

Embryologie I

nauka o prenatálním vývoji organismu

- **období embryonální** – prvních 8 týdnů vývoje
 - podle některých autorů lze z něj vyčlenit období preembryonální (první 2 týdny) a období organogeneze (3. – 8. týden)
- **období fetální** – od 9. týdne po narození
 - lze vyčlenit období perinatální, které pokračuje až do 4. týdne po narození

Těhotenství člověka

40 gestačních týdnů (těhotenství) se počítá od prvního dne poslední menstruace před oplodněním

38 týdnů anatomického stáří se počítá od oplození

gestační věk

x

anatomický věk

mestruační

fertilizační,
koncepční

Věk zárodku
počítaný od prvního
dne poslední
menstruace

Skutečný věk
zárodku počítaný
ode dne početí

Leden

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 3 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 4 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 5 | 29 | 30 | 31 | | | | |

Únor

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 5 | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 7 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 8 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 9 | 26 | 27 | 28 | | | | |

Březen

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 12 | 17 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 13 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |

Duben

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 13 | | | | | | | 1 |
| 14 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 15 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 17 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 18 | 30 | | | | | | |

Květen

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 18 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 19 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 20 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 22 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | |

Červen

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 22 | | | | | 1 | 2 | 3 |
| 23 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 24 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 25 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 26 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |

Červenec

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 26 | | | | | | | 1 |
| 27 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 28 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 29 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 30 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 31 | 30 | 31 | | | | | |

Srpen

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 32 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 33 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 34 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 35 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | |

Září

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 35 | | | | | | 1 | 2 |
| 36 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 37 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 38 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 39 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |

Říjen

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 40 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 41 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 42 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 43 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 44 | 29 | 30 | 31 | | | | |

Listopad

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 44 | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 45 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 46 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 47 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 48 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | | |

Prosinec

| T | P | Ú | S | Č | P | S | N |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 48 | | | | | | 1 | 2 |
| 49 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 50 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 51 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 52 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 31 | | | | | | |

3 trimestry těhotenství

I. první trimestr týdny **1 – 16**

- 1 – 2 prekoncepční
- 3 – 10 embryonální období
- 11 – 16 fetální období prvního trimestru

II. druhý trimestr týdny **17 – 28**

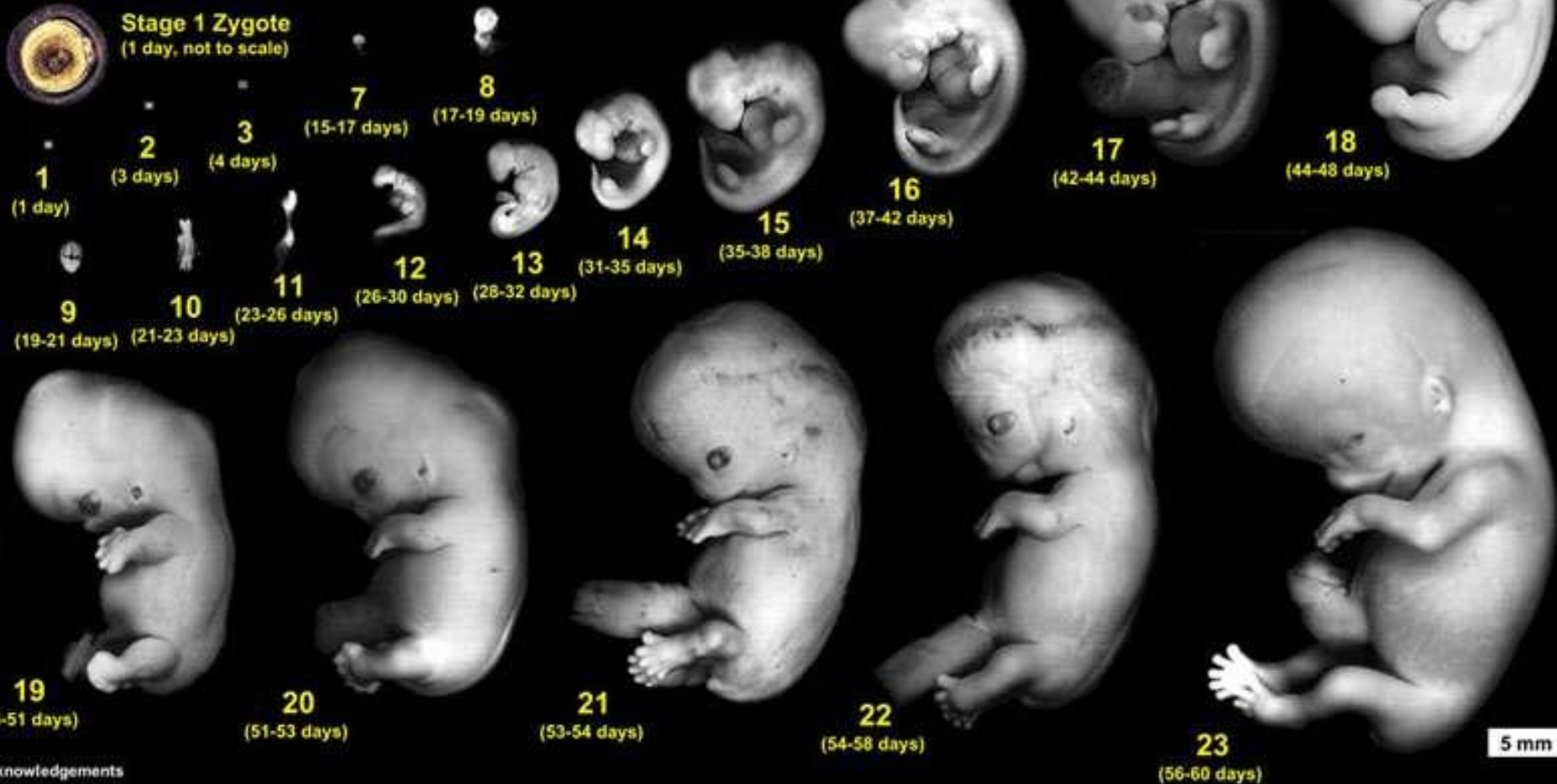
- 17 – 24 neživotaschopné plody prostředního trimestru
- 25 – 28 plody se spornou životaschopností
 - neživotaschopné plody jsou potraceny
 - životaschopné plody jsou porozeny předčasně

III. třetí trimestr týdny **29 – 40**

v děloze plody, po narození novorozenci

Carnegie Stages of Human Development

Dr Mark Hill, Cell Biology Lab, School of Medical Sciences (Anatomy), UNSW



Acknowledgements

Special thanks to Dr S. J. DiMarzo and Prof. Kohel Shiota for allowing reproduction of their research images and material from the Kyoto Collection and Ms B. Hill for image preparation.

© M.A. Hill, 2004

Jirásek's (J) stages of human prenatal development

based completely on external characteristics

A – embryonic stages (1-8)

1 – unicellular (fertilization)

2 – blastomeric (morula, cleavage of oocyte)

3 – blastodermic (blastocyst)

4 – bilaminar germ disc (epiblast, hypoblast)

5 – trilaminar germ disc with axial structures

6 – cylindrical embryo (formation of somites, closing of neural tube)

7 – C shaped embryo (formation of limbs)

8 – late embryonic stage (limbs fully differentiated including fingers and toes, closing eye fissures)

B – fetal stages (9)

C – perinatal stages (10)

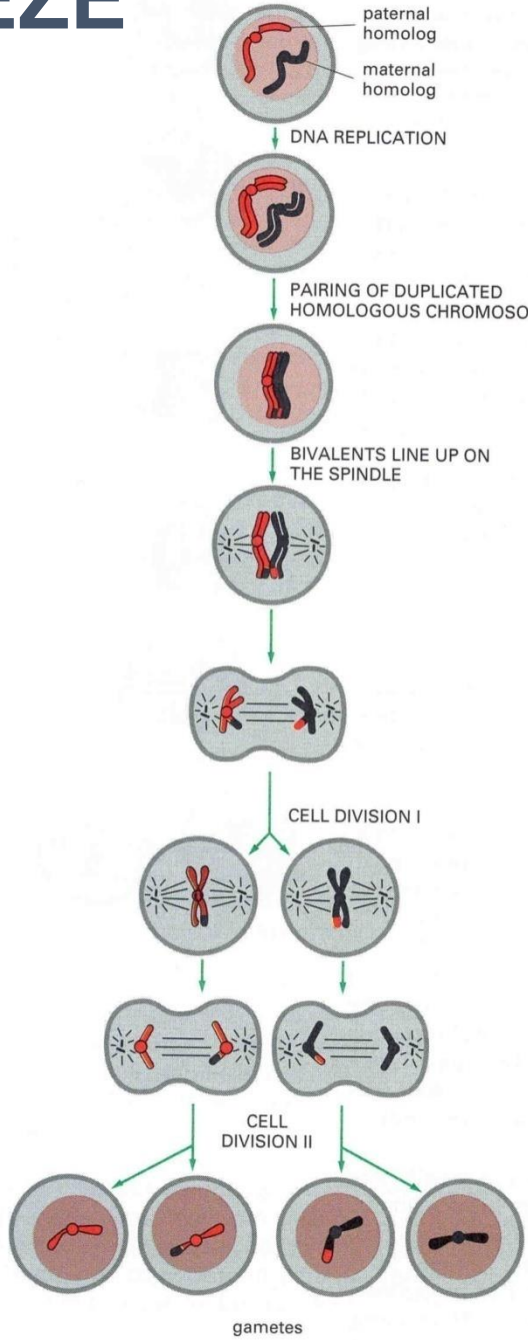


GAMETOGENEZE

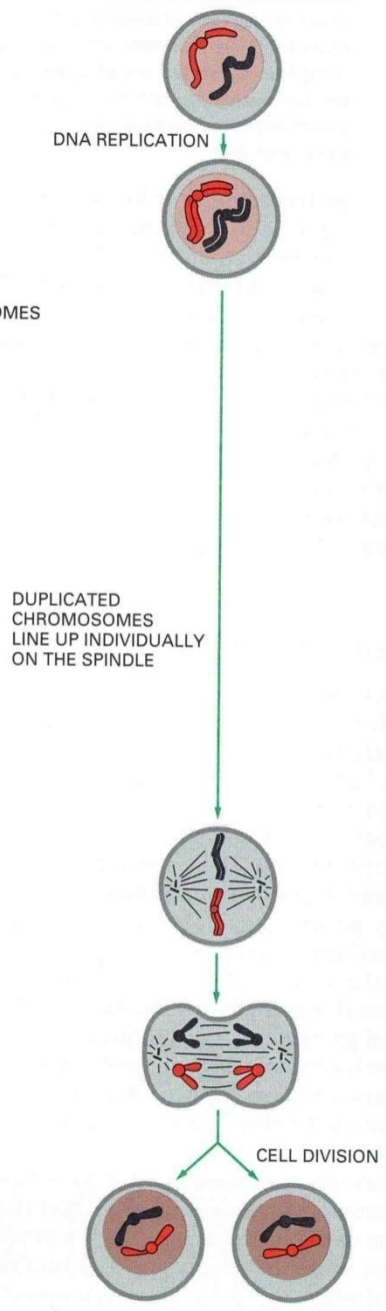
MEIOTIC DIVISION I

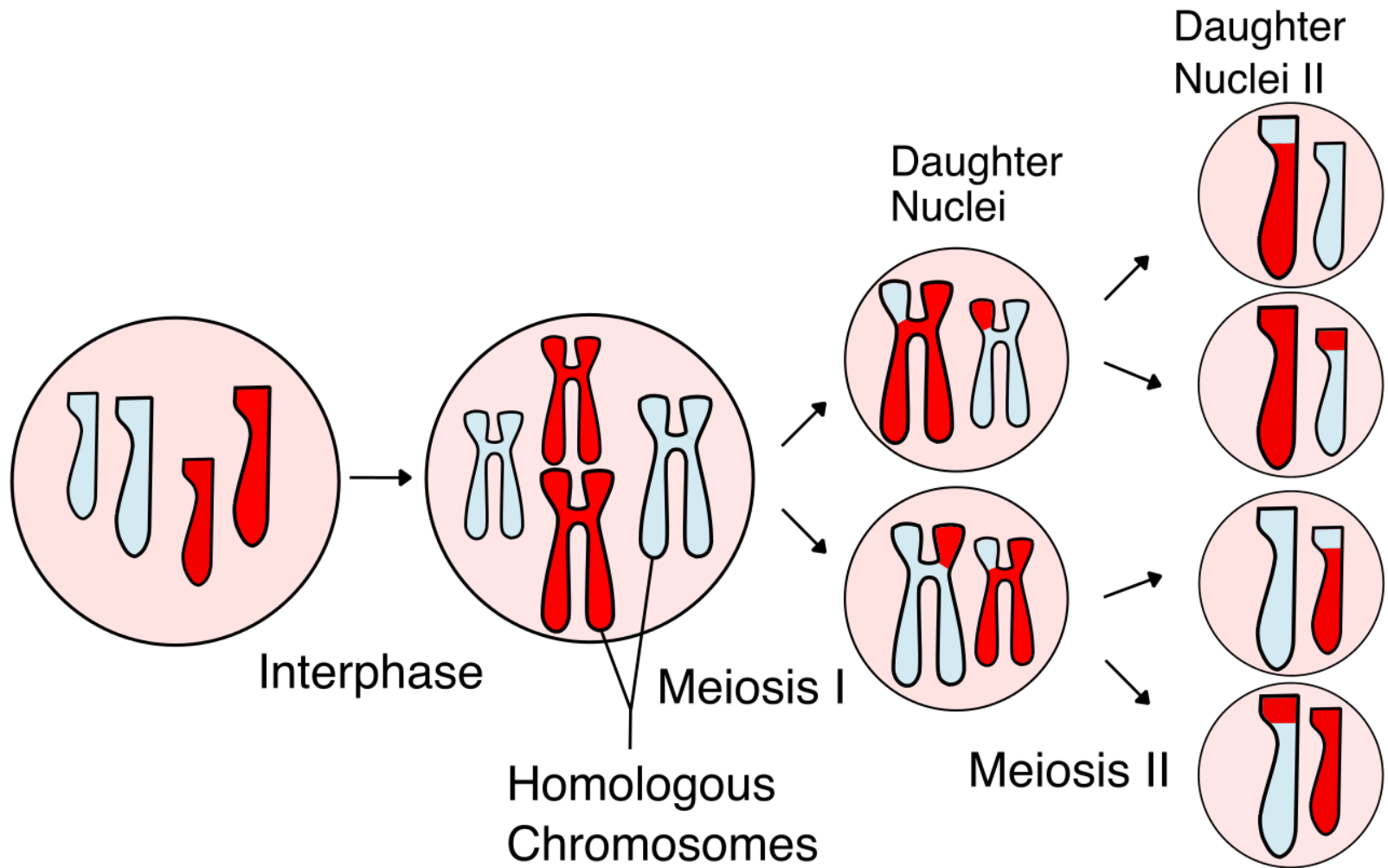
MEIOTIC DIVISION II

MEIOSIS



MITOTIC CELL DIVISION





$$2n \longrightarrow (4x) 1n$$

Meióza

redukční dělení – vznik buněk s poloviční sadou chromosomů

$2n \longrightarrow 1n$

náhodná distribuce mateřských a otcovských chromosomů do dceřiných buněk

2 dělení:

meióza I.

meióza II.

