

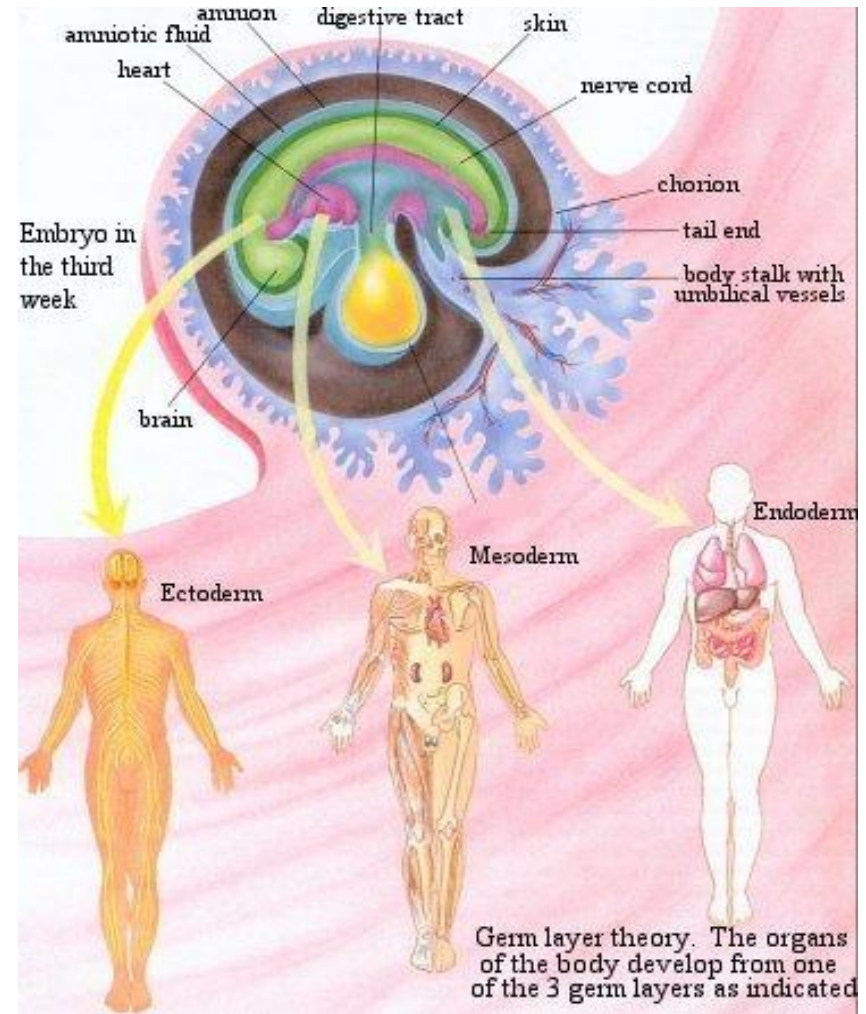
Perkembangan Hewan dan Manusia (bagian 1)

Gametogenesis, Fertilisasi, dan Embriogenesis (Segmentasi)

Struktur dan Perkembangan Hewan

Tahapan Perkembangan Hewan dan Manusia

1. **Gametogenesis**
(spermatogenesis dan oogenesis)
2. **Fertilisasi**
3. **Embriogenesis**



- **Embriogenesis:** proses pembentukan makhluk hidup yang belum memiliki bentuk definitif (bentuk yang mencirikan suatu spesies).
- **Tingkat Perkembangan Embrio (Embriogenesis):**
 1. Segmentasi / *cleavage*
 2. Blastulasi
 3. Gastrulasi
 4. Neurulasi

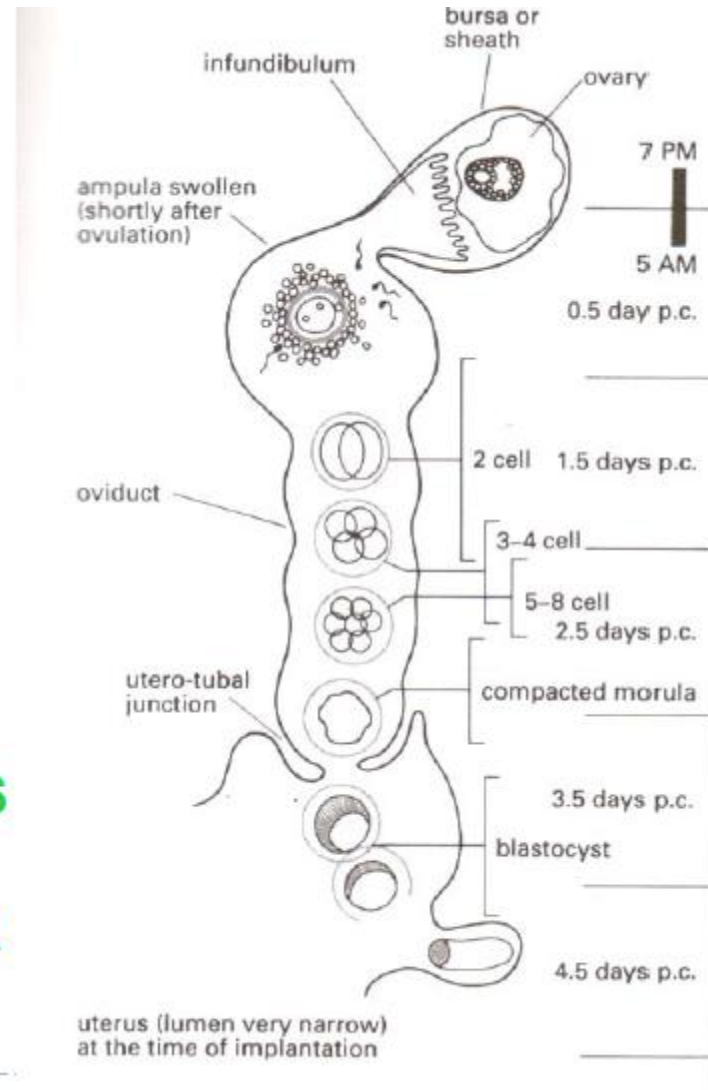


EMBRIOGENESIS

- PEMBELAHAN = rangkaian mitosis yang menghasilkan MORULA (dgn sel anak yg disebut blastomer)
- BLASTULASI = proses pembentukan blastula (blastosol)
- GASTRULASI = proses pembentukan ketiga **daun kecambah** (ento, ekso, mesoderm)
- NEURULASI = pembentukan susunan saraf

Tahapan Embriogenesis

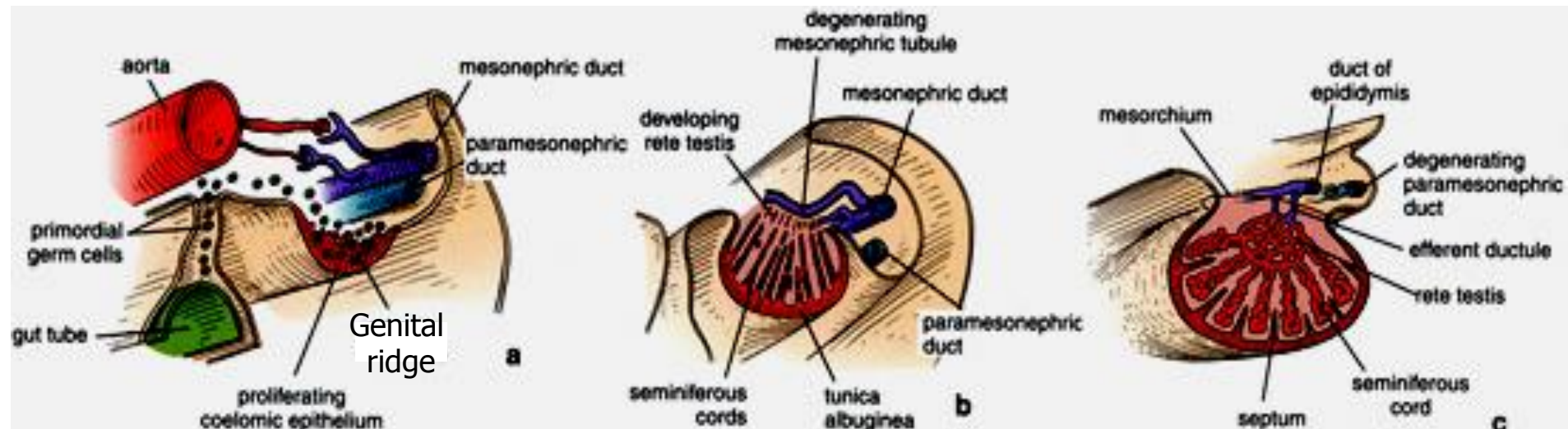
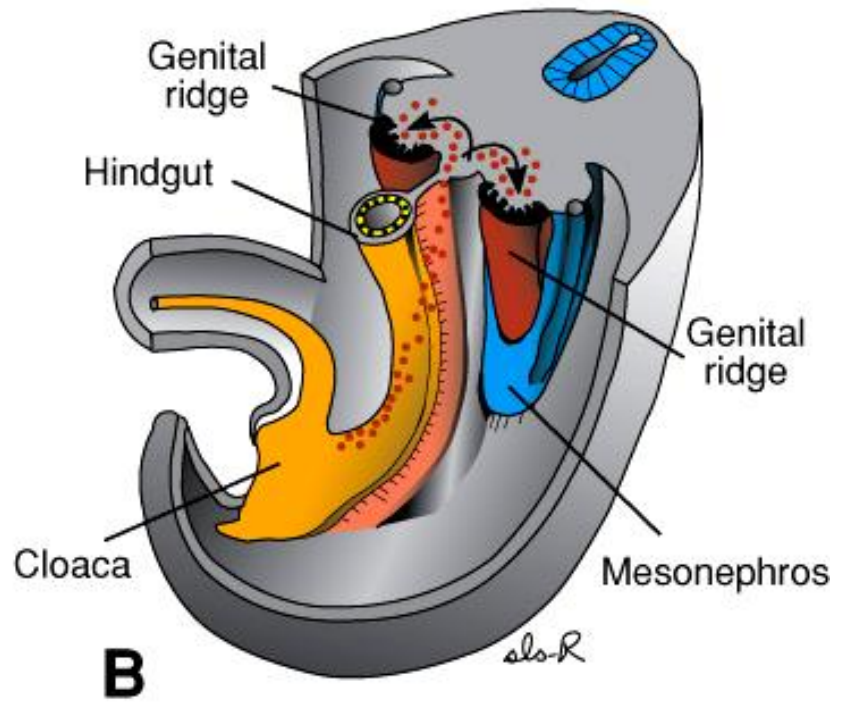
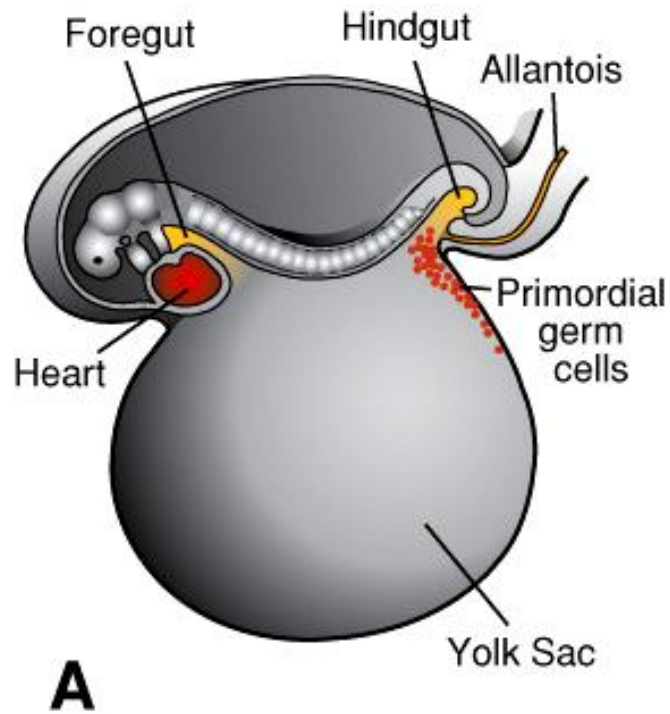
- 1. CLEAVAGE → ZIGOT
- 2. BLASTULASI → MORULA
- 3. GASTRULASI → BLASTOSIS
- 4. NEURULASI → GASTRULA
- NEURULA



