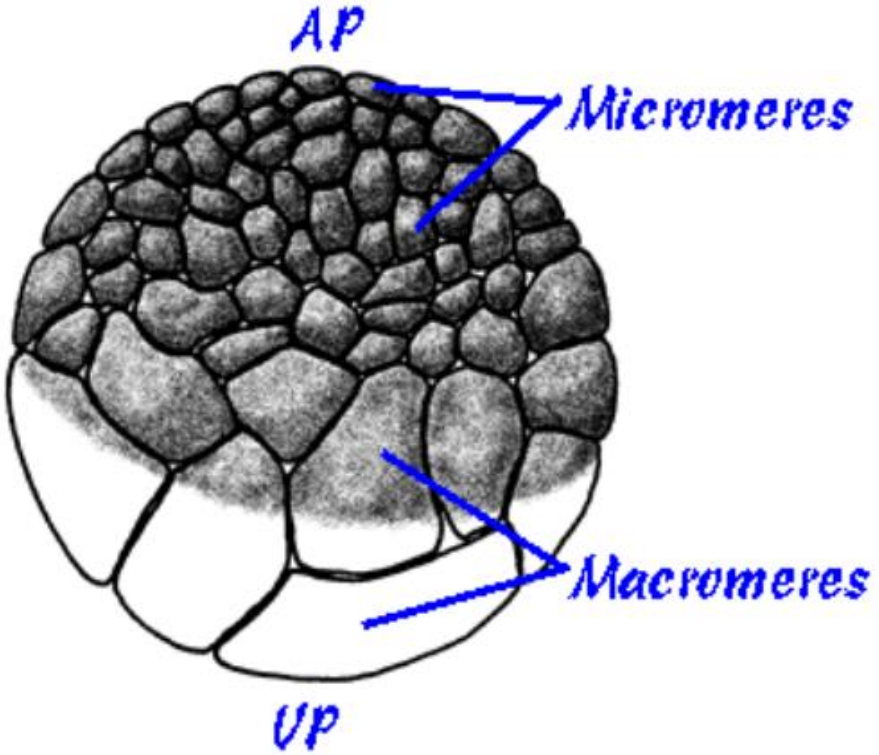


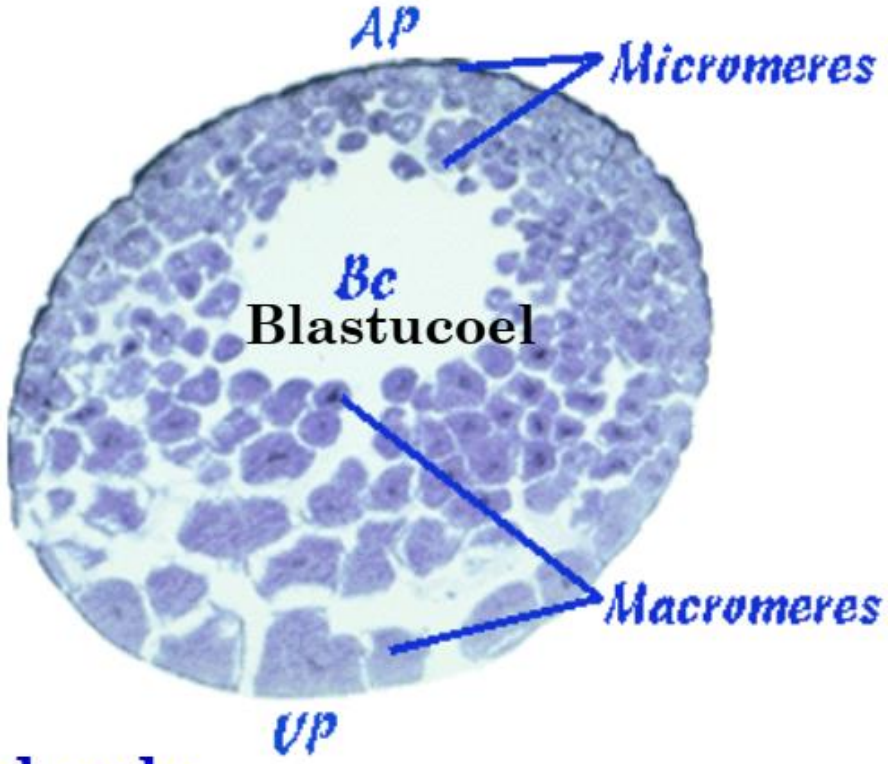
FIGURE 7.3 Scanning electron micrographs of frog egg cleavage. (A) First cleavage. (B) Second cleavage (4 cells). (C) Fourth cleavage (16 cells), showing the size discrepancy between the animal and vegetal cells after the third division. (A from Beams and Kessel 1976, courtesy of the authors; B,C courtesy of L. Biedler.)

Frog Development : Blastula

AP= Animal pole



Frog Blastula
Surface View

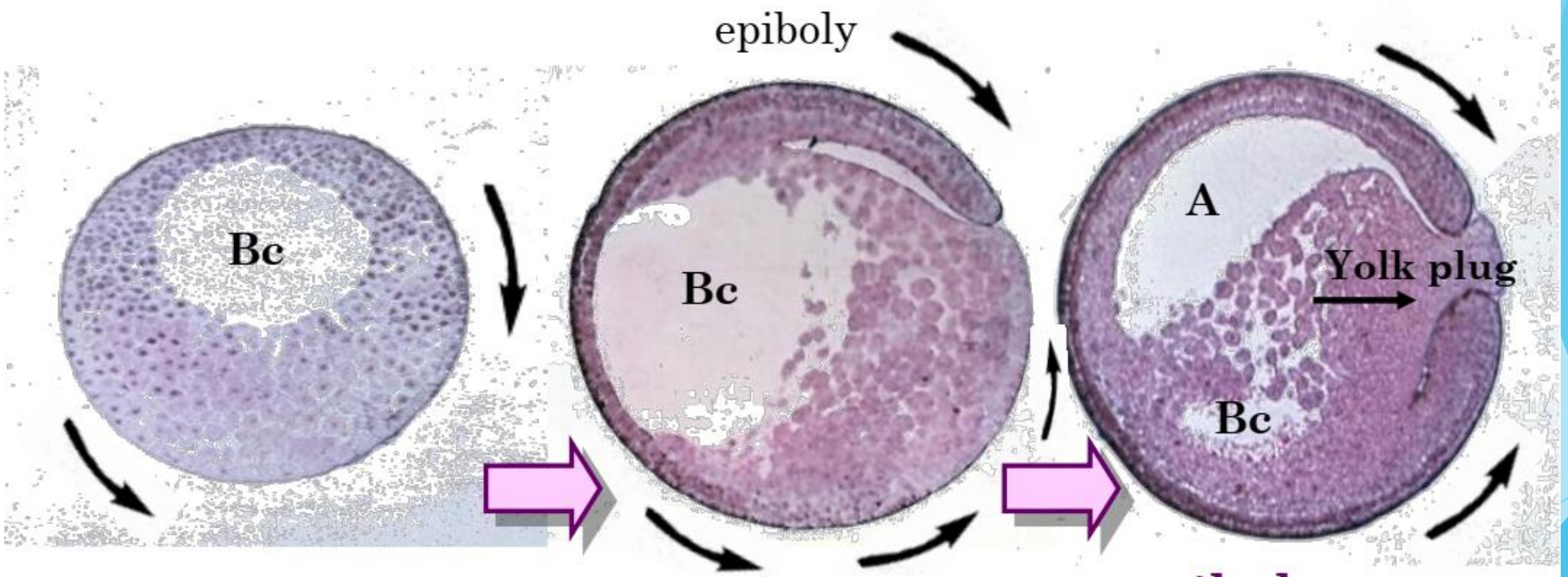


Early Frog Blastula
(Sagittal Section)

VP= Vegetal pole

Frog Development : Gastrula

Late Blastula | **Early Gastrula** | **Mid Gastrula**



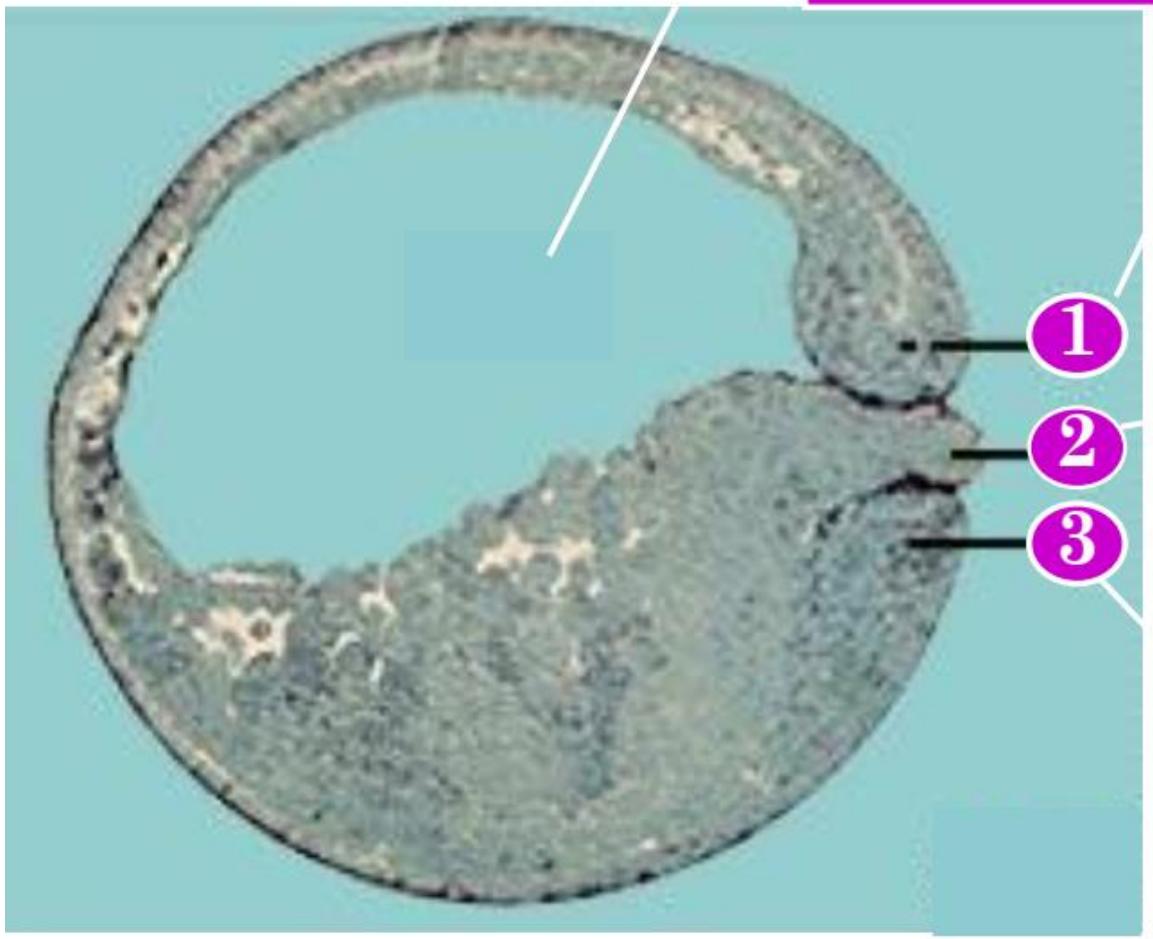
Bc = blastocoel
A = archenteron

epiboly
invagination

epiboly
invagination
involution

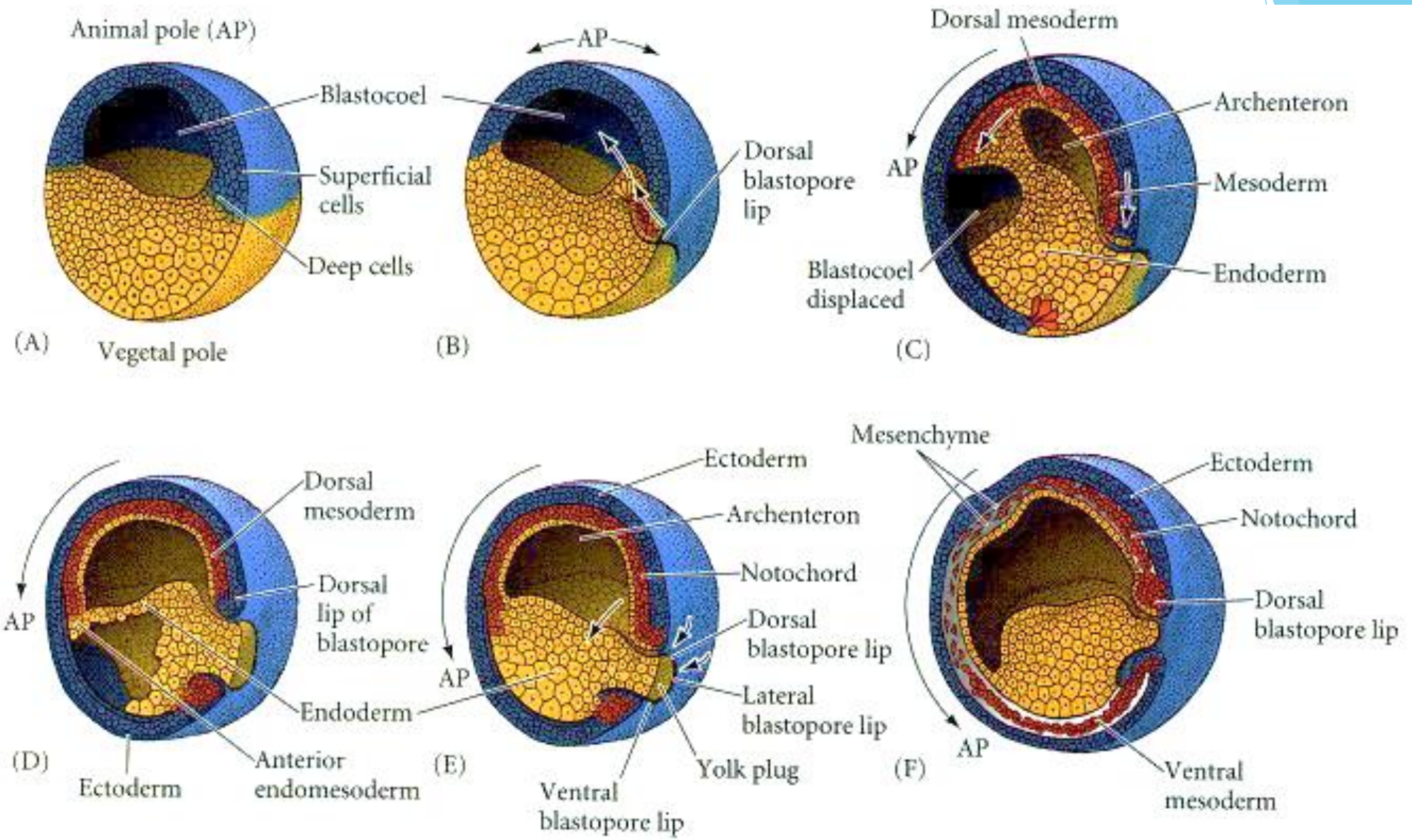
Blastulation | **Gastrulation**

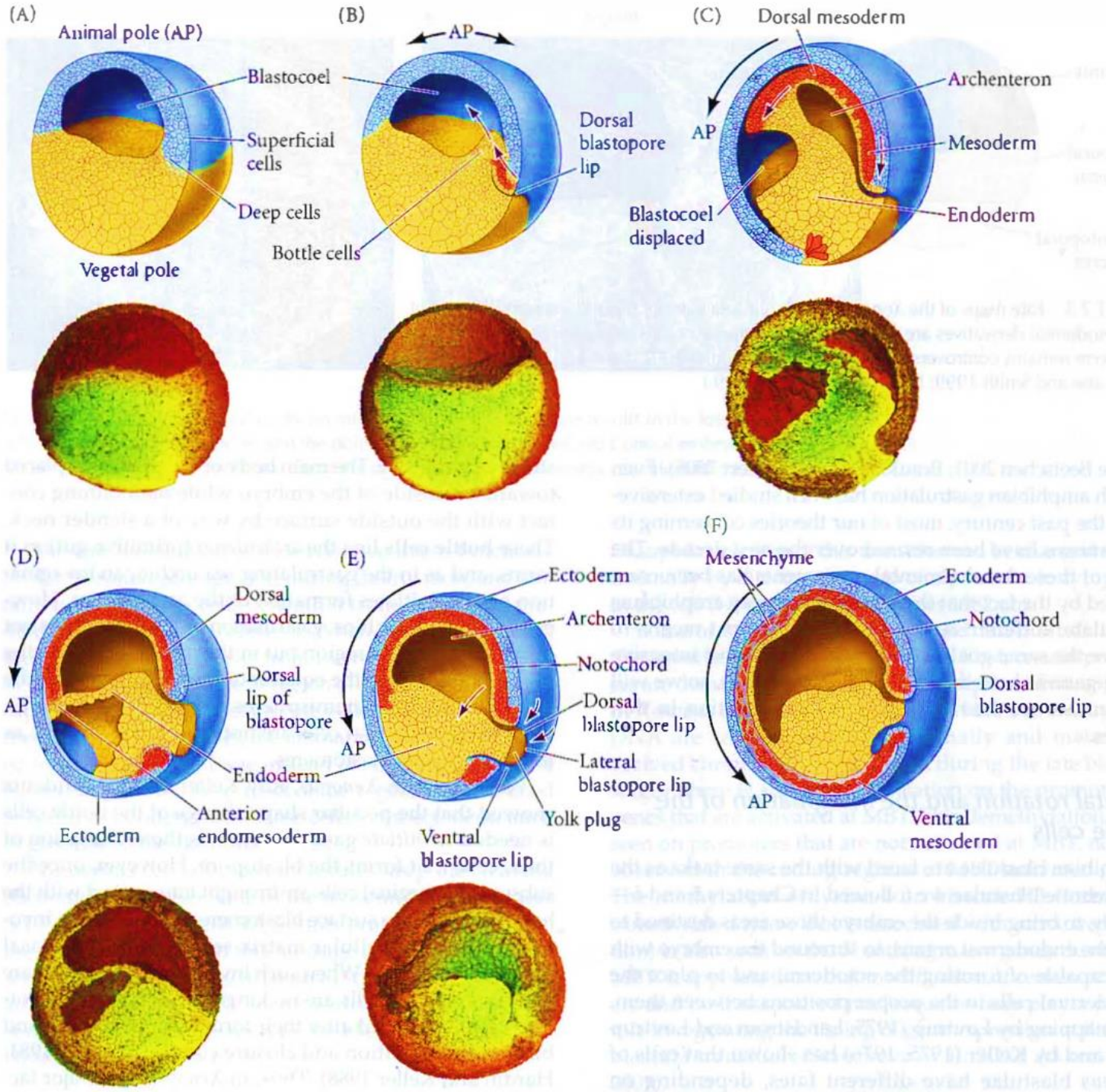
Frog Development : Gastrula

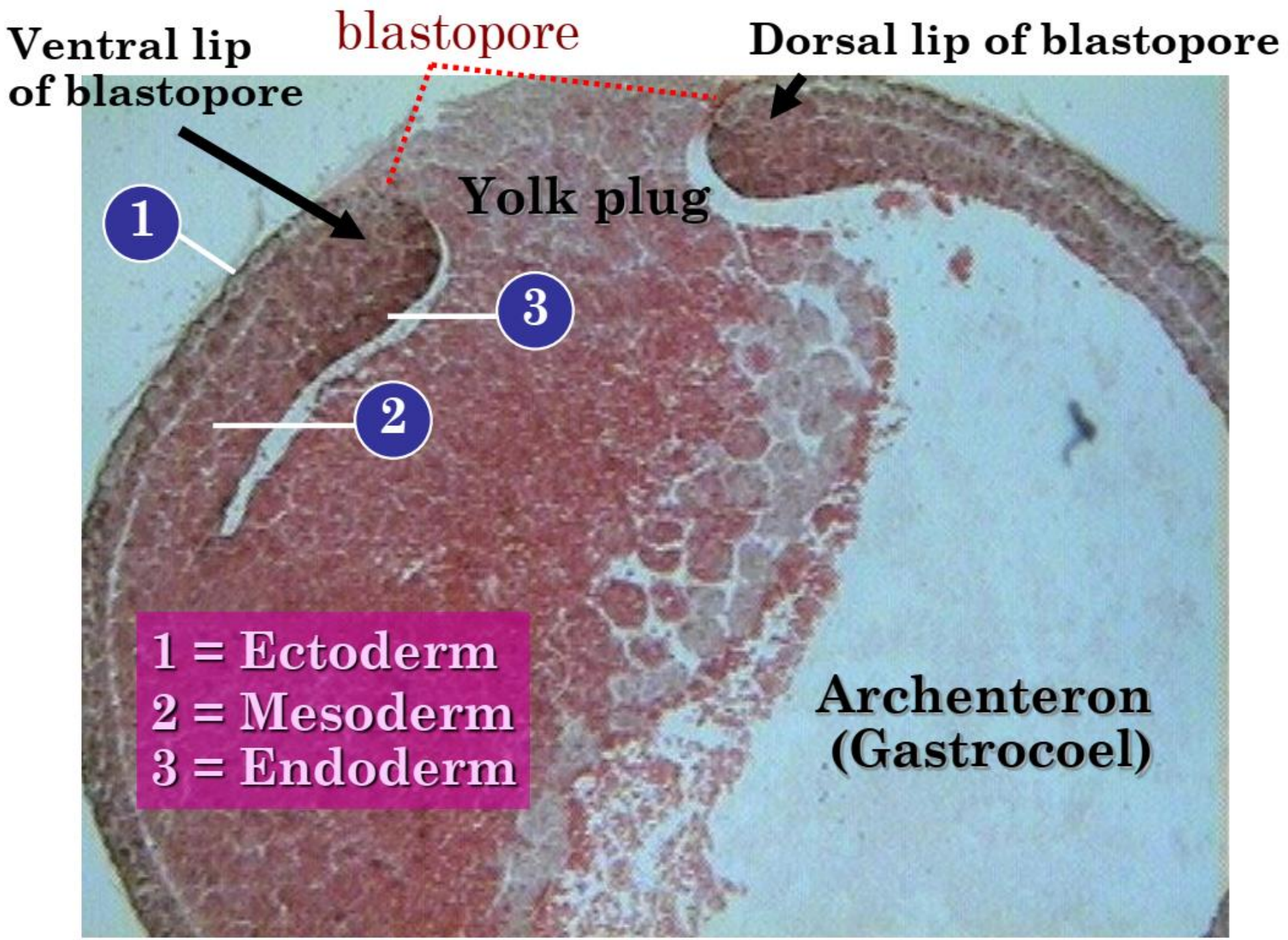


Archenteron (Gastrocoel)

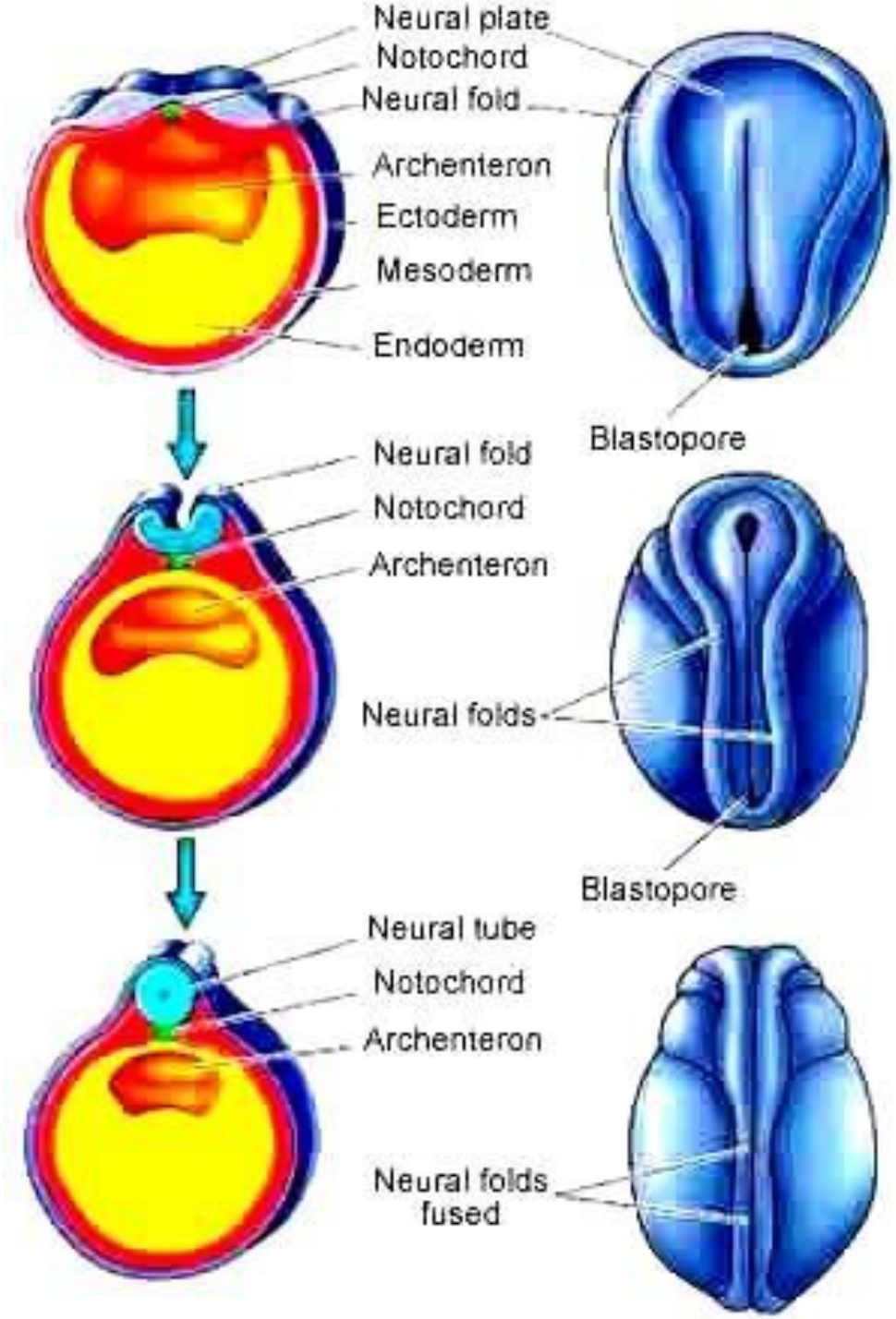
1. Dorsal lip of blastopore
2. Yolk plug
3. Ventral lip of blastopore