Meióza I.

1. zrací dělení, redukční, heterotypické

redukce počtu chromosomových sad

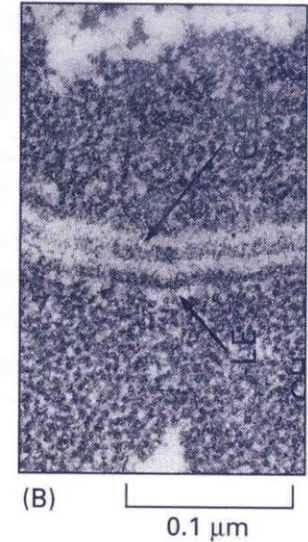
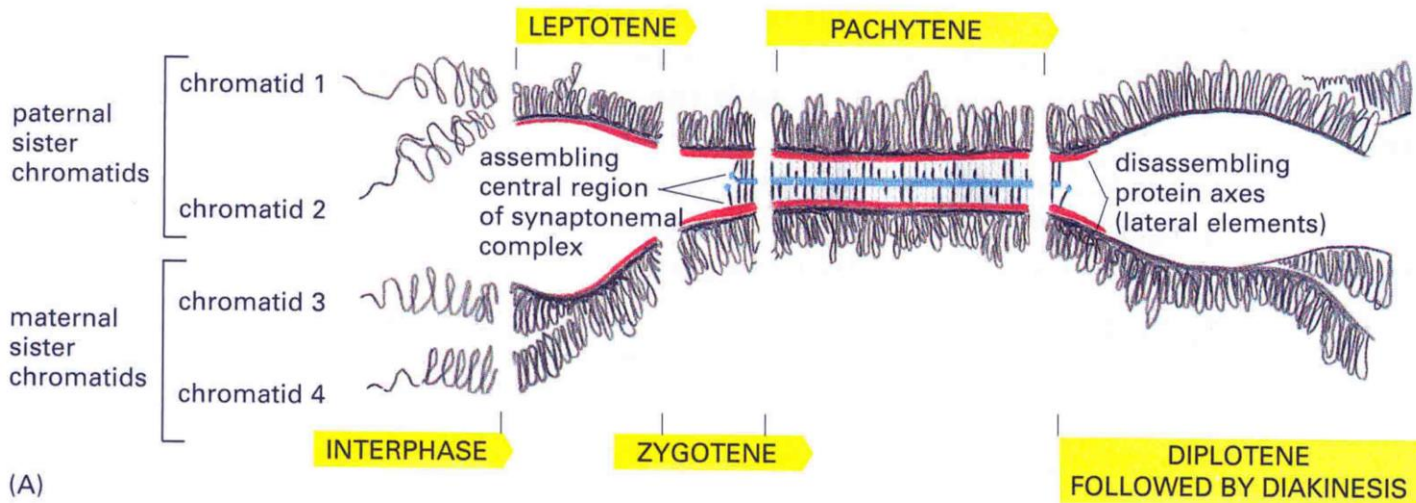
Profáze I.

Metafáze I.

Anafáze I.

Telofáze I.

Profáze I.



LEPTOTENE: nejsou patrné jednotlivé sesterské chromatidy

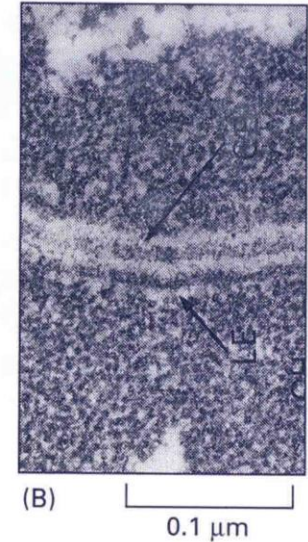
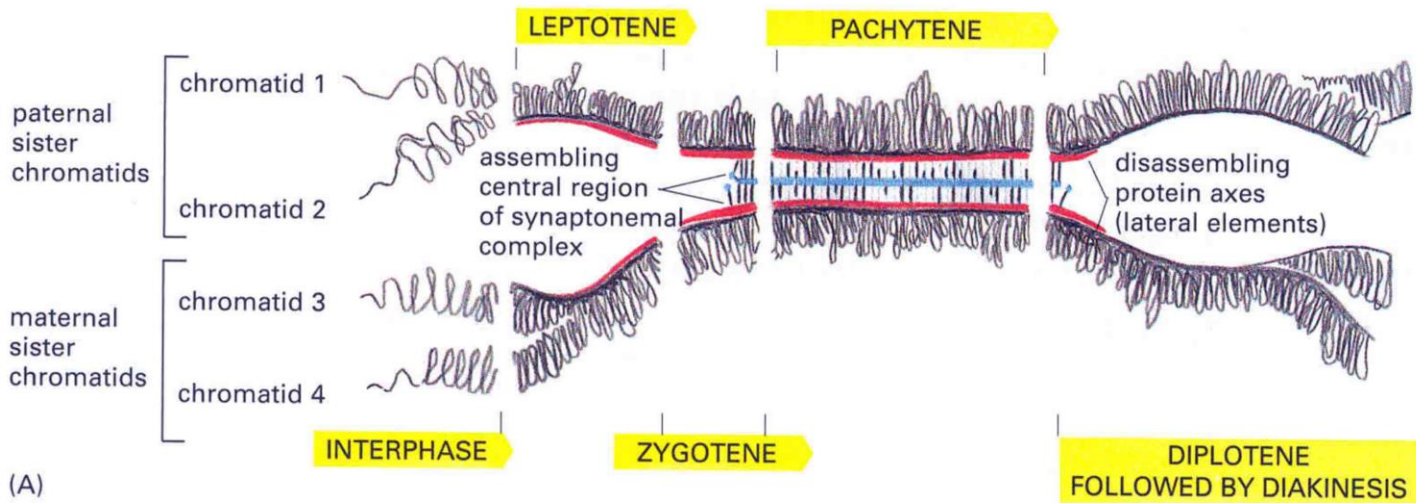
ZYGOTENE: formování synaptonemálního komplexu, vznik bivalentů

PACHYTENE: vznik rekombinačních uzlíků (2-3 na každém páru chromosomů), crossing-over nesesterských chromatid (obdobu opravy zlomů doprovázena syntézou DNA)

DIPLLOTENE: rozpad synaptonemálního komplexu, zviditelnění chiasmat a podélné dvojitosti

DIAKINEZE: rozdělení bivalentů, dekonstituce jaderného obalu

Profáze I.



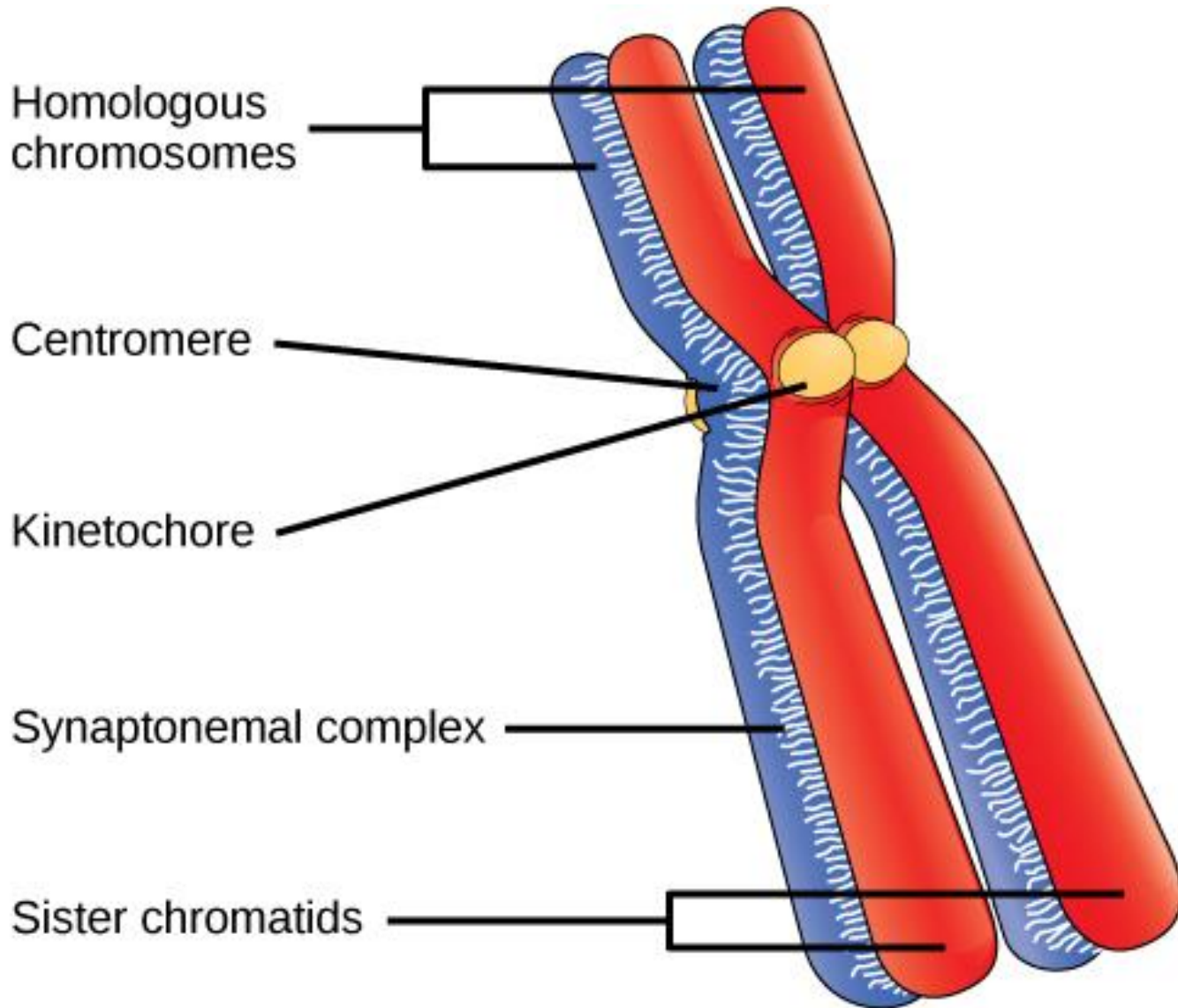
LEPTOTENE: nejsou patrné jednotlivé sesterské chromatidy

ZYGOTENE: formování **synaptonemálního komplexu**, vznik **bivalentů**

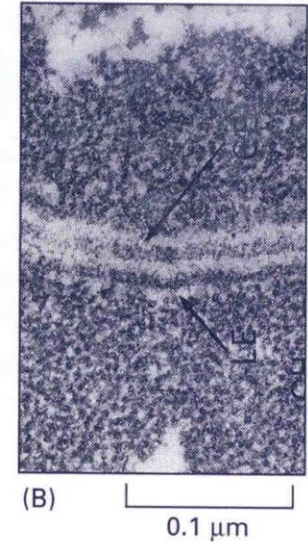
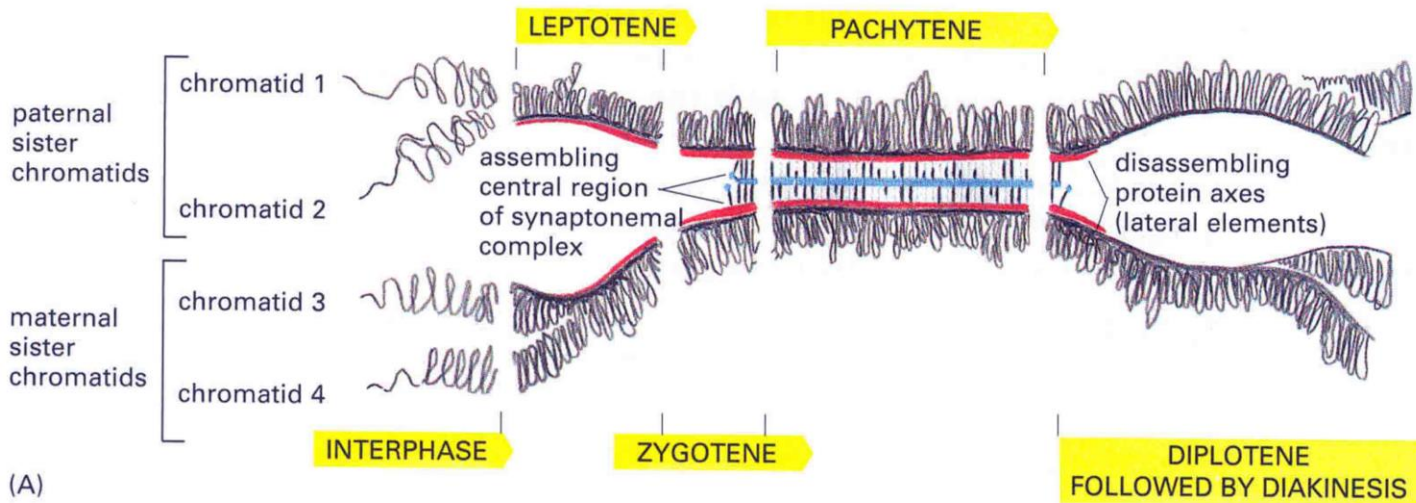
PACHYTENE: vznik rekombinačních uzlíků (2-3 na každém páru chromosomů), crossing-over nesesterských chromatid (obdobu opravy zlomů doprovázena syntézou DNA)

DIPLLOTENE: rozpad synaptonemálního komplexu, zviditelnění chiasmat a podélné dvojitosti

DIAKINEZE: rozdělení bivalentů, dekonstituce jaderného obalu



Profáze I.