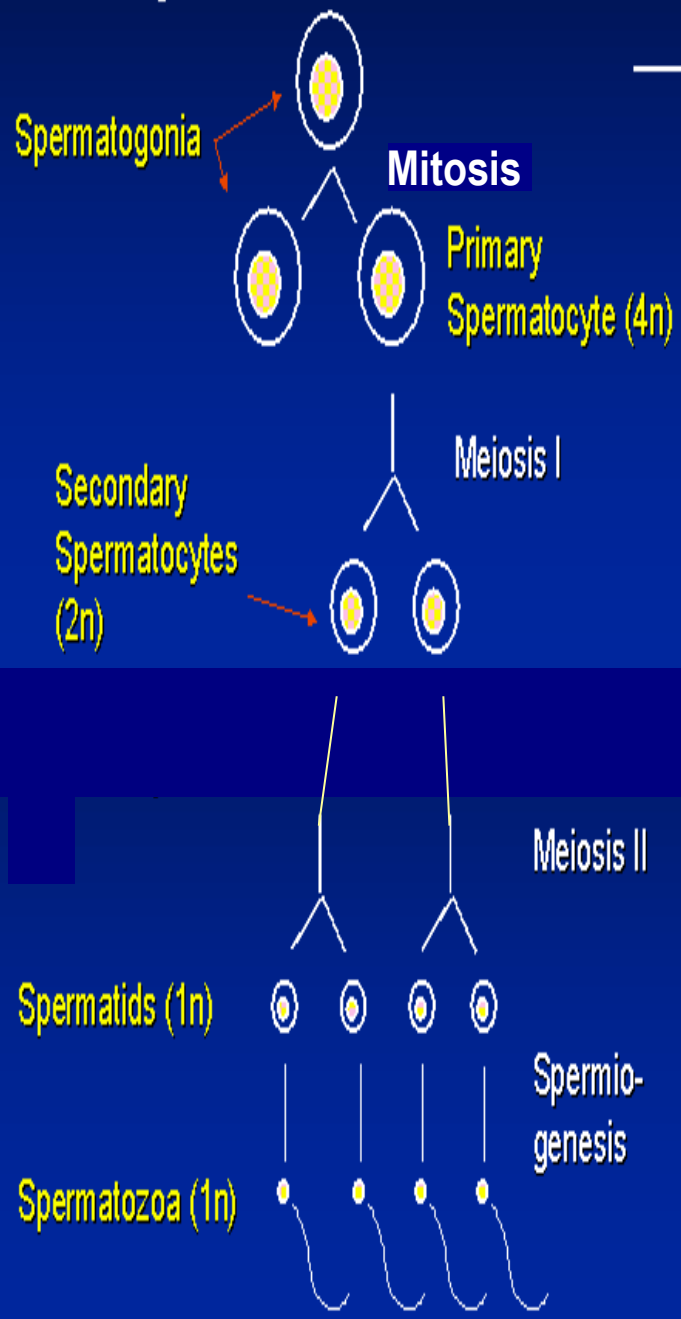
GAMETOGENESIS

- Proses pembentukan sel kelamin (sel gamet/sel germinal) ♀ dan ♂
 - ▣ Oogenesis
 - ▣ Spermatogenesis
- Tujuan (pd Mammalia):
 - ▣ Menghasilkan nukleus yg haploid (mengurangi jml kromosom scr meiosis)

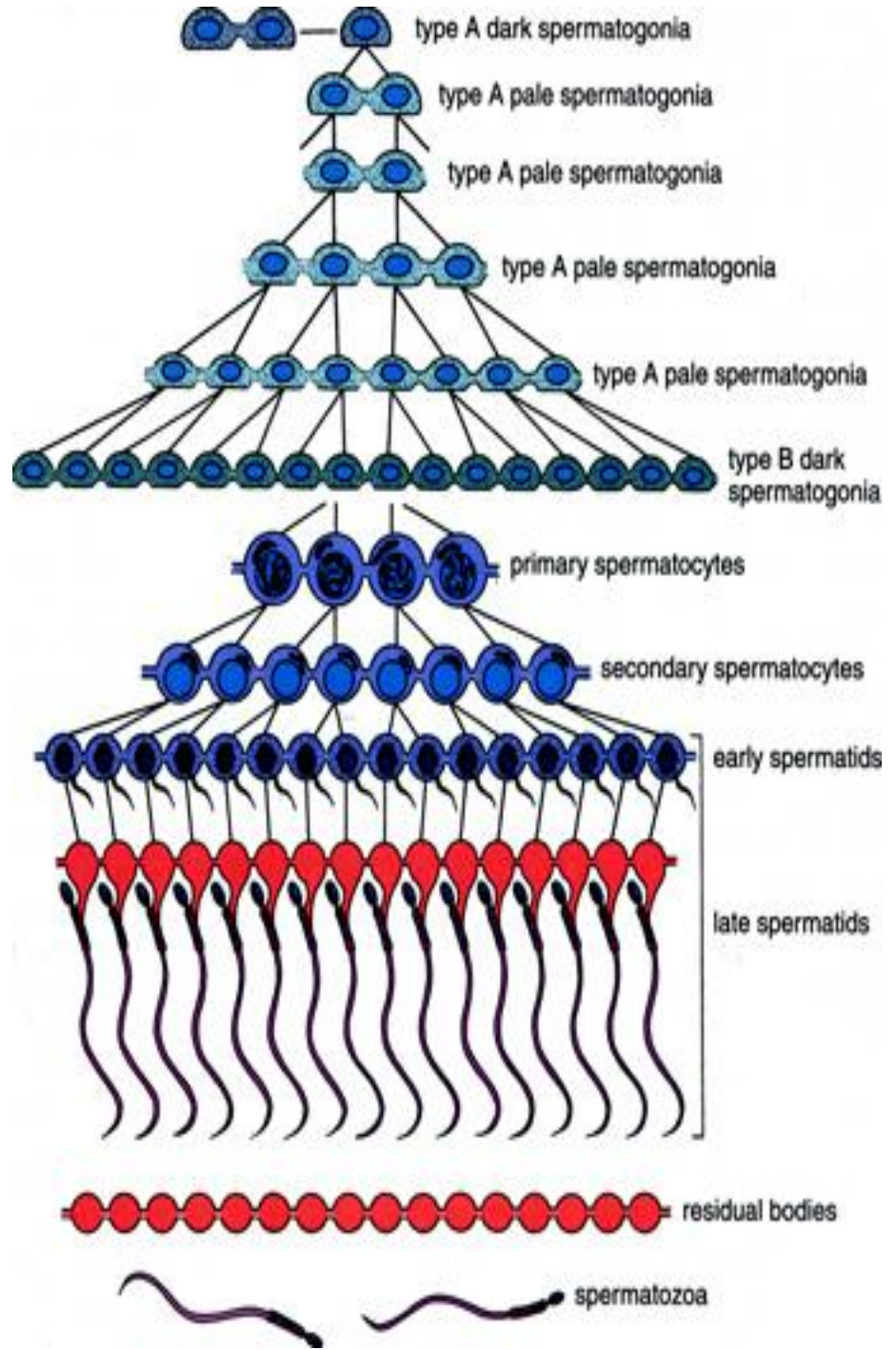
- Asal sel gamet pd sebagian besar organisme hewan adalah dr *germ plasm* (primordial sel gamet/sel gamet primitif)
 - Letaknya unik → mengalami migrasi menuju lapisan mesoderm yg mrp tempat calon gonad (*genital ridge*)
 - Mulai terlihat pd minggu ke-4 kehamilan (mns)
 - Blm dpt dibedakan antara yg ♀ dan ♂
 - Akan mengalami diferensiasi mjd:
 - ☑ Spermatogonia
 - ☑ Oogonia



Oogenesis	Spermatogenesis
Proses pembentukan sel gamet ♀ (sel telur)	Proses pembentukan sel gamet ♂ (spermatozoa)
Mitosis oogonia hy berlangsung sebelum lahir	Mitosis spermatogonia stlh lahir tetap berlangsung sepanjang hidup
Hanya dihasilkan 1 sel telur (ovum), 3 lainnya mjd polar body	Dihasilkan 4 spermatozoa dr 1 spermatosit primer
Pembelahan meiosis berlangsung sempurna jika tjd fertilisasi	-
Sel telur kaya sitoplasma & cadangan makanan	-

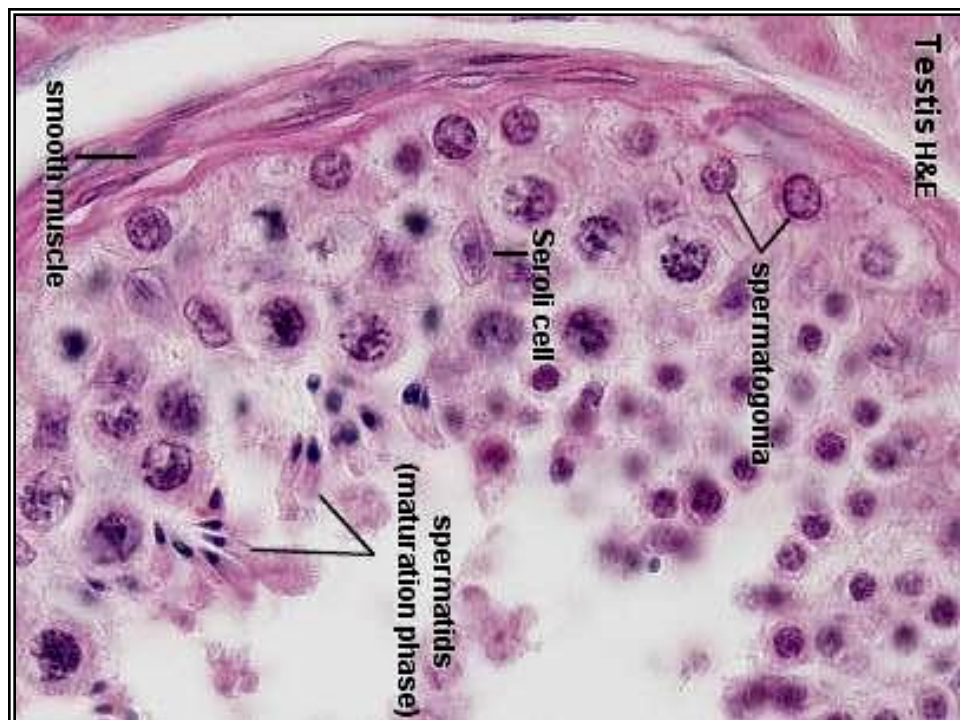
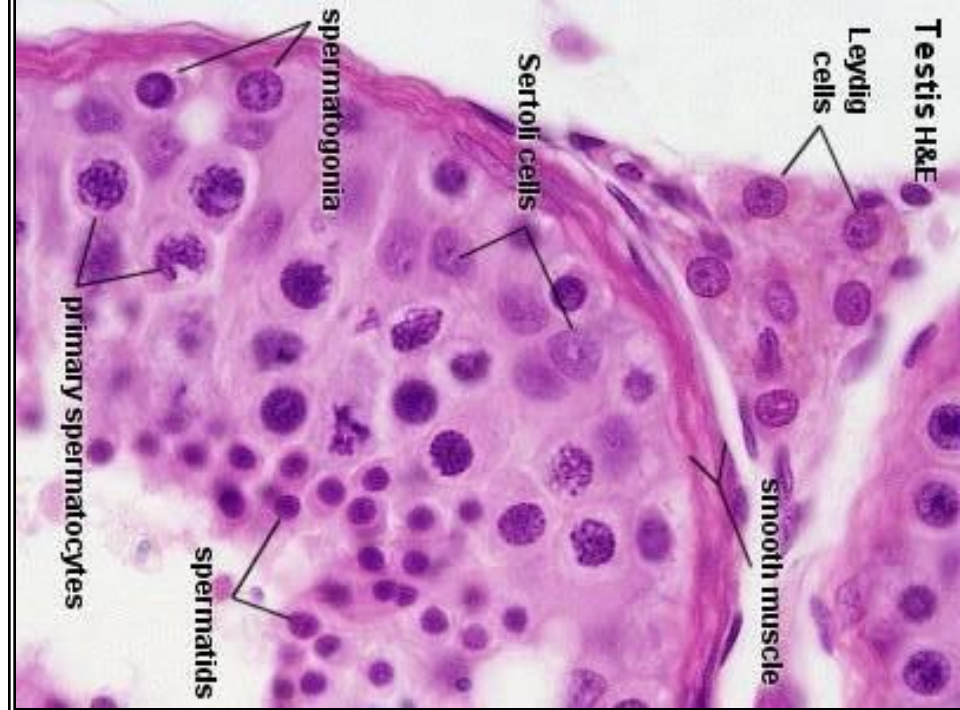
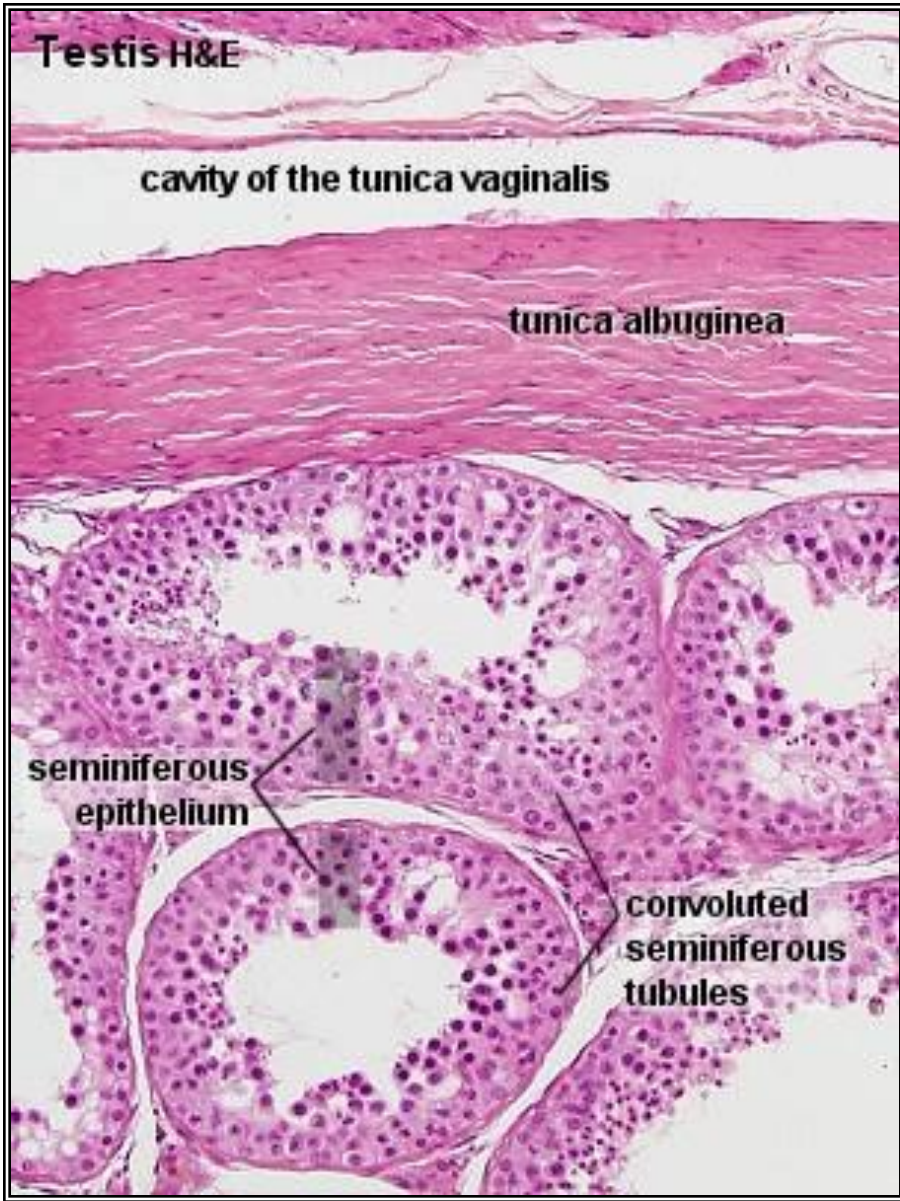