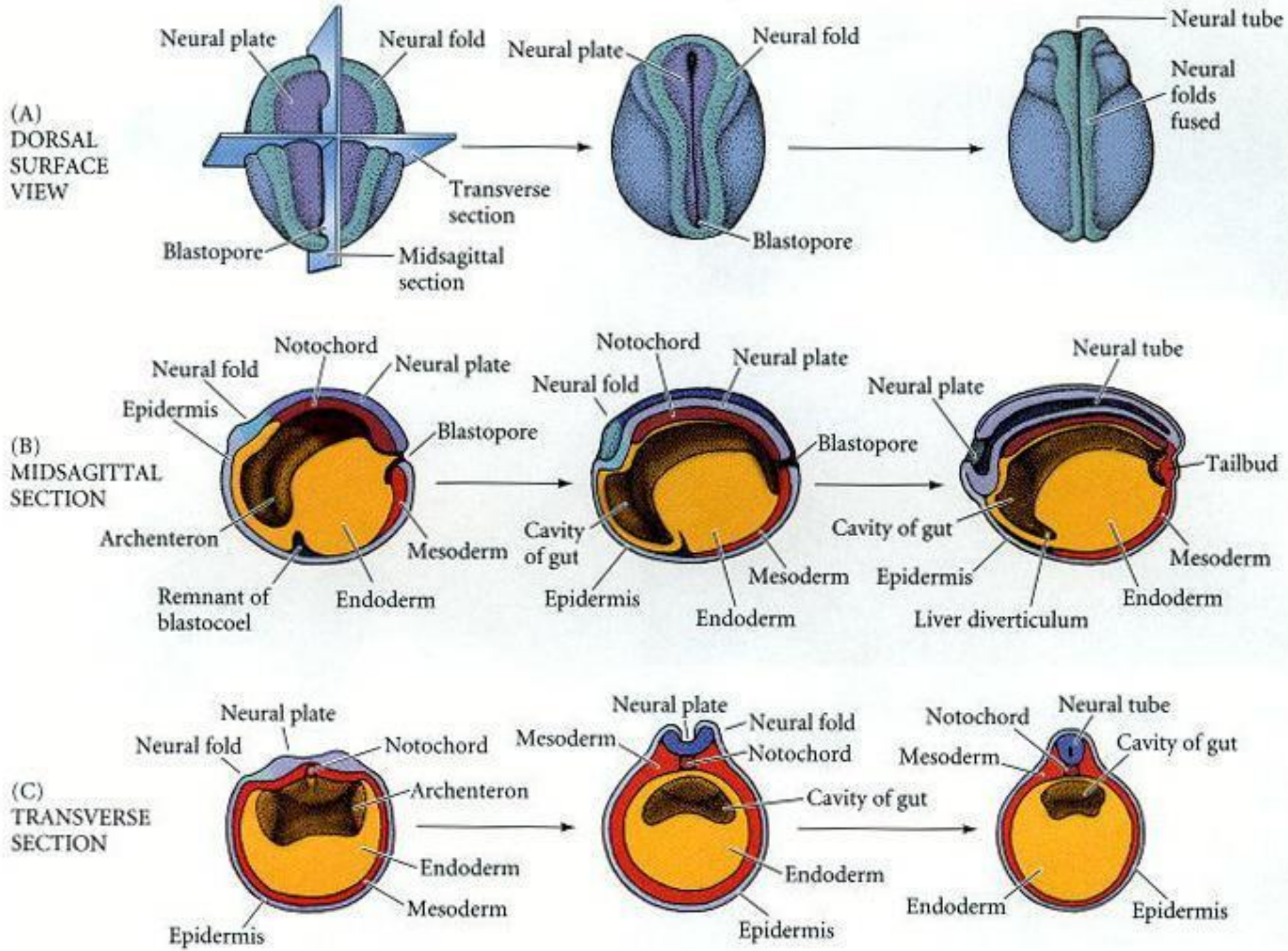

Animal pole (AP)
Blastocoel
Superficial cells
Deep cells
(A)
Vegetal pole
AP
Dorsal blastopore lip
(B)
Dorsal mesoderm
AP
Archenteron
Mesoderm
Blastocoel displaced
Endoderm
(C)
Dorsal mesoderm
AP
Dorsal lip of blastopore
Endoderm
(D)
Ectoderm
Anterior endomesoderm
Ectoderm
Archenteron
Notochord
AP
Dorsal blastopore lip
Lateral blastopore lip
(E)
Ventral blastopore lip
Yolk plug
Mesenchyme
Ectoderm
Notochord
Dorsal blastopore lip
AP
(F)
Ventral mesoderm


(A)
Animal pole (AP)
Blastocoel
Superficial cells
Deep cells
Vegetal pole
(B)
AP
Dorsal blastopore lip
Bottle cells
(C)
Dorsal mesoderm
Archenteron
AP
Mesoderm
Blastocoel displaced
Endoderm
(D)
Dorsal mesoderm
AP
Dorsal lip of blastopore
Endoderm
Anterior endomesoderm
Ectoderm
(E)
Ectoderm
Archenteron
Notochord
Dorsal blastopore lip
AP
Lateral blastopore lip
Yolk plug
Ventral blastopore lip
(F)
Mesenchyme
Ectoderm
Notochord
Dorsal blastopore lip
AP
Ventral mesoderm

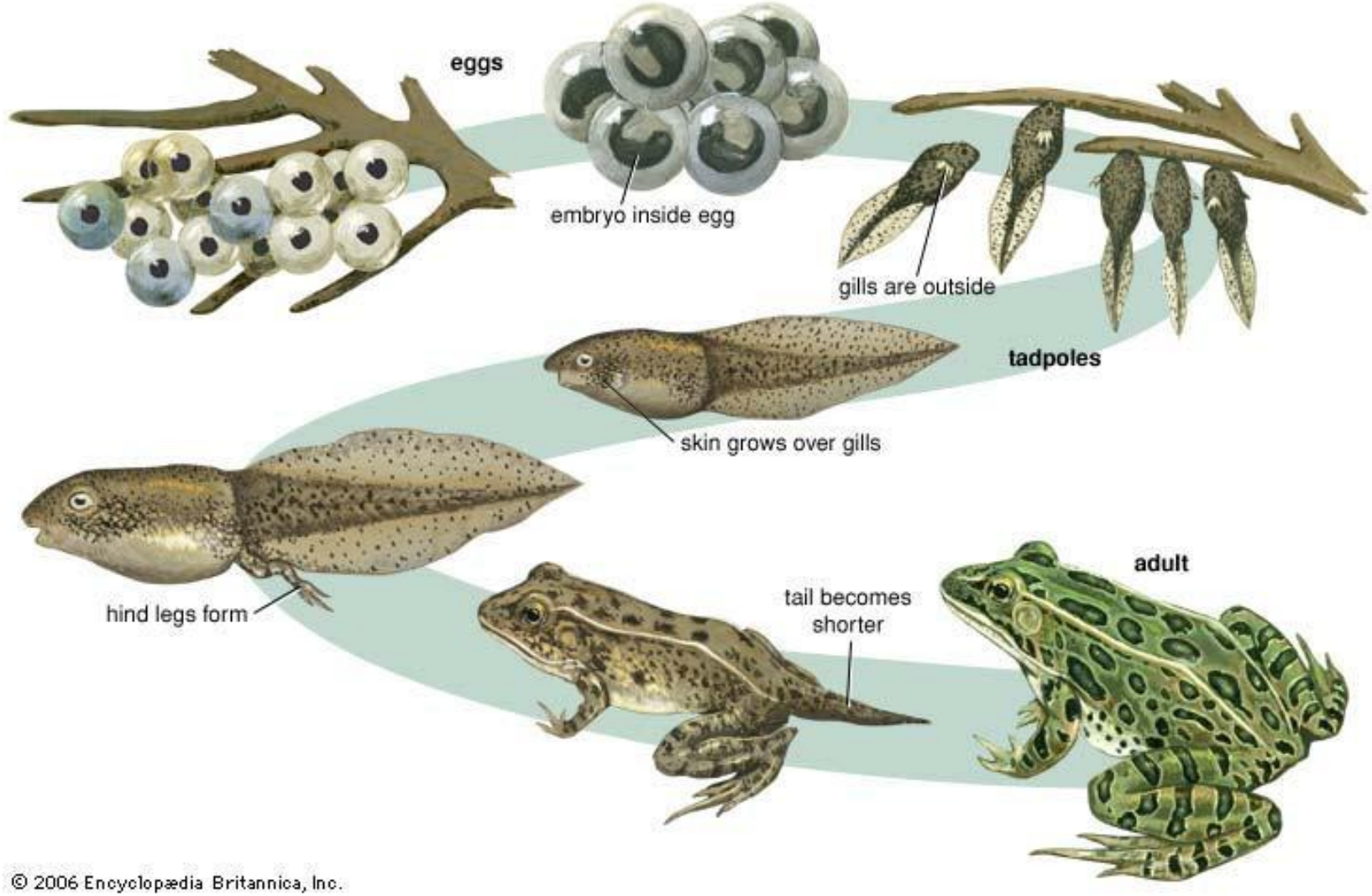

Ventral lip of blastopore
blastopore
Dorsal lip of blastopore
Yolk plug
1
3
2
1 = Ectoderm
2 = Mesoderm
3 = Endoderm
Archenteron (Gastrocoel)

เมื่อกระบวนการแกสทรูเลชันสิ้นสุดลง จะเริ่มมีการเจริญของระบบประสาท มีการสร้างนิวรัลทิวบ์ (neural tube) และนิวรัลทิวบ์จะพัฒนาต่อไปเป็นสมองและไขสันหลัง




(A)
DORSAL
SURFACE
VIEW
Neural plate
Neural fold
Transverse
section
Blastopore
Midsagittal
section
Neural plate
Neural fold
Blastopore
Neural tube
Neural
folds
fused
(B)
MIDSAGITTAL
SECTION
Notochord
Neural fold
Neural plate
Epidermis
Blastopore
Archenteron
Mesoderm
Remnant of
blastocoel
Endoderm
Notochord
Neural plate
Neural fold
Blastopore
Cavity
of gut
Epidermis
Mesoderm
Endoderm
Neural tube
Neural plate
Tailbud
Cavity of gut
Mesoderm
Epidermis
Endoderm
Liver diverticulum
(C)
TRANSVERSE
SECTION
Neural plate
Neural fold
Notochord
Archenteron
Endoderm
Mesoderm
Epidermis
Neural plate
Neural fold
Mesoderm
Notochord
Cavity of gut
Endoderm
Epidermis
Notochord
Neural tube
Mesoderm
Cavity of gut
Endoderm
Epidermis

ในสัตว์บางชนิดมีการเจริญเติบโตระยะหลังเอ็มบริโอ มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะตลอดจนพฤติกรรมการดำรงชีวิตที่ผิดแยกแตกต่างกันออกไปอย่างชัดเจนก่อนที่จะเป็นตัวเต็มวัย เรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า เมตามอร์โฟซีส (metamorphosis)



Frog blastula, Gastrula and Development

2:52 / 5:33

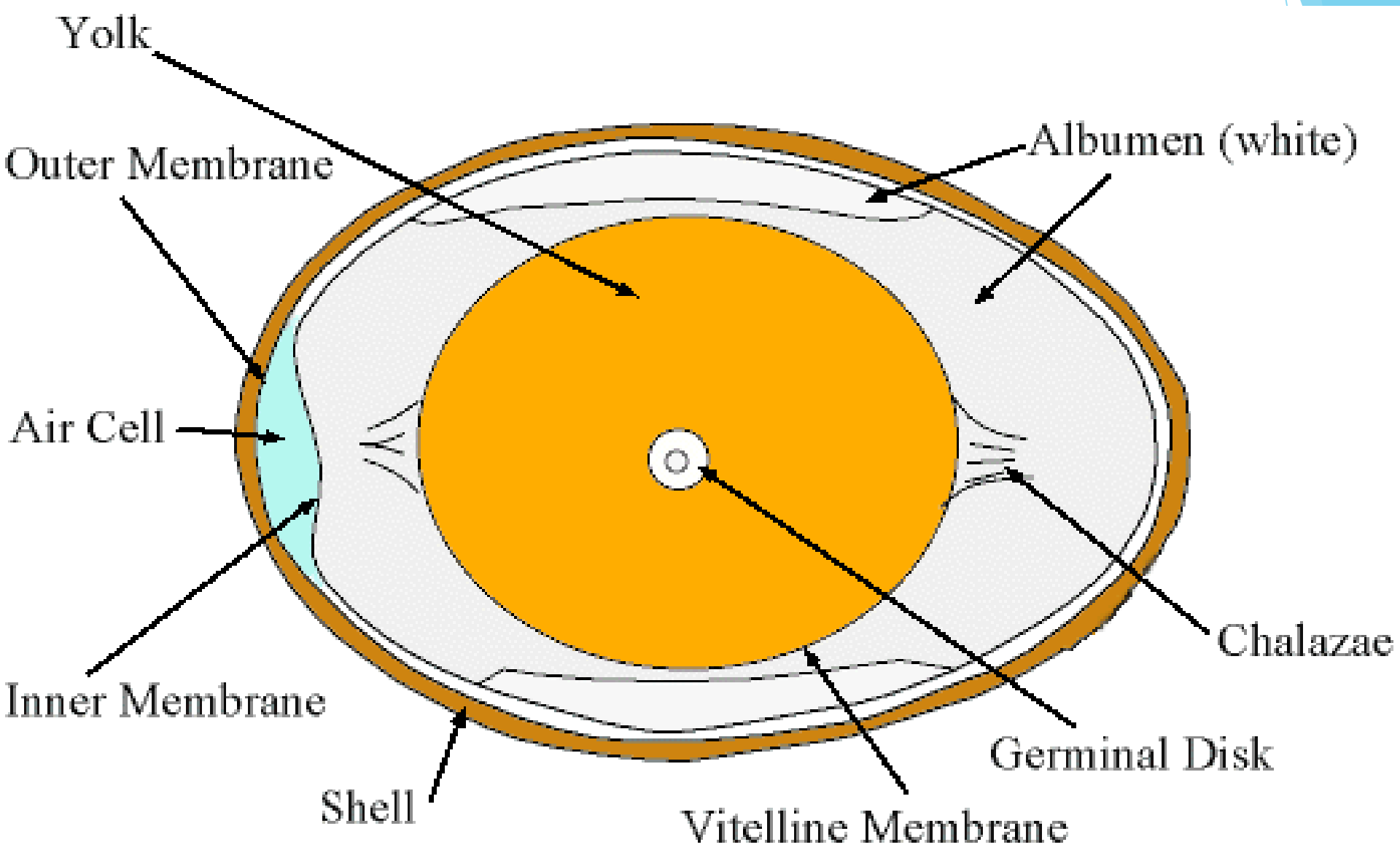
See a Salamander Grow From a Single Cell in this Incredible Time-lapse | Short Film Showcase

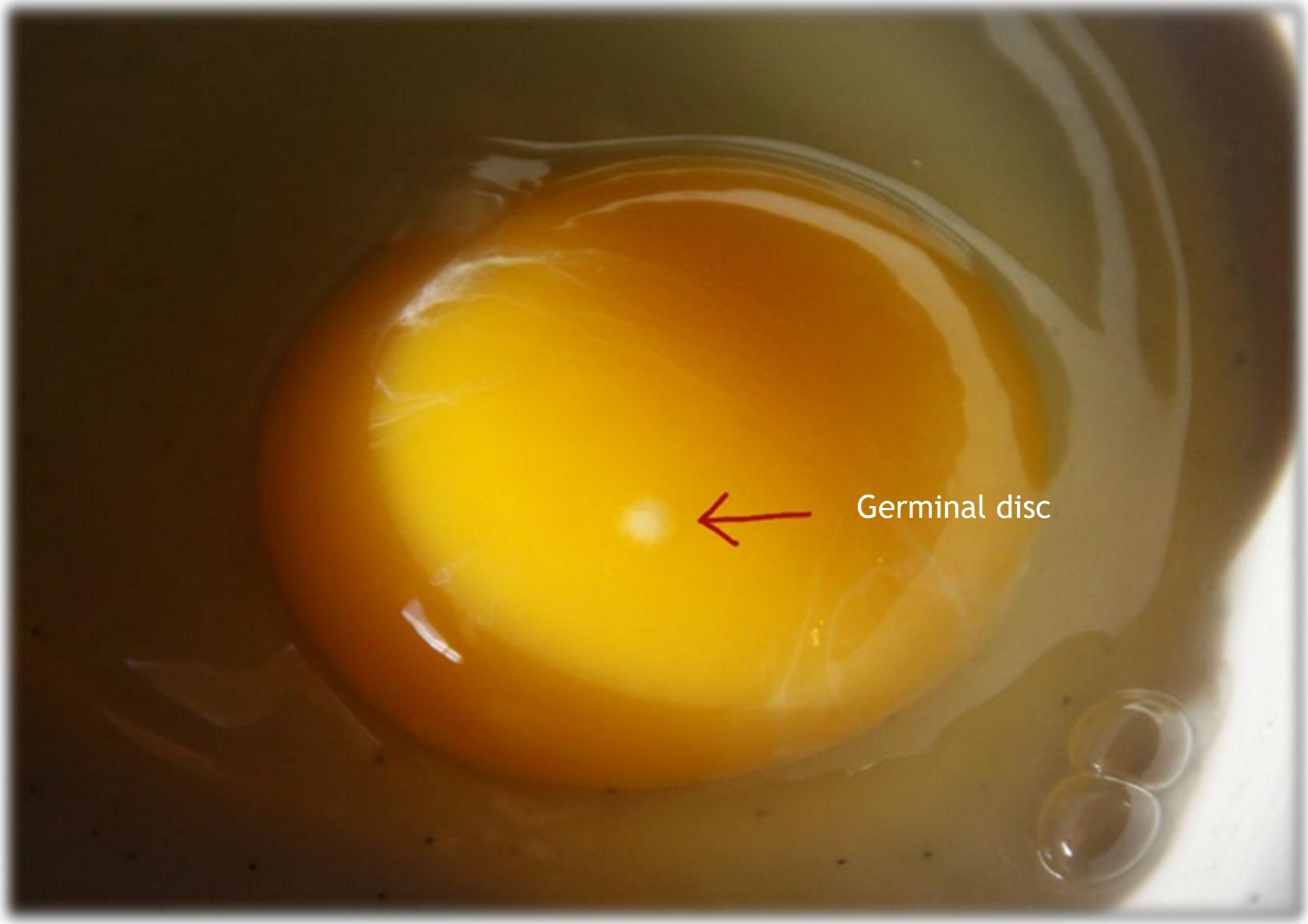
หยุดชั่วคราว (k)

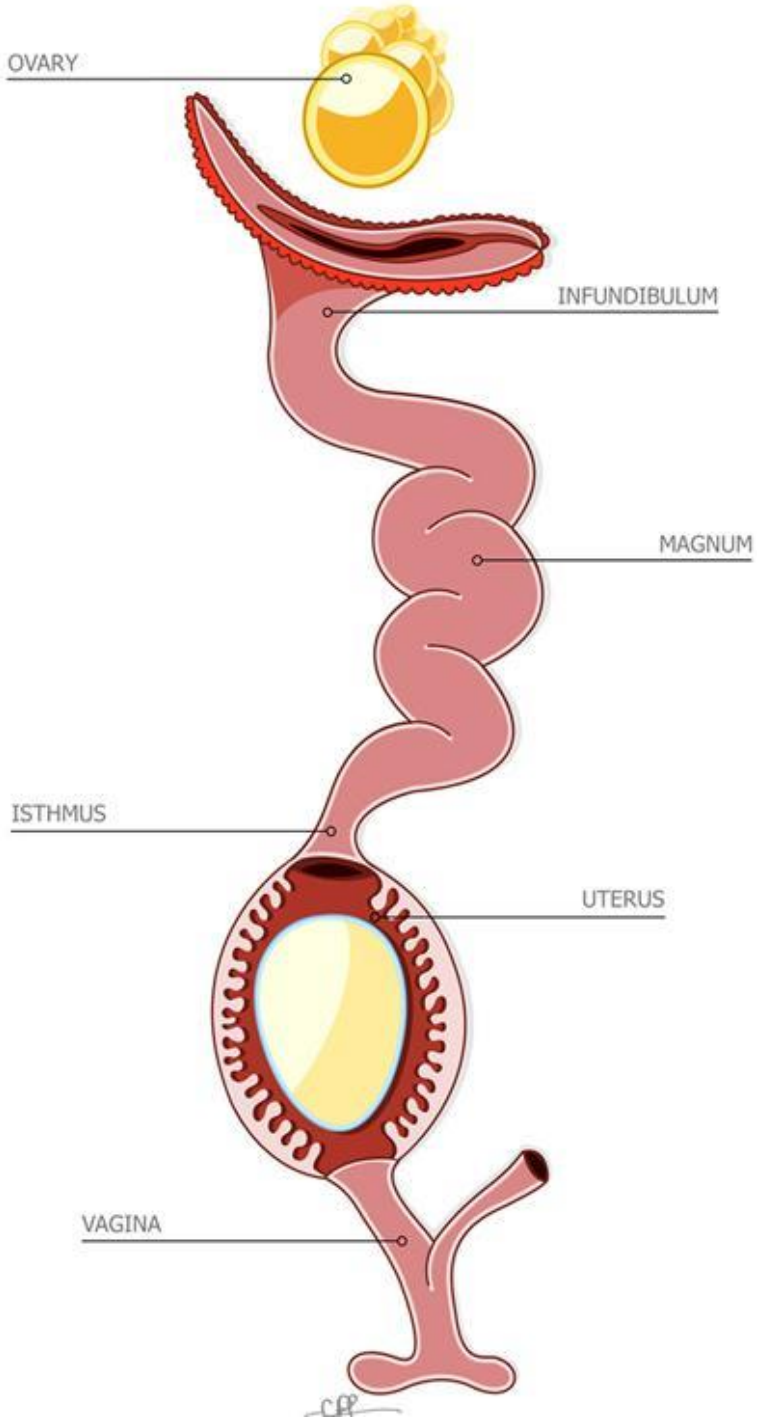
0:00 / 6:42

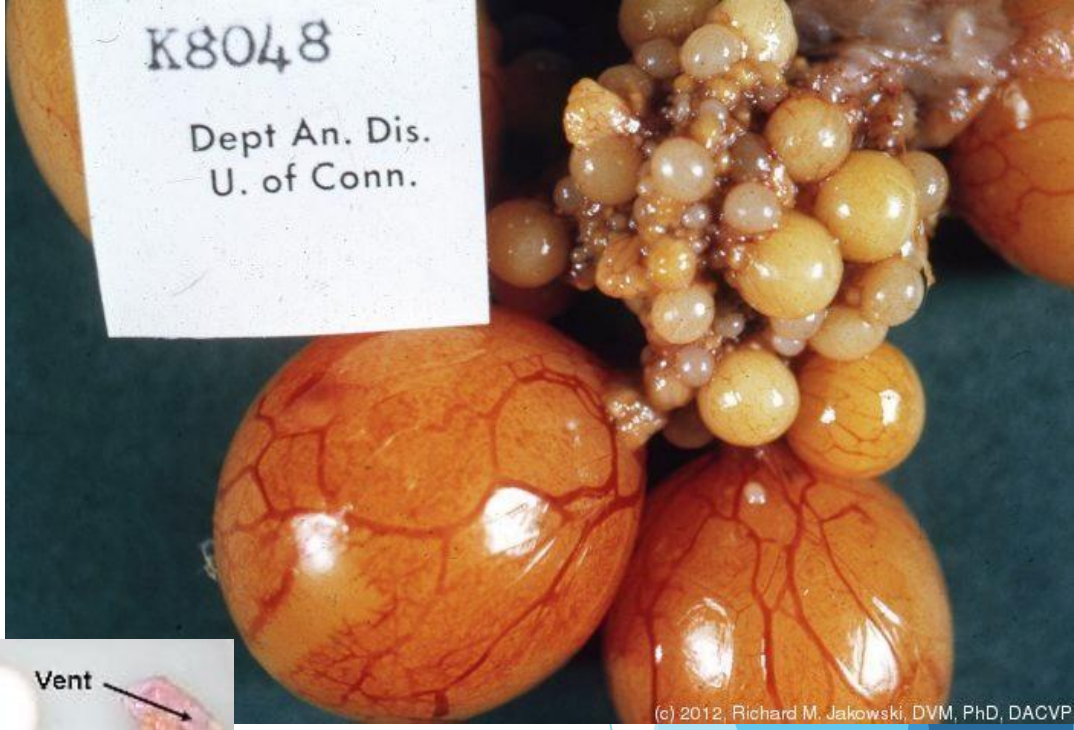
การเจริญของเอมบริโอไก่

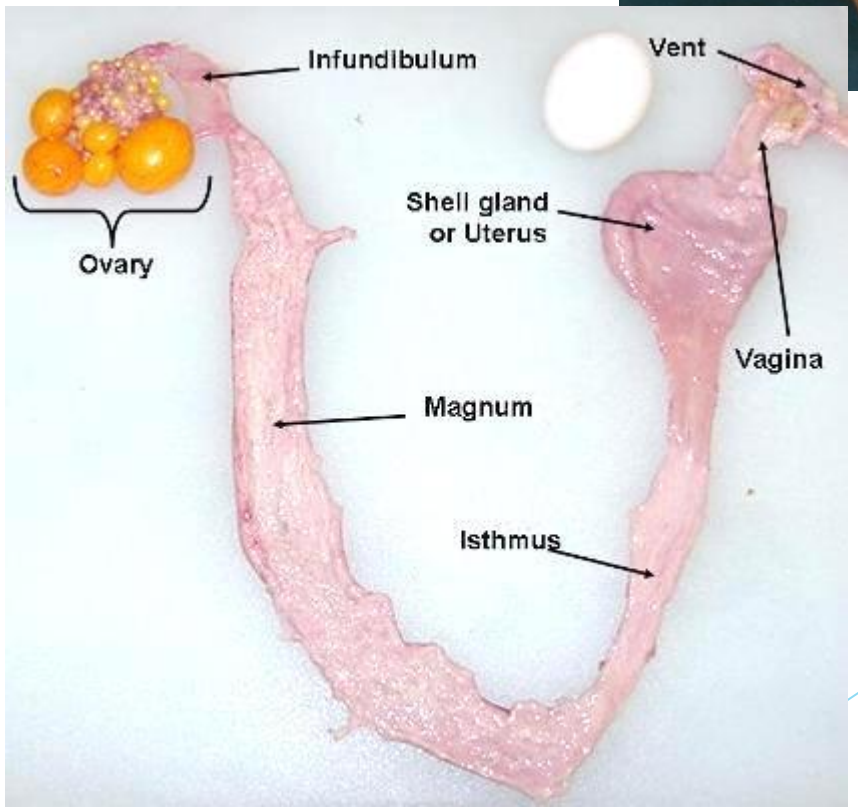
- เซลล์ไข่ไก่ คือ ส่วนที่เรียกว่าไข่แดงเท่านั้น ซึ่งเป็นบริเวณที่ประกอบด้วยไซโทพลาซึม และนิวเคลียส ส่วนไข่ขาวและเปลือกเป็นส่วนประกอบที่อยู่ภายนอกเซลล์ไข่