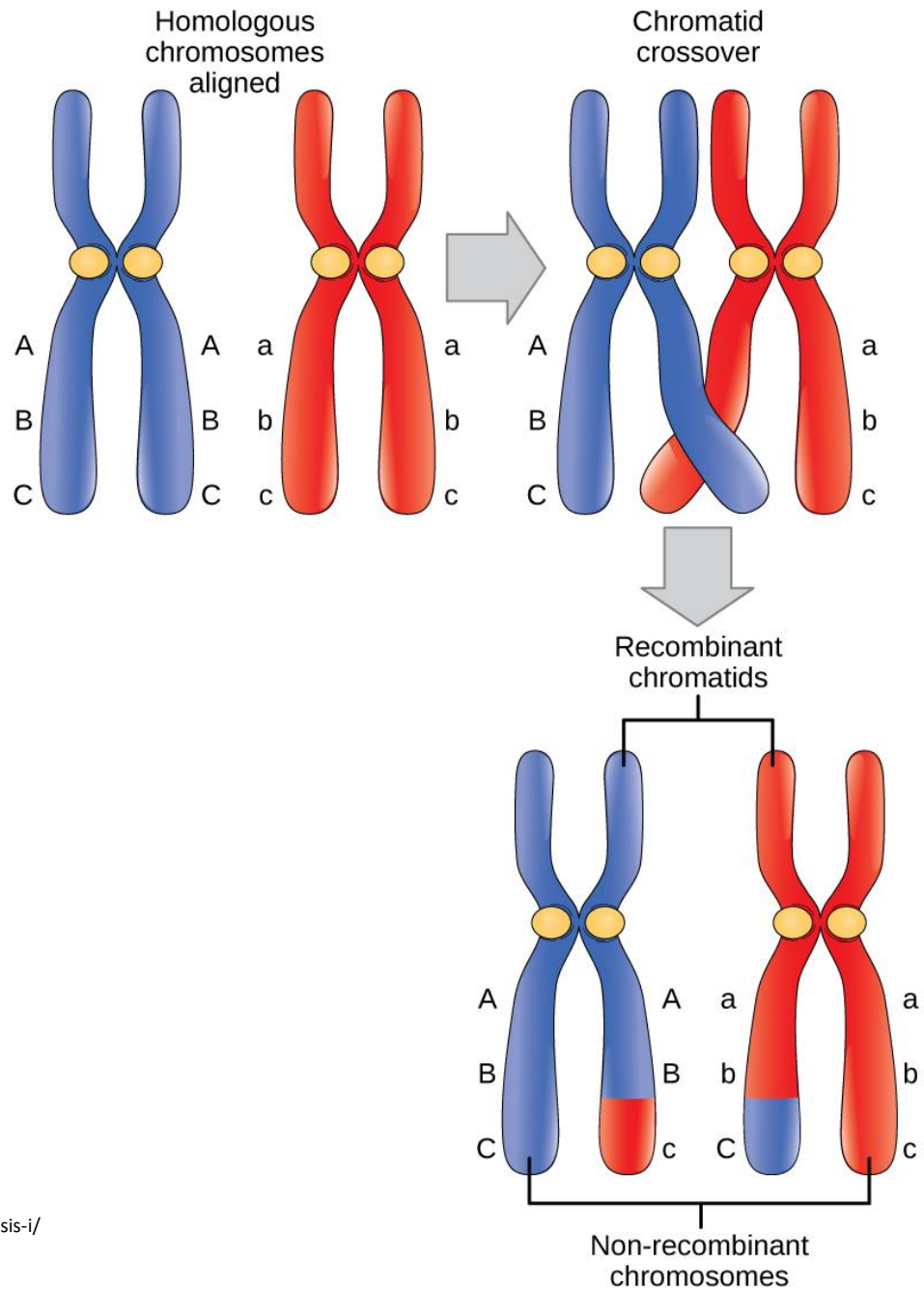
LEPTOTENE: nejsou patrné jednotlivé sesterské chromatidy

ZYGOTENE: formování synaptonemálního komplexu, vznik bivalentů

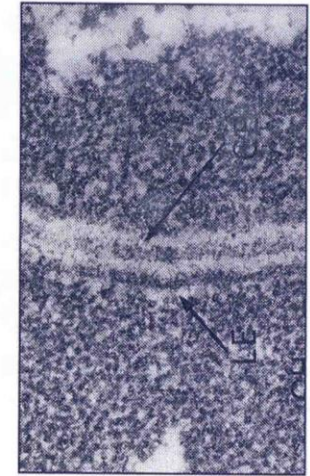
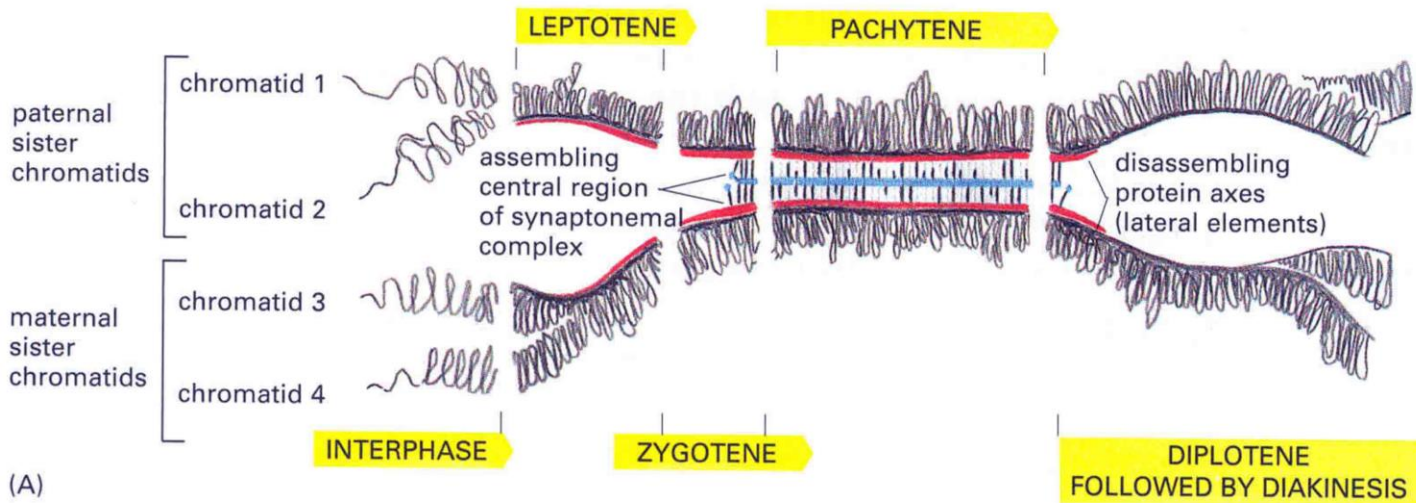
PACHYTENE: vznik rekombinačních uzlíků (2-3 na každém páru chromosomů), **crossing-over nesesterských chromatid** (obdobu opravy zlomů doprovázena syntézou DNA)

DIPLLOTENE: rozpad synaptonemálního komplexu, zviditelnění chiasmat a podélné dvojitosti

DIAKINEZE: rozdělení bivalentů, dekonstituce jaderného obalu



Profáze I.



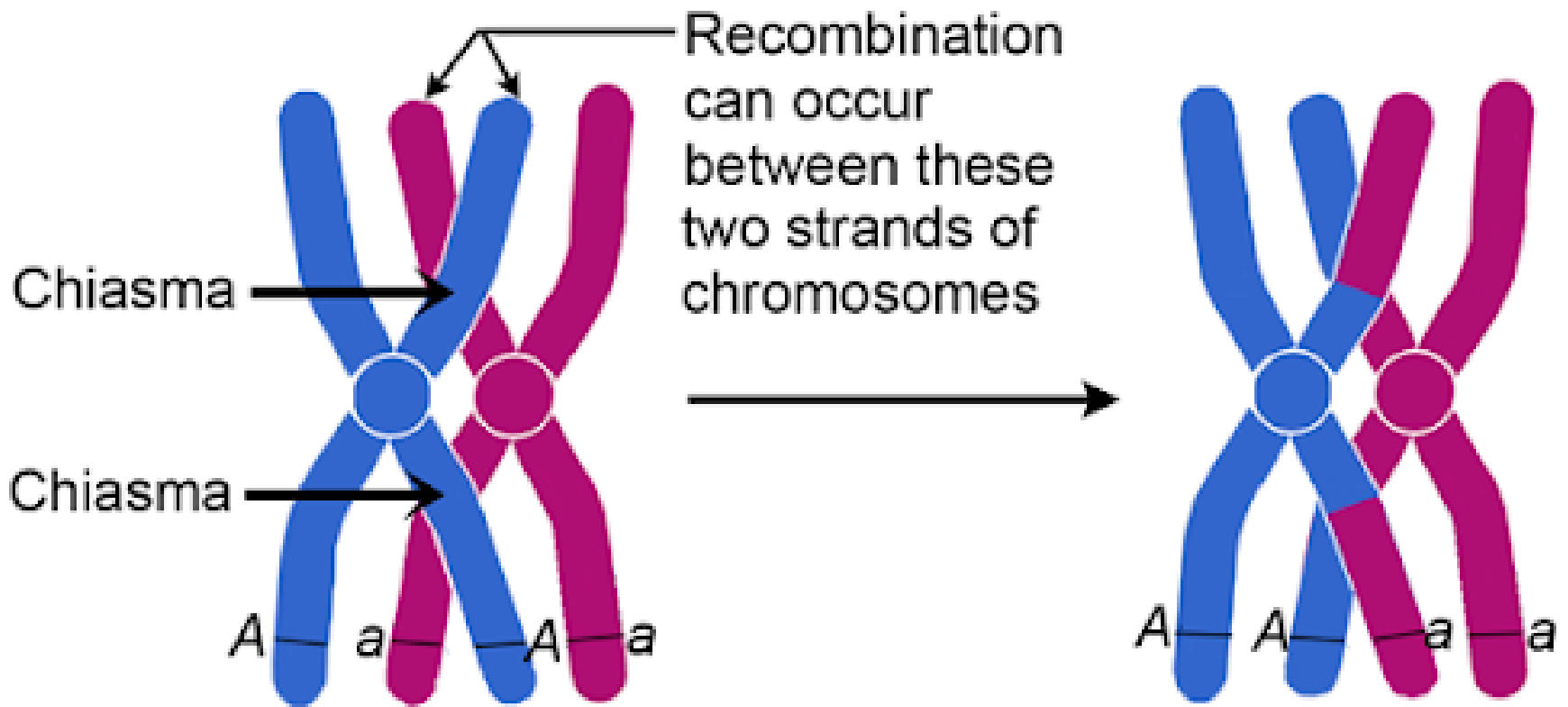
LEPTOTENE: nejsou patrné jednotlivé sesterské chromatidy

ZYGOTENE: formování synaptonemálního komplexu, vznik bivalentů

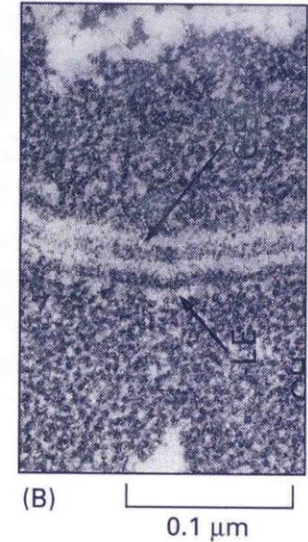
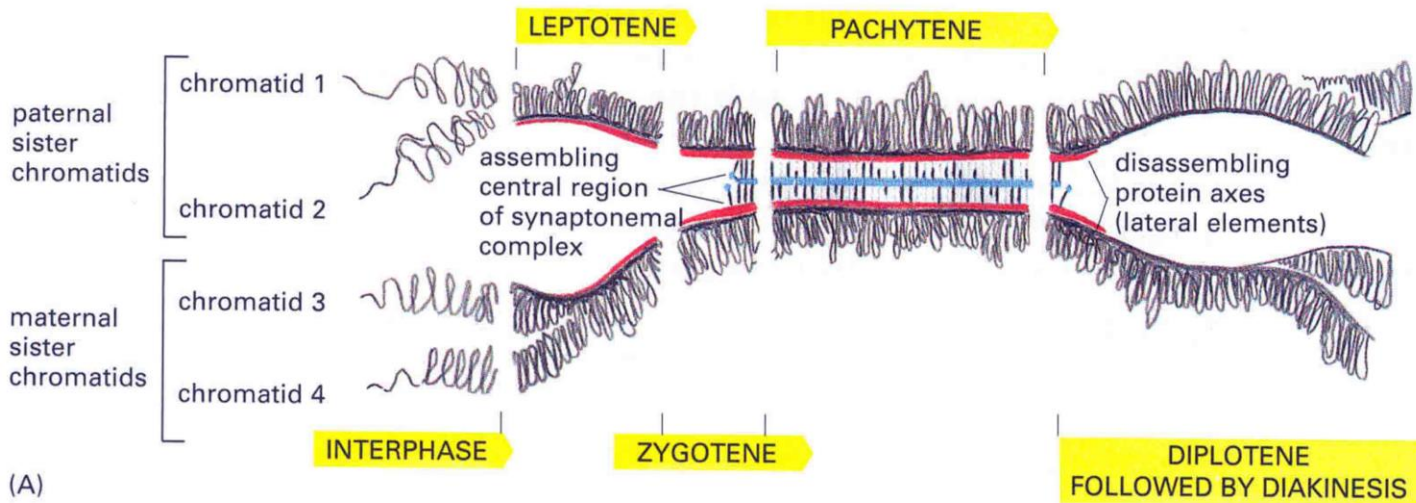
PACHYTENE: vznik rekombinačních uzlíků (2-3 na každém páru chromosomů), crossing-over nesesterských chromatid (obdobu opravy zlomů doprovází syntéza DNA)

DIPLLOTENE: rozpad synaptonemálního komplexu, zviditelnění **chiasmát** a podélné dvojity

DIAKINEZE: rozdělení bivalentů, dekonstituce jaderného obalu



Profáze I.