Puberty



Spermatogenesis

- Spermatogenesis: proses pembentukan sel gamet jantan (spermatozoa) → terjadi di dalam tubuli seminiferi testis
- Tahap:
 1. Mitosis
 - Perbanyak spermatogonium
 - Sebagian spermatogonia berubah menjadi spermatosit primer
 2. Meiosis
 - Meiosis I: spermatosit primer menjadi spermatosit sekunder
 - Meiosis II: spermatosit sekunder menjadi spermatid
 3. Spermiogenesis → perubahan struktur spermatid & pemasakan menjadi spermatozoa
- Spermatogenesis merupakan proses yang terjadi terus menerus. Pria normal rata-rata menghasilkan 1000 spermatozoa/detik (30 ribu milyar/thn)
- Pada manusia 1x siklus spermatogenesis berlangsung 65 hari, sedangkan pada tikus 34,5 hari



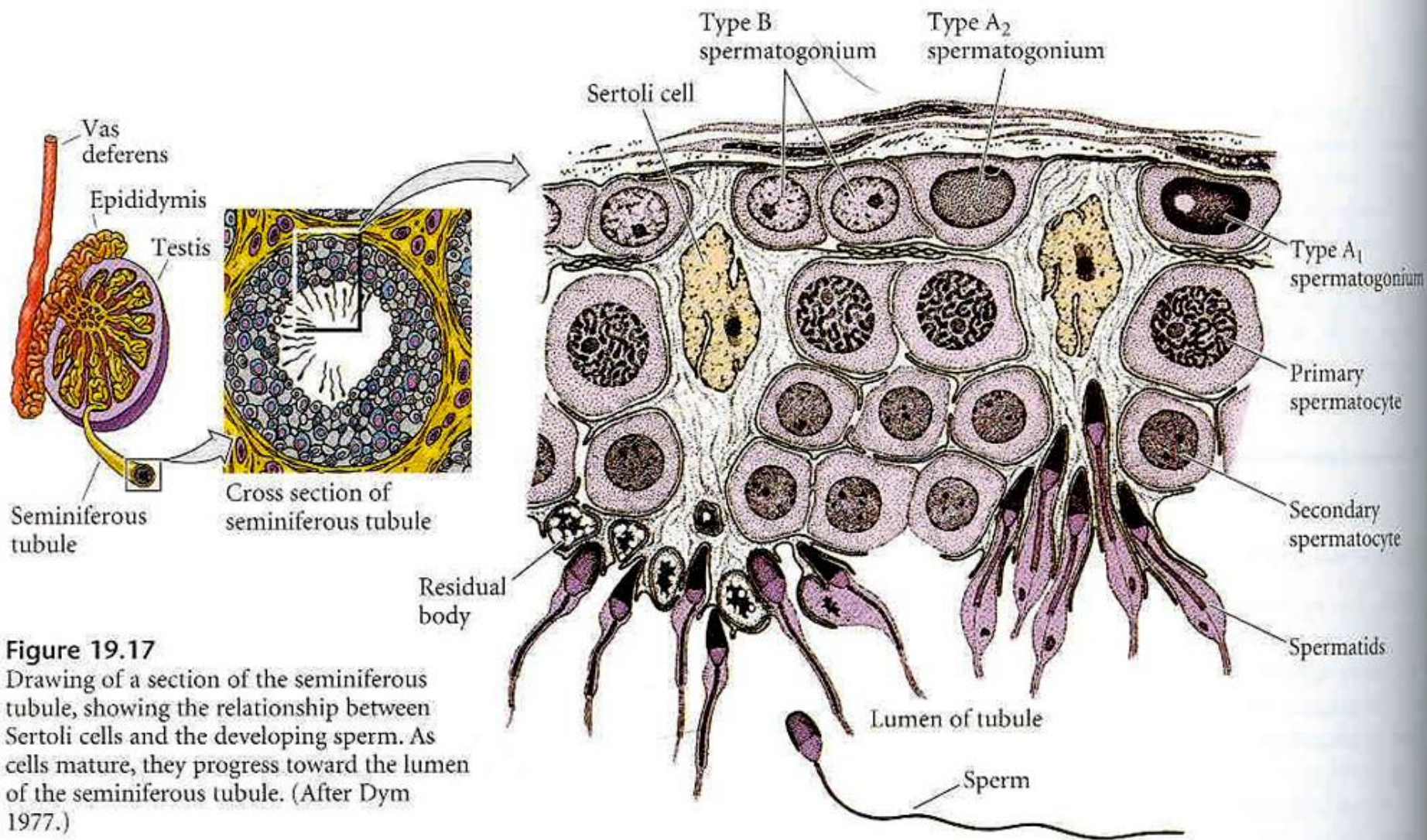
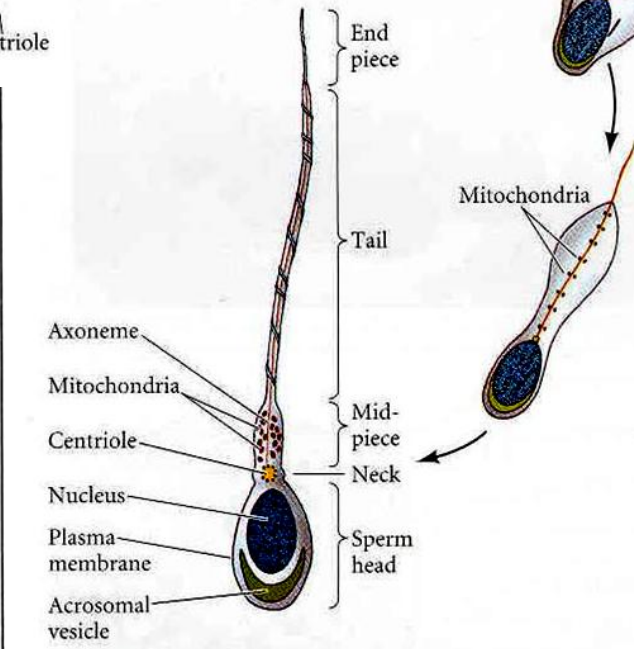
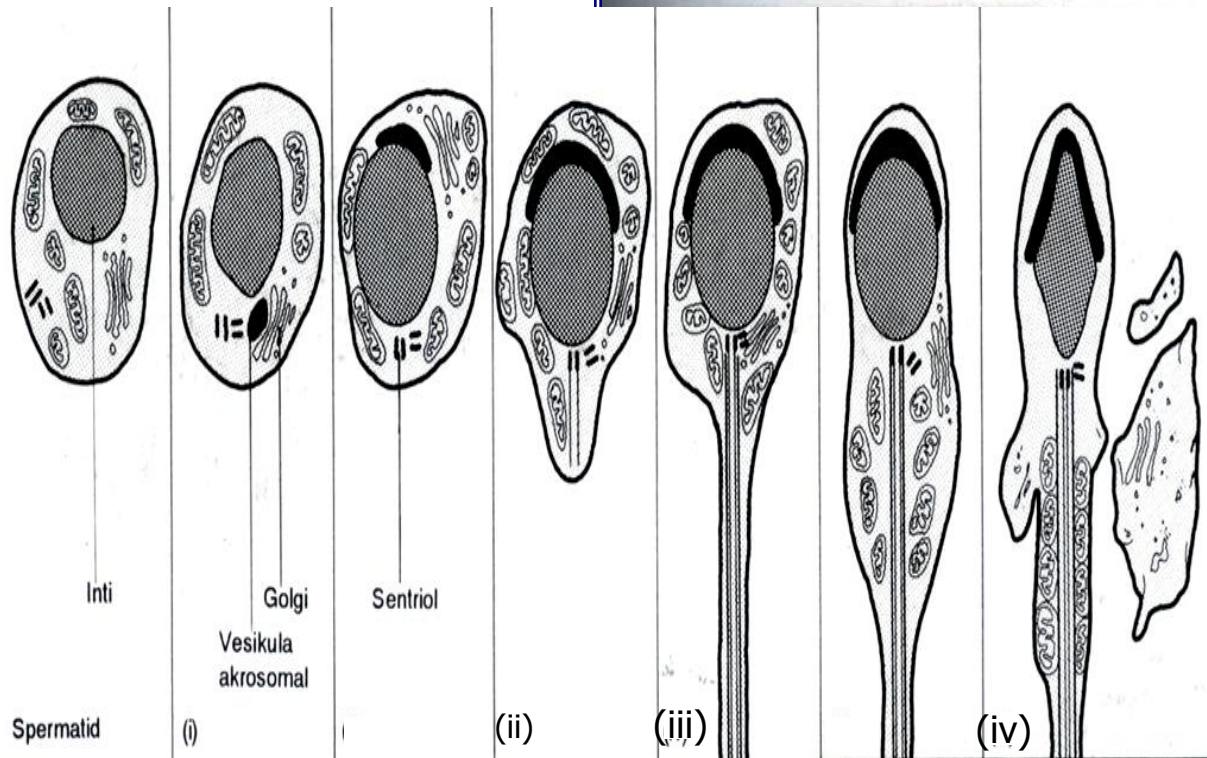
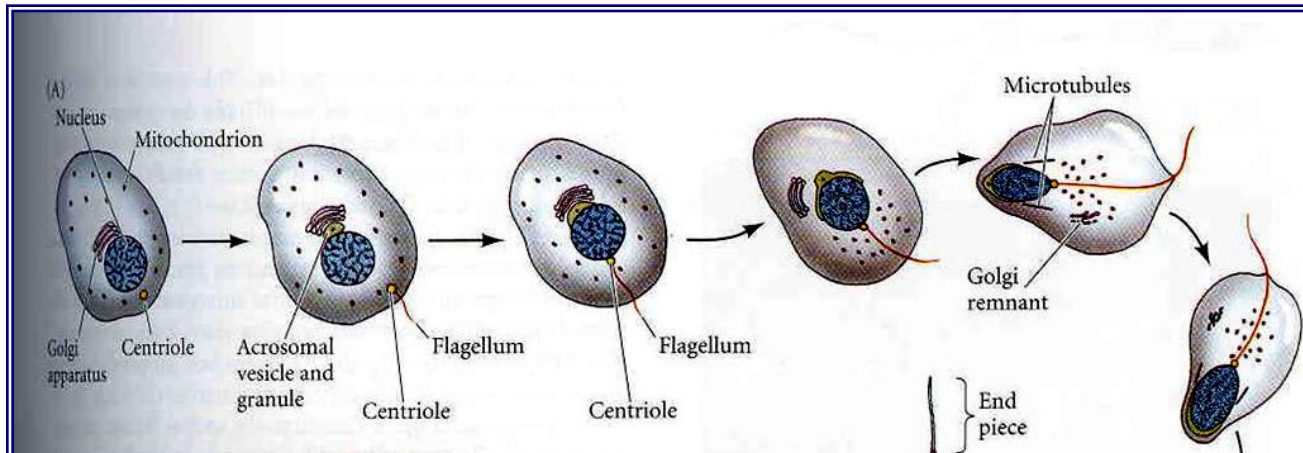


Figure 19.17

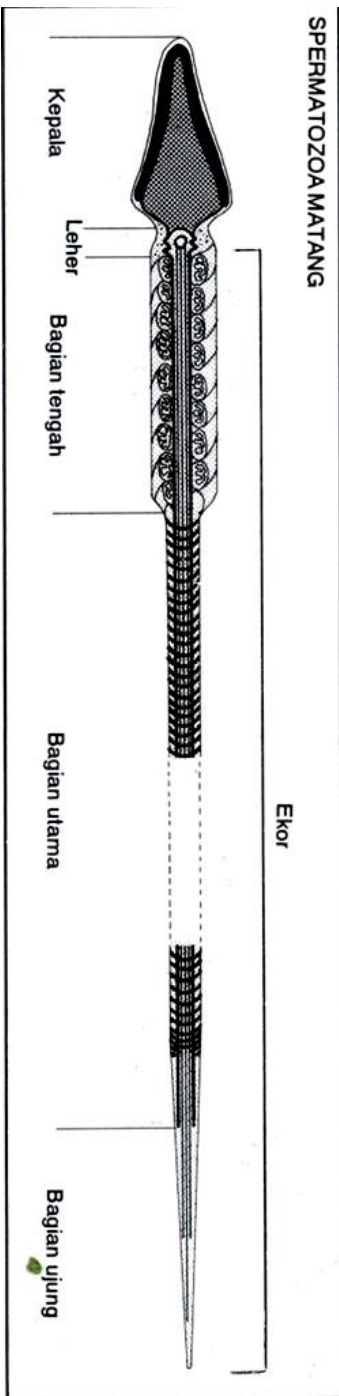
Drawing of a section of the seminiferous tubule, showing the relationship between Sertoli cells and the developing sperm. As cells mature, they progress toward the lumen of the seminiferous tubule. (After Dym 1977.)