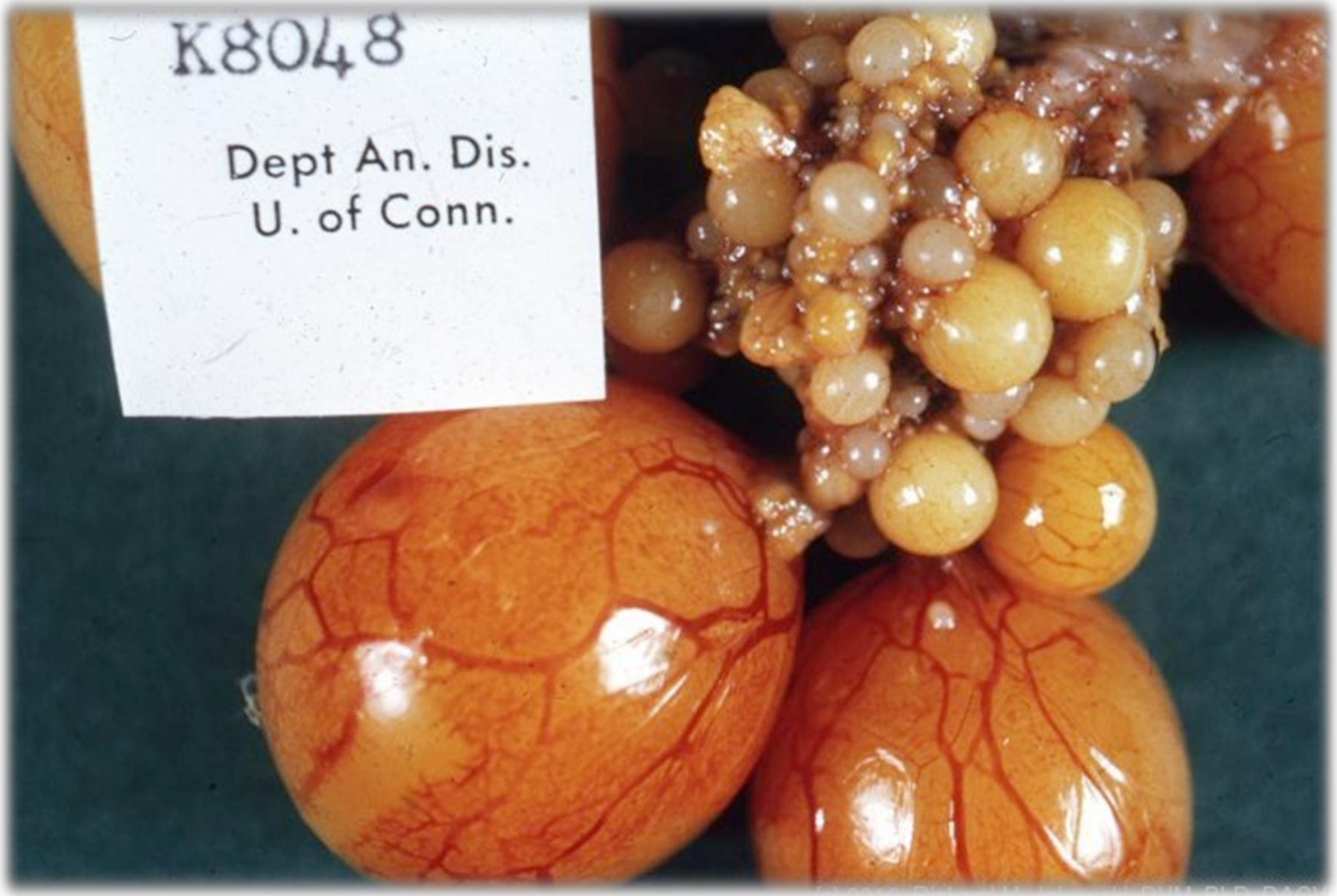

Yolk
Outer Membrane
Albumen (white)
Air Cell
Inner Membrane
Chalazae
Germinal Disk
Shell
Vitelline Membrane


Germinal disc

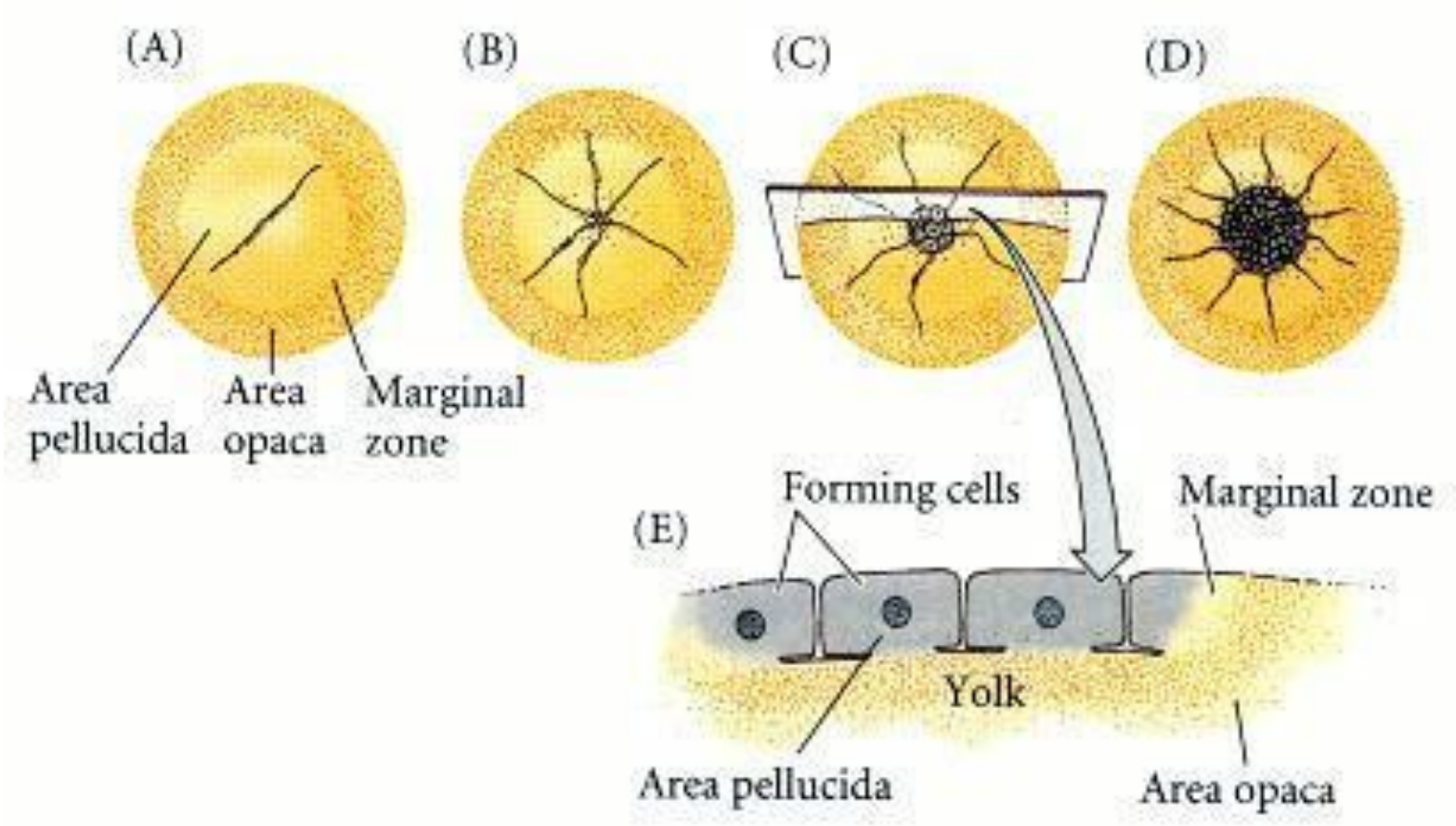

OVARY
INFUNDIBULUM
MAGNUM
ISTHMUS
UTERUS
VAGINA


K8048
Dept An. Dis.
U. of Conn.
(c) 2012, Richard M. Jakowski, DVM, PhD, DACVP

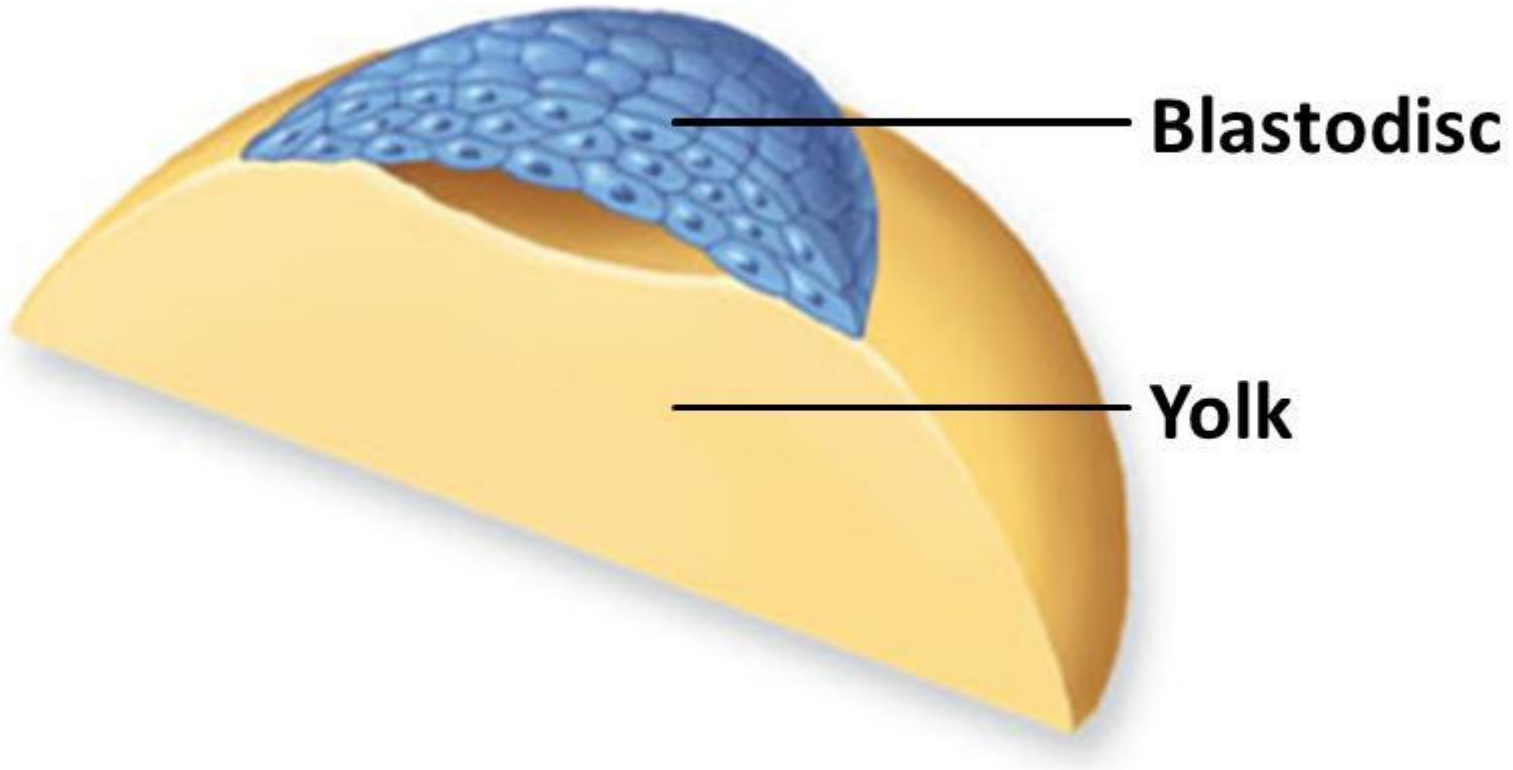

Infundibulum
Vent
Shell gland
or Uterus
Ovary
Vagina
Magnum
Isthmus


K8048
Dept An. Dis.
U. of Conn.

- **ระยะคลีเวจ** เกิดขึ้นเฉพาะบริเวณเล็กๆ ใกล้ผิวของเซลล์ (germinal disc) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีนิวเคลียสของไข่และมีไซโทพลาซึม เมื่อได้รับการปฏิสนธิกับตัวอสุจิ ก็จะได้ ไซโกตแล้วไซโกตเริ่มแบ่งเซลล์ทันที เซลล์ที่แบ่งได้ขยายออกไปตามแนวราบ

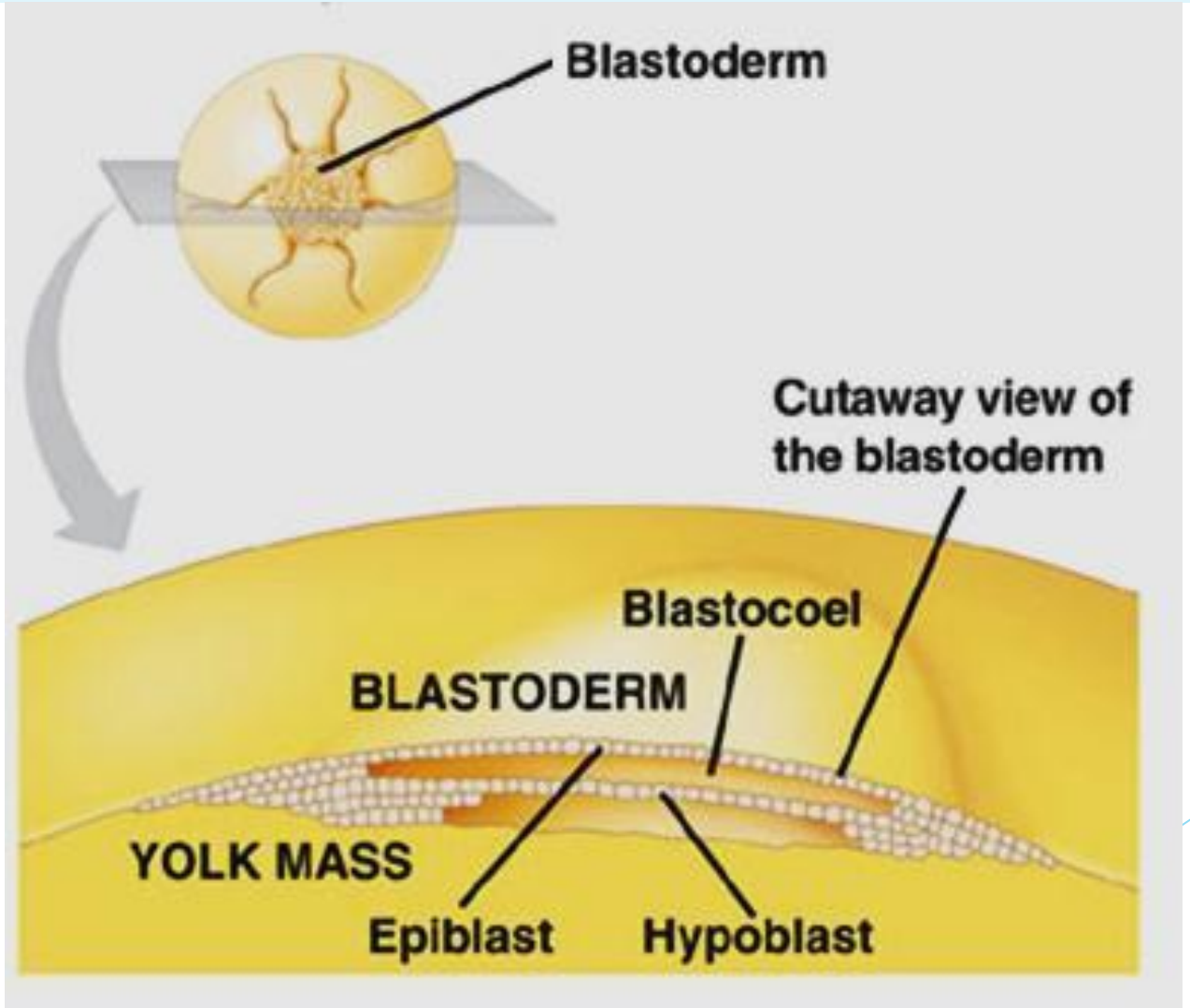


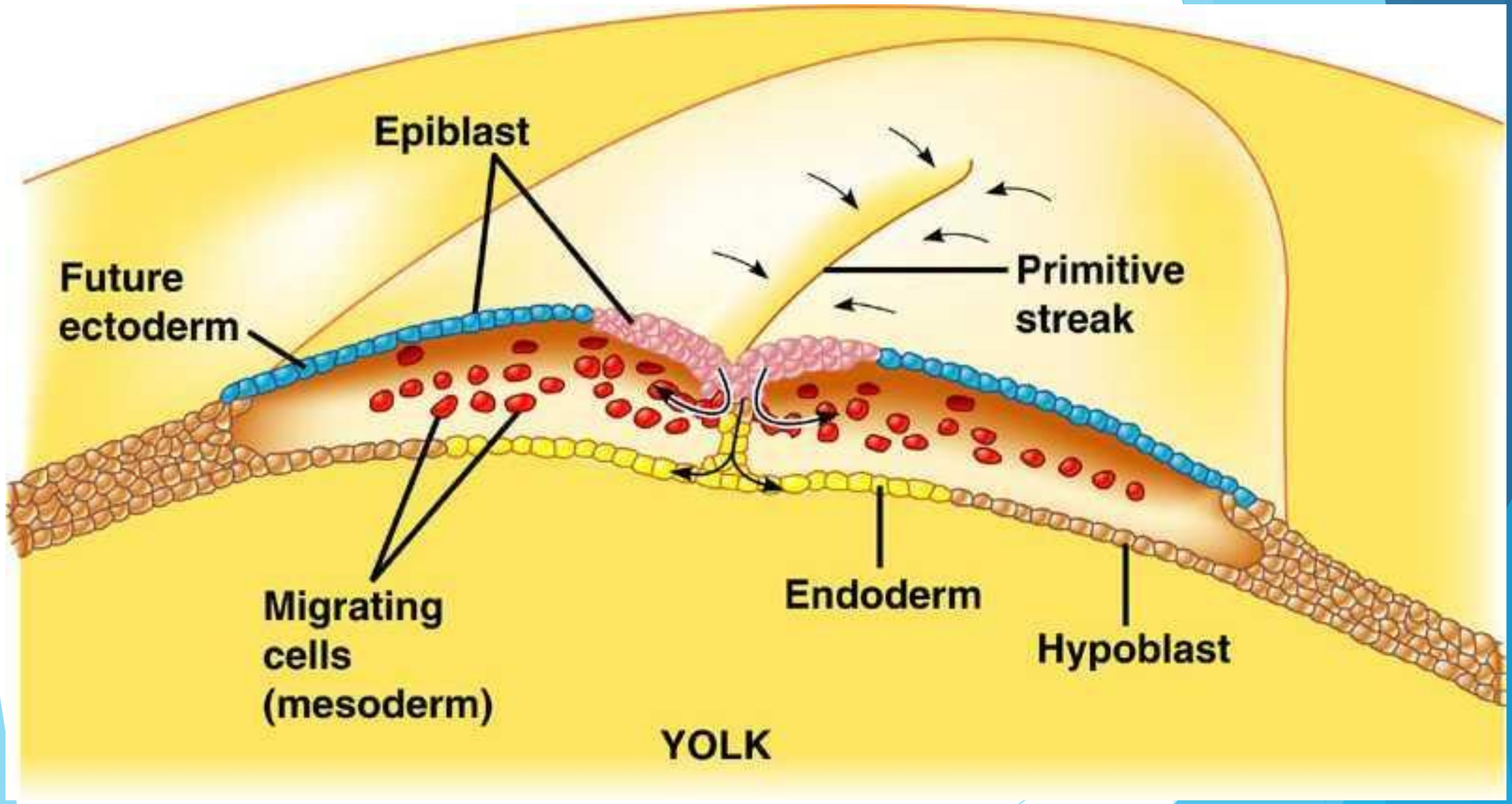
ระยะบลาสทูเลชันจากการที่เซลล์แบ่งได้ในคลีเวจขยายออกไปในแนวราบ ลักษณะของบลาสทูลาจึงเห็นเป็นแผ่น โดยมีกลุ่มเซลล์บลาสโทเดิร์มเรียงตัวซ้อนกัน มากกว่า 1 ชั้น

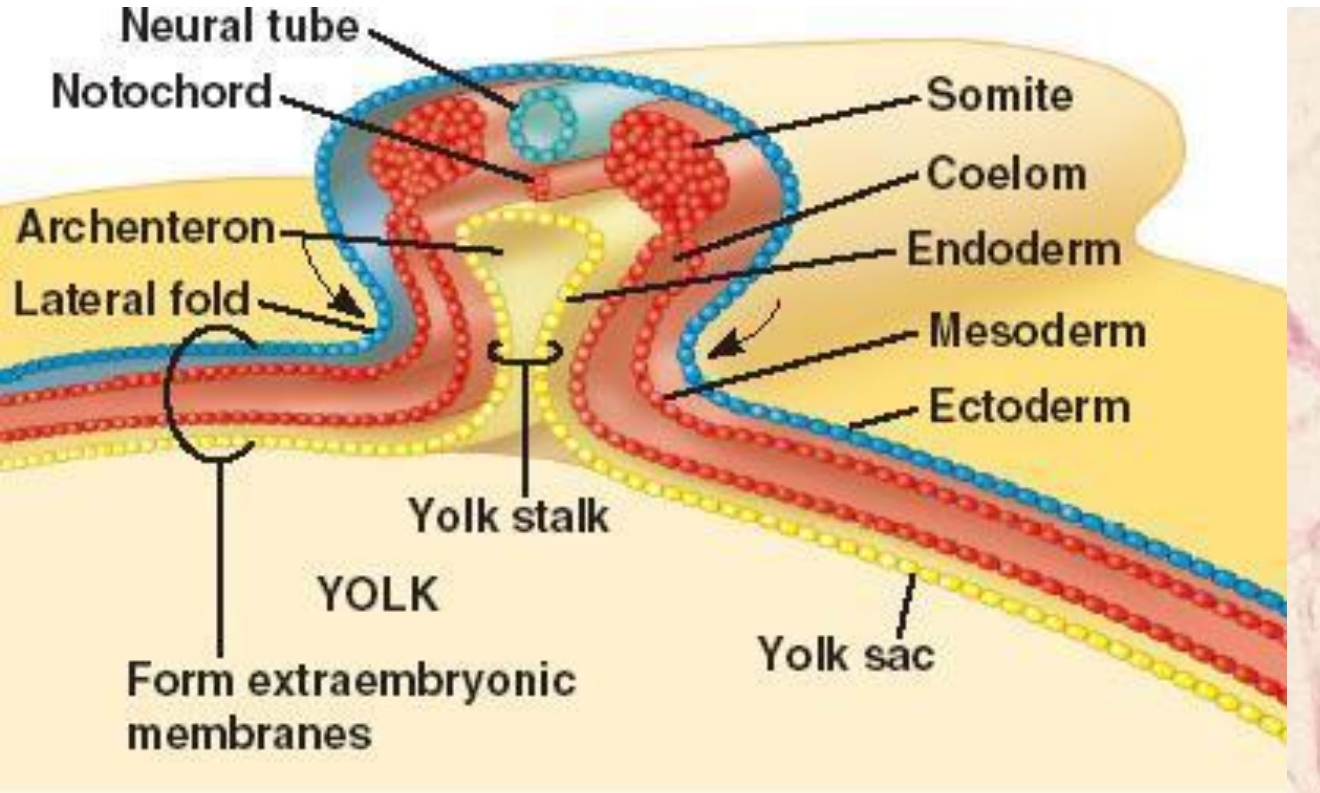


ระยะแกสทรูเลชัน เซลล์ของเอ็มบริโอในระยะบลาสทูลาจะแยกตัวเป็น 2 ชั้น

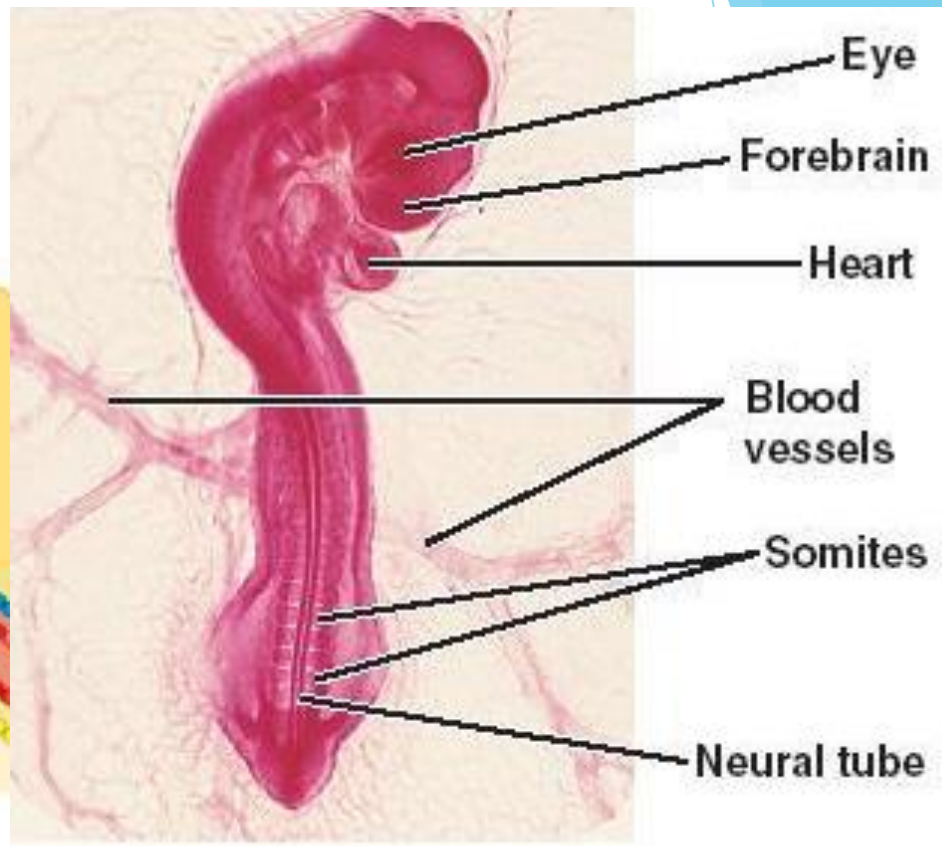
- เนื้อเยื่อชั้นนอก เรียกว่า เอพิบลาสต์(epiblast) เจริญเป็น เอกโทเดิร์มและ มีโซเดิร์ม
- ส่วนชั้นในเรียกว่า ไฮโพบลาสต์ (hypoblast) จะเจริญเป็นเอนโดเดิร์ม