LEPTOTENE: nejsou patrné jednotlivé sesterské chromatidy

ZYGOTENE: formování synaptonemálního komplexu, vznik bivalentů

PACHYTENE: vznik rekombinačních uzlíků (2-3 na každém páru chromosomů), crossing-over nesesterských chromatid (obdobu opravy zlomů doprovází syntéza DNA)

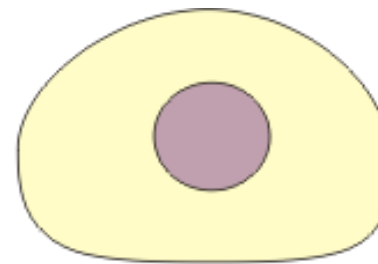
DIPLLOTENE: rozpad synaptonemálního komplexu, zviditelnění chiasmat a podélné dvojity

DIAKINEZE: rozdělení bivalentů, dekonstituce jaderného obalu

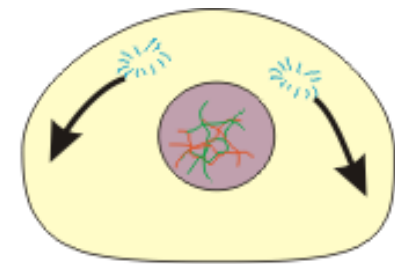
Metafáze I.

Anafáze I.

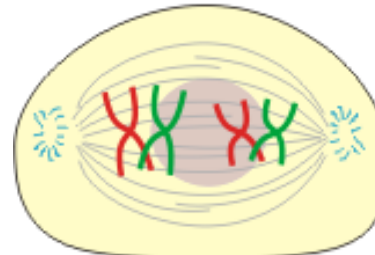
Telofáze I.



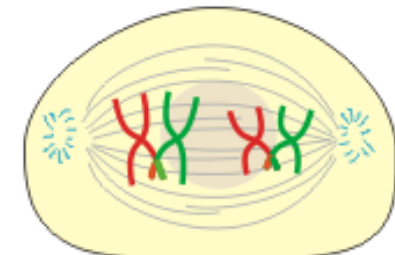
Early prophase I



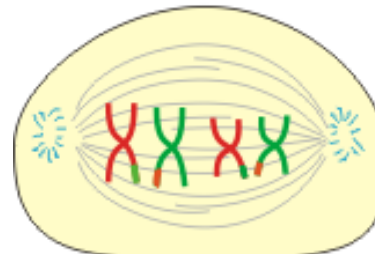
Middle prophase I



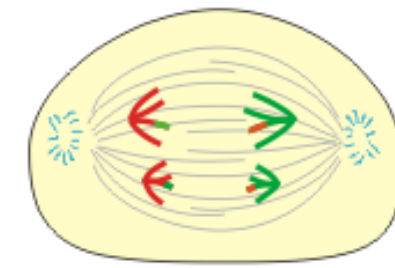
Middle prophase I



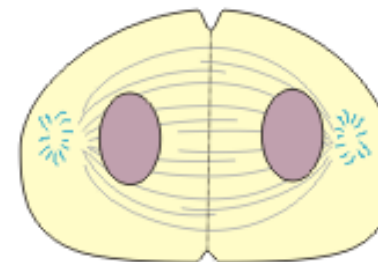
Late prophase I



Metaphase I



Anaphase I



Telophase

Meióza II.

2. zrací dělení, ekvační, homotypické

sesterské chromatidy rozděleny do dvou dceřiných buněk

ze dvou buněk se stávají čtyři buňky haploidní

Profáze II.

Metafáze II.

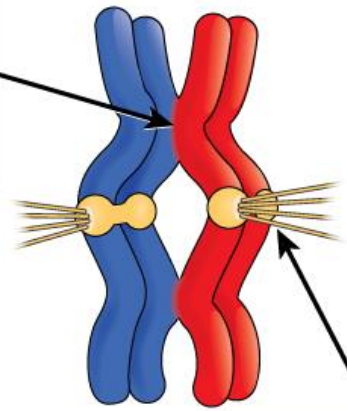
Anafáze II.

Telofáze II.

MEIOSIS I

Prometaphase I

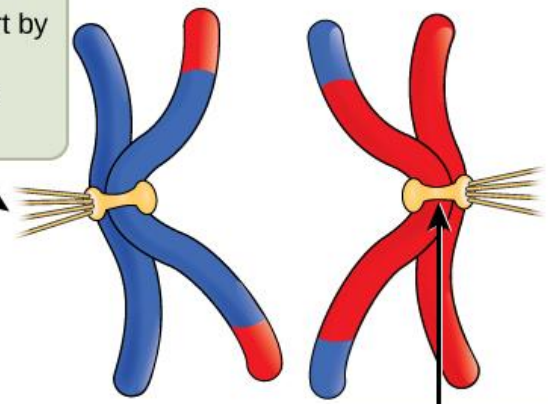
Homologous pairs of chromosomes are held together at the chiasmata.



Microtubules attach to the fused kinetochores of the sister chromatids

Anaphase I

Homologous pairs of chromosomes are pulled apart by microtubules attached to the kinetochore.

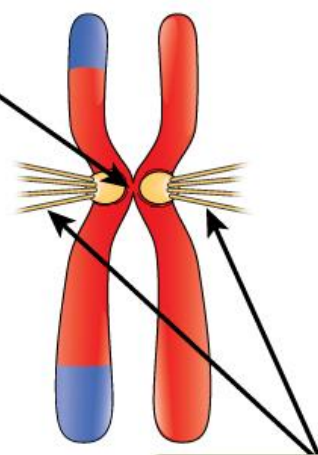


Sister chromatids remain attached at the centromere.

MEIOSIS II

Prometaphase II

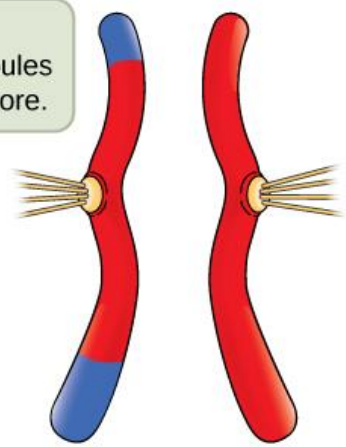
Sister chromatids are held together at the centromere.

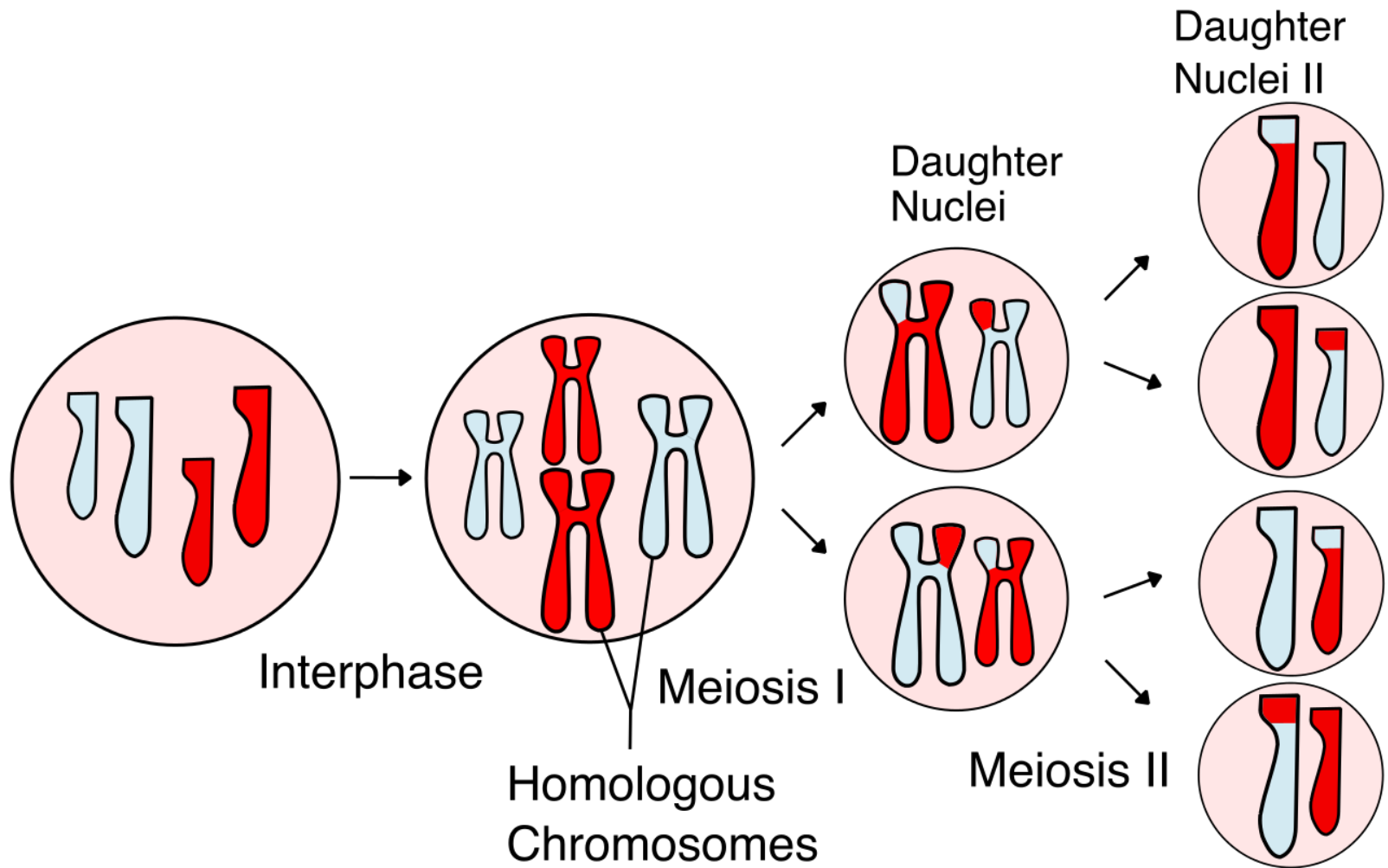


Microtubules attach to the individual kinetochores of the sister chromatids.

Anaphase II

Sister chromatids are pulled apart by microtubules attached to the kinetochore.