Spermiogenesis



Spermatozoa

- ❑ Panjangnya 60 μm (pada manusia) & bergerak aktif (*actively motile*).
- ❑ Terbagi menjadi:
 1. **Kepala** (*genetic region*): pipih, panjang 5 μm & lebar 3 μm , terdapat nucleus. 2/3 bagian di anterior nucleus terdapat acrosom yang mengandung enzim yang penting dalam proses fertilisasi, setengah dari kepala bagian caudal terdapat tudung (*post nuclear cap*)
 2. **Leher** (*metabolic region*): pendek ($\pm 1 \mu\text{m}$), terdapat sentriol proximal
 3. **Ekor** (*locomotor region*) terbagi menjadi:
 - a. *Middle piece* \rightarrow panjang $\pm 5 \mu\text{m}$, mengandung: 2 sentriol, microtubules/axonema & mitochondria yang tersusun spiral
 - b. *Principal piece* \rightarrow panjang $\pm 45 \mu\text{m}$, masih mengandung sitoplasma
 - c. *End piece* \rightarrow bagian ujung, sudah tidak mengandung sitoplasma



Oogenesis

- Oogenesis: proses pembentukan sel gamet betina (ovum) → terjadi di dalam korteks ovarium
- Pada hewan dengan fertilisasi eksternal (di air), jumlah ovum setiap bertelur bisa berjumlah ratusan.
- Sedangkan pada hewan dengan fertilisasi internal, umumnya hanya menghasilkan satu ovum.
- Oogenesis pada manusia dimulai sejak dalam rahim dan pra pubertas.

Lanjutan...

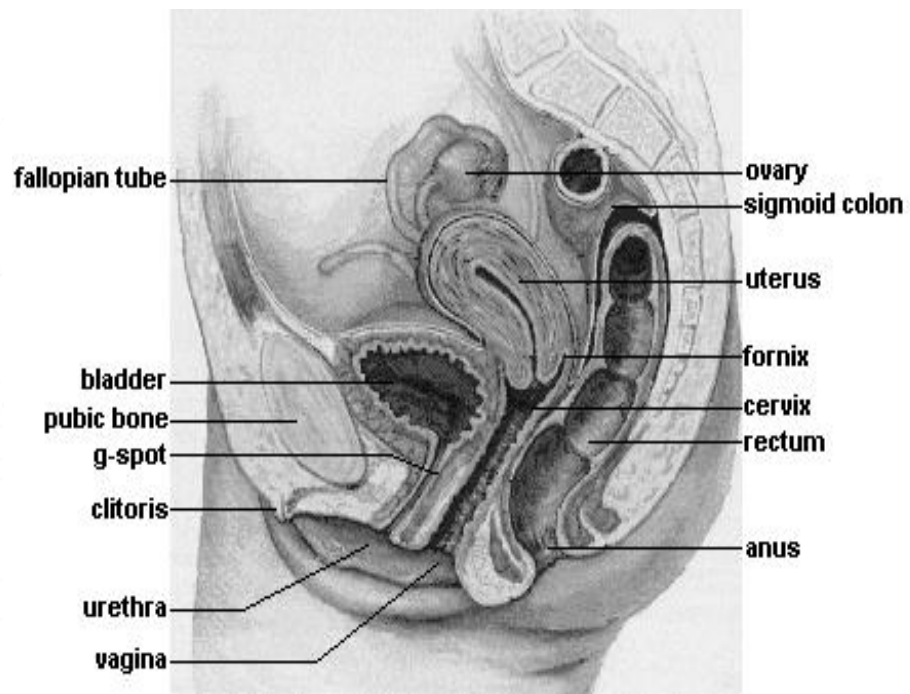
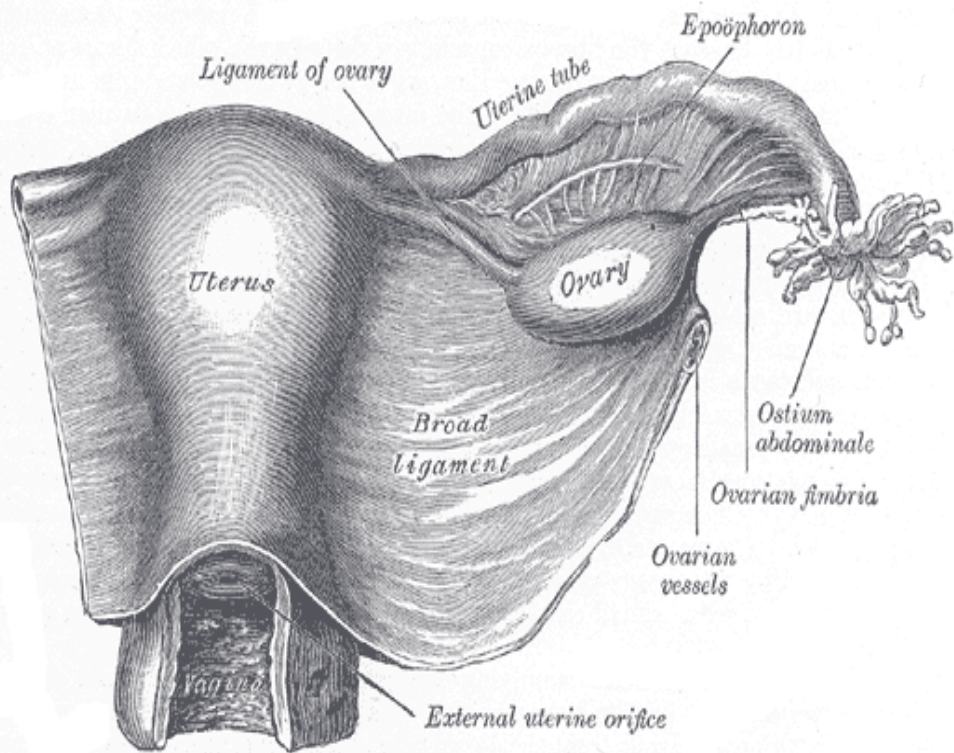
■ Tahap Oogenesis (pada manusia):

1. Prenatal

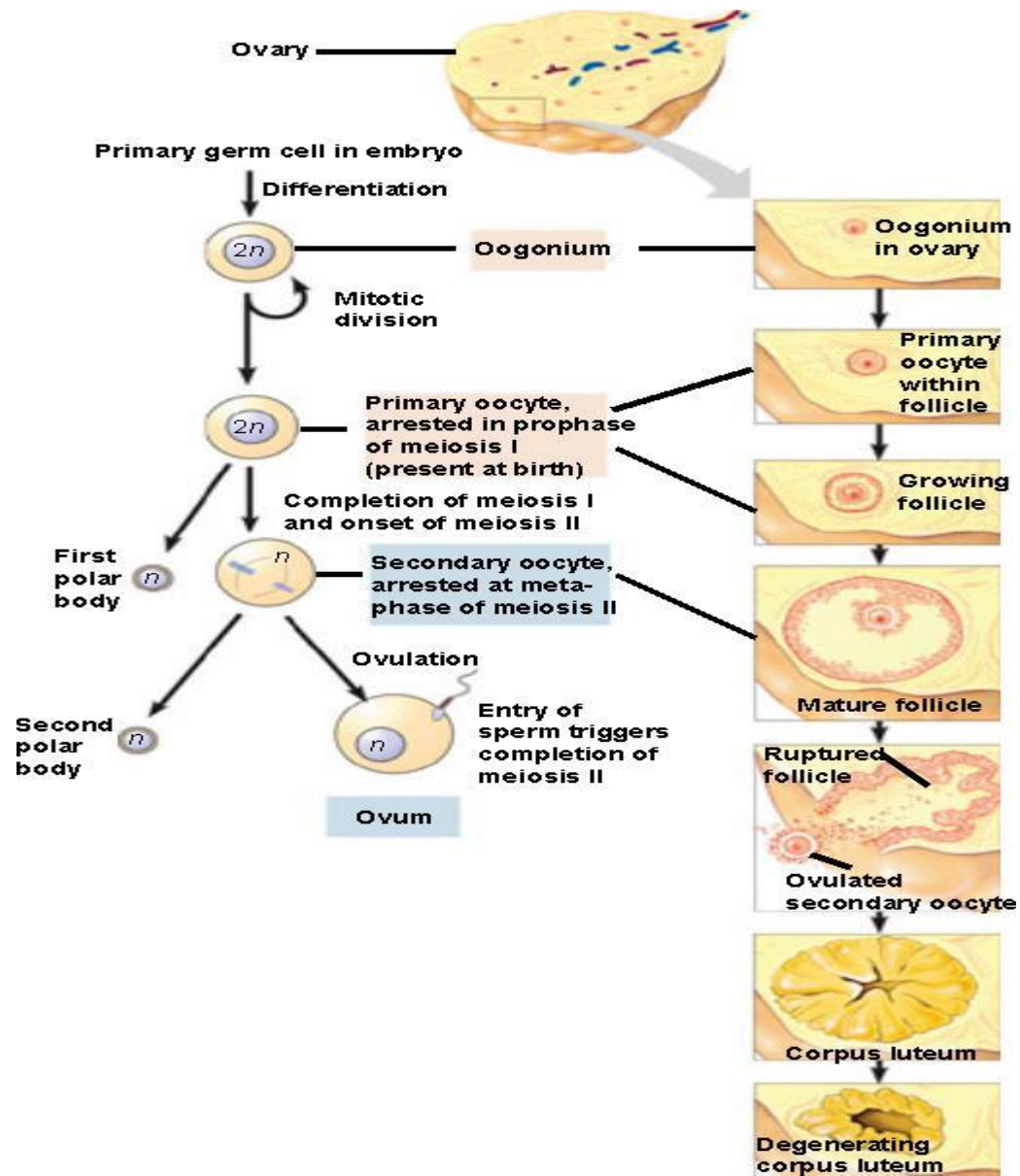
- Pematangan sel benih gamet dimulai sejak janin (kehamilan bulan ke-3).
- Sel benih gamet (*primordial germ cells*) berkembang menjadi oogenia ($2n$).
- Oogenia berkembang melalui mitosis menjadi oosit primer ($2n$).
- Proses mitosis akan berhenti sampai pra pubertas.