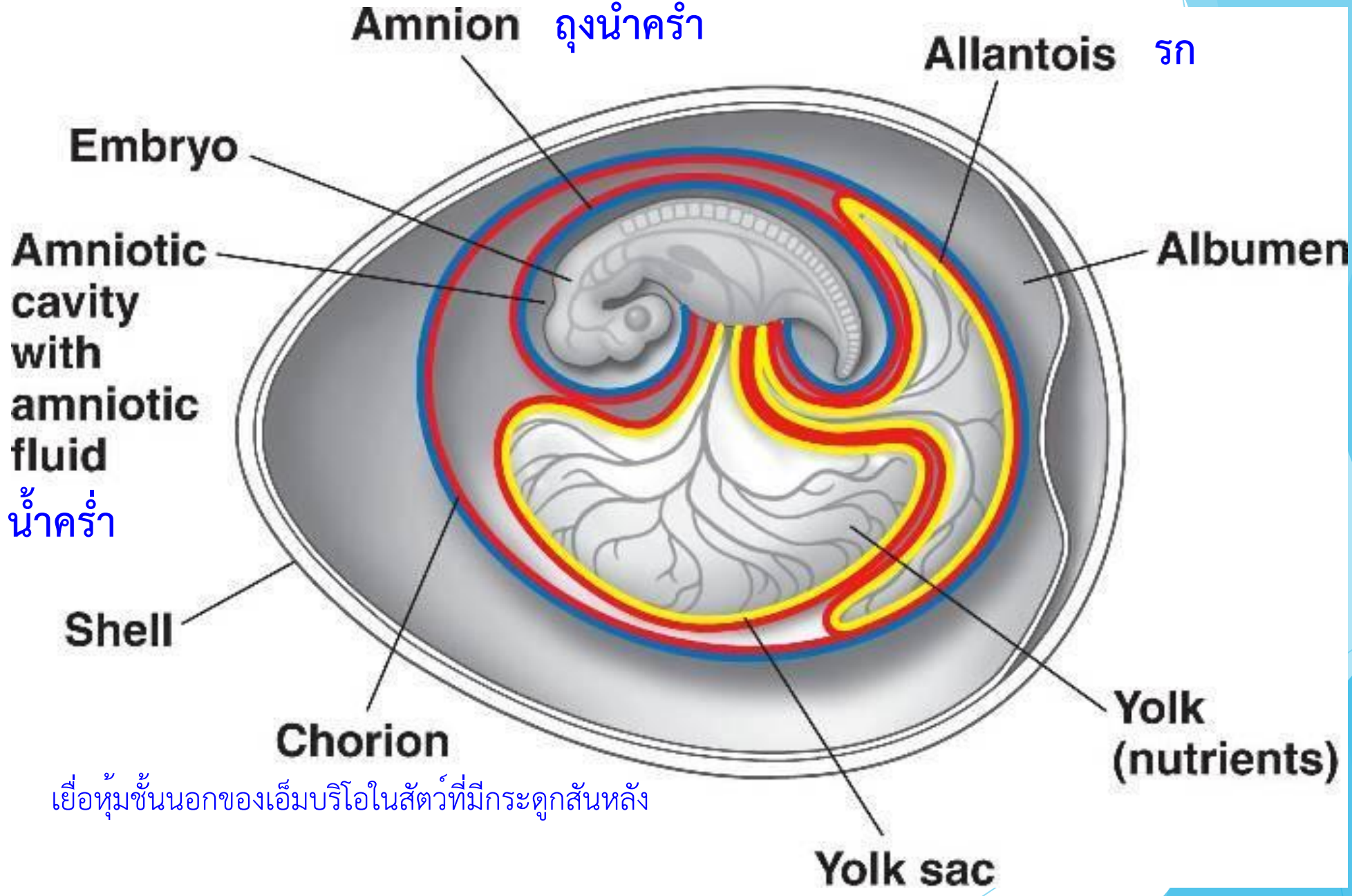

Epiblast
Future ectoderm
Primitive streak
Migrating cells (mesoderm)
Endoderm
Hypoblast
YOLK



(a) Early organogenesis

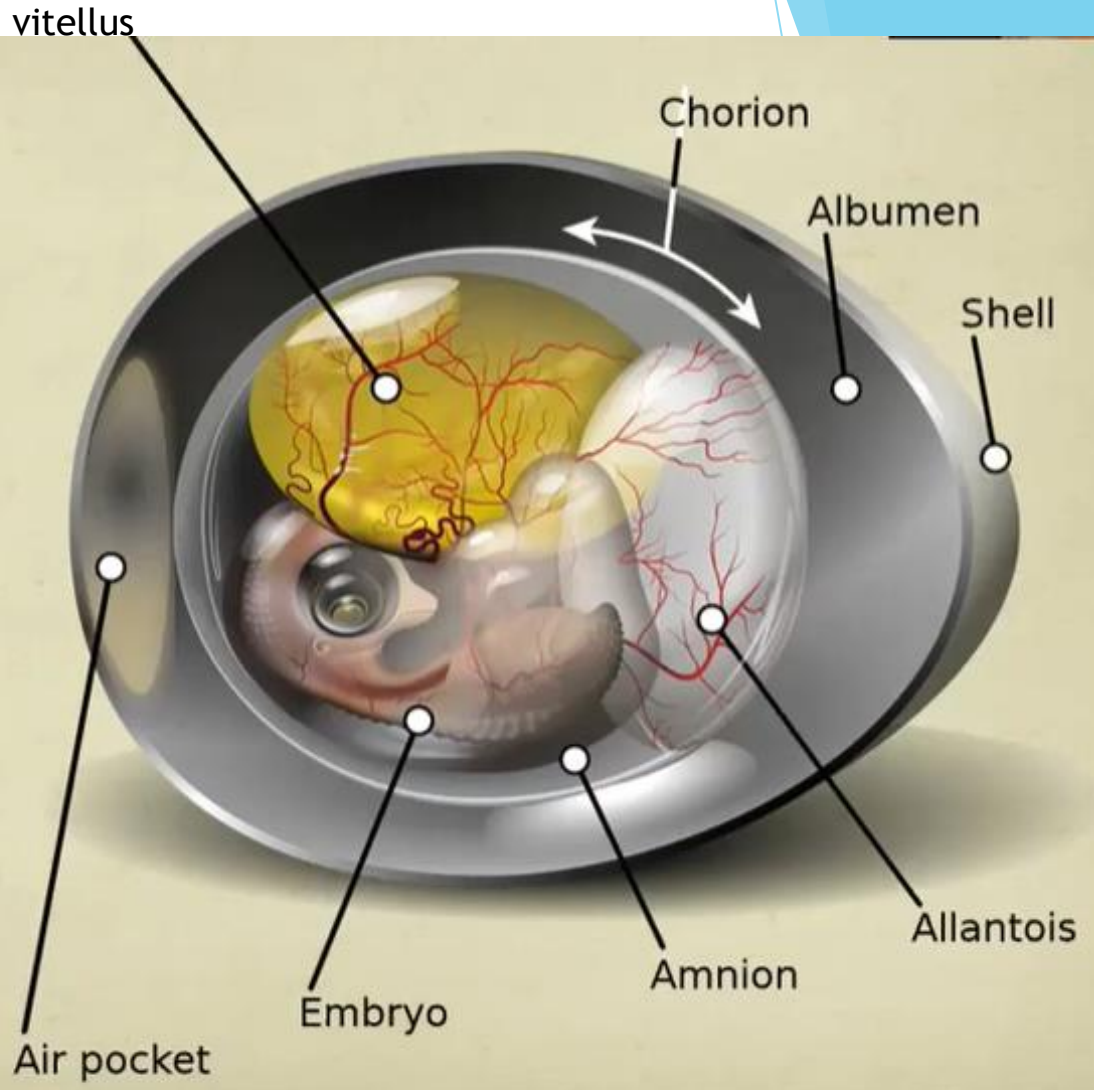


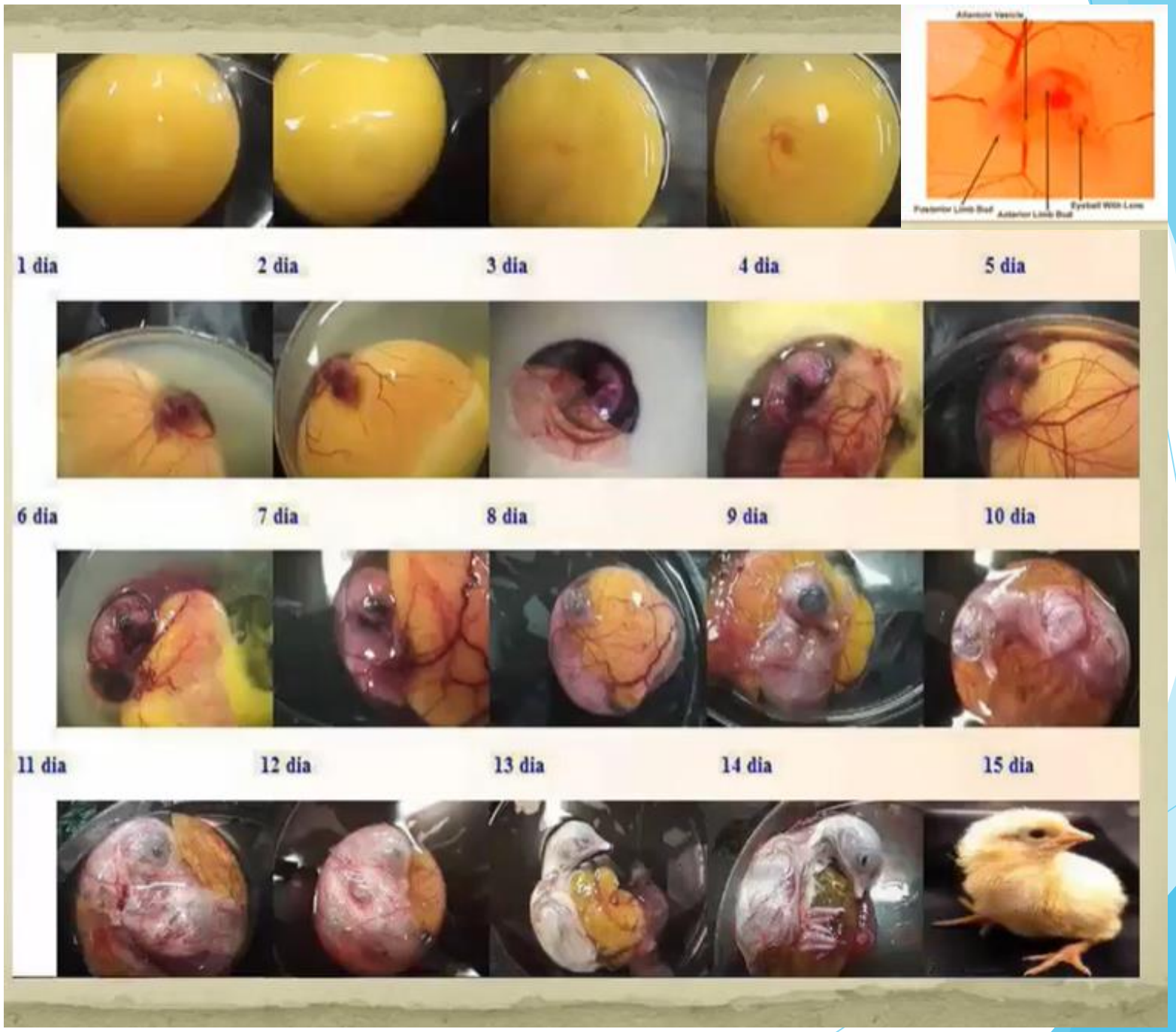
(b) Late organogenesis



เยื่อหุ้มชั้นนอกของเอ็มบริโอในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง

การเจริญเติบโตของไก่




1 dia
2 dia
3 dia
4 dia
5 dia
6 dia
7 dia
8 dia
9 dia
10 dia
11 dia
12 dia
13 dia
14 dia
15 dia

การเกิดท่อประสาท

1. Neural ectoderm จะหนาขึ้นเป็นแผ่น เรียก neural plate
2. Neural plate ยกตัวสูงขึ้น เกิดเป็นแอ่ง เรียก neural groove
3. สันสองข้างยกตัวสูงมาก เกิดเป็นท่อ เรียก neural tube ล้อมรอบที่ว่างตรงกลาง

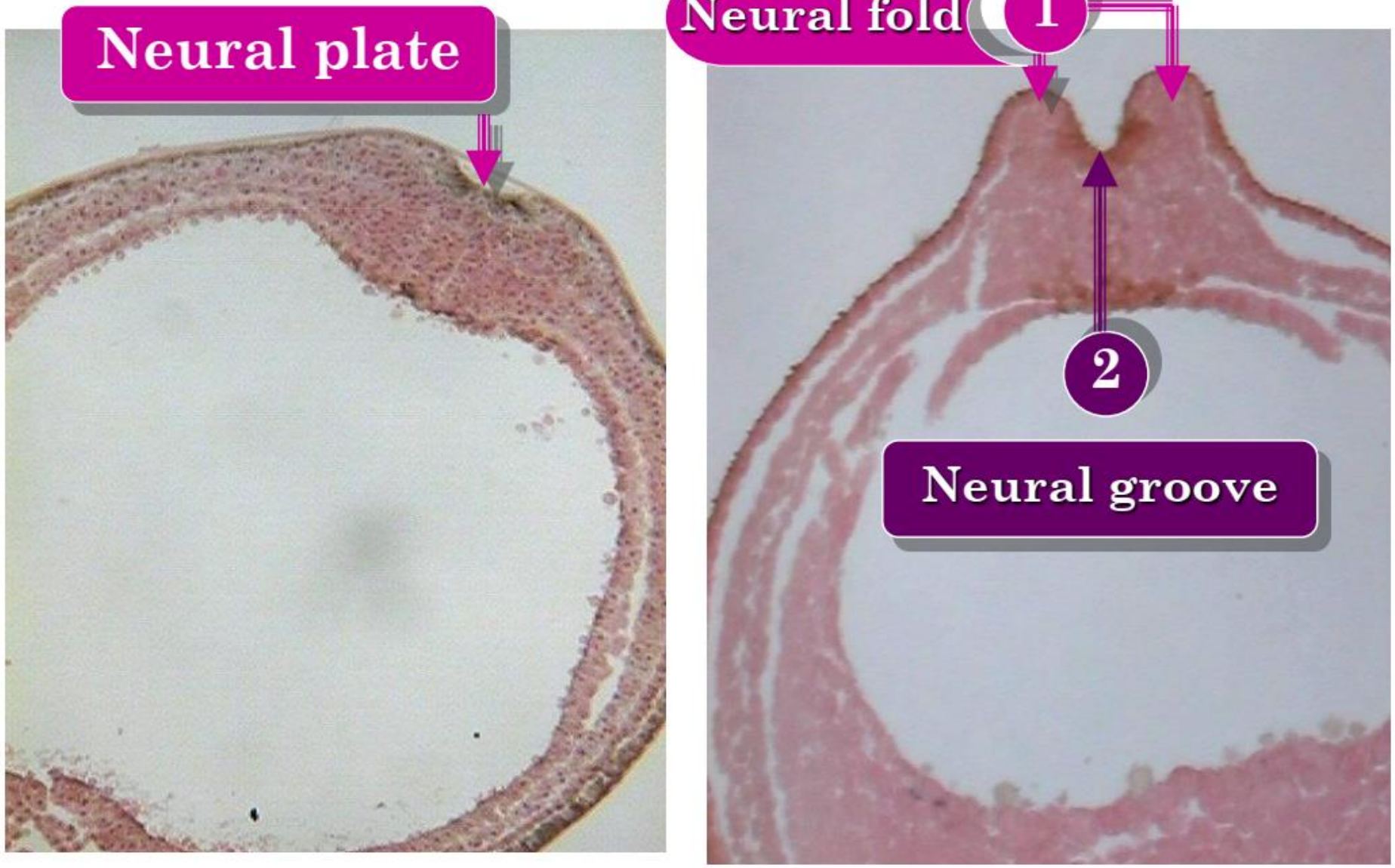
เรียก neural canal หรือ neurocoel

Neural tube → brain, spinal

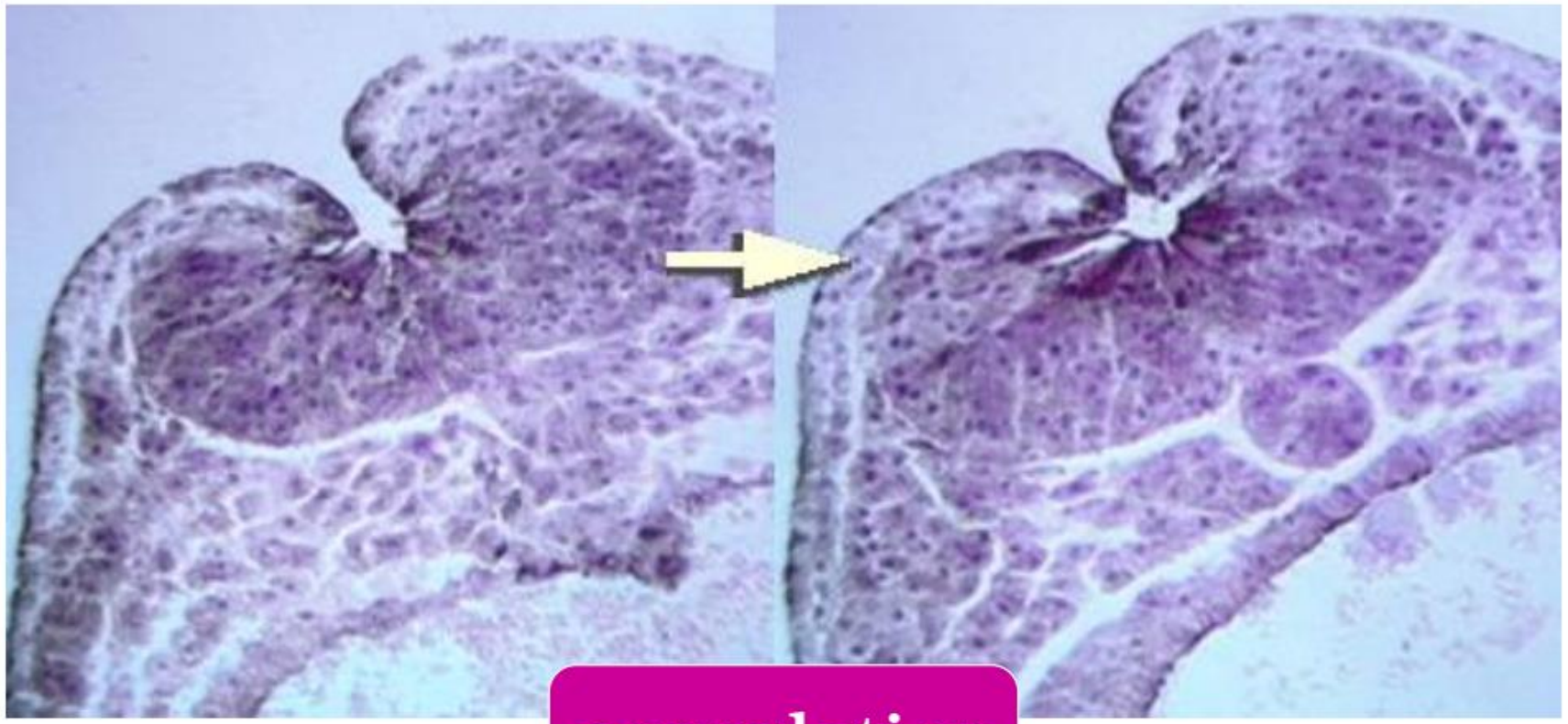
Neural canal → ช่องว่างระหว่างสมองและไขสันหลัง

Chordamesoderm หรือเยื่อชั้นกลางระหว่าง neural ectoderm และด้านหลัง archenteron จะเจริญเป็น notochord ทำหน้าที่เป็นแกนพยุง embryo