$$2n \longrightarrow (4x) 1n$$



Primordial germ cell

Diploid, 2N

Primordial germ cell

Puberty

Mitosis

Spermatogonia

Diploid, 2N

Oogonia

DNA Synthesis

Primary spermatocyte

Diploid, 4N

Primary oocyte

Meiosis I

Secondary spermatocytes

Haploid, 2N

Puberty

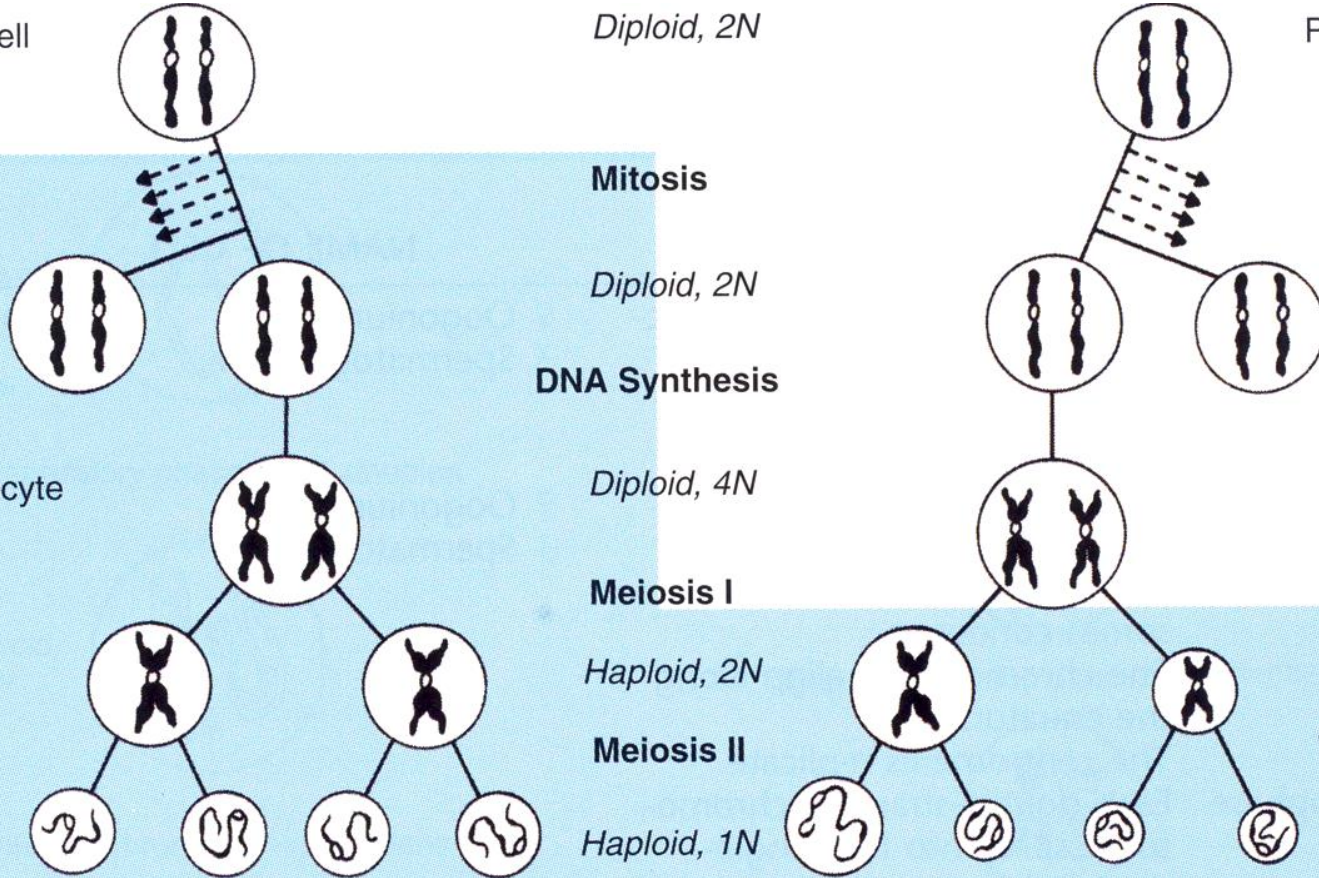
Secondary oocyte and first polar body

Meiosis II

Spermatids

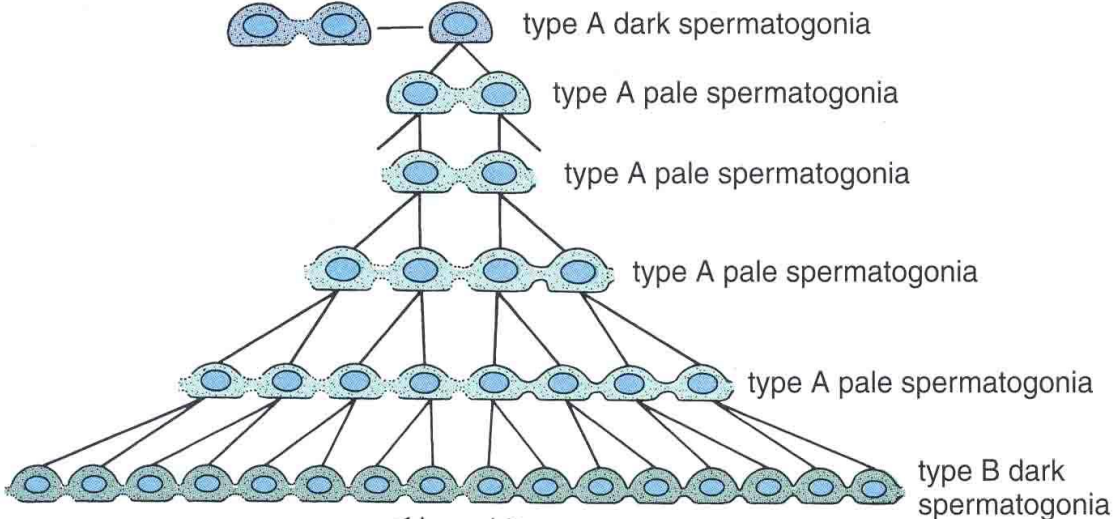
Haploid, 1N

Definitive oocyte and three polar bodies

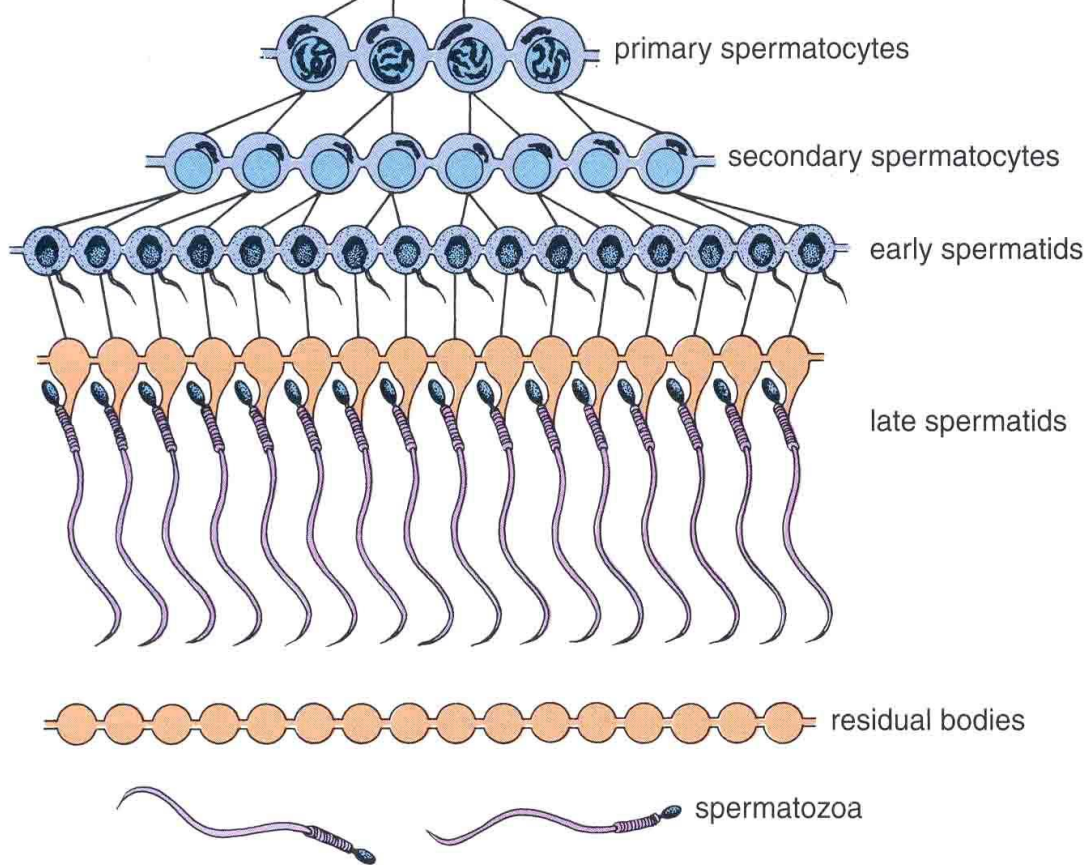


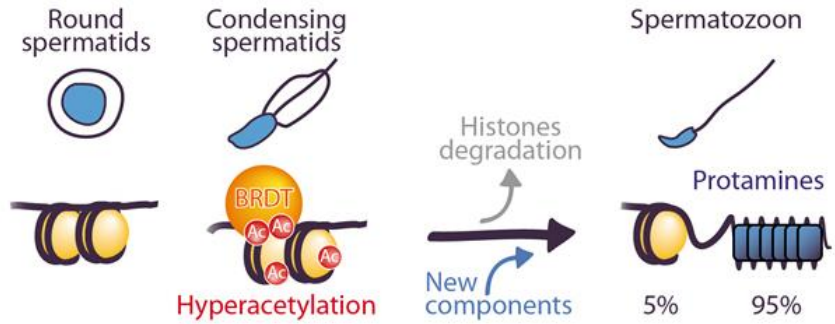
Spermatogenese

spermatocytogenese

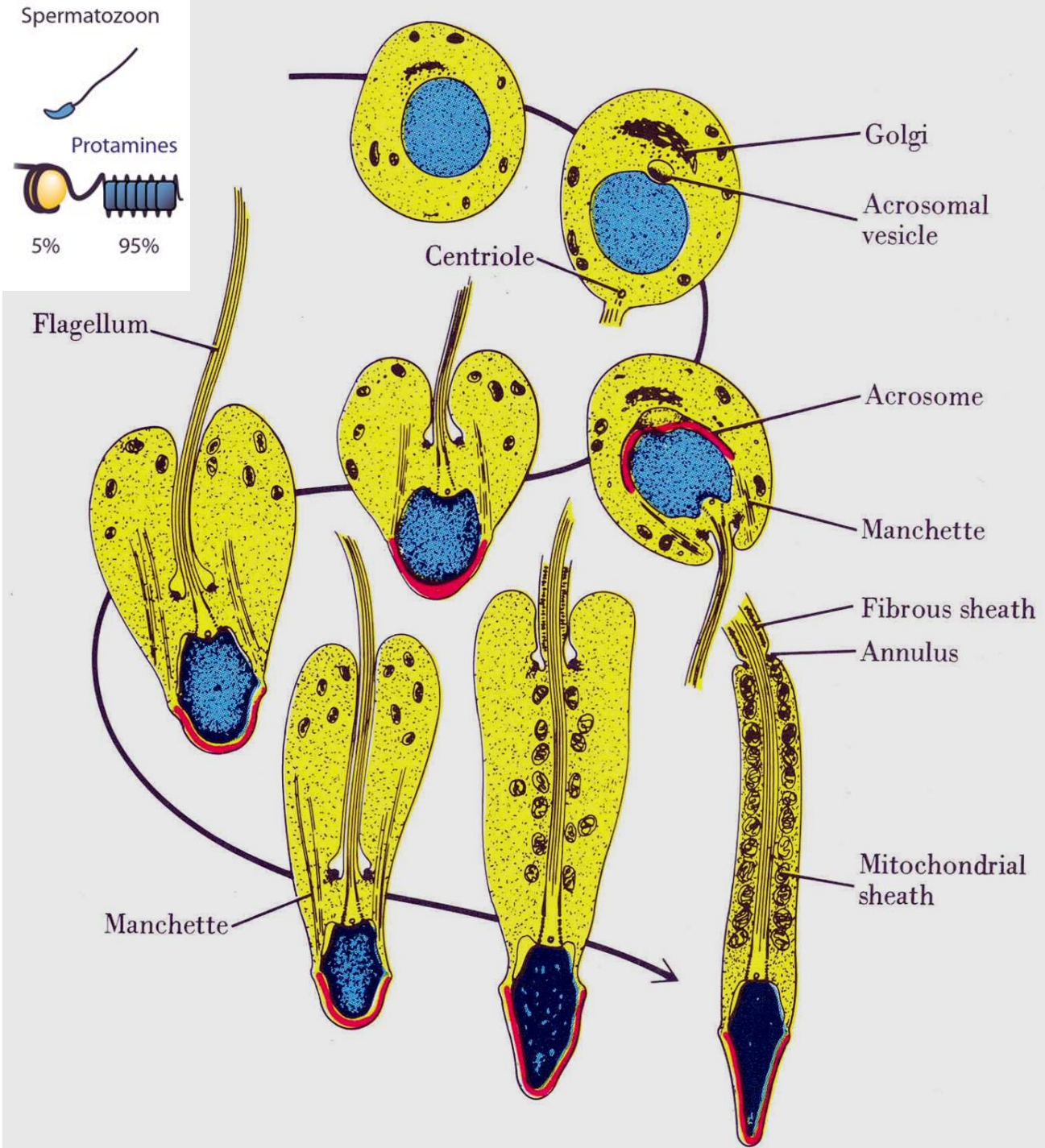


spermatohistogenese





Spermatohistogeneze



Spermie (spermatozoon)

hlavička

akrozom

Kapacitace

- probíhá v děloze
- asi 7 hodin
- odplaveny seminální proteiny
- odstraněn glykokalyx