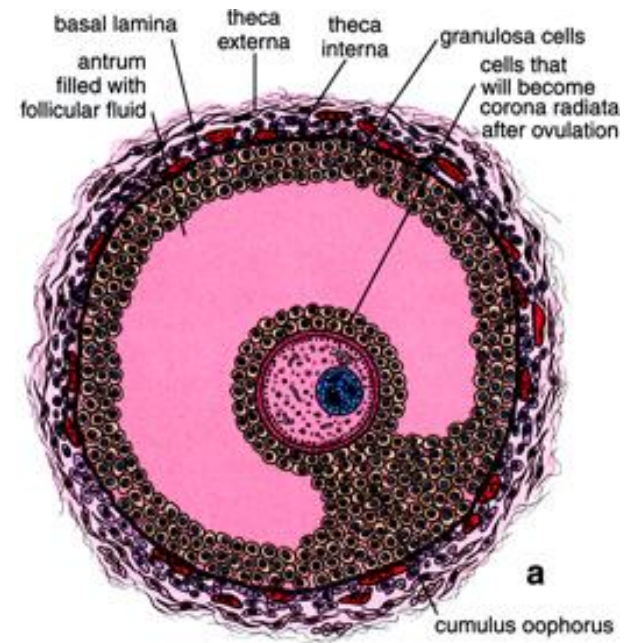
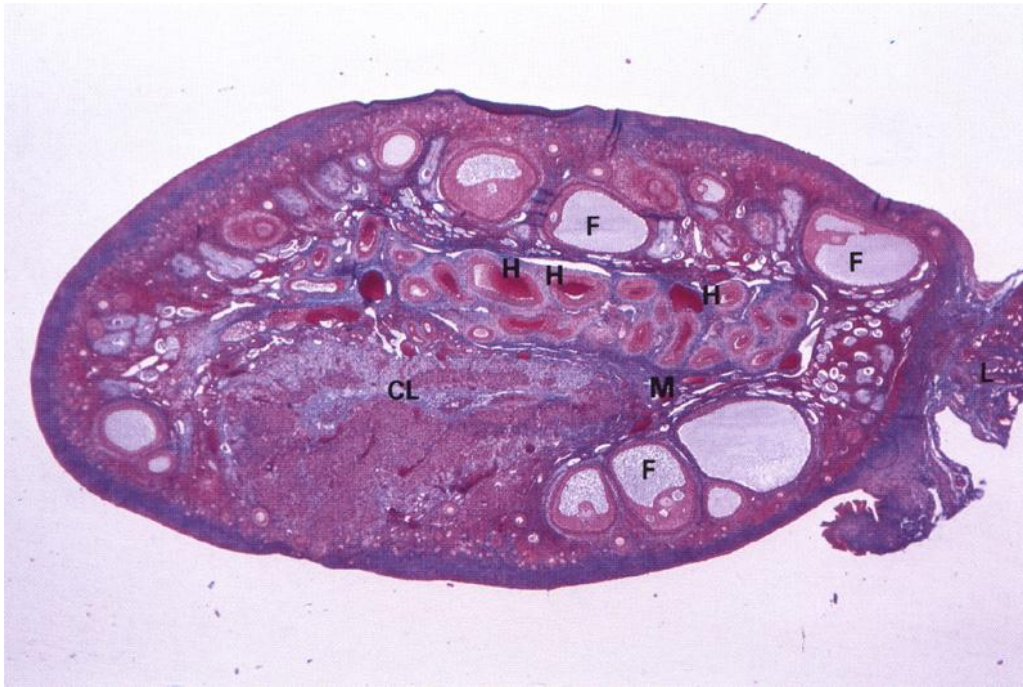
2. Post natal

- Oosit primer berkembang dan membelah menjadi polar bodies ($2n$) dan oosit sekunder ($2n$).
- Oosit sekunder berkembang menjadi ootid ($2n$) yang didalamnya juga ada 1 polar body dan pada saatnya ootid akan berkembang menjadi ovum.
- Ovum ($2n$) diovulasikan, sedangkan polar bodi membelah menjadi 2 anak polar bodi (n).
- Bila terjadi fertilisasi, ovum akan mengalami meiosis secara sempurna.
- Bila tidak terjadi fertilisasi, ovum akan rusak dalam waktu 24 jam.



OOGENESIS





MATURE GRAAFIAN FOLLICLE



FERTILISASI

- Penyatuan inti sperma dan inti sel telur untuk membentuk zigot.
- Fertilisasi dibagi menjadi:
 1. Fertilisasi interna (terdapat alat kopulasi)
 2. Fertilisasi ekstern: pada ikan dan katak

- Bertempat di tuba fallopi atau oviduk
- Bagian distal (2cm terakhir) akan melakukan kontraksi secara spasmatik – di bawah kontrol Estrogen, selama 3 hari setelah ovulasi
- Otot polos melakukan relaksasi (dipengaruhi oleh progesterone – *secreted by CL*).
- Memungkinkan terjadinya transport embrio ke dalam Uterus

Beberapa hal tentang Fertilisasi

- Selesai dalam waktu 24 jam terhitung dari ovulasi
- \pm 400 - 600 juta sperma diejakulasikan di cervik
 - Sebagian sperma tertahan di lipatan servik dan secara bertahap dilepaskan ke saluran servik
 - Sperma (manusia) bertahan selama \pm 48 jam di saluran reproduksi wanita
- Sekitar 200 sperma dapat mencapai tempat fertilisasi; yang lain degenerasi dan diabsorpsi oleh saluran reproduksi betina/wanita

Persiapan sebelum fertilisasi

Persiapan untuk memudahkan perjalanan sperma:

- Pada waktu ovulasi, sekresi mukus pada cervik bertambah banyak dan menjadi lebih encer, sehingga memudahkan perjalanan sperma
- Kontraksi otot pada uterus dan oviduk akan membantu transport sperma

Oosit:

- Pada waktu ovulasi bagian ujung oviduk akan mendekat ke dan melakukan kontak dengan ovarium
- Fimbriae pada ujung oviduk akan memasukan sel telur ke dalam oviduk
- Gerakan Peristaltik otot oviduk akan membawa sel telur ke daerah ampulla.

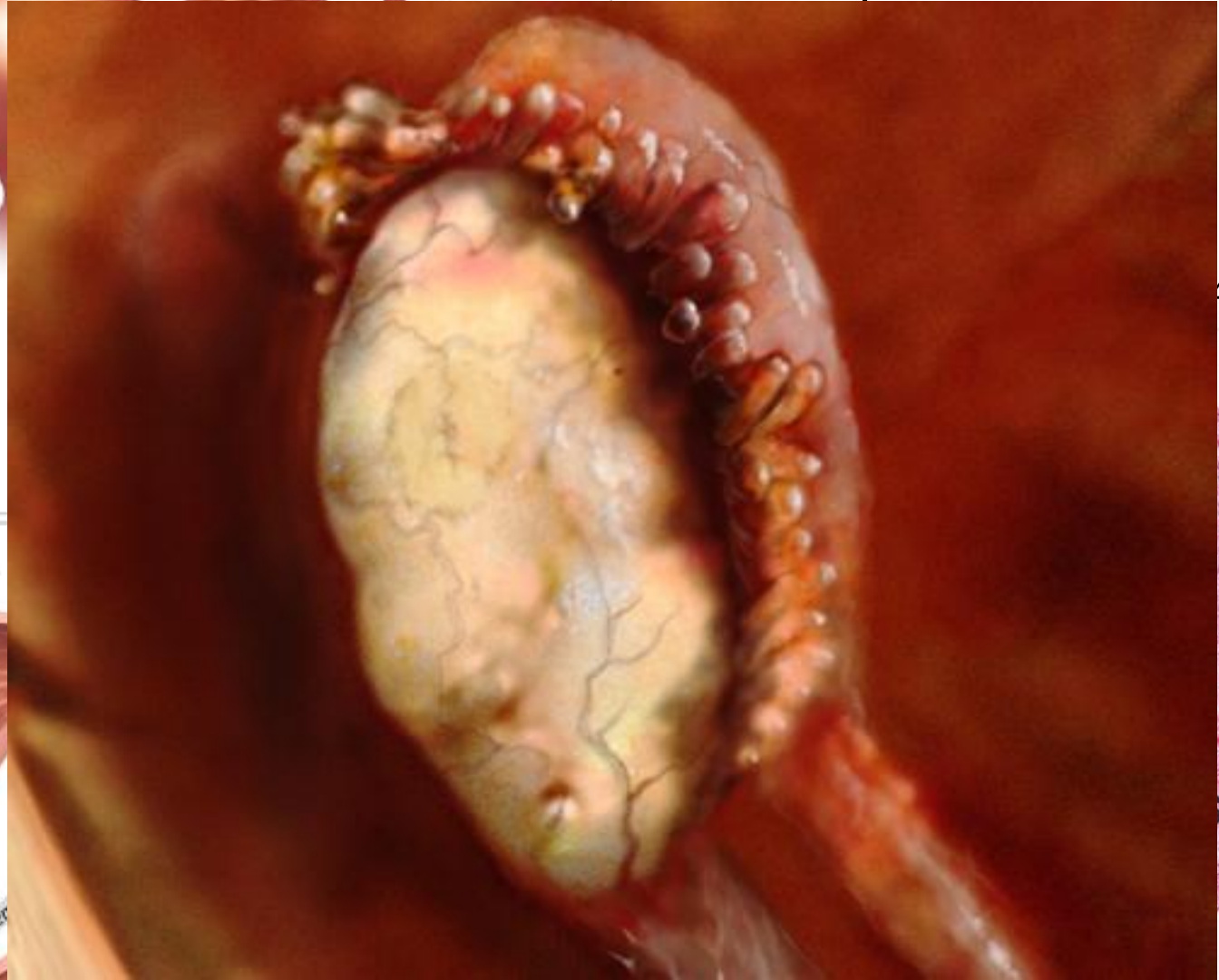
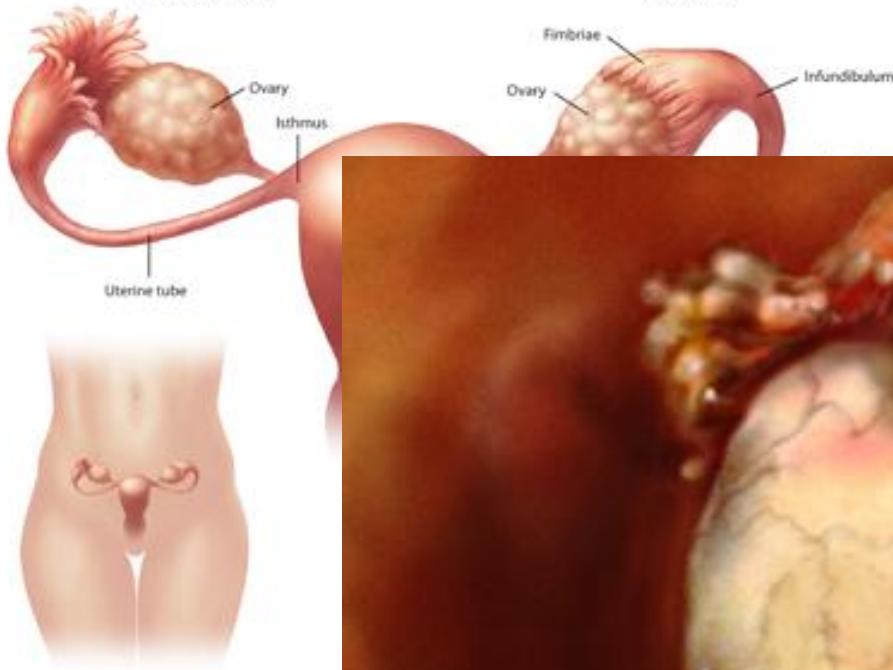
Anatomy and Physiology of the Female Reproductive Tract

The Oviduct

H & E × 10

Before ovulation

Ovulation



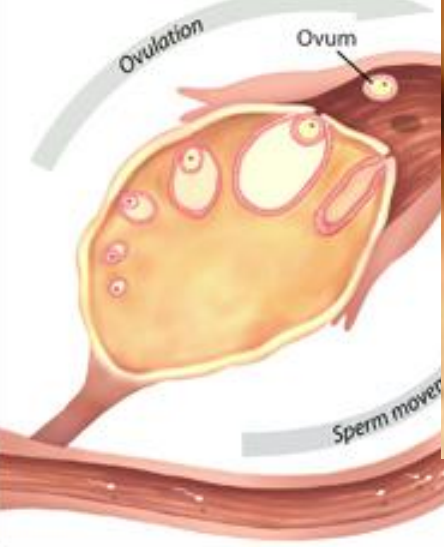
4th ed.,



BL

1

Fertilization



2

Tahapan-tahapan fertilisasi

- Tahap 1: Reaksi akrosoma
- Tahap 2: Penetration of the zona pellucida
- Tahap 3: Fusi inti
- Tahap 4: Menyelesaikan meiosis
- Tahap 5: Pembentukan Pro-Nuklei
- Tahap 6: Kondensasi kromosom

Tahap 1 fertilisasi:

The acrosome reaction must be completed before the sperm can fuse with the secondary oocyte

- Occurs when sperms come into contact with the corona radiata of the oocyte
- Perforations develop in the acrosome
- Point fusions of the sperm plasma membrane and the external acrosomal membrane occur
- The acrosome reaction is associated with the release of acrosome enzymes (**hydrolytic enzymes**) that digest material surrounding the egg and facilitate fertilization

Acrosomal Reaction

- The acrosomal reaction occurs in echinoderms
Ex. sea urchins
- Receptors on the vitelline egg layer are specific
- The reaction is the fast block to polyspermy
- A depolarization of the membrane stops other sperm from penetrating