Development : Neurula

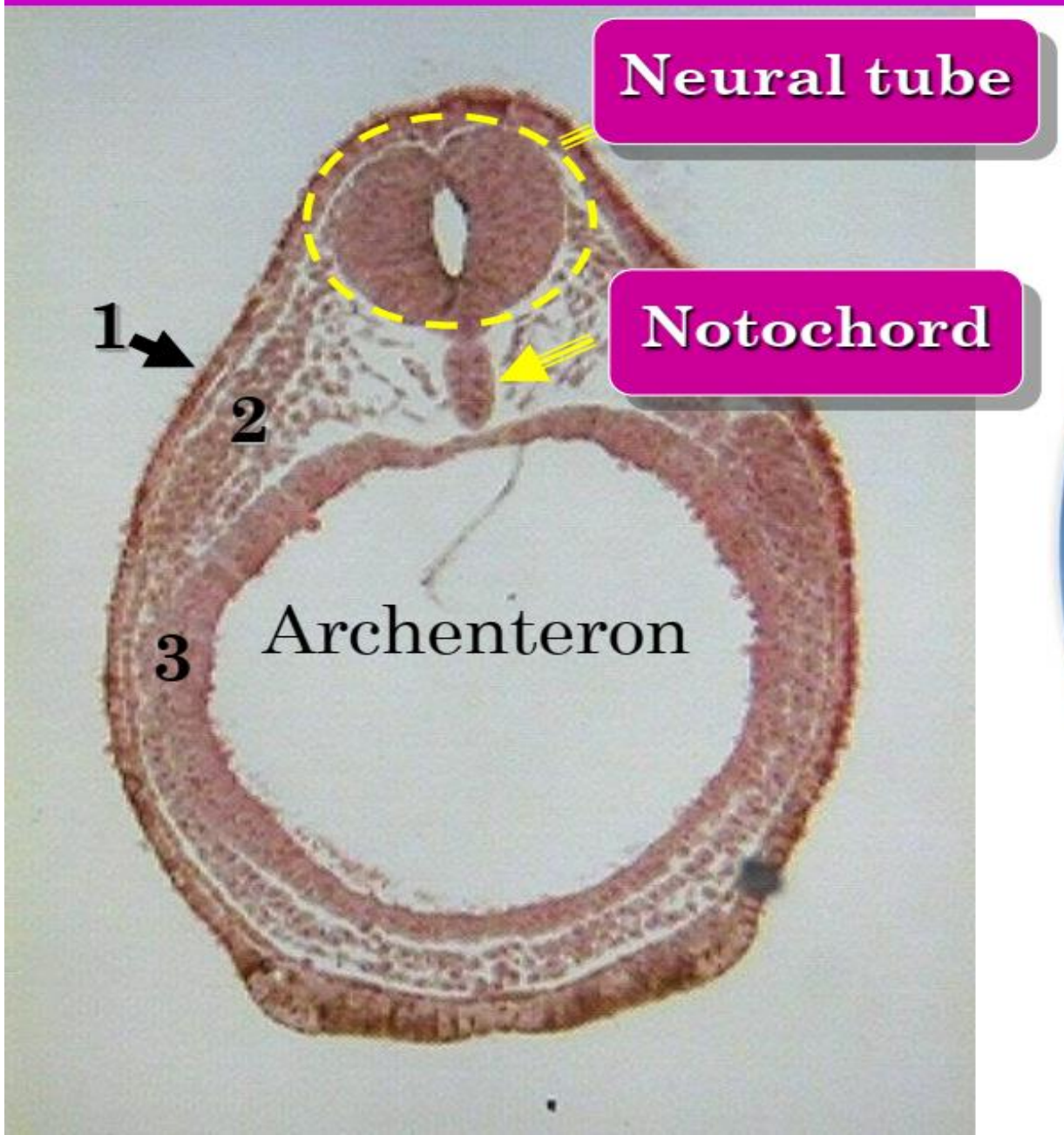


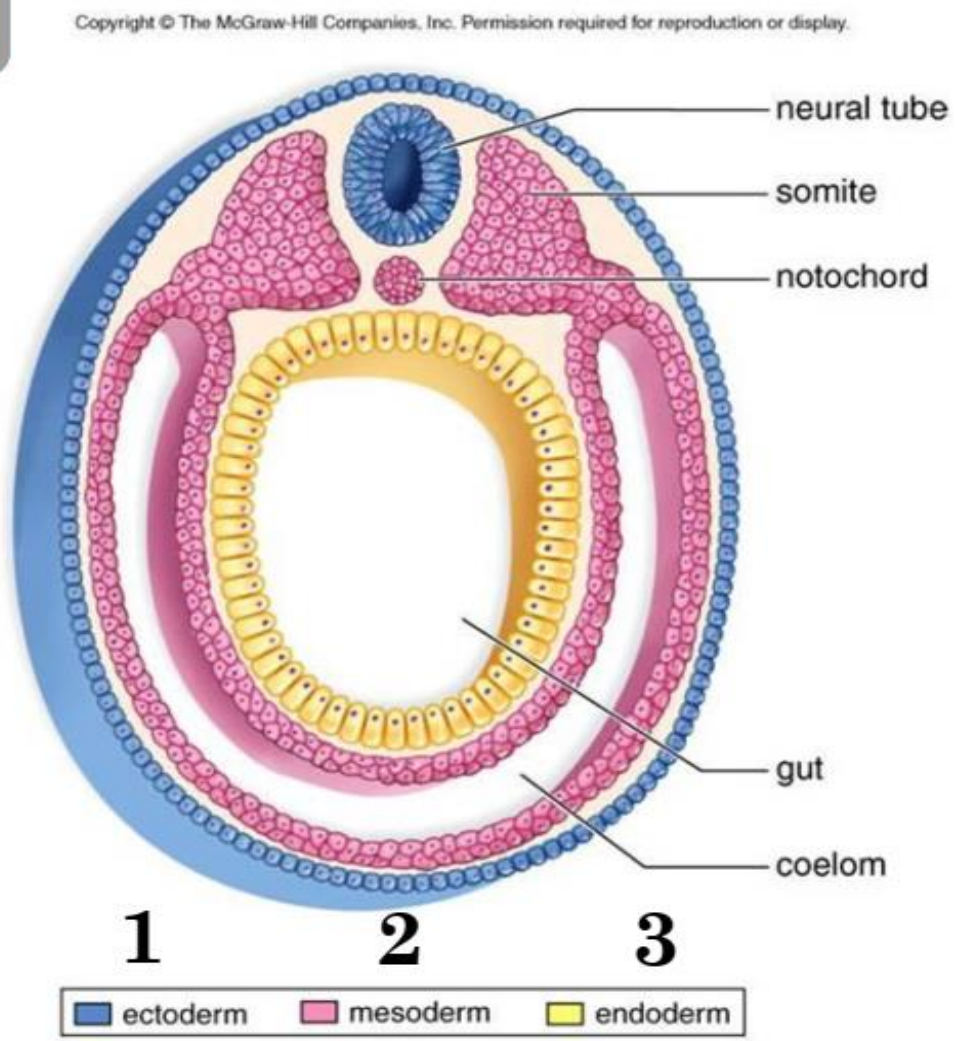
Development : Neurula



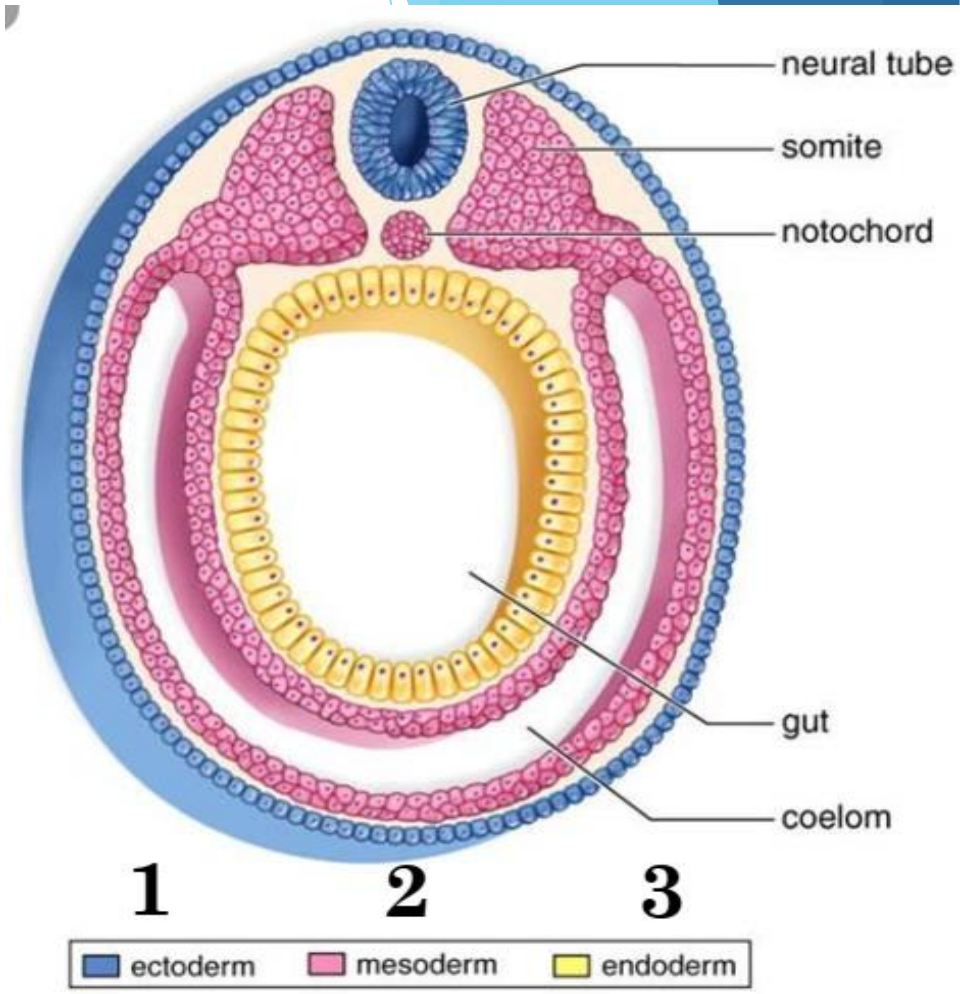
neurulation

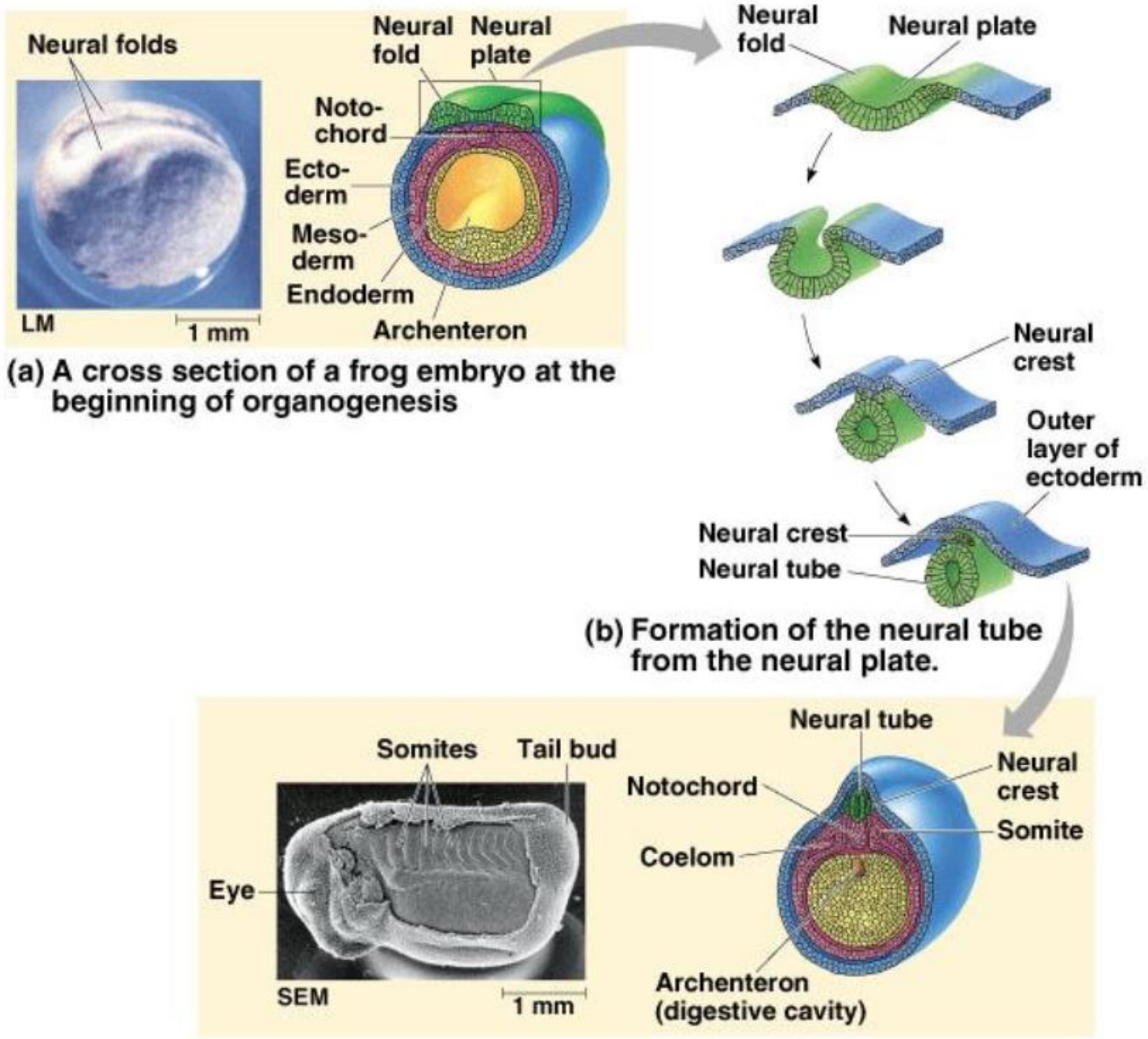
Development : Neurula



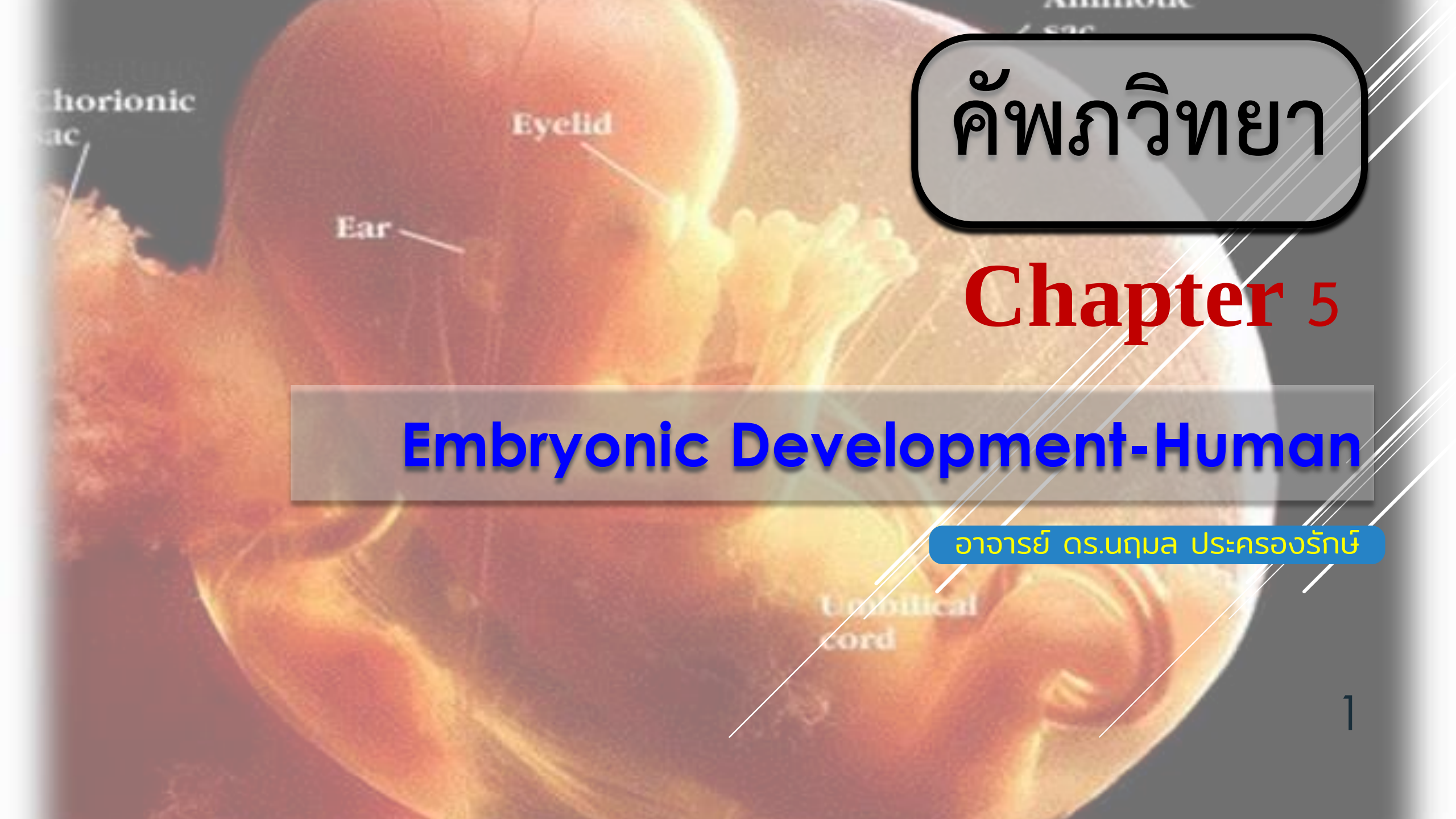


- notochord พบได้ในเอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสันหลังทุกชนิด แต่กระดูกสันหลังมักจะมาทำหน้าที่แทน notochord ในระยะตัวเต็มวัย ทำให้ notochord หายไปหรือลดรูปเป็นโครงสร้างใหม่ (เช่น กลายเป็นแกนกลางในหมอนรองกระดูกของมนุษย์)
- Somite จะเจริญไปเป็น axial skeleton (กระดูกแกนกลาง), myotome (muscle tissue), sclerotome(cartilage and bone), dermatome (dermis)





Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



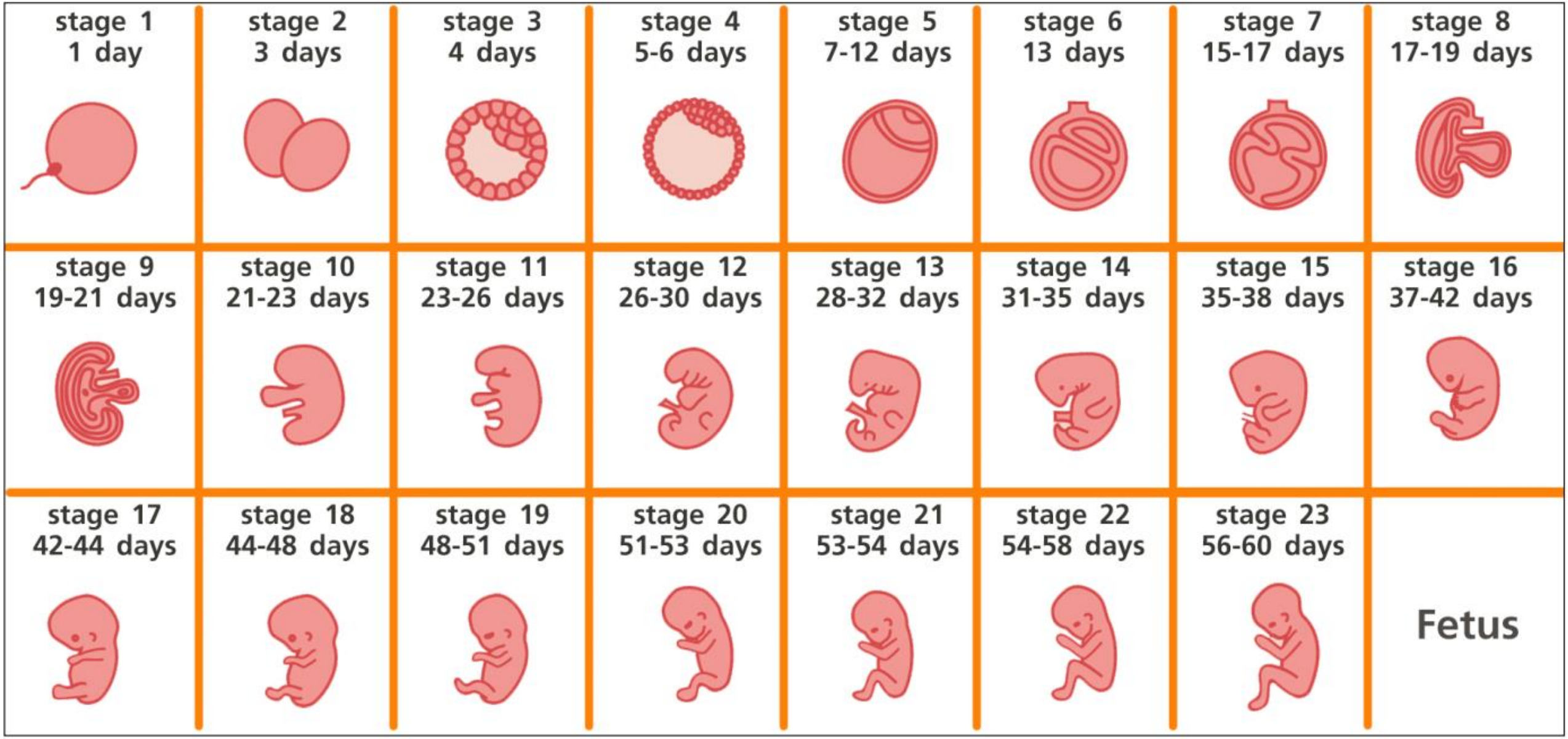
คัพภวิทยา

Chapter 5

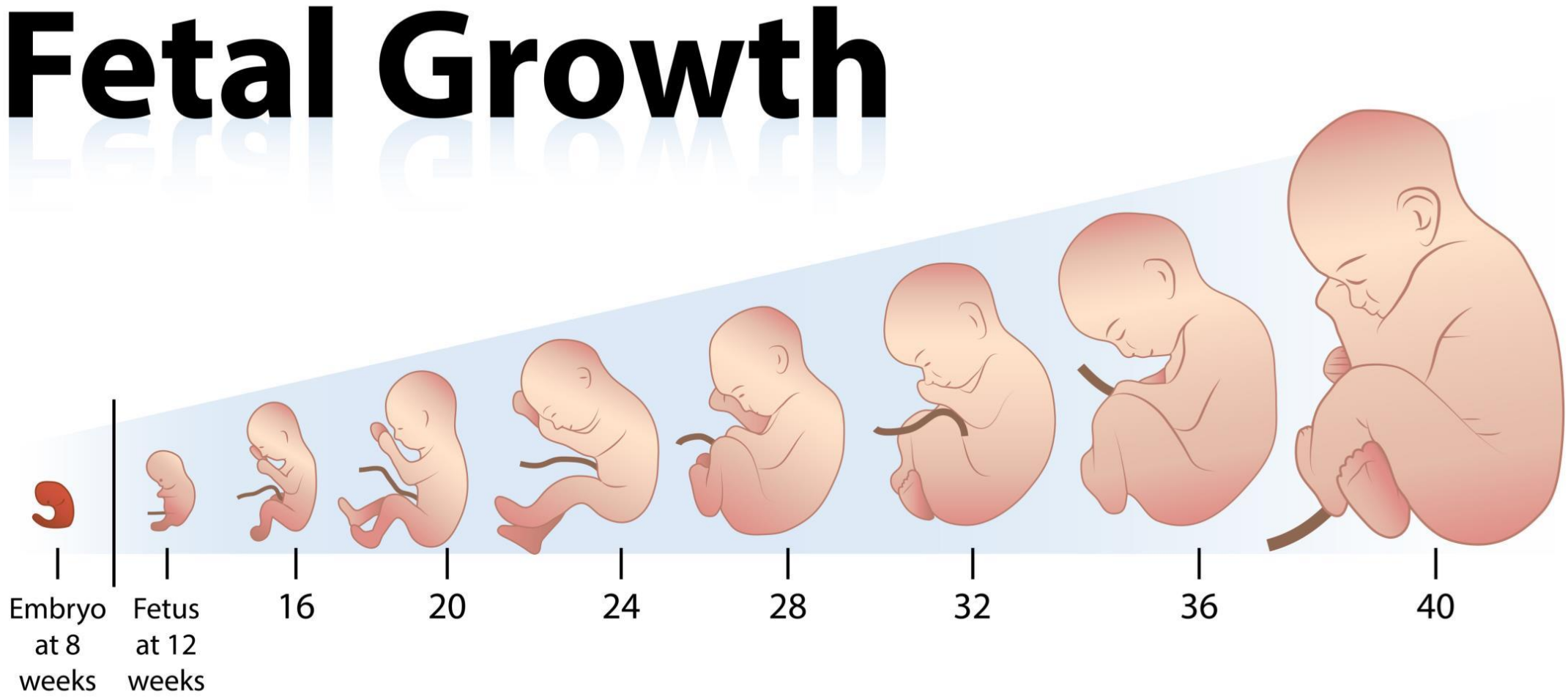
Embryonic Development-Human

อาจารย์ ดร.นฤมล ประครองรักษ์

Carnegie Stage of Human Development



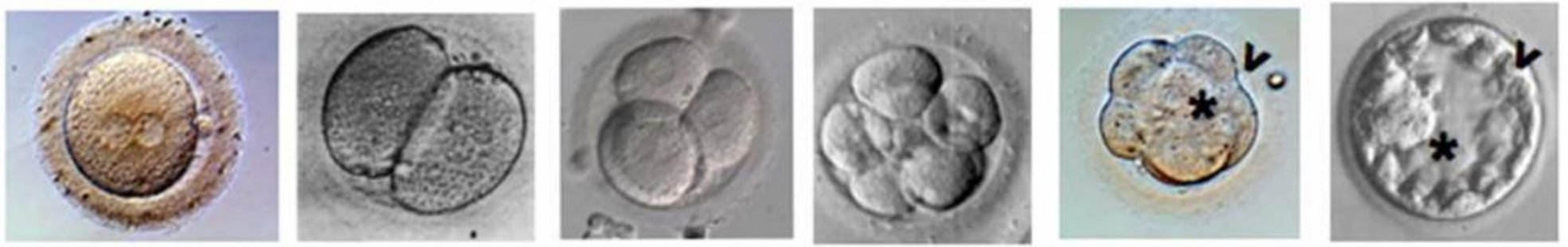
การเจริญเติบโตของคนระยะฟีตัส (fetus)



การเจริญเติบโตของคนในระยะเอ็มบริโอ

สัปดาห์แรกของการเจริญเติบโต

- ไข่ได้รับการปฏิสนธิจากตัวอสุจิกลายเป็นไซโกตที่ท่อนำไข่ส่วนต้น
- ระยะคลีเวจจะแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็ว
- เรียกเอ็มบริโอระยะนี้ว่า มอรูลา (morular)



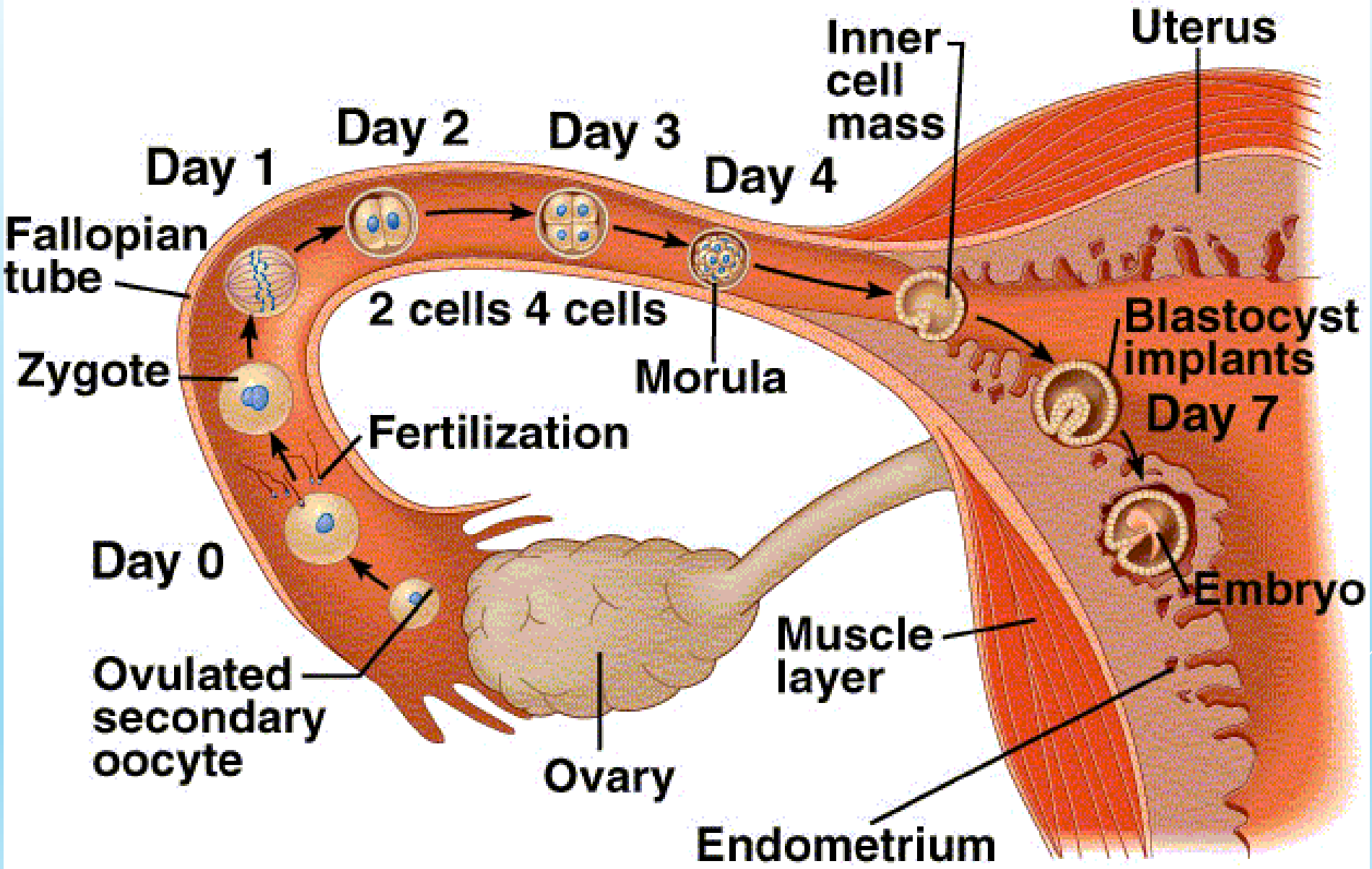
	zygote	2-cell	4-cell	multi-cell	morula	blastocyst
mouse	D0	D1	D1-2	D2	D2-3	D3-4
human	D1	D1-2	D2	D3	D3-4	D5

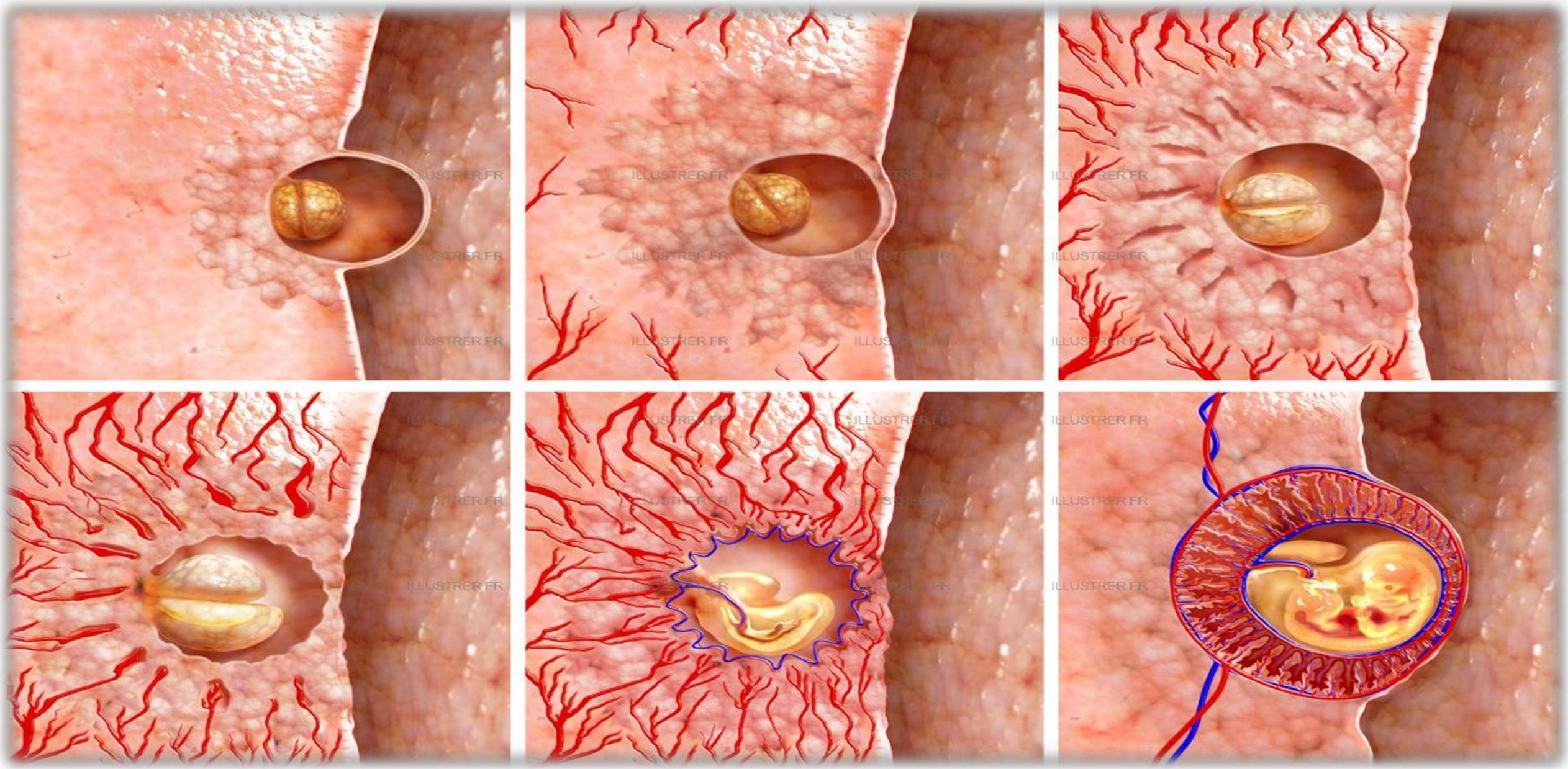
* inner cells of the morula form the inner cell mass; ^outer cells of the morula form the trophectoderm

Images are courtesy of Dr. B. Behr and the Stanford University IVF clinic.