krček

proximální centriol

segmentované chordy

distální centriol

střední
oddíl

spojovací
oddíl

mitochondrie

hladké chordy

axonéma bičíku

anulus

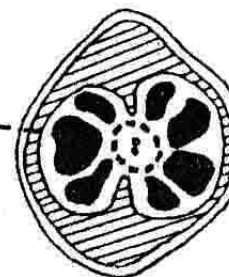


bičík

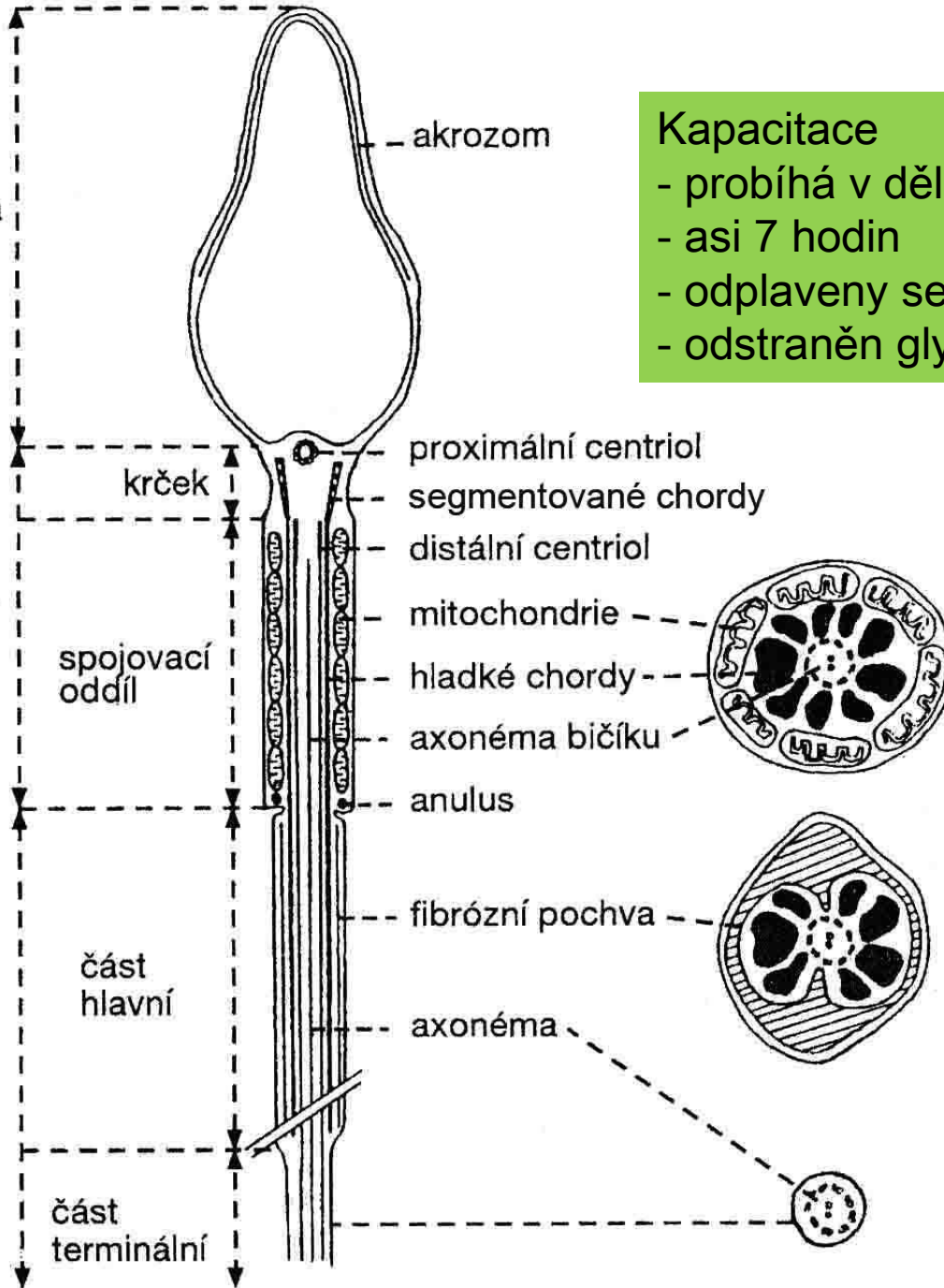
část
hlavní

fibrózní pochva

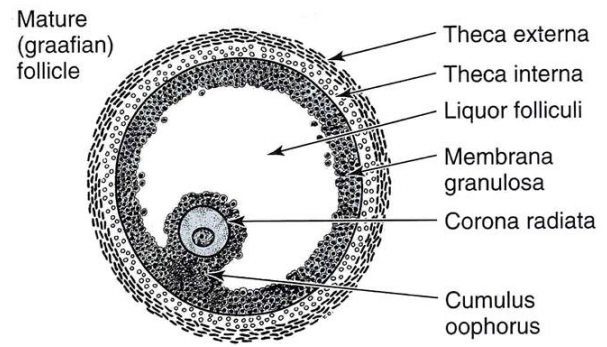
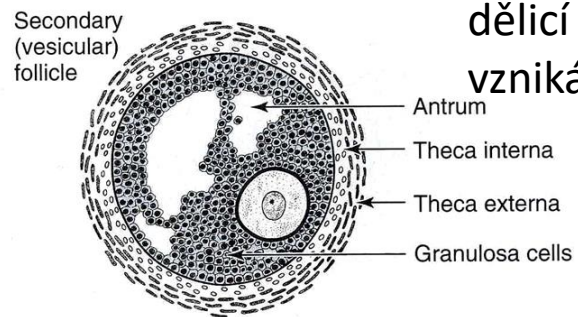
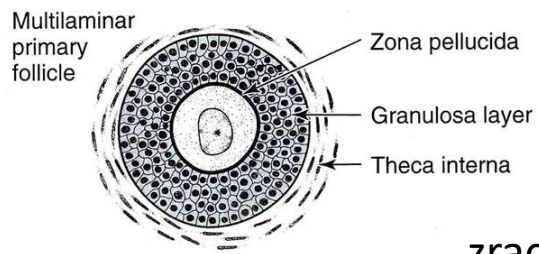
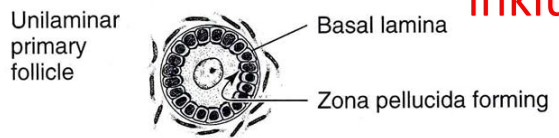
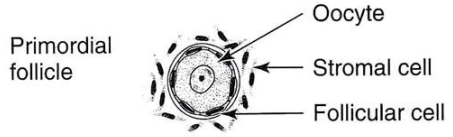
axonéma



část
terminální



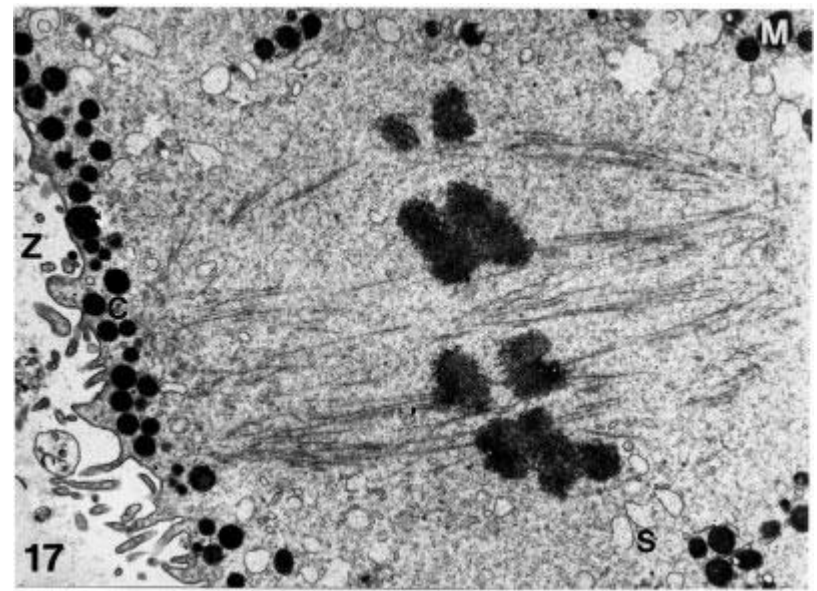
Oogenese



Lidské vajíčko (oocyt)

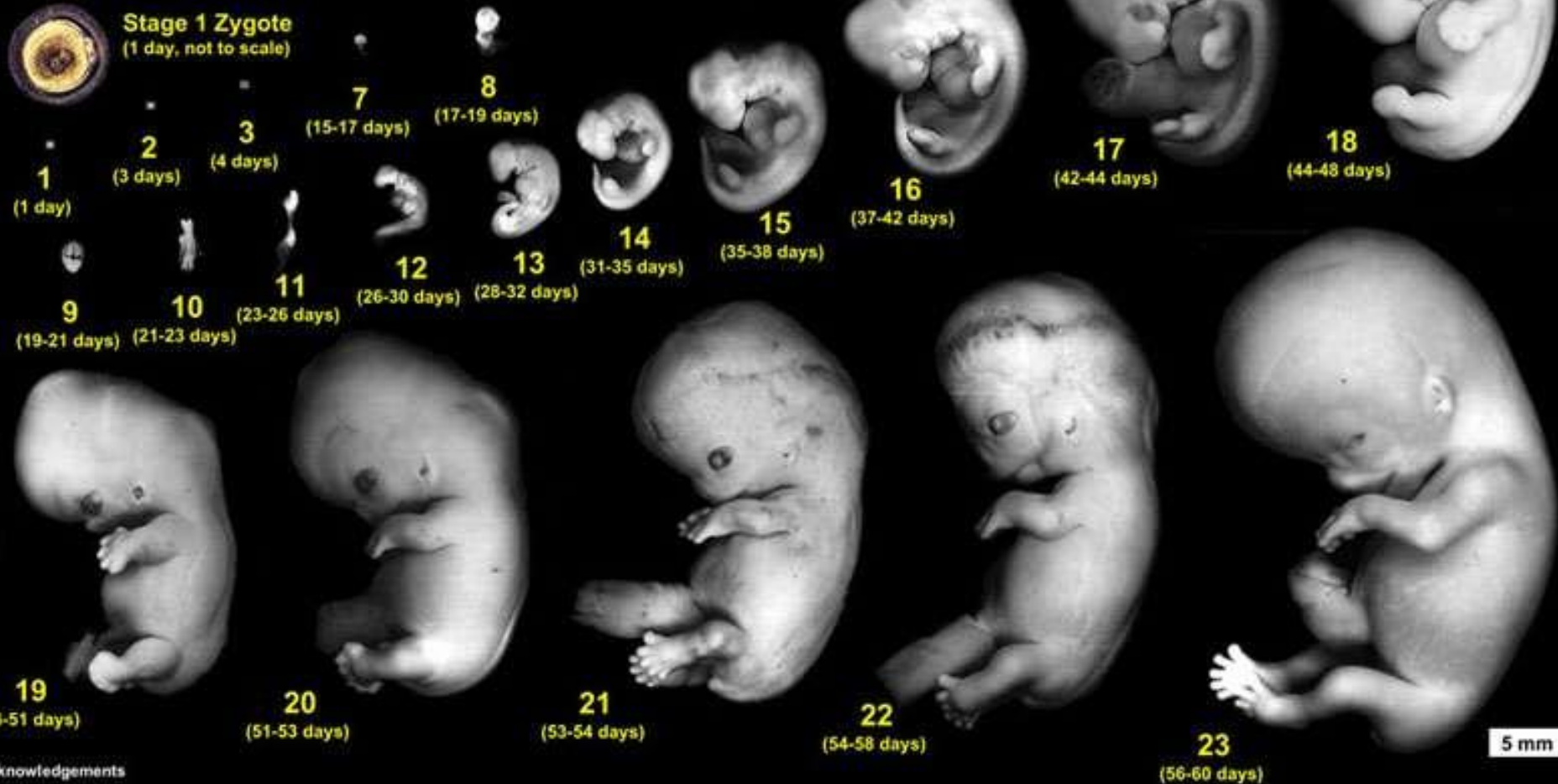
- oligolecitální (málo žlutkových inklusí)
- isolecitální (žlutkové inkluse rozmístěné rovnoměrně)
- holoblastické (rýhuje se celé – totálně a ekválně)

při dokončování profáze prvního zracího dělení se rozpadají centrioly, dělicí vřeténko první i druhé meiózy vzniká tedy acentriolárně



Carnegie Stages of Human Development

Dr Mark Hill, Cell Biology Lab, School of Medical Sciences (Anatomy), UNSW



Acknowledgements

Special thanks to Dr S. J. DiMarzo and Prof. Kohel Shiota for allowing reproduction of their research images and material from the Kyoto Collection and Ms B. Hill for image preparation.

© M.A. Hill, 2004

Jirásek's (J) stages of human prenatal development

based completely on external characteristics

A – embryonic stages (1-8)

1 – unicellular (fertilization)

2 – blastomeric (morula, cleavage of oocyte)

3 – blastodermic (blastocyst)

4 – bilaminar germ disc (epiblast, hypoblast)

5 – trilaminar germ disc with axial structures

6 – cylindrical embryo (formation of somites, closing of neural tube)

7 – C shaped embryo (formation of limbs)

8 – late embryonic stage (limbs fully differentiated including fingers and toes, closing eye fissures)

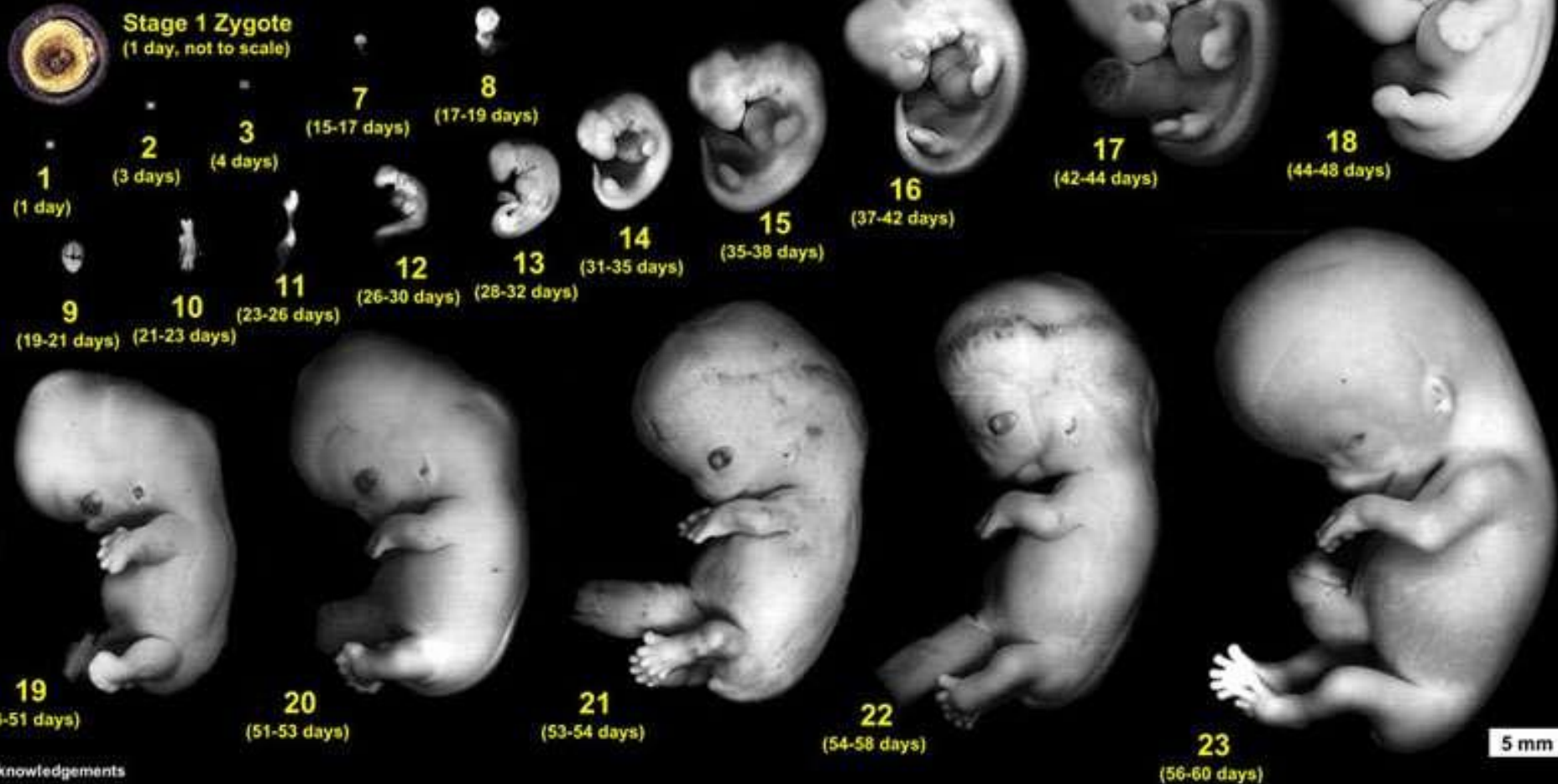
B – fetal stages (9)

C – perinatal stages (10)



Carnegie Stages of Human Development

Dr Mark Hill, Cell Biology Lab, School of Medical Sciences (Anatomy), UNSW



Acknowledgements

Special thanks to Dr S. J. DiMarzo and Prof. Kohel Shiota for allowing reproduction of their research images and material from the Kyoto Collection and Ms B. Hill for image preparation.