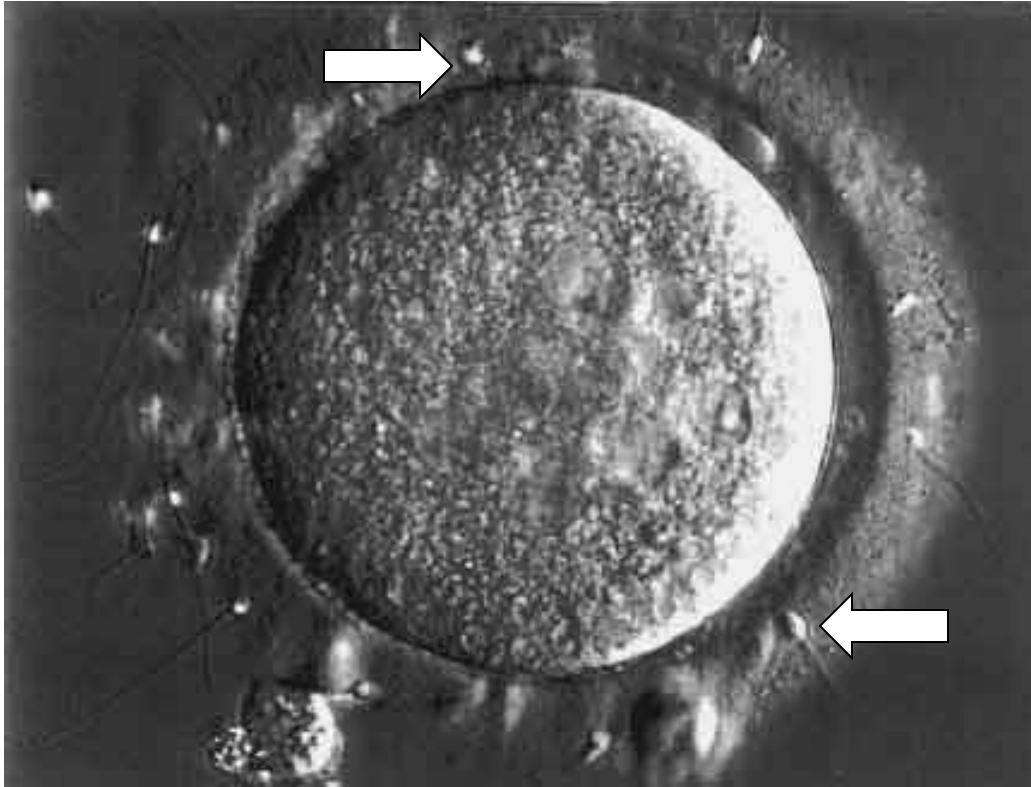
Tahap 2 fertilisasi:

Passage of sperm through the corona radiata depends on enzyme action:

- hyaluronidase released from sperm acrosome
- Tubal mucosal enzymes

Flagella action also aids corona radiata penetration

Ovum and sperms: *(In vitro)*



From this photograph, it should be clear that the heads of human sperm are less than $1/20$ the diameter of human eggs.

→ Arrows point to sperm heads

Advanced Fertility Center of Chicago
<http://www.advancedfertility.com/>

The surfaces of unfertilized eggs are usually smooth in appearance. The mottled look of this egg is not normally seen, but apparently all the ova from this woman had this appearance.

Tahap 2 fertilisasi:

- Penetration of the zona pellucida around the oocyte:
 - Acrosomal enzymes: esterases, acrosin, and neuraminidase cause lysis of the zona pellucida
- Once sperm penetrates zona pellucida, the **zona reaction** occurs:
 - This reaction makes the zona pellucida impermeable to other sperms.

The Cortical Reaction

- Fusion of egg and sperm also initiates the **cortical reaction**
- This reaction induces a rise in Ca^{2+} that stimulates **cortical granules** to release their contents outside the egg
- These changes cause formation of a **fertilization envelope** that functions as a **slow block to polyspermy**

Tahap 3 dan 4 fertilisasi:

- Fusion of plasma membranes of oocyte and sperm
 - Head and tail of a sperm enter the cytoplasm of the oocyte, but the sperm plasma membrane remains behind.
- 2nd meiotic division of oocyte is completed
 - The secondary oocyte was previously arrested in metaphase of the 2nd meiotic division, and now forms the mature ovum and another polar body.

Tahap 5 fertilisasi:

- Formation of male and female pronuclei:
 - Chromosomal material of the sperm decondensates and enlarges
 - Chromosomal material of the ovum decondensates following the completion of meiosis
- At this stage, the male and female pronuclei are indistinguishable.
- As they grow, the pronuclei replicate their DNA → still 1N (haploid)- 23 chromosomes, each in chromatid pairs

Fusion of the pronuclei: *(in vitro)*

- The male and female pronuclei are indistinguishable from one another.
- The second polar body can be seen (arrow).
- The plasma membranes of the two pronuclei are dissolving and one diploid nucleus will remain.



Advanced Fertility Center of Chicago
<http://www.advancedfertility.com/>

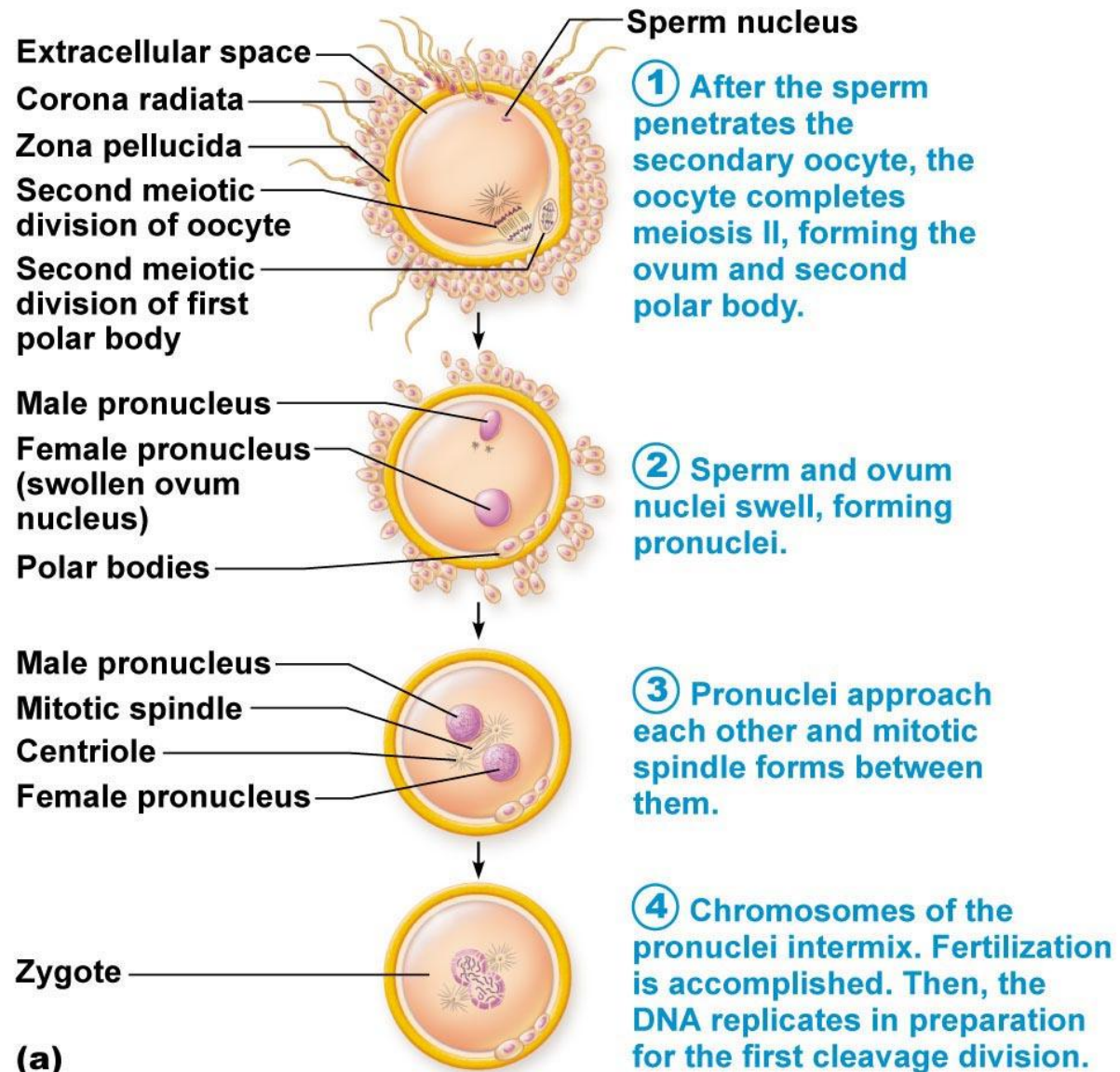
Tahap 6 fertilisasi:

Membranes of the pronuclei break down, chromosomes condense and arrange themselves for mitotic cell division

- On membrane dissolution, there is 1 cell with 46 chromosomes = diploid (2N)
- The first cleavage follows shortly, leaving 2 cells, each with 46 chromosomes.
 - Mitosis in the new zygote uses centrioles derived from the sperm. The oocyte has no centrioles.

Fertilization

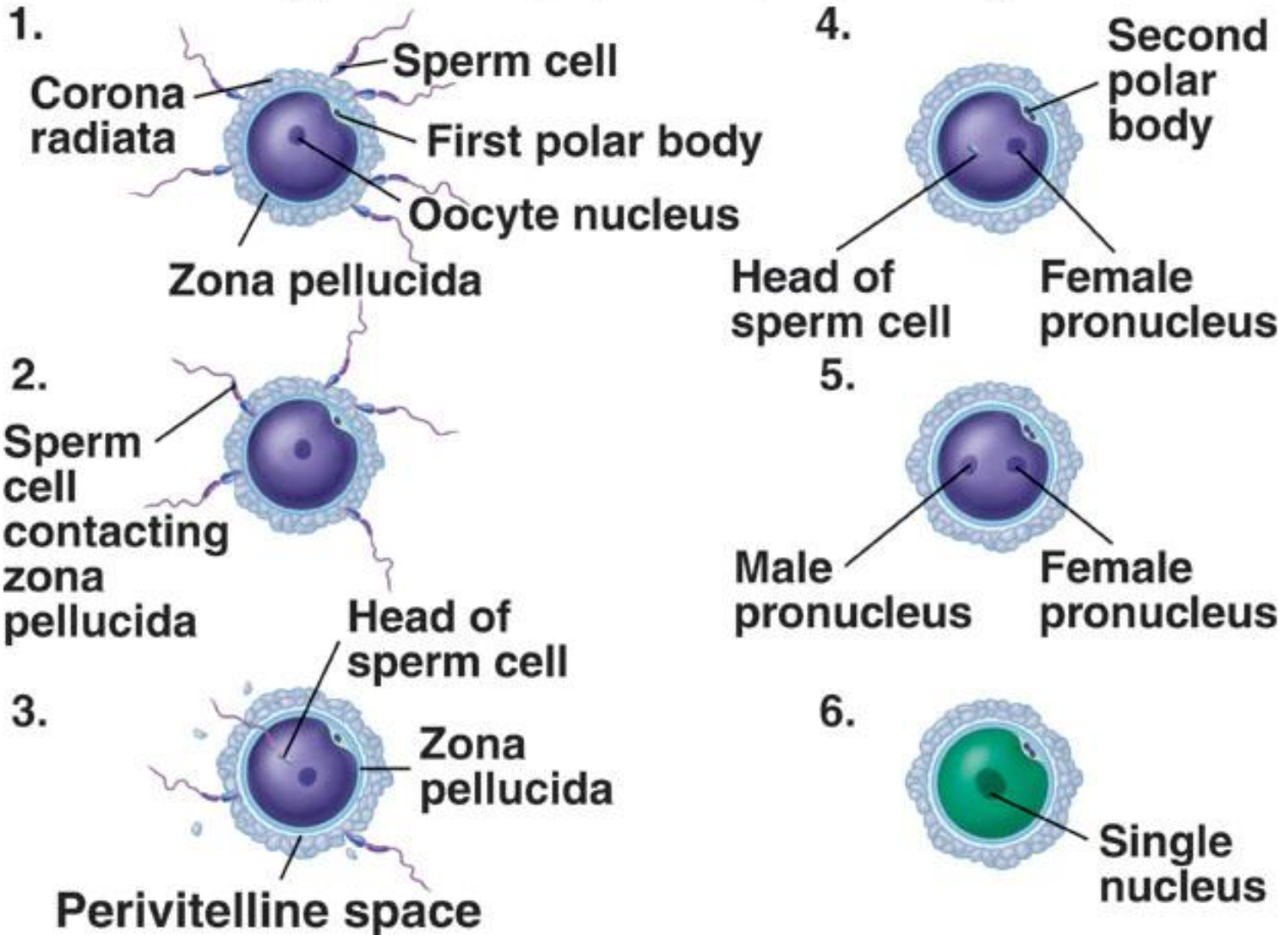
- Oocyte completes meiosis II
- Nuclear fusion
 - $1n + 1n \rightarrow 2n$