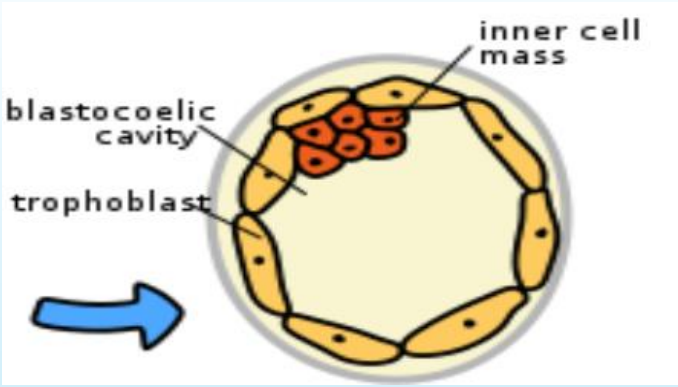
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

From ovulation to implantation





การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 2

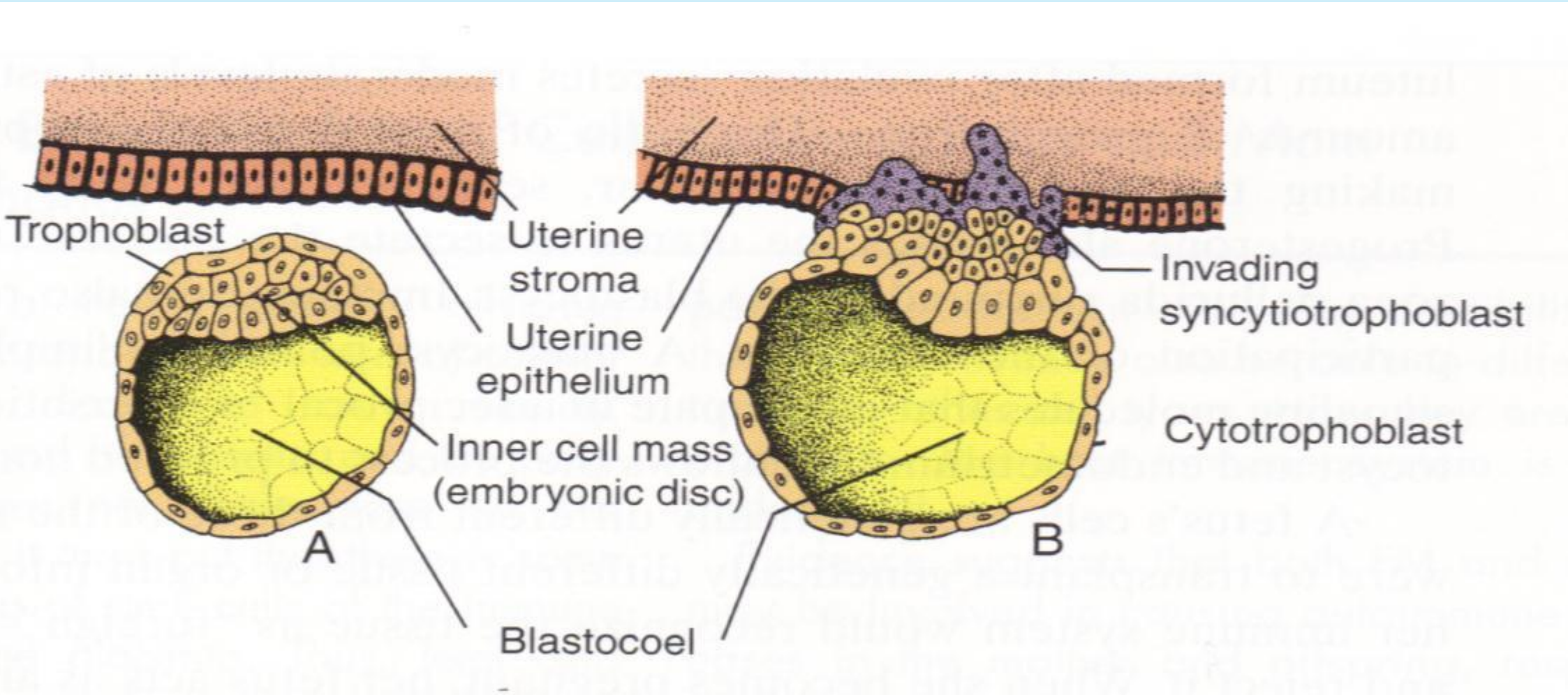


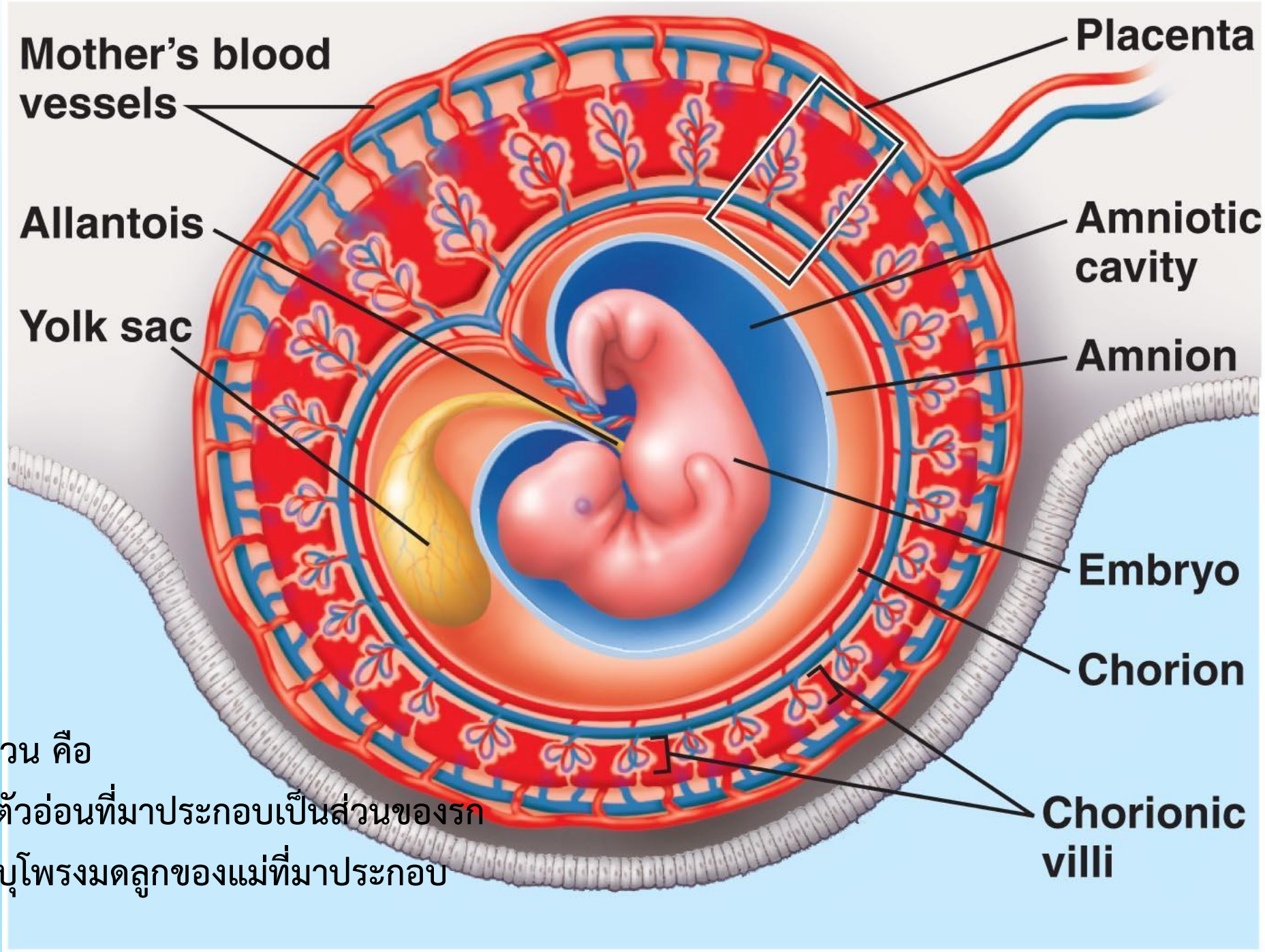
- บลาสโทซิสมีขนาดใหญ่ขึ้น และแบ่งได้เป็น 2 บริเวณคือ

บริเวณรอบนอกสุด → **โทรโฟบลาสต์ (trophoblast)**

บริเวณด้านใน → **เป็นกลุ่มเซลล์ (inner cell mass)**

- บริเวณรอบนอกสุด เรียกว่า โทรโพบลาสต์ (trophoblast) ที่เชื่อมติดกับเยื่อมดลูก เจริญกลายเป็นรก (placenta) ซึ่งเป็นอวัยวะทำหน้าที่เป็นตัวกลางเพื่อแลกเปลี่ยนสารอาหาร แก๊สและของเสียระหว่างเอ็มบริโอกับเลือดของแม่





Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

รก (Placenta)

• ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วน คือ

– Chorion เป็นเนื้อเยื่อของตัวอ่อนที่มาประกอบเป็นส่วนของรก

– Decidua basalis เป็นเยื่อบุโพรงมดลูกของแม่ที่มาประกอบเป็นส่วนของรก

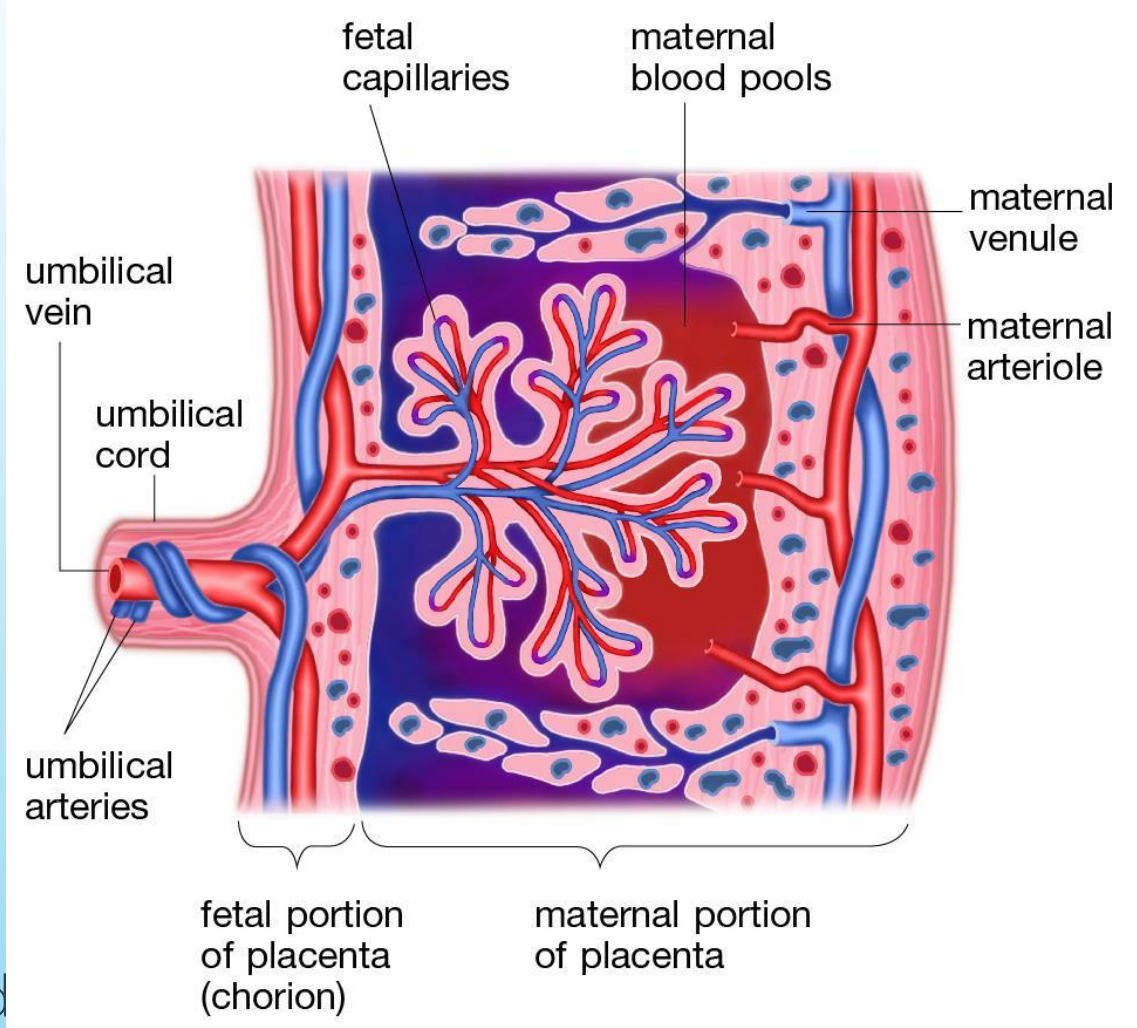
สายสะดือ (umbilical cord)

- เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่าง placenta กับทารก
- มีลักษณะเป็นสายยาวประมาณ 50-60 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร
- บิดเป็นเกลียวเกาะอยู่ตรงกลางรก
- ภายในประกอบด้วยเส้นเลือด 3 เส้น

❖ เส้นเลือดอาร์เทอรี (umbilical artery) 2 เส้น

❖ เส้นเลือดเวน (umbilical vein) เส้น (Oxygenated blood

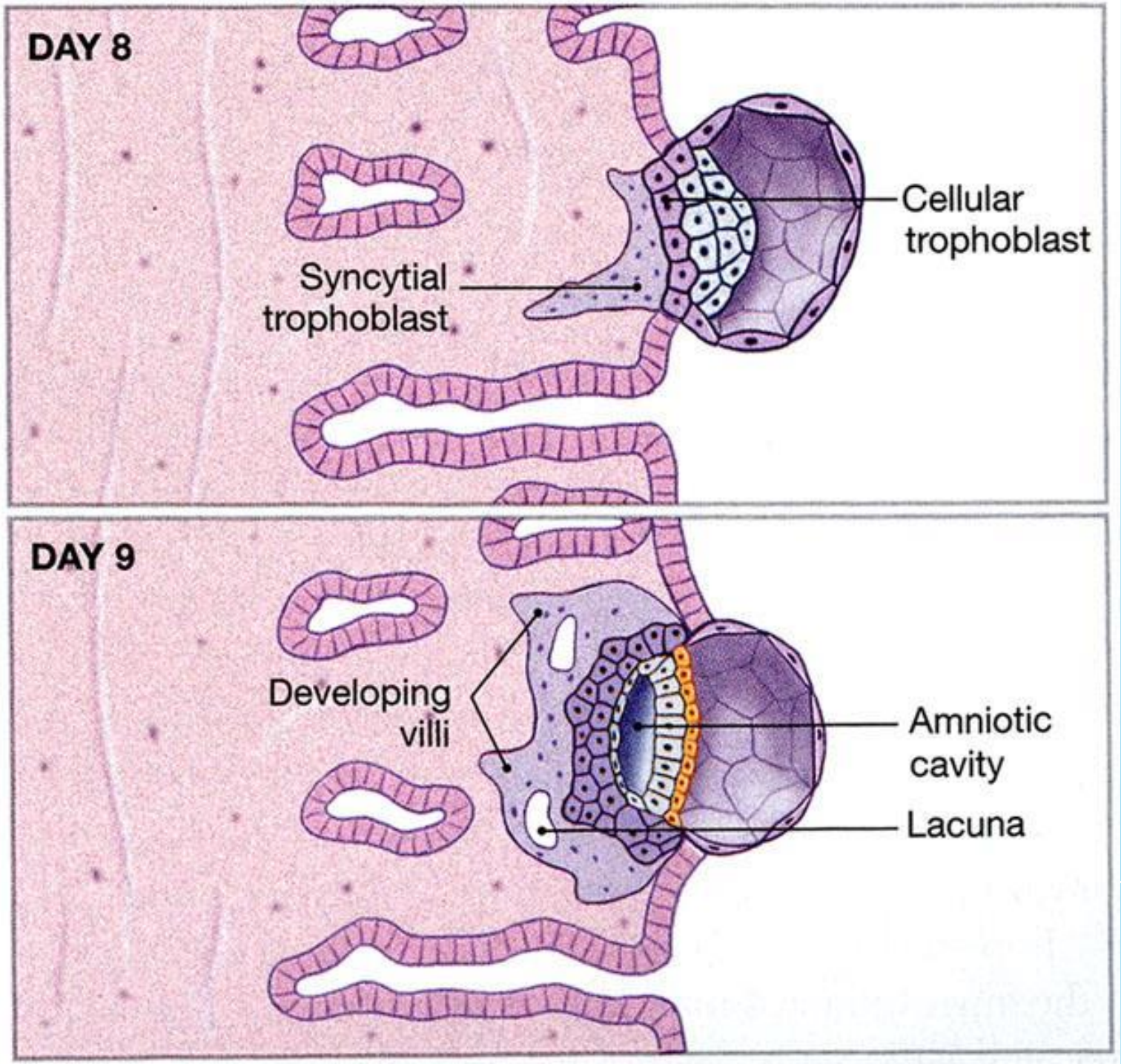
❖ แอลแลนทอยส์ ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สและเก็บสะสมของเสียจากเอ็มบริโอ แต่ตอนหลังจะเหี่ยวลีบไปเมื่อรกเจริญสมบูรณ์

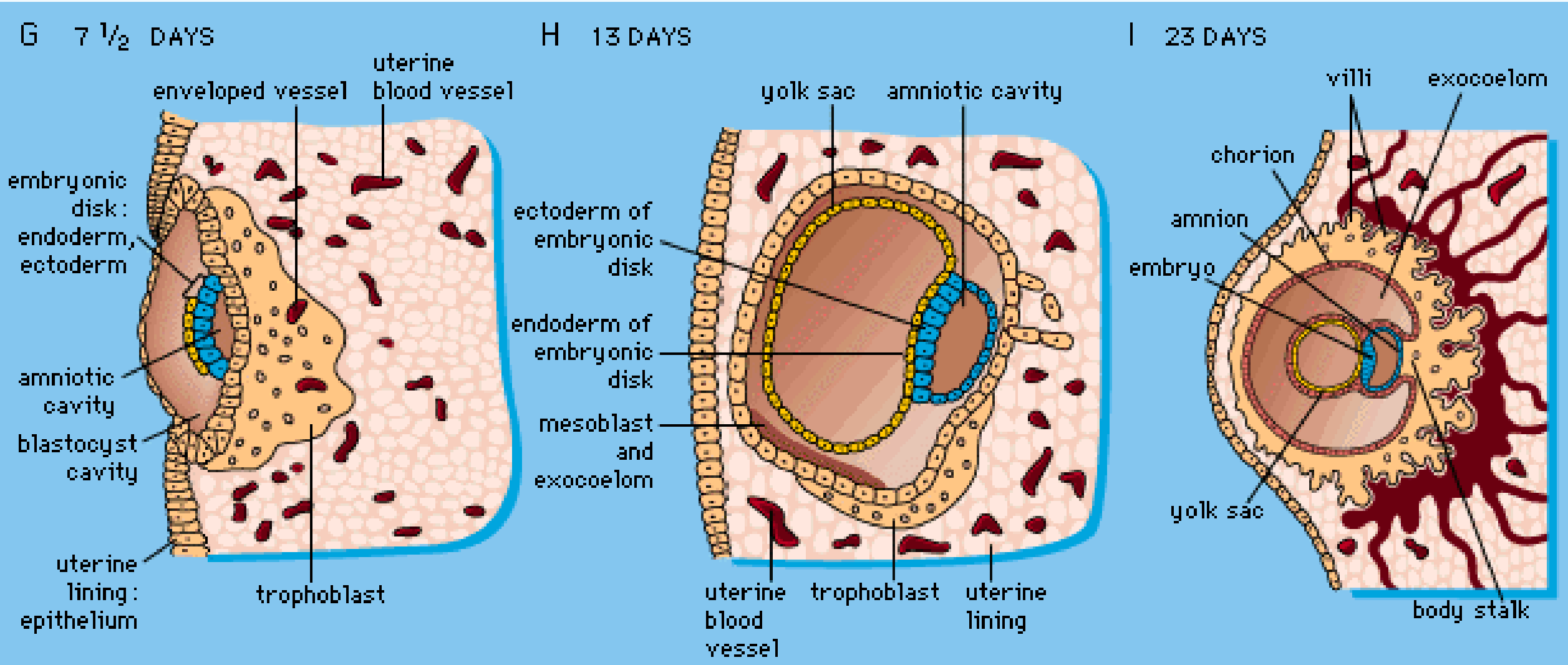


- บริเวณด้านในเป็นกลุ่มเซลล์ (inner cell mass) ติดอยู่ทางด้านบนของช่องบลาสโทซิสต์ จะเจริญกลายเป็นถุงกลวง 2 ถุง คือ
- **ถุงน้ำคร่ำ (amnion)**
- **ถุงไข่แดง (yolk sac)**
- ผนังของถุงน้ำคร่ำที่ติดกับผนังของถุงไข่แดง เรียกว่า **แผ่นเอ็มบริโอ(embryonic disc) เป็นส่วนที่กลายเป็นเอ็มบริโอต่อไป**

The yolk sac absorbs nutrients through a complex process and then delivers these nutrients to the developing embryo. This nutrition is essential because the yolk sac is the primary source of nutrition until the placenta takes over at around 10 weeks.

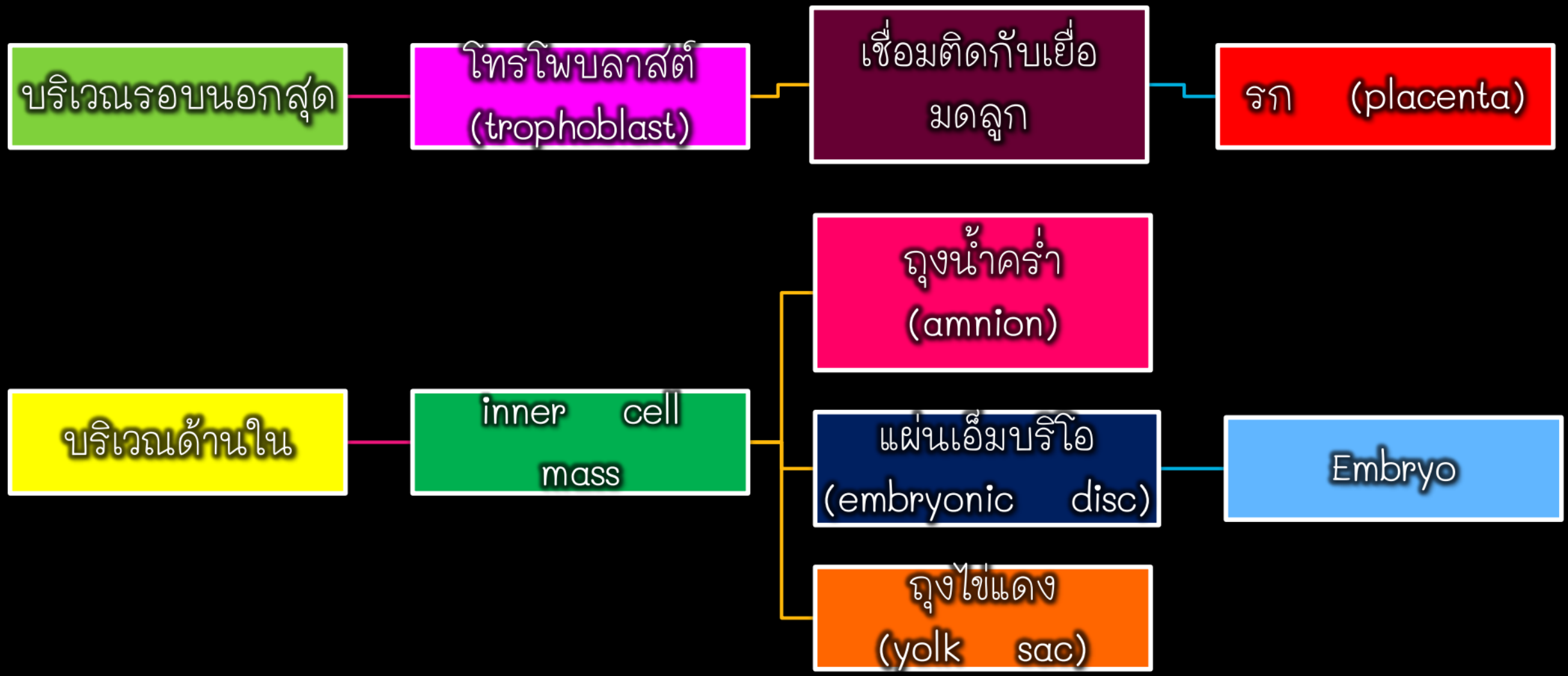
The amnion is a thin, tough membrane that protects a developing child. It allows for nutrients to reach the fetus and wastes to be removed. Amniotic fluid is found inside of the amnion and will provide protection for the developing child until it is time for the pregnancy to end.