© M.A. Hill, 2004

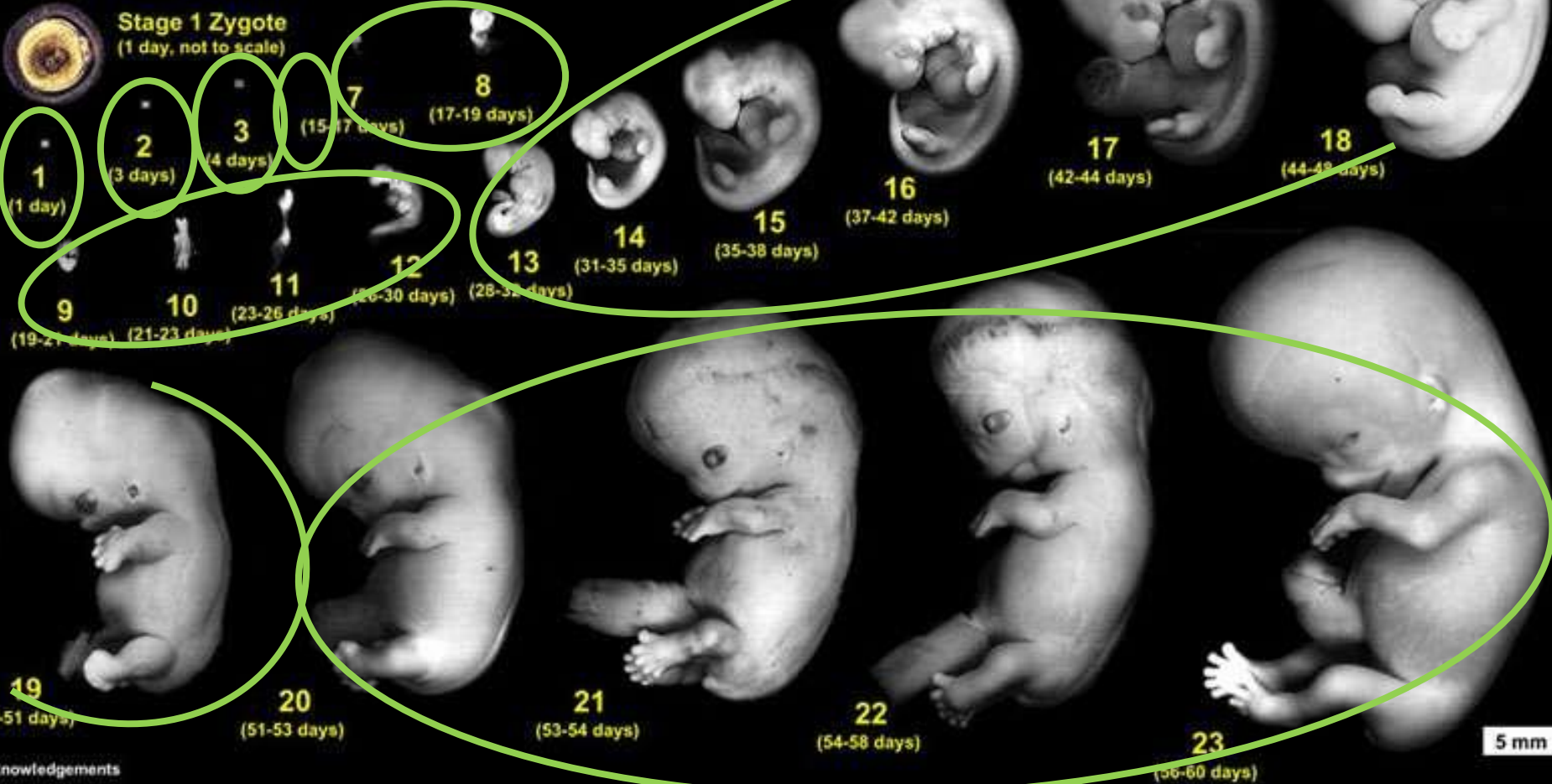
Embryonální stádia

J 1 až J 8

- 1 – jednobuněčné (oplození) C1
- 2 – blastomerické (morula, rýhování oocyty) C2
- 3 – blastodermové (blastocysta) C3/4
- 4 – dvojvrstevný terčík (epiblast, hypoblast) C5/6
- 5 – trojvrstevný terčík s osovými strukturami C7/9
- 6 – trubicovité embryo (formování somitů, uzavírání nervové trubice) C9/12
- 7 – embryo tvaru C (vznik končetin) C13/19
- 8 – pozdní embryonální období (končetiny zcela vytvořeny včetně prstů, uzavření očních štěrbin) C20/23

Carnegie Stages of Human Development

Dr Mark Hill, Cell Biology Lab, School of Medical Sciences (Anatomy), UNSW



Acknowledgements

Special thanks to Dr S. J. DiMarzo and Prof. Kohel Shiota for allowing reproduction of their research images and material from the Kyoto Collection and Ms B. Hill for image preparation.

© M.A. Hill, 2004

Embryonální stádia

J 1 až J 8

- 1 – jednobuněčné (oplození) C1
- 2 – blastomerické (morula, rýhování oocyty) C2
- 3 – blastodermové (blastocysta) C3/4
- 4 – dvojvrstevný terčík (epiblast, hypoblast) C5/6
- 5 – trojvrstevný terčík s osovými strukturami C7/8/9
- 6 – trubicovité embryo (formování somitů, uzavírání nervové trubice) C9/12
- 7 – embryo tvaru C (vznik končetin) C13/19
- 8 – pozdní embryonální období (končetiny zcela utvořeny včetně prstů, uzavření očních štěrbin) C20/23

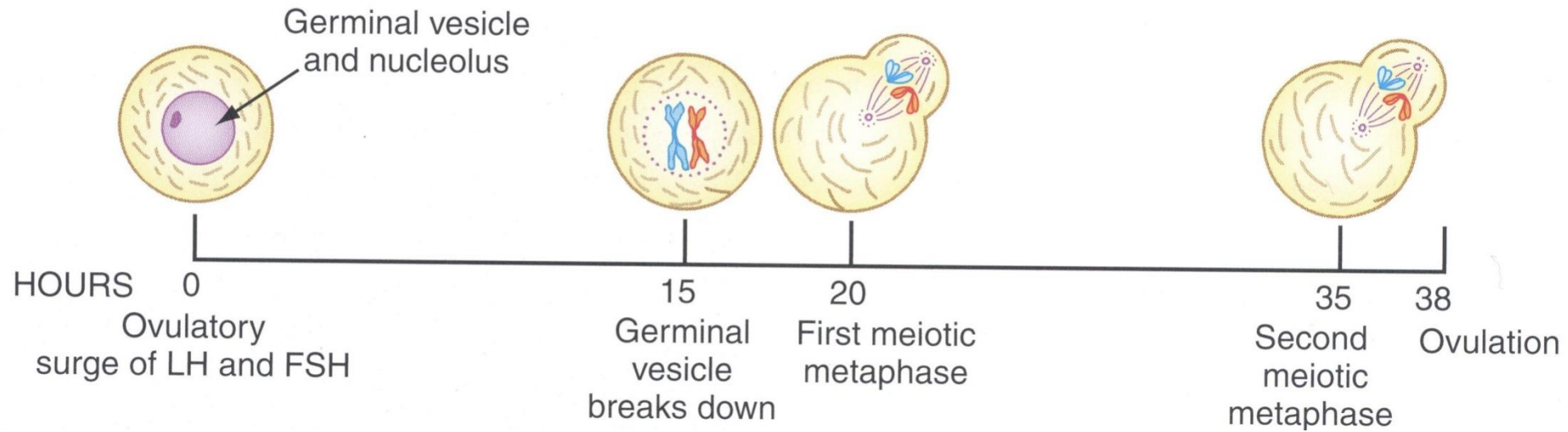
Stádium J 1 (C1)

Jednobuněčné stádium, oplození
(*prvních 36 h*)

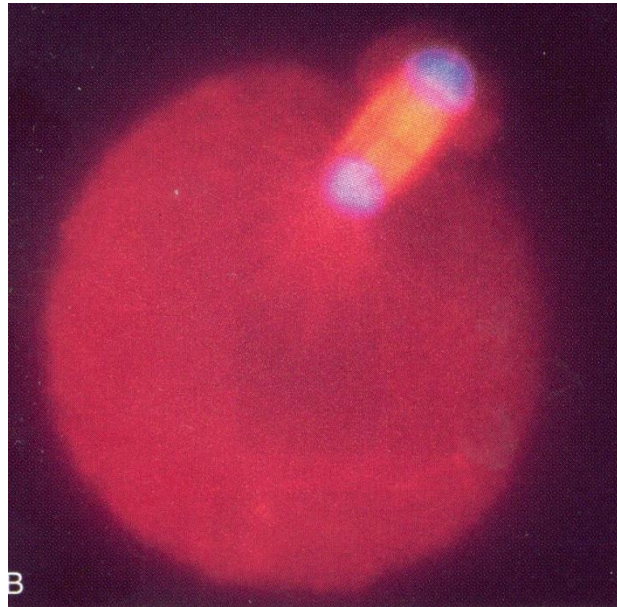
Substádia

- 1–0 nezralý oocyt
- 1–1 penetrovaný oocyt
(první pólové tělísko)
- 1–2 oocyt se dvěma nebo třemi pólovými tělísky
- 1–3 oocyt se dvěma prvojádry (ootida)
- 1–4 zygota (první mitóza)