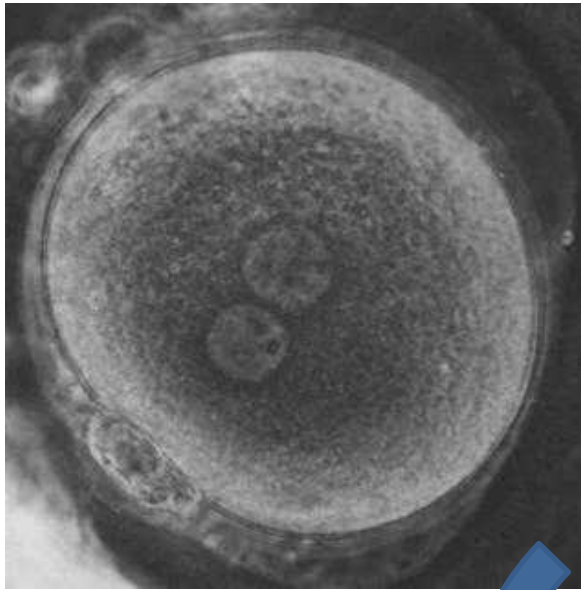


Fertilization

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



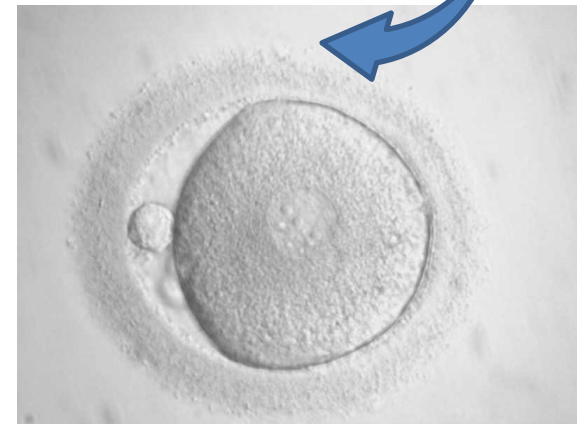
Zigot, Hasil Fertilisasi



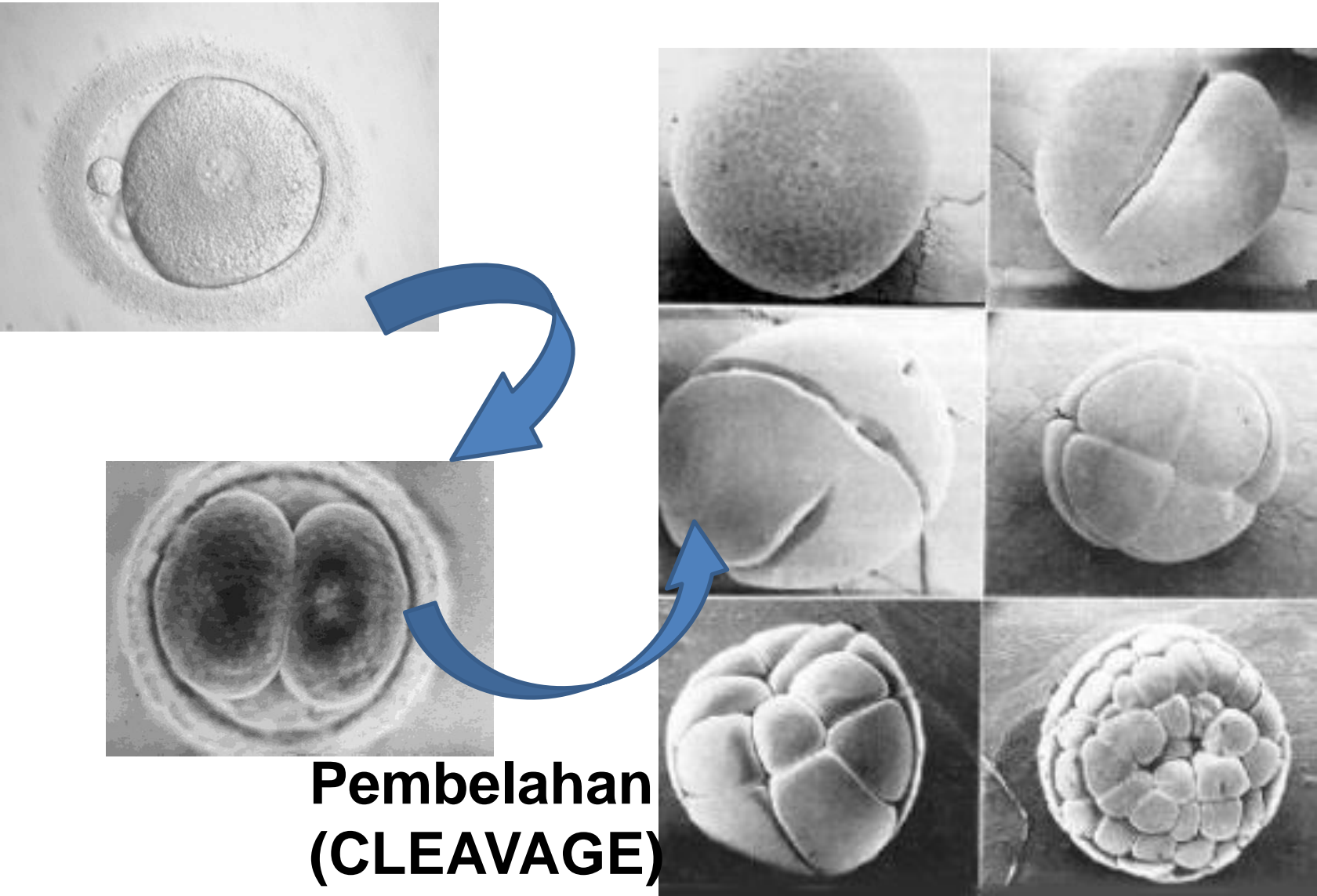
PRONUCLEI



ZYGOTE



Apa yang kemudian terjadi dengan Zigot ?



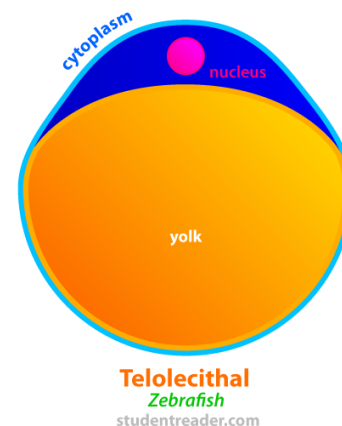


Tipe Sel Telur

- Kecepatan pembelahan berbanding terbalik dengan jumlah yolk
- Berdasarkan banyaknya Yolk, maka SEL TELUR dibagi menjadi beberapa tipe :
 1. POLYLECITHAL → yolk banyak & tertimbun pada salah satu area (unggas dan reptil) → perkembangan zigot di dlm sel telur & lepas dari induk

2. MESOLECITHAL → yolk cukup banyak dan tersebar pada daerah vegetal (amfibi & pisces) → sel2 telur keluar dri tubuh induk blm terfertilisasi
3. OLIGOLECITHAL → sedikit / tidak ada yolk (mamalia & manusia) → perkembangan embrio tergantung pada induk

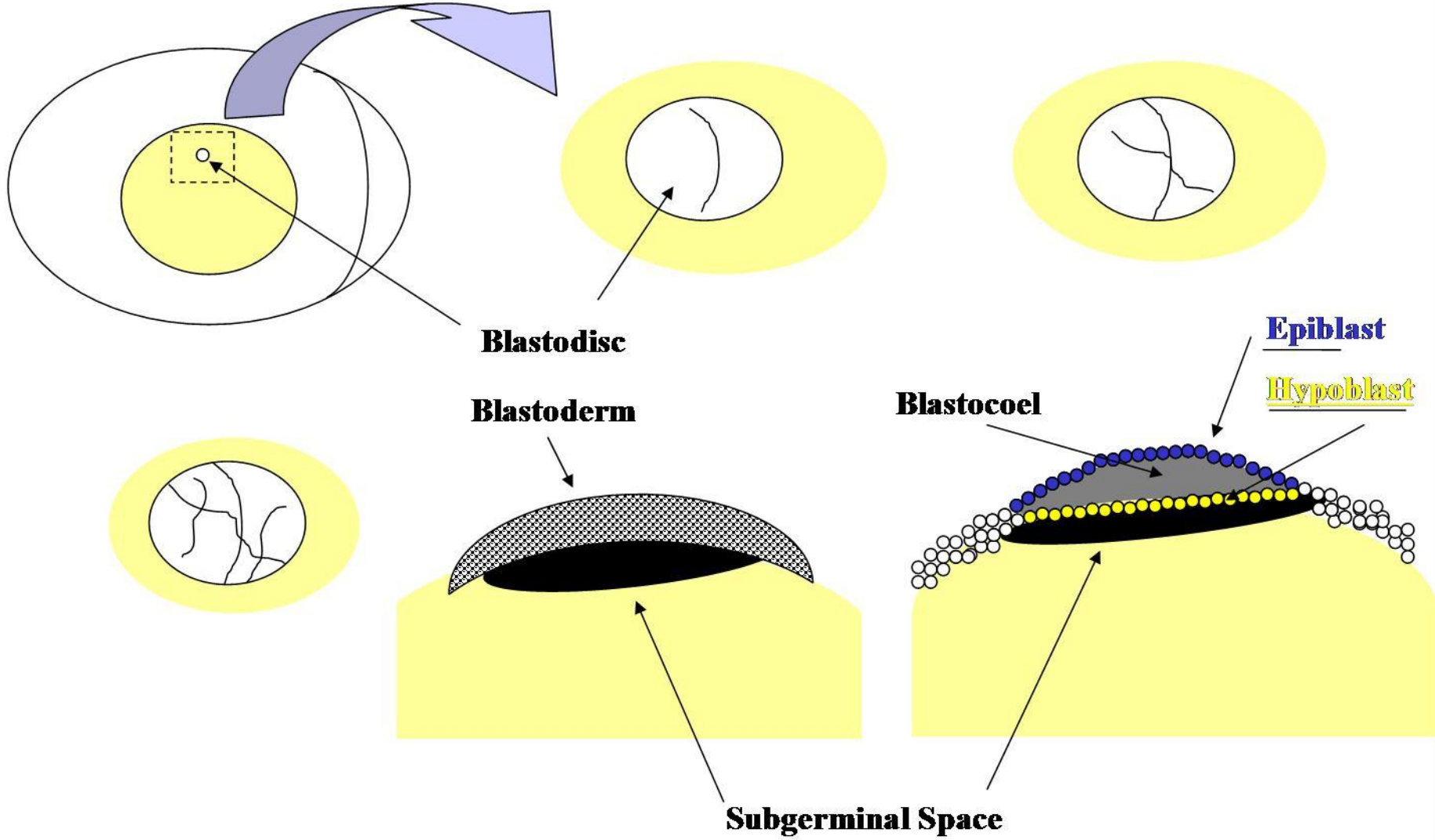
- Berdasarkan penyebaran yolk dlm sel telur :
 1. ISOLECITHAL → Yolk tersebar merata (mamalia)
 2. CENTROLECITHAL → yolk terkonsentrasi pada bagian tengah sel telur (arthropoda)
 3. TELOLECITHAL → yolk berkumpul di salah satu kutub (unggas)



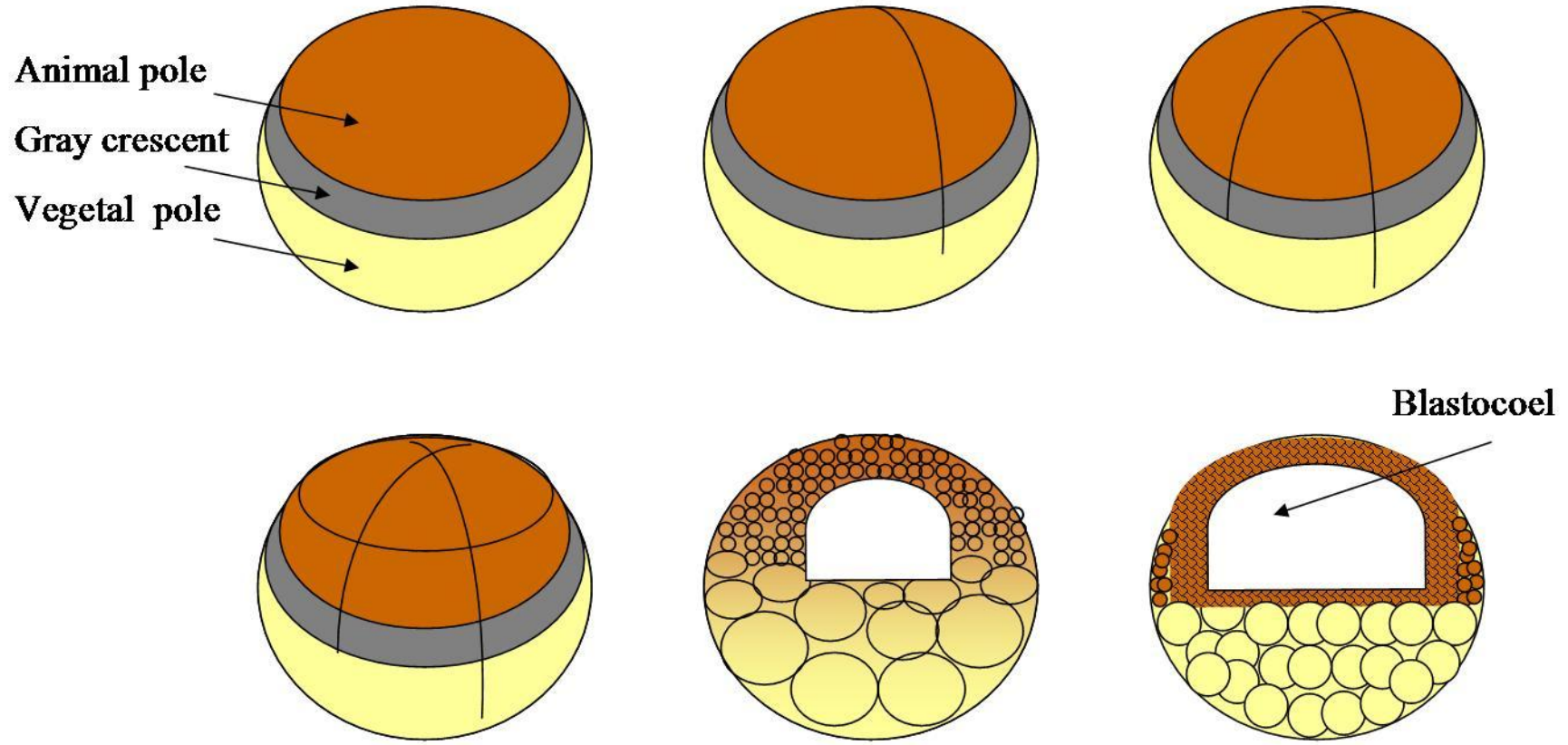
Tipe Pembelahan

- Berdasarkan tipe sel telur di atas, maka pembelahan dapat dibedakan atas :
 - a. HOLOBLASTIK → seluruh sel telur membelah
 1. SEMPURNA (EQUAL) → 2 BLASTOMER sama besar (mamalia)
 2. TDK SEMPURNA (UNEQUAL) → lebih byk pda salah satu kutub, ada makromer n mikromer (katak)
 - b. MEROBLASTIK → mitosis tdk disertai pembagian yolk (kutub animal)
 1. DISCOIDAL (aves, reptil)
 2. SUPERFICIAL (arthropoda)