DAY 8
Cellular trophoblast
Syncytial trophoblast
DAY 9
Developing villi
Amniotic cavity
Lacuna



HALF SECTIONS OF EMBRYOS IMPLANTED IN UTERINE LINING

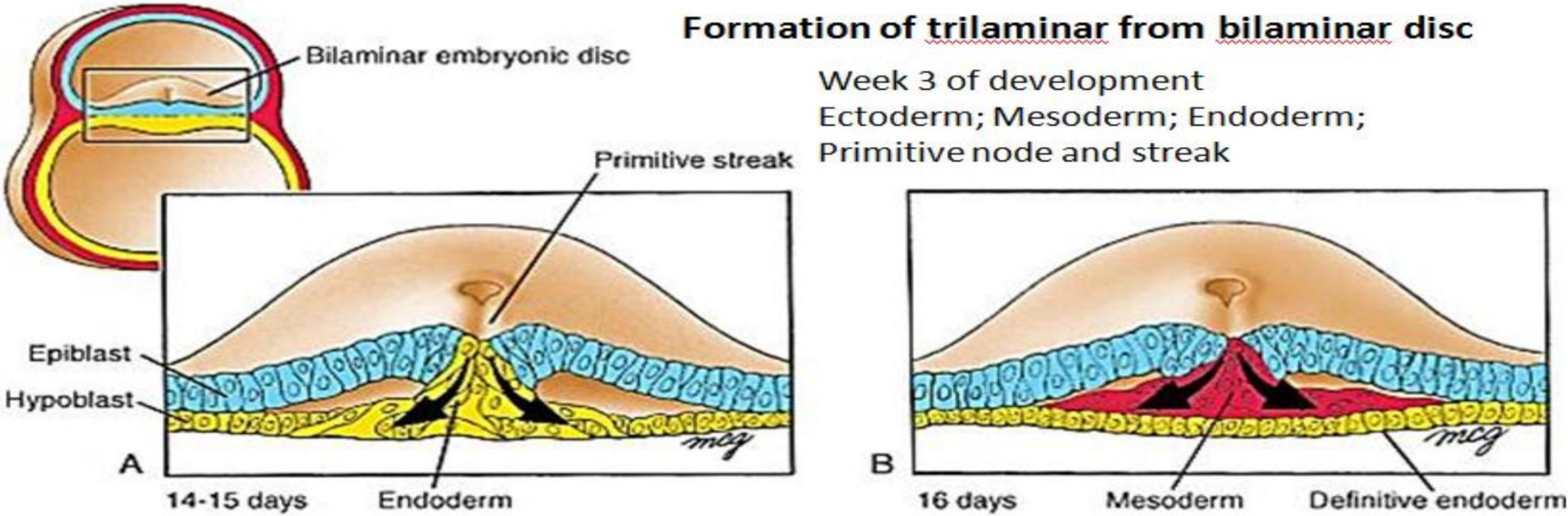
©1998 Encyclopaedia Britannica, Inc.


บริเวณรอบนอกสุด
โทรโฟบลาสต์ (trophoblast)
เชื่อมติดกับเยื่อมดลูก
รก (placenta)
บริเวณด้านใน
inner cell mass
ถุงน้ำคร่ำ (amnion)
แผ่นเอ็มบริโอ (embryonic disc)
Embryo
ถุงไข่แดง (yolk sac)

Gastrulation

Formation of trilaminar from bilaminar disc

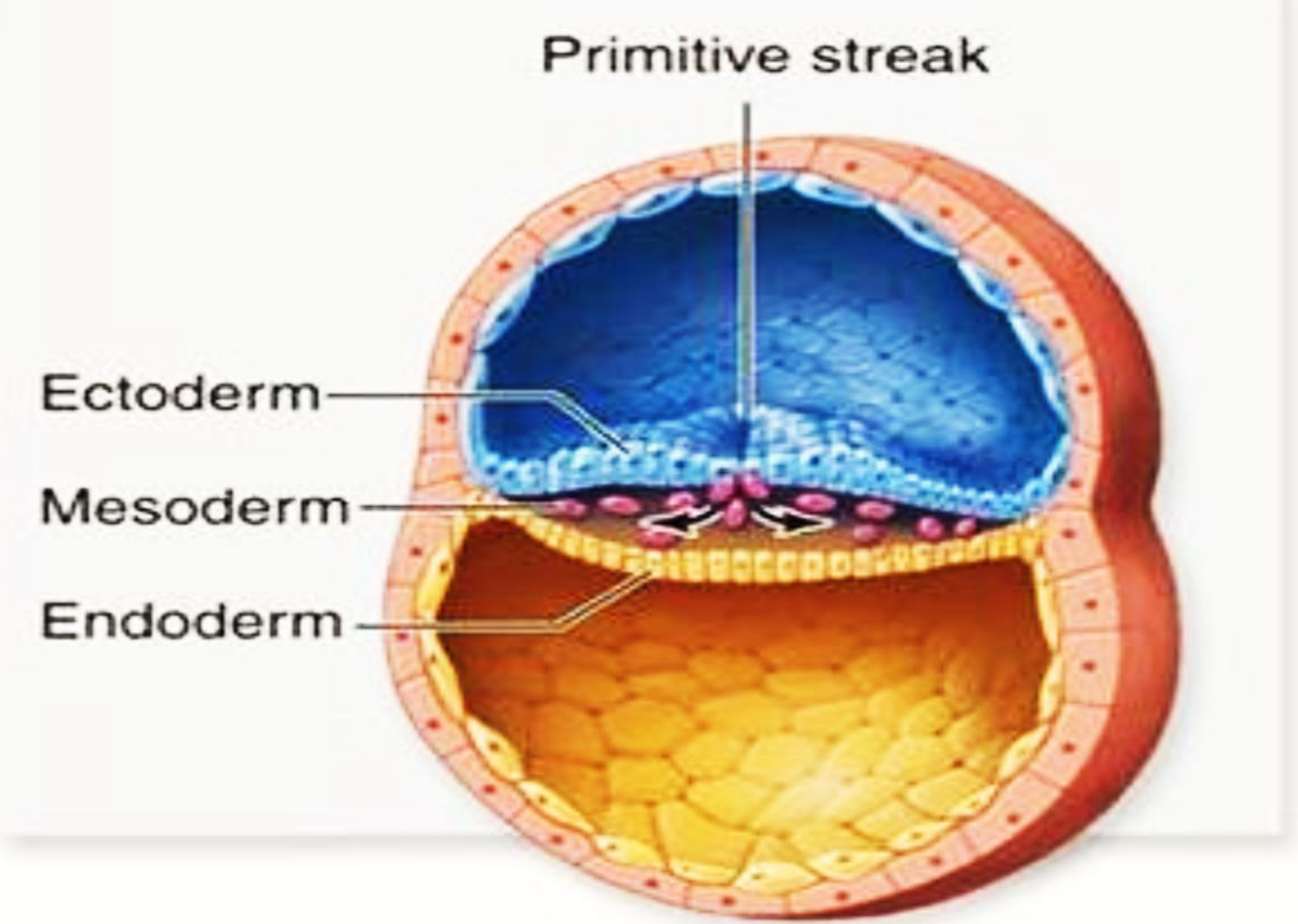
Week 3 of development
Ectoderm; Mesoderm; Endoderm;
Primitive node and streak

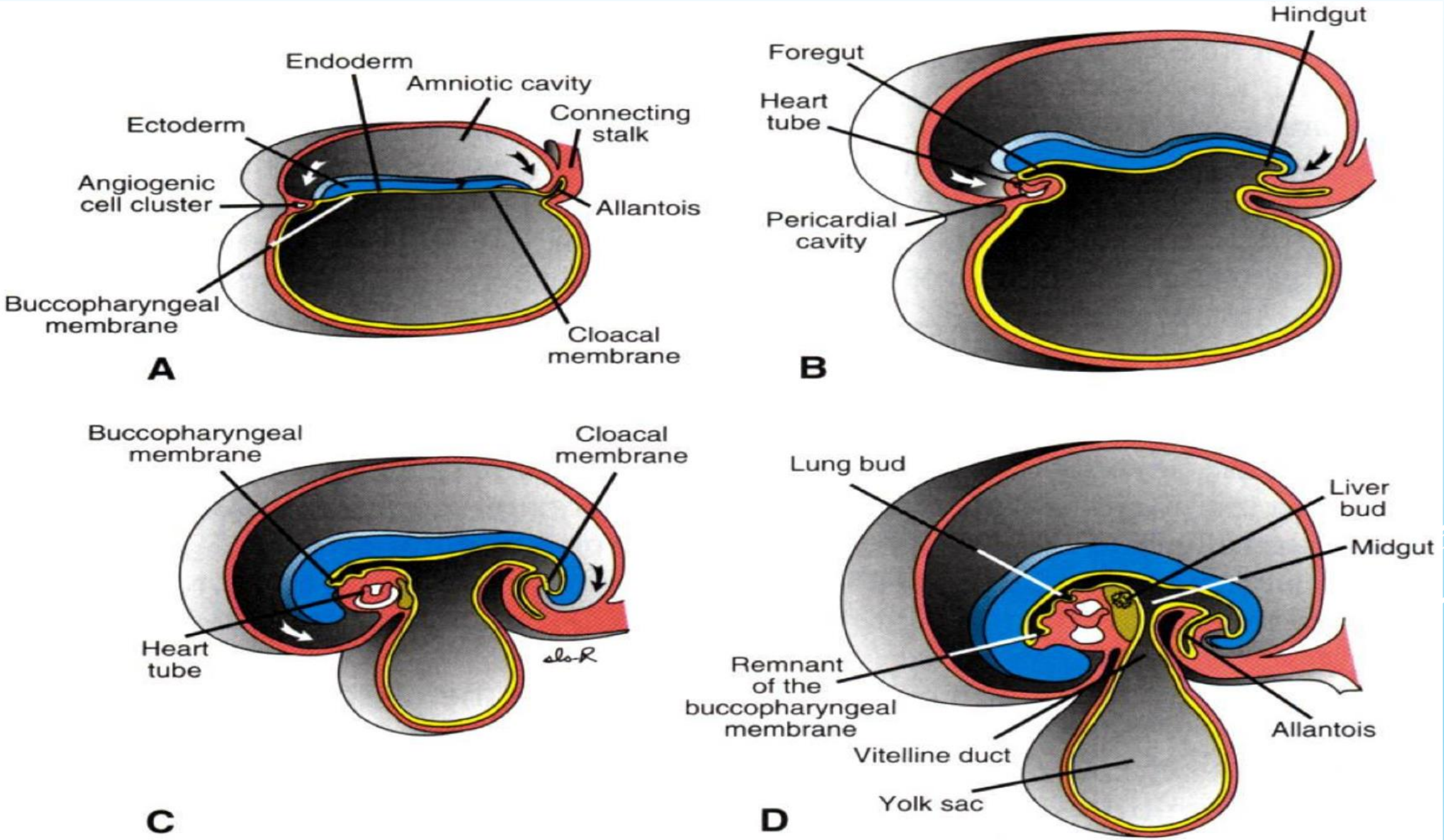


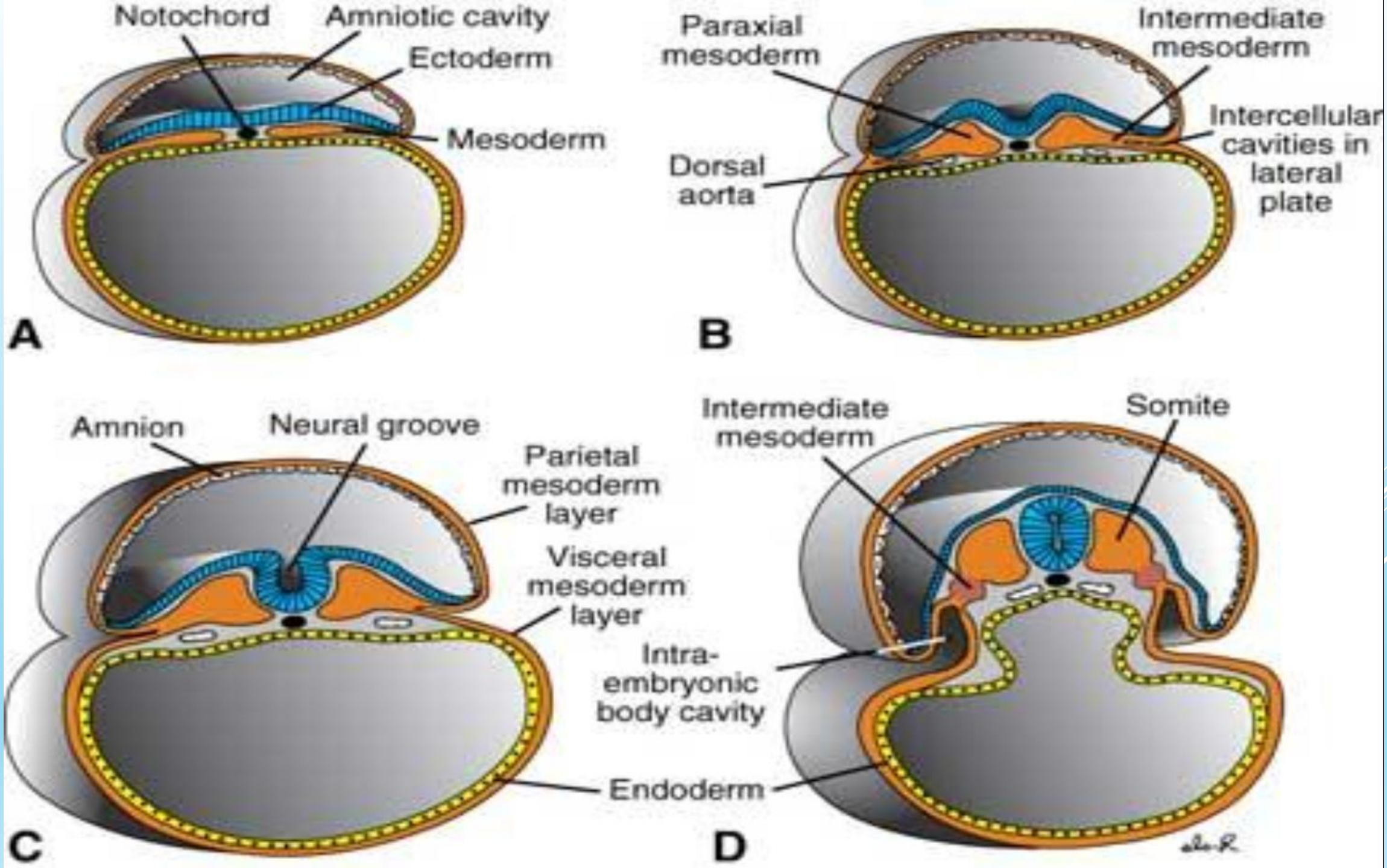
Ectoderm: Epidermis and CNS
Mesoderm: Musculoskeletal; Cardiovascular and Urogenital systems
Endoderm: Lining of GIT and respiratory tract

การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 2 (ต่อ)

- มีการเกิดของแผ่นเซลล์มีโซเดิร์ม (mesoderm) เป็นแผ่นเซลล์แผ่นชั้นที่ 3 ที่แทรกอยู่ระหว่างเอกโทเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม
- โดยเซลล์มีโซเดิร์มมีกำเนิดมาจากเซลล์เอกโทเดิร์มที่แบ่งตัว แล้วแทรกลงไประหว่างแผ่นเอกโทเดิร์มและเอนโดเดิร์ม
- เมื่อเอ็มบริโออายุได้ 2 สัปดาห์ จะมีความยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร มีการเจริญของเนื้อเยื่อเริ่มแรกเกิดขึ้น


Primitive streak
Ectoderm
Mesoderm
Endoderm


Endoderm
Amniotic cavity
Ectoderm
Connecting stalk
Angiogenic cell cluster
Allantois
Buccopharyngeal membrane
Cloacal membrane
A
Hindgut
Foregut
Heart tube
Pericardial cavity
B
Buccopharyngeal membrane
Cloacal membrane
Heart tube
C
Lung bud
Liver bud
Midgut
Remnant of the buccopharyngeal membrane
Allantois
Vitelline duct
Yolk sac
D


Notochord
Amniotic cavity
Ectoderm
Mesoderm
A
Paraxial mesoderm
Intermediate mesoderm
Intercellular cavities in lateral plate
Dorsal aorta
B
Amnion
Neural groove
Parietal mesoderm layer
Visceral mesoderm layer
Intra-embryonic body cavity
Endoderm
C
Intermediate mesoderm
Somite
D

- การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 3
- ในสัปดาห์ที่ 3 นี้ เริ่มปรากฏของร่องรอยของระบบและอวัยวะขึ้น ซึ่งได้แก่ ระบบประสาท หัวใจมีลักษณะเป็นท่อ และเริ่มเต้นเป็นจังหวะ
- ระยะนี้เอ็มบริโอมีความยาวประมาณ 2.3 มิลลิเมตร

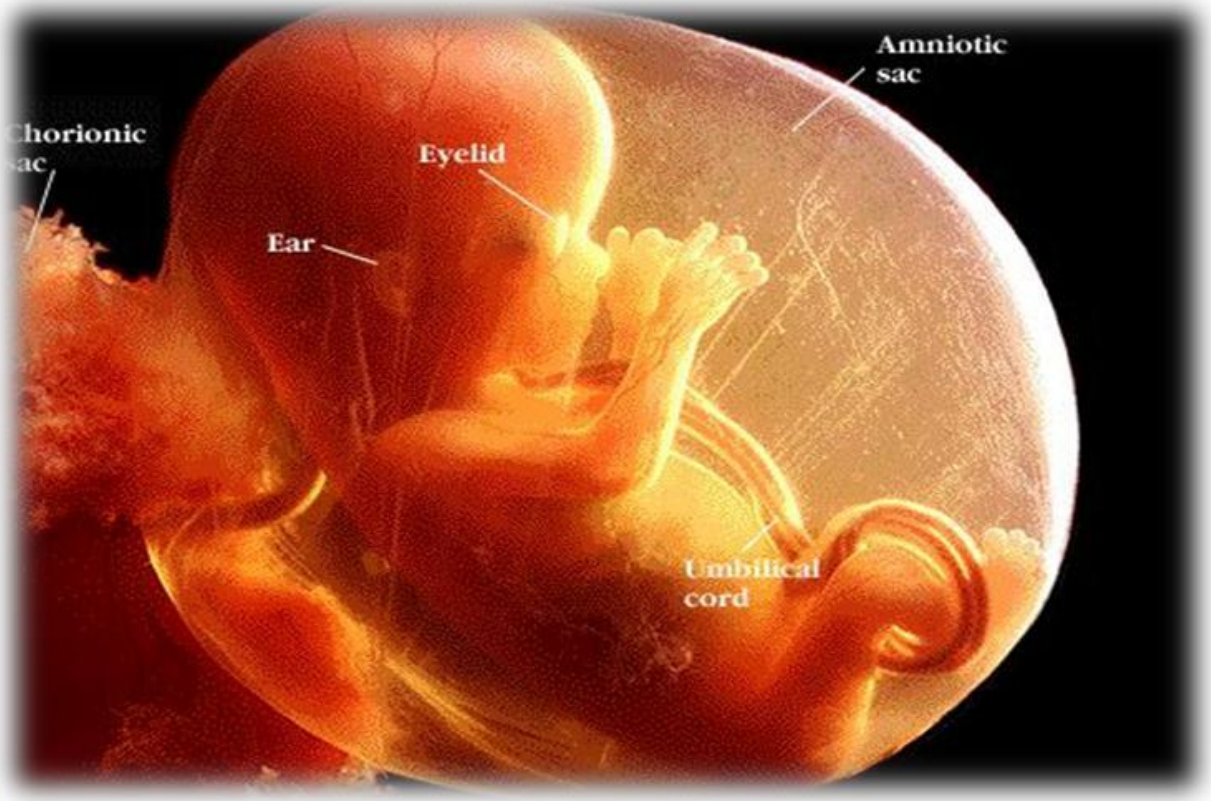
- การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 4
- แผ่นเซลล์เอกโทเดิร์ม มีโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม เริ่มมีการเจริญพัฒนาไปเป็นอวัยวะ

เอกโทเดิร์ม	เจริญเปลี่ยนแปลงเป็นผิวหนังที่ห่อหุ้มร่างกาย ระบบประสาท เป็นต้น
มีโซเดิร์ม	เจริญเปลี่ยนแปลงเป็นกระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กล้ามเนื้อของร่างกาย เป็นต้น
เอนโดเดิร์ม	เจริญเปลี่ยนแปลงเป็นทางเดินอาหาร

- **การเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 8**
- หลอดประสาท (neural tube) กลายไปเป็นสมองและไขสันหลัง
- อวัยวะต่างๆ จะเจริญเติบโต และมีอวัยวะครบเมื่ออายุได้ 8 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะสิ้นสุดของเอ็มบริโอ

การเจริญเติบโตของคนระยะฟีตัส

- เป็นการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอในระหว่างสัปดาห์ที่ 9 จนกระทั่งคลอด ระยะนี้มีรูปร่างคล้ายทารกซึ่งเรียกว่า ฟีตัส (fetus)



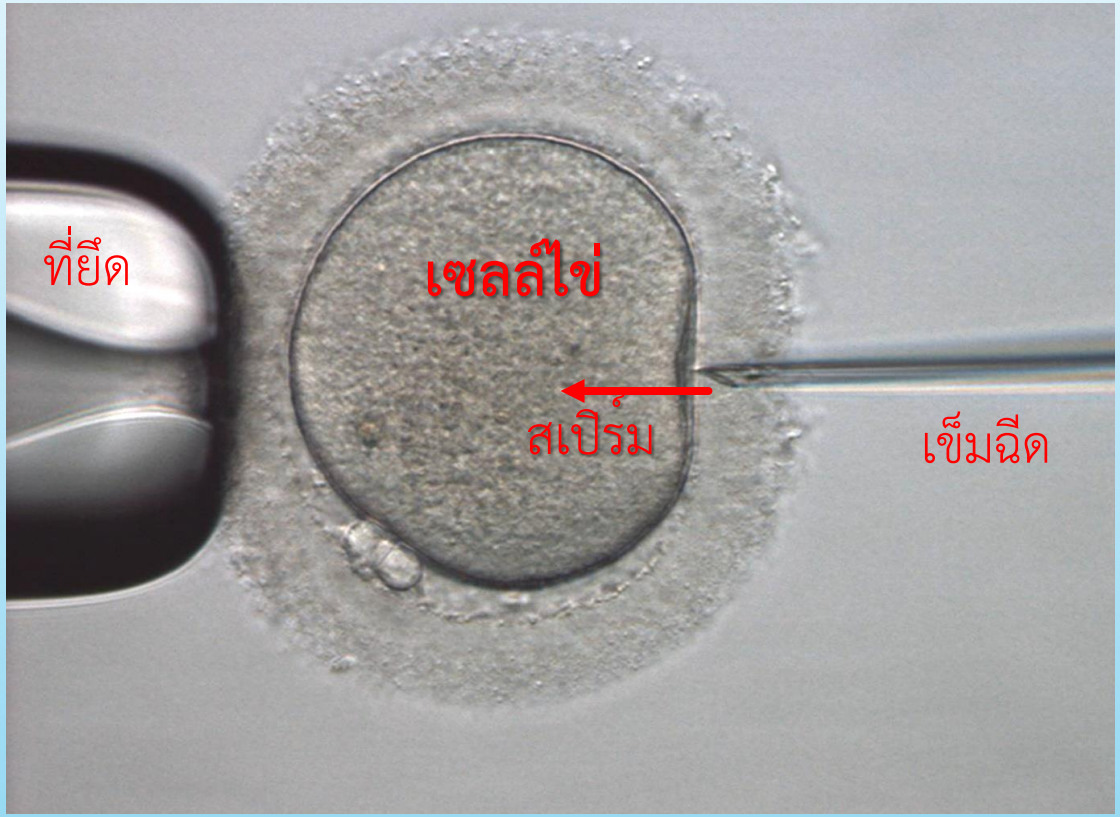
เทคโนโลยีที่ช่วยการเจริญพันธุ์

1. การทำเด็กหลอดแก้ว

- **การทำเด็กหลอดแก้ว** (IVF: In Vitro Fertilization and Embryo Transfer)
- เป็นการนำไข่ และอสุจิ มาปฏิสนธิภายนอกร่างกายจนแบ่งเซลล์เป็นตัวอ่อน แล้วใส่กลับเข้าสู่โพรงมดลูกเพื่อให้เกิดการตั้งครรภ์แล้วคลอดออกมาเป็นทารก

- ชมคลิปการทำ ICSI
- https://www.youtube.com/watch?v=GTiKFCkPaUE

2. การทำอิ๊คซี่



https://jetanin.com/services/ivf-icsi/

การฉีดสเปิร์มเข้าไปในเซลล์ไข่ของมนุษย์ ต้องใช้เข็มขนาดเล็ก และส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ใช้แขนกลบังคับที่มีความละเอียดอ่อน

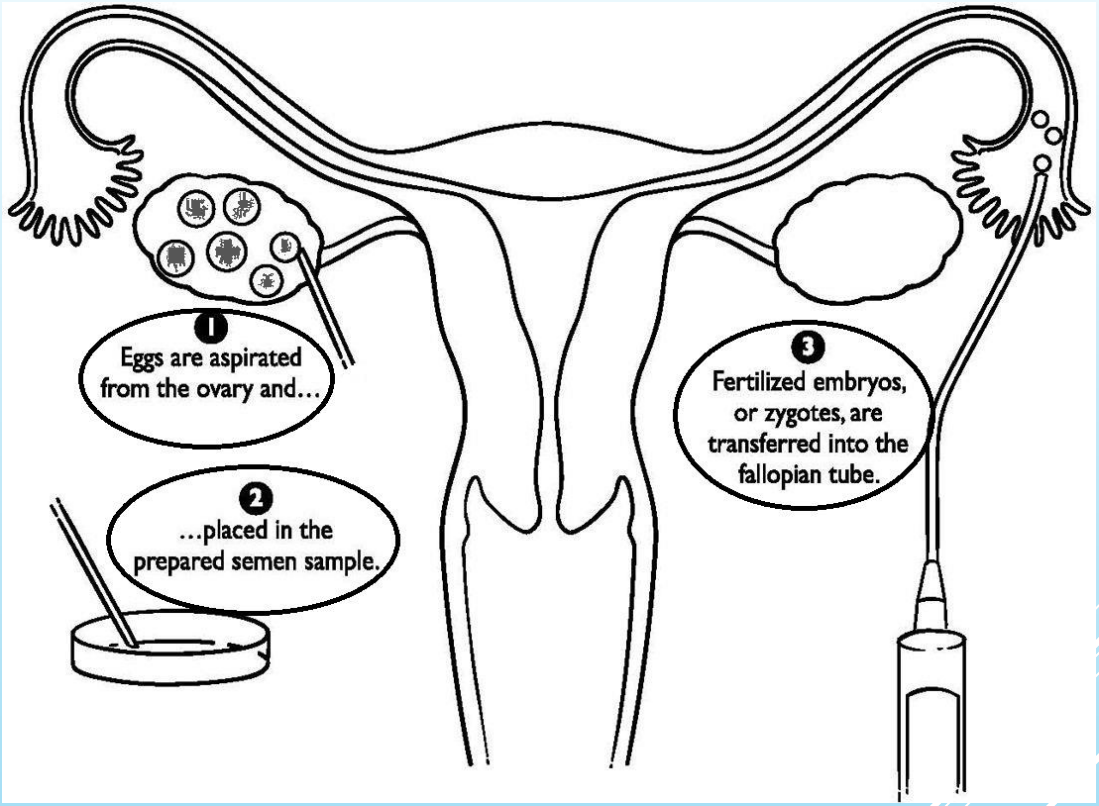
การทำอิ๊คซี่ (ICSI: Intra Cytoplasmic Sperm Injection)

คล้ายเด็กหลอดแก้ว แต่เป็นการคัดเชื้ออสุจิที่สมบูรณ์ ฉีดเข้าไปในไข่โดยตรงแล้วรอให้เกิดการปฏิสนธิภายนอก แล้วค่อยนำตัวอ่อนกลับไปใส่ในโพรงมดลูก

เพิ่มอัตราการปฏิสนธิในกรณีทำเด็กหลอดแก้ว

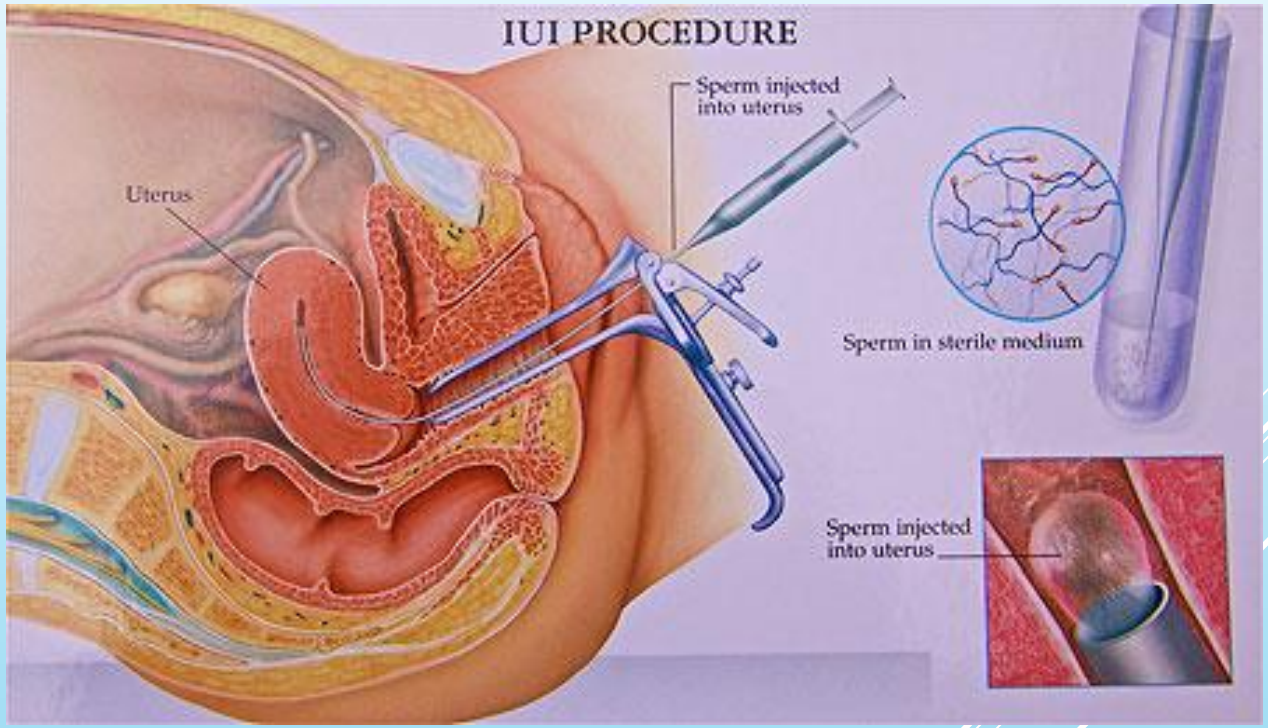
3. การทำกิฟท์

- **การทำกิฟท์** (GIFT: Gamete Intrafallopian Transfer)
- เป็นการเก็บทั้งไข่และอสุจิออกมานอกร่างกาย จากนั้นนำไข่ที่ได้พร้อมกับตัวอสุจิใส่กลับไปในท่อนำไข่ โดยการเจาะผ่านทางหน้าท้องเพื่อให้ไข่และอสุจิปฏิสนธิกันเองตามธรรมชาติภายในท่อนำไข่
- ดังนั้นการทำกิฟท์จึงเป็นวิธีที่ใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด และมีมานานที่สุดแต่ไม่นิยมแล้ว เพราะต้องมีการเจาะช่องท้องและพักฟื้นนาน



4. IUI (Intra – Uterine Insemination)

- IUI (Intra – Uterine Insemination) หรือการฉีดเชื้ออสุจิเข้าสู่โพรงมดลูกโดยตรง เป็นการฉีดเชื้ออสุจิที่ผ่านการคัดกรองตัวที่แข็งแรงเข้าไปในโพรงมดลูกโดยตรง โดยใช้ท่อพลาสติกขนาดเล็กสอดผ่านปากมดลูก แล้วฉีดเชื้ออสุจิเข้าไปในโพรงมดลูกช่วงที่ไข่ตกหรือใกล้กับเวลาที่มีไข่ตก โดยตัวอสุจิจะว่ายไปปฏิสนธิกับไข่ที่ท่อนำไข่เอง



เมทามอร์โฟซิสของแมลง

- ไม่มีเมทามอร์โฟซิส (without metamorphosis)
- มีเมทามอร์โฟซิสแบบค่อยเป็นค่อยไป (gradual metamorphosis)
- เมทามอร์โฟซิสแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete metamorphosis)
- เมทามอร์โฟซิสแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis)

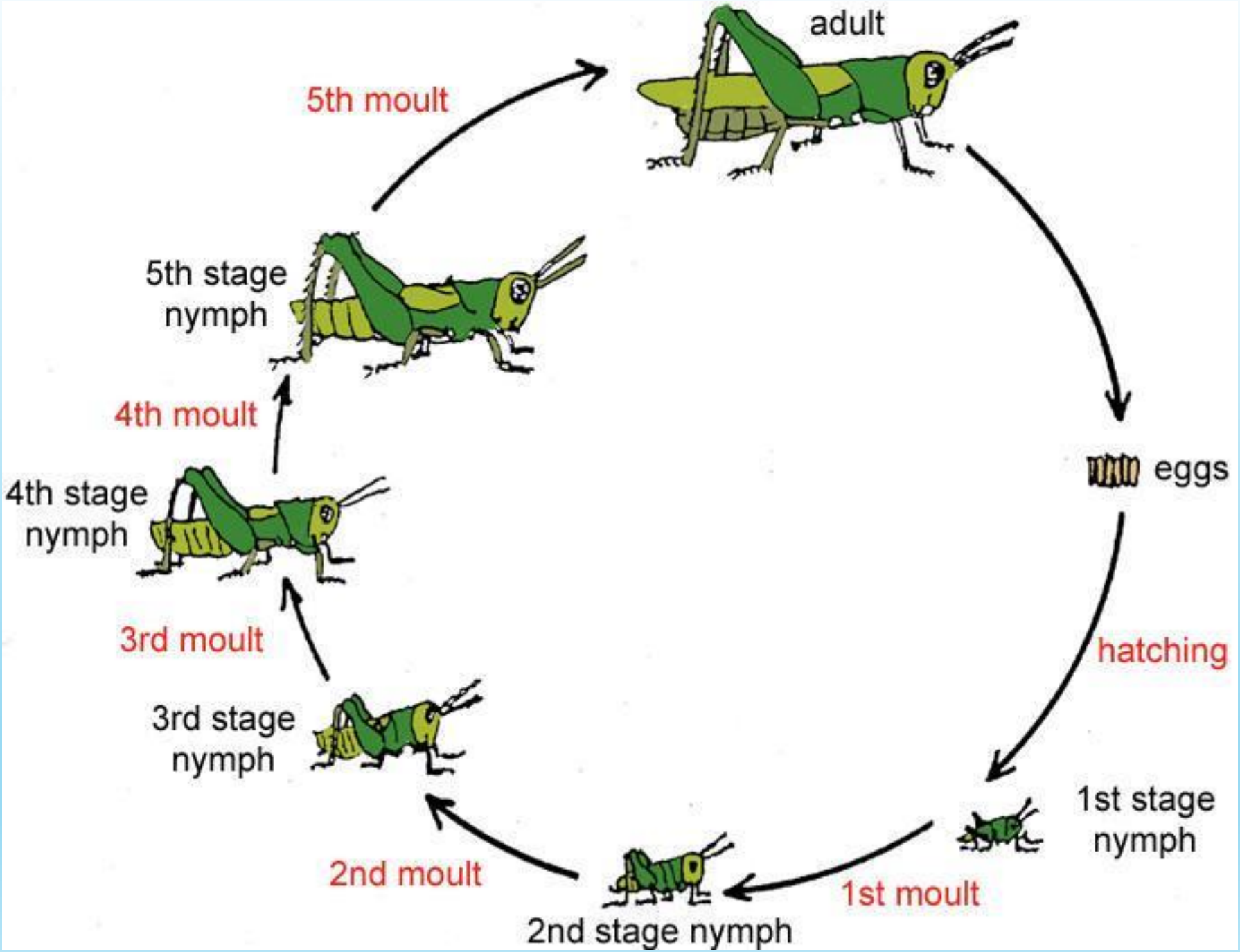
ไม่มีเมทามอร์โฟซิส (without metamorphosis)

ตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่มีรูปร่างเหมือนกับพ่อแม่ทุกอย่าง แล้วตัวอ่อนก็ค่อยๆ เจริญเติบโตแล้วลอกคราบเจริญเป็นตัวเต็มวัยต่อไป

เช่น แมลงสามง่าม แมลงหางดีด

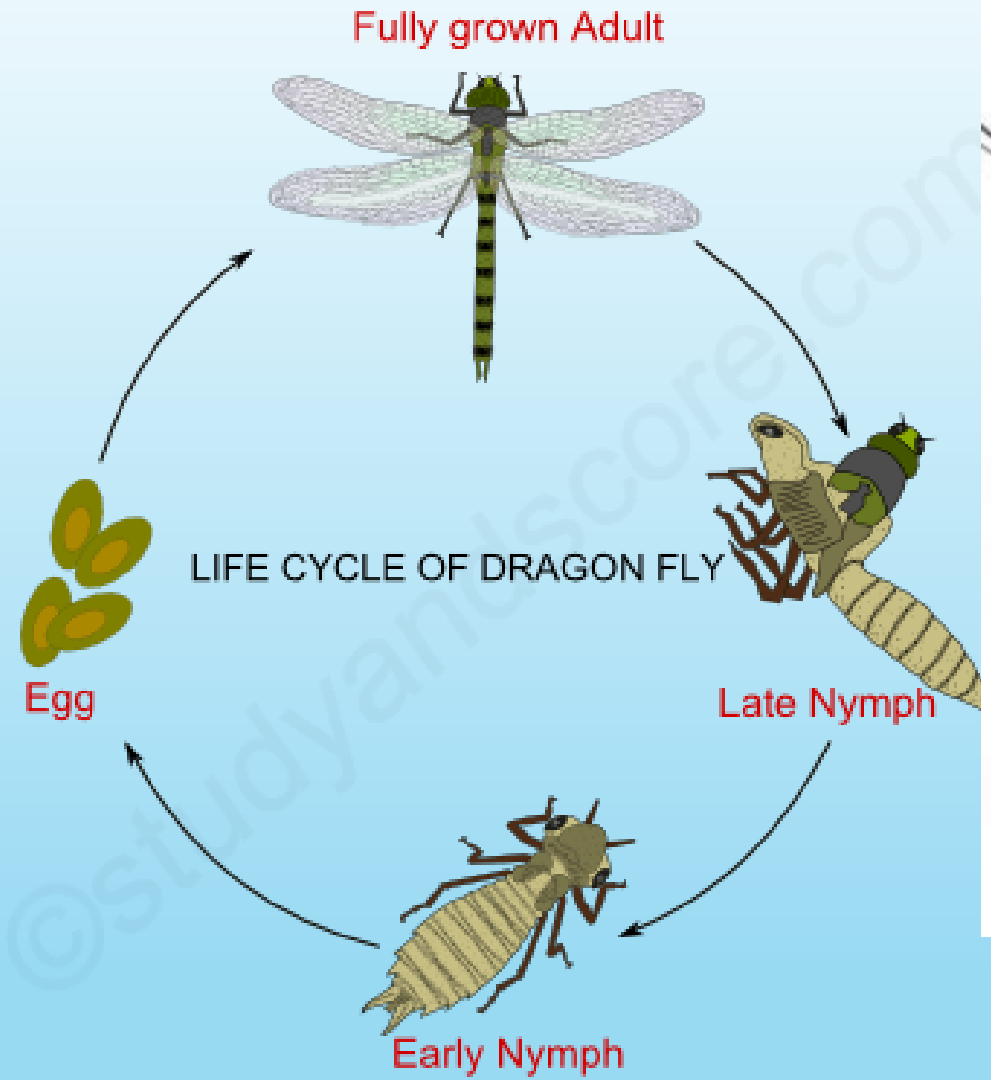
มีเมทามอร์โฟซิสแบบค่อยเป็นค่อยไป (gradual metamorphosis)

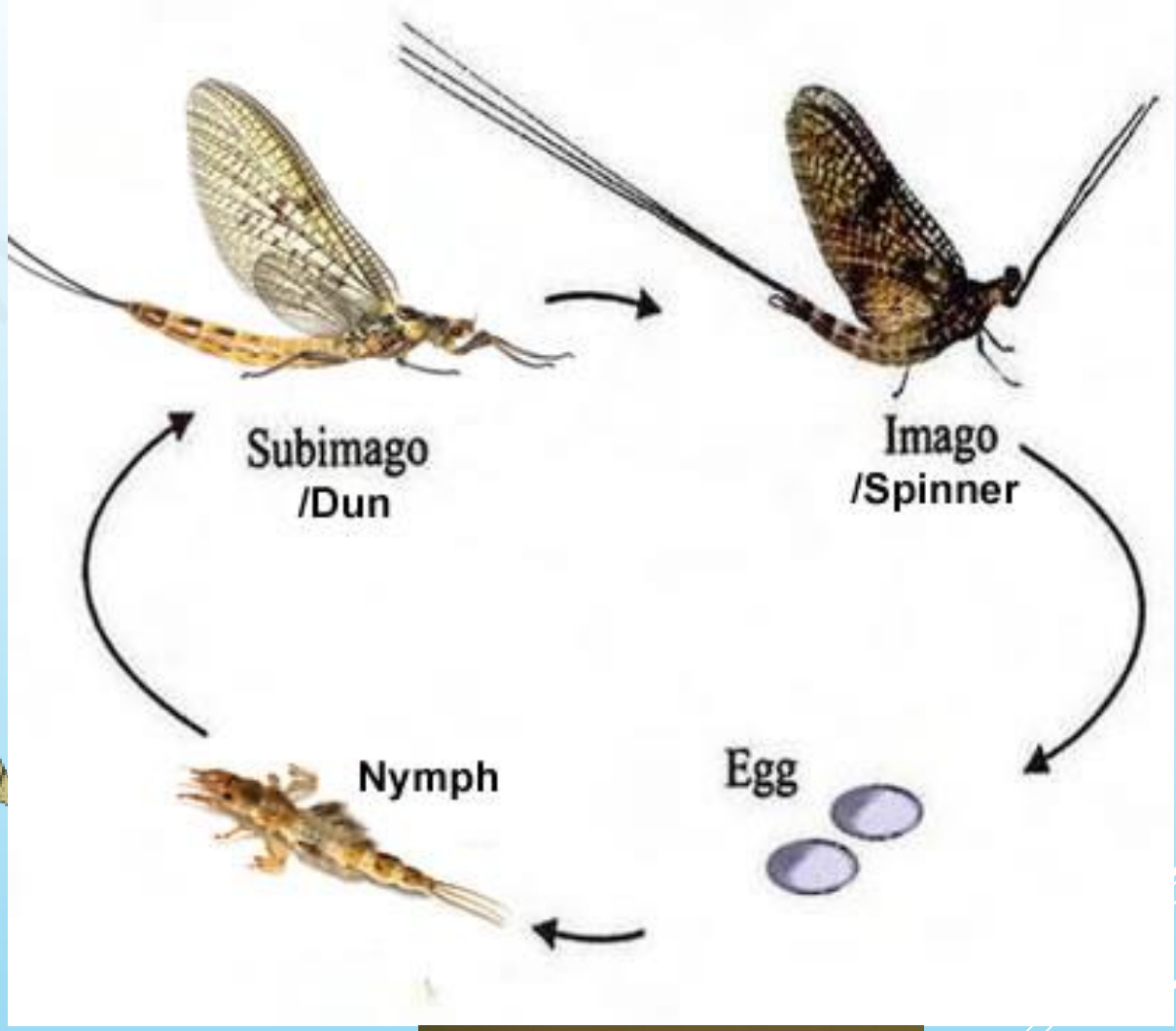
- ตัวอ่อนที่ฟักออกมาจากไข่มีรูปร่างคล้ายพ่อแม่ แต่มีอวัยวะบางอย่างไม่ครบ เช่น ไม่มีปีก
- เมื่อแมลงโตขึ้น และลอกคราบปีกจะเริ่มงอกขึ้น เรียกตัวอ่อนระยะนี้ว่านิมฟ์ (nymph) ต่อจากนั้นก็จะมีการลอกคราบหลายครั้ง และเจริญเป็นตัวเต็มวัยต่อไป
- เช่น ตั๊กแตน แมลงสาบ ปลวก เหา ไรไก่ จักจั่น


adult
5th moult
5th stage nymph
4th moult
4th stage nymph
3rd moult
3rd stage nymph
2nd moult
2nd stage nymph
1st moult
1st stage nymph
hatching
eggs

เมทามอร์โฟซิสแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete metamorphosis)

- มีลักษณะคล้ายแบบค่อยเป็นค่อยไป แต่ขณะที่เจริญเติบโตนั้น มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างมากกว่า
- ตัวอ่อนมักเจริญอยู่ในน้ำ หายใจด้วยเหงือกเรียกว่า ไนแอด (naiad) ต่อจากนั้นตัวอ่อนจะลอกคราบขึ้นมาอยู่บนบกและหายใจด้วยระบบท่อลม
- เช่น ชีปะขาว แมลงปอ

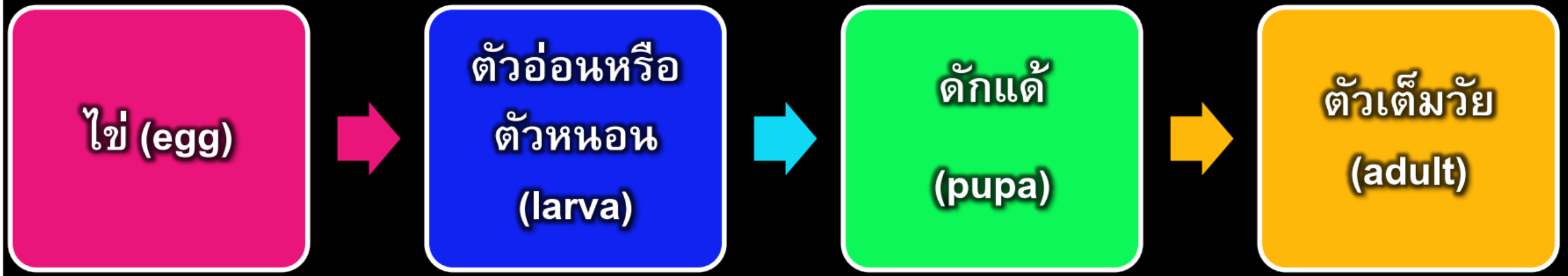

Fully grown Adult
LIFE CYCLE OF DRAGON FLY
Egg
Late Nymph
Early Nymph
INCOMPLETE METAMORPHOSIS
©studyandscore.com


Subimago
/Dun
Imago
/Spinner
Nymph
Egg

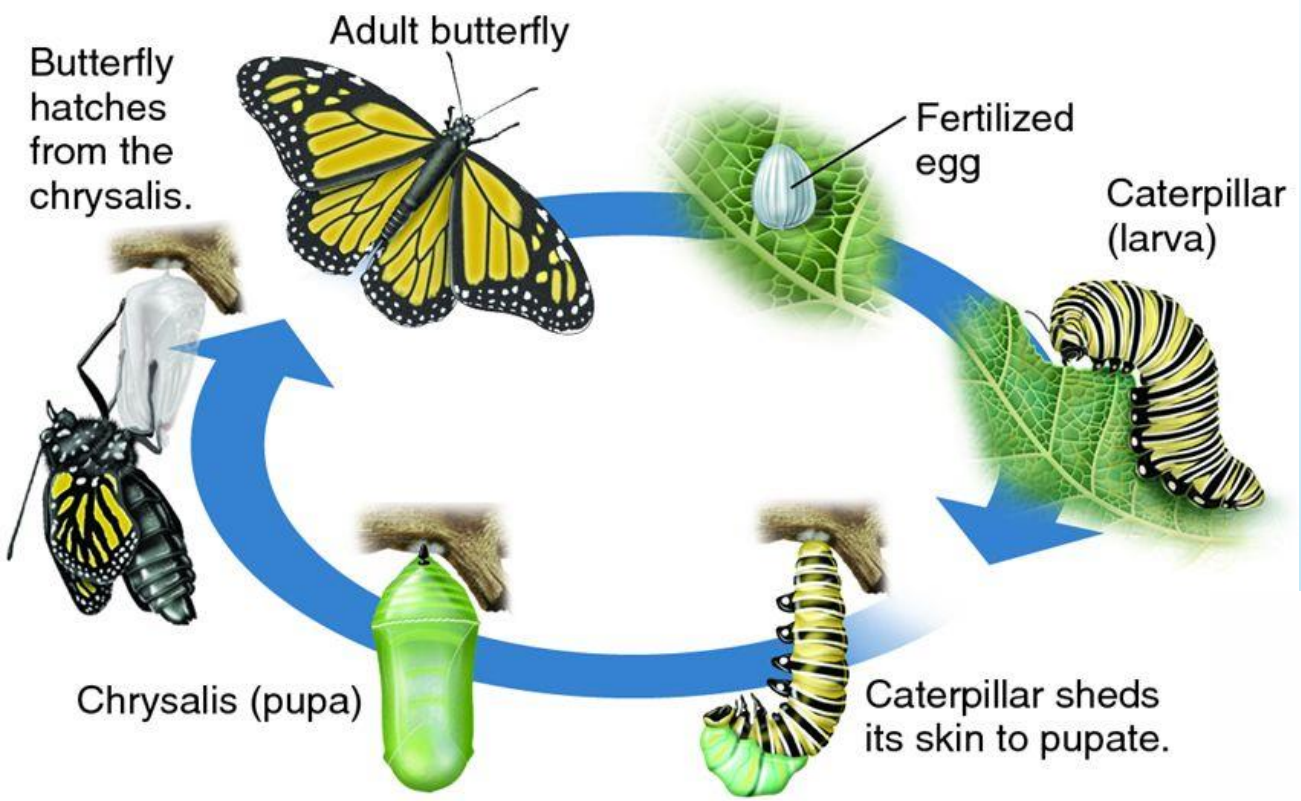
© Pavel Krásenský
www.naturfoto.cz

เมทามอร์โฟซิสแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis)

- โดยมีการเจริญเปลี่ยนแปลงรูปร่างของร่างกาย เป็น 4 ขั้นตอน



- ด้วง ผีเสื้อ แมลงวัน ยุง ผึ้ง ไหม เป็นต้น



(a) Complete metamorphosis