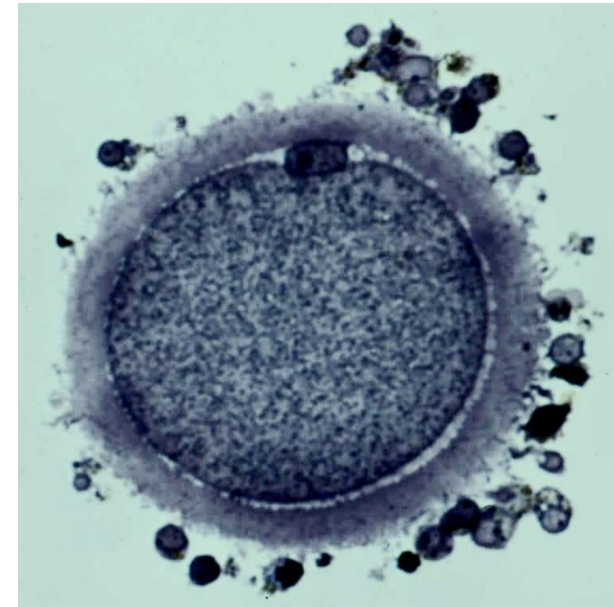
Časový průběh oogeneze před ovulací



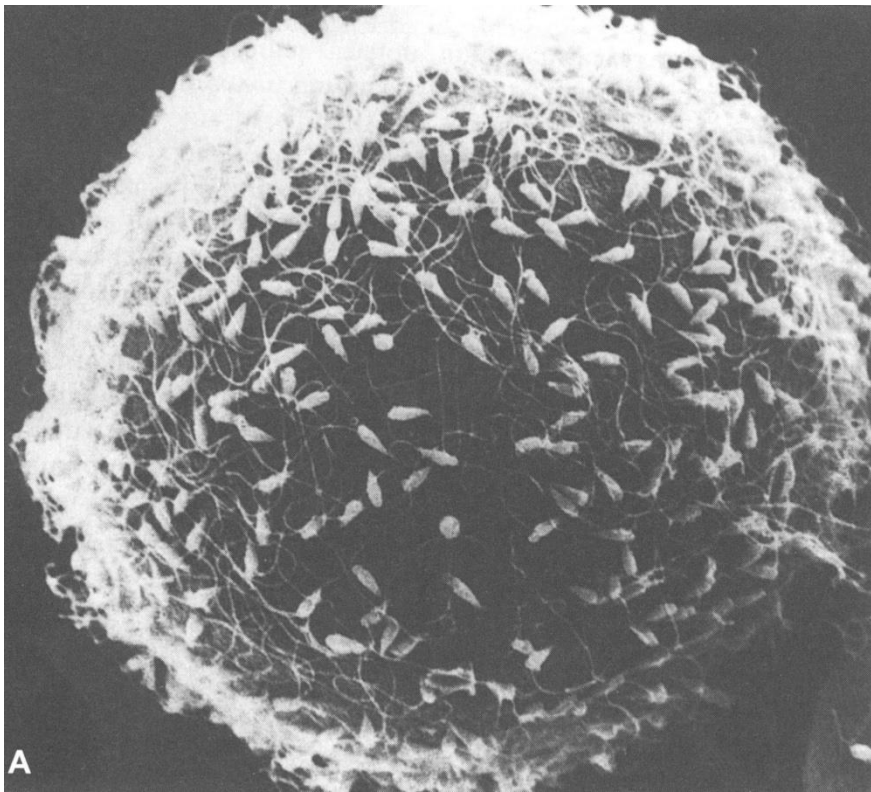
J 1-0, C1



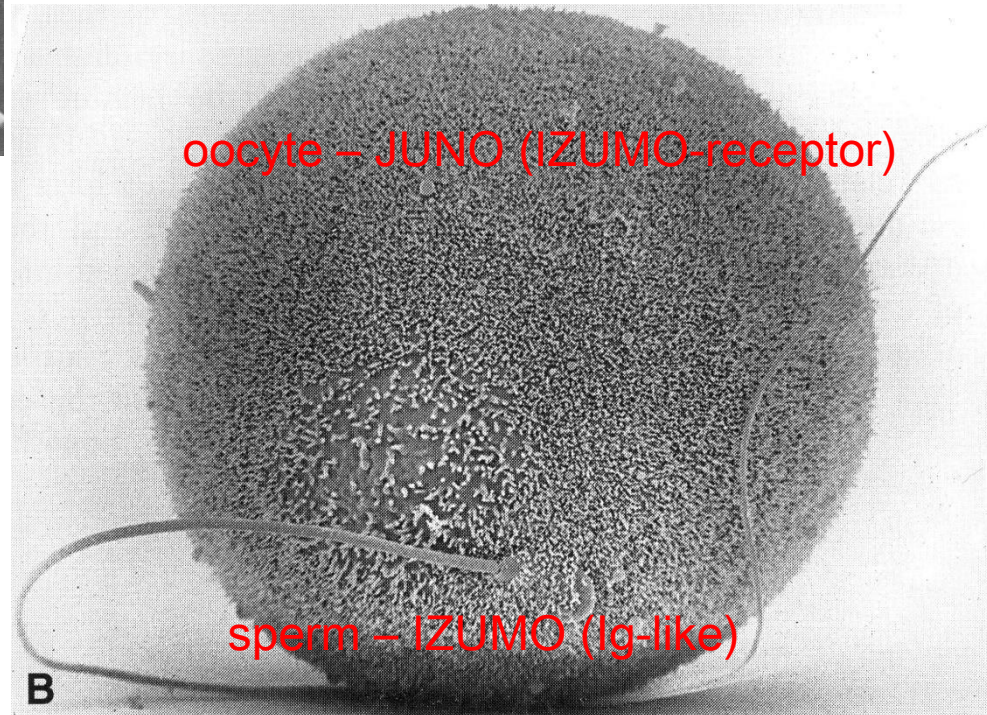
B



J 1-1, C1

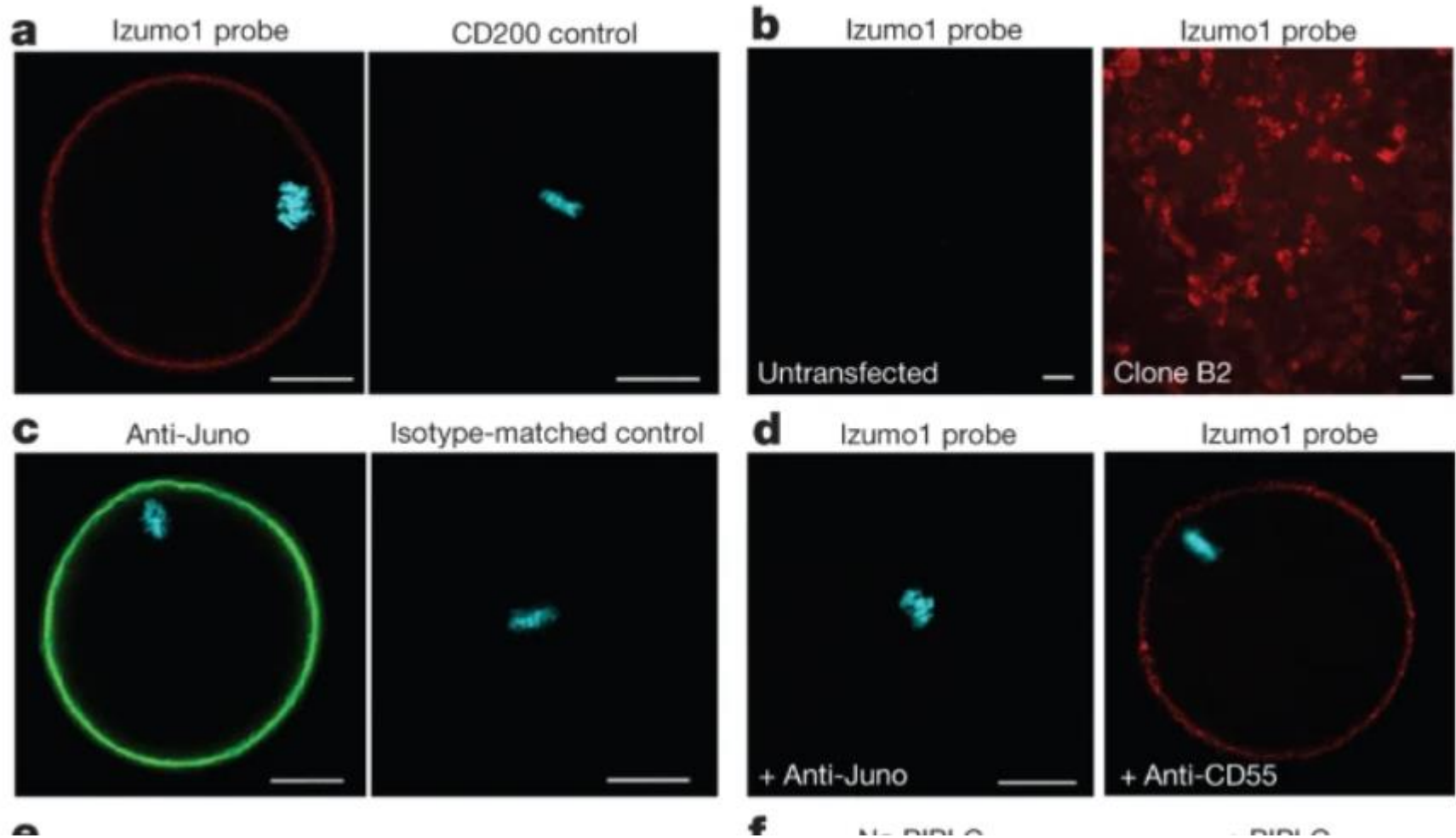


Spermie navázané na zona pellucida
(SED1 na povrchu spermie + ZP3)



Spermie v kontaktu s oolemou
(zona pellucida enzymaticky odstraněna)

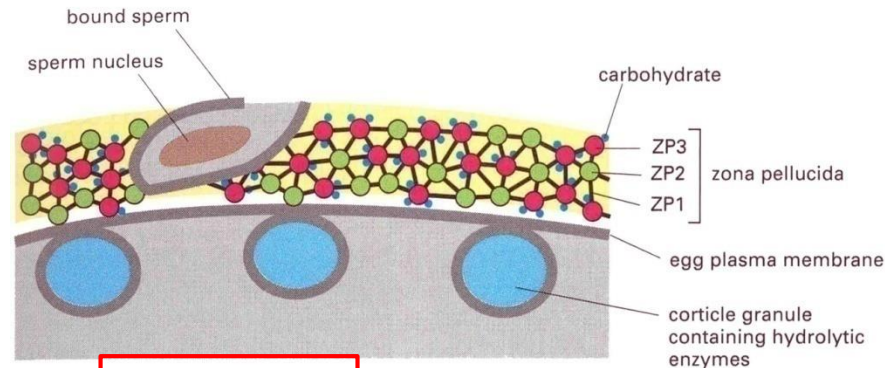
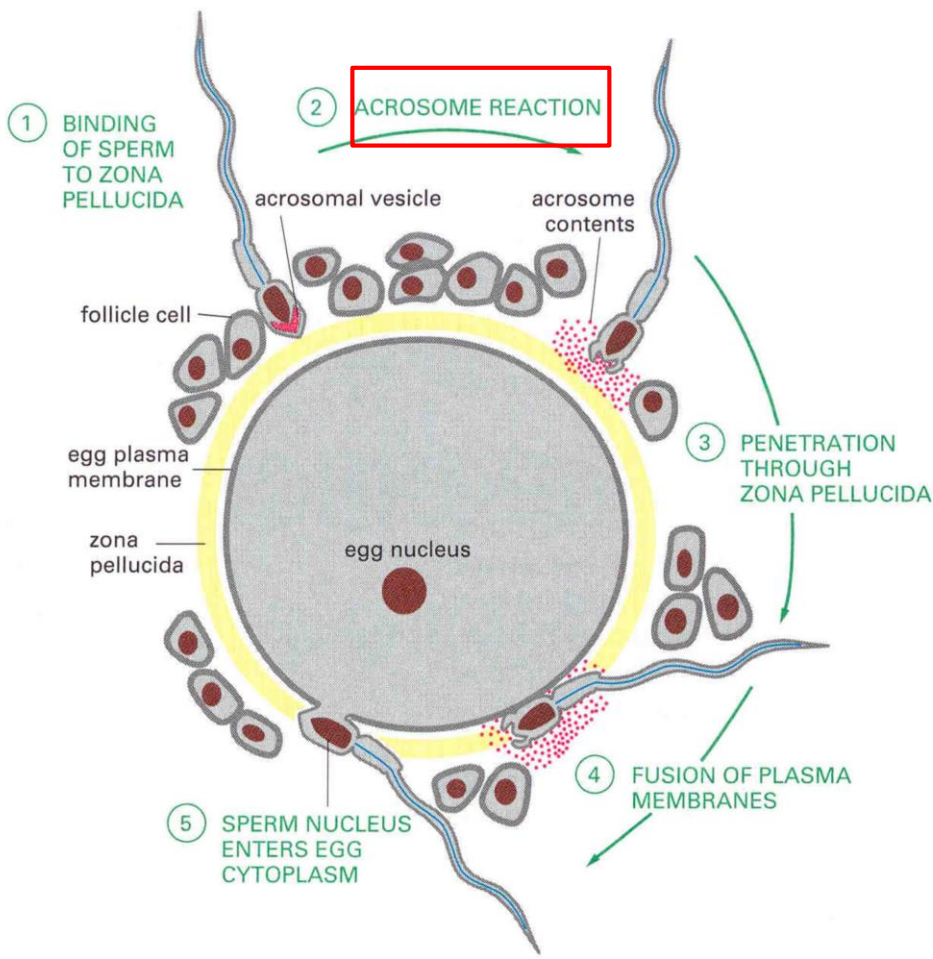
Figure 1: Juno is the GPI-anchored oocyte surface receptor for Izumo1.



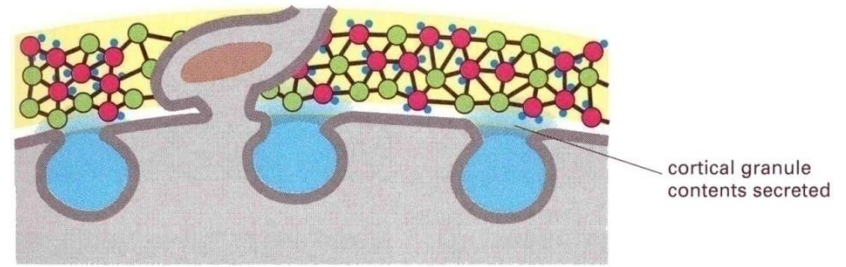
Bianchi, E., Doe, B., Goulding, D. *et al.* Juno is the egg Izumo receptor and is essential for mammalian fertilization. *Nature* **508**, 483–487 (2014).

<https://doi.org/10.1038/nature13203>

Fertilizace

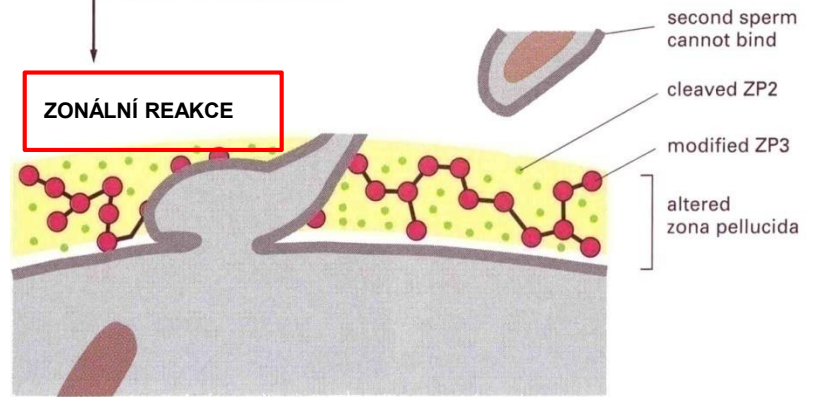


CORTICAL REACTION (EXOCYTOSIS)



BLOCK TO POLYSPERMY