Bird (p.80-81)



Amphibian (p.77-80)



CLEAVAGE

- Ketika zigot telah terbentuk, maka dimulailah pembelahan mitosis pada zigot (pembelahan/*cleavage*).
- Dalam fase ini, zigot berubah bentuk dari sel tunggal menjadi sebuah masa sel yang solid/padat disebut **morula**. Morula berkembang menjadi bola sel yang berrongga (rongga =blastosel), disebut **blastula**.
- Sel-sel kecil hasil pembelahan tersebut dikenal dengan istilah *blastomer*.

Mekanisme Pembelahan

- Sebagian besar hewan (kecuali mamalia) mempunyai sel telur dengan polaritas yang jelas.
- Polaritas ditentukan oleh mRNA, protein dan kuning telur (yolk). Yolk terkonsentrasi pada satu kutub, disebut **kutub vegetal** (***vegetal pole***). Kutub yang berlawanan (konsentrasi yolk rendah) kemudian disebut **kutub animal** (***animal pole***)

- Kutub animal merupakan tempat dari badan polar meiosis menguncup dan terlepas dari sel. Pada beberapa hewan, kutub animal menandai titik tempur ujung anterior (kepala) embrio terbentuk.
- Pada katak, belahan animal mempunyai granula melanin dalam lapisan luar sitoplasmanya, sehingga terlihat berwarna biru abu-abu pekat. Sedangkan belahan vegetal yang mengandung yolk terlihat lebih terang.

Mekanisme Pembelahan pada Amfibia

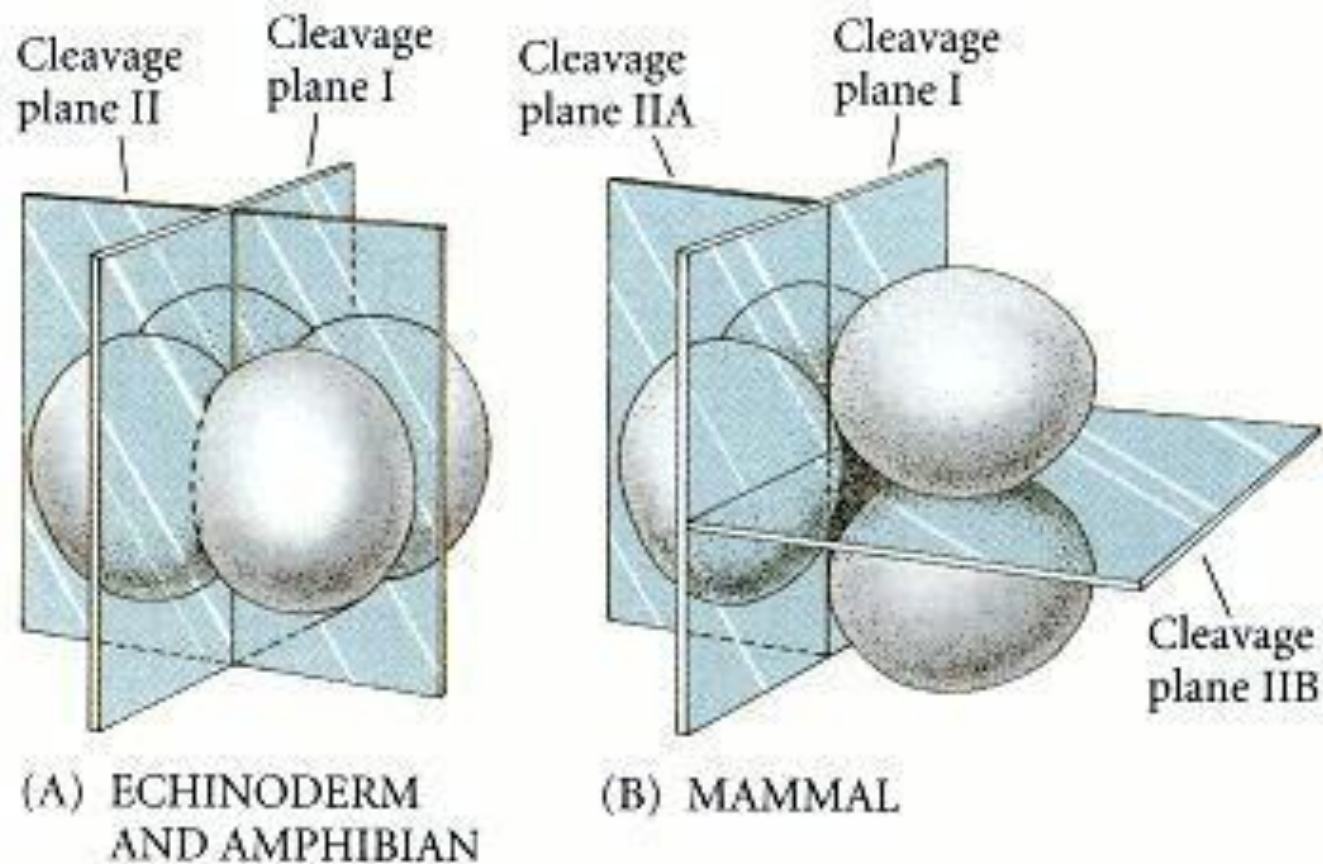
- Pada amfibia, saat fertilisasi terjadi pengaturan kembali sitoplasma sel telur. Membran plasma dan korteks berotasi menuju titik tempat masuknya sperma, sehingga membuka daerah pada sitoplasma yang berbentuk pita sempit berwarna abu-abu muda (**Sabit abu-abu /grey crescent**).
- Sabit abu-abu terletak dekat ekuator berseberangan dengan tempat masuknya sperma.

- Yolk cenderung menghalangi pembelahan, akibatnya pembelahan zigot pada katak terjadi lebih cepat pada belahan animal dibanding belahan vegetal, sehingga menghasilkan embrio dengan ukuran berbeda-beda.
- Dua pembelahan pertama terjadi secara polar (vertikal) sehingga dihasilkan empat sel memanjang dari KA ke KV. Pembelahan ketiga secara horisontal (ekuatorial), hingga dihasilkan 8 sel

Mekanisme Pembelahan pada Hewan Lain

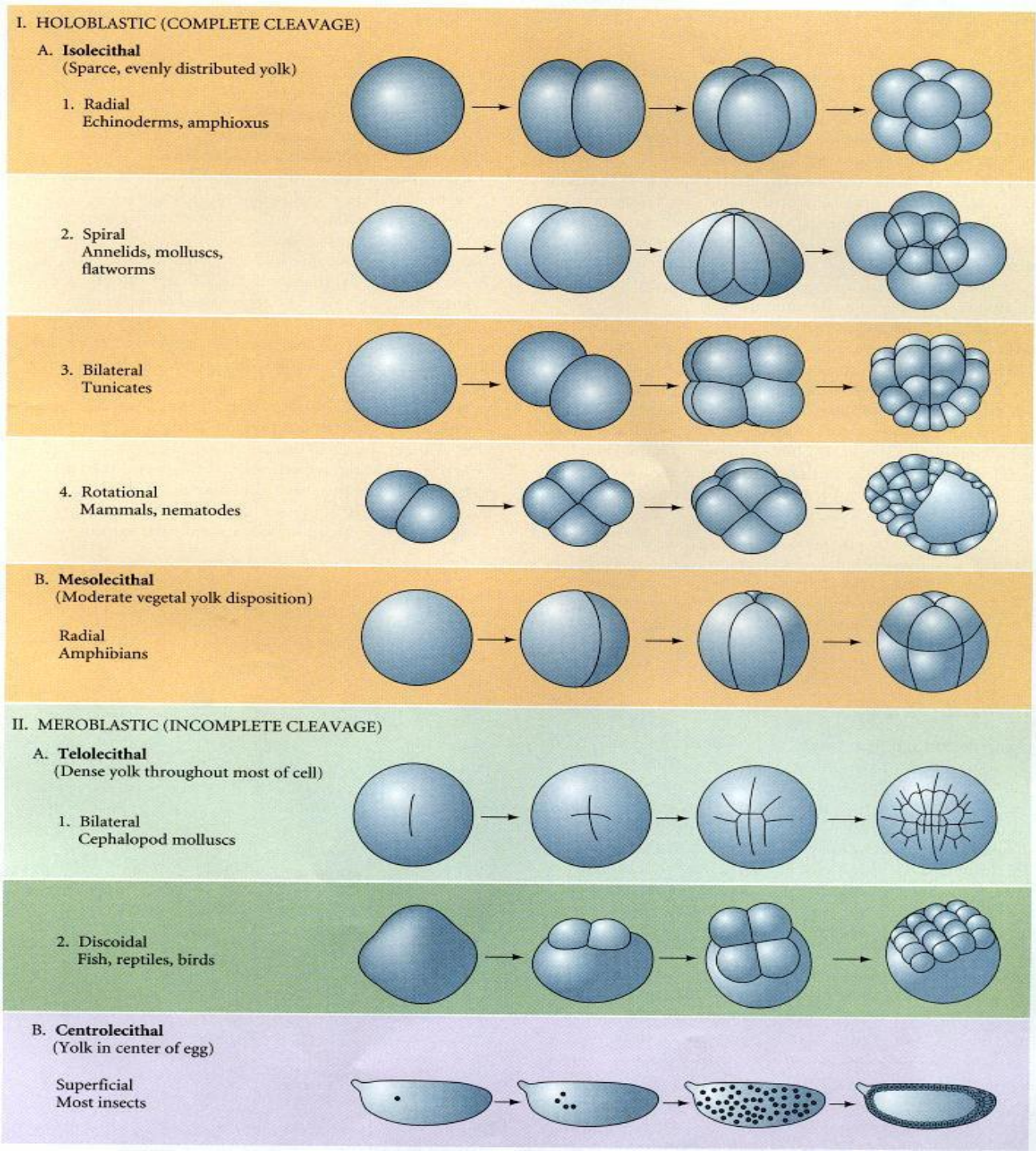
- Sel bulu babi (sea urchin) dan kebanyakan hewan lainnya mempunyai lebih sedikit kuning telur, tetapi masih mempunyai sumbu animal-vegetal. Karena yolk yang sedikit, maka kelajuan pembelahannya hampir sama, sehingga menghasilkan ukuran blastomer yang hampir sama.
- Pola pembelahan sampai tahapan delapan sel untuk golongan hewan echinodermata, chordata, dan deuterostomata memperlihatkan pola yang hampir sama dengan amfibia.

- Pola pembelahan pada protostomata (moluska, annelida, dan arthropoda). Mempunyai pola yang berbeda. Protostomata memperlihatkan pembelahan secara spiral, yaitu sel-sel dari lapis atas duduk pada lekukan antar sel-sel pada lapis yang dibawahnya.
- Pada deuterostomata, pembelahan terjadi secara radial, artinya sel-sel lapisan atas mengatur diri langsung diatas sel lapisan bawah.
- Berbagai pola bidang pembelahan tergambar pada gambar berikut:



Comparison of early cleavage in (A) echinoderms and amphibians (radial cleavage) and (B) mammals (rotational cleavage). Nematodes also have a rotational form of cleavage, but they do not form the blastocyst structure characteristic of mammals.

(After [Gulyas 1975](#).)



Bidang
pembelahan
pada embrio
berbagai
macam hewan

Next continue to part 2 on
next meeting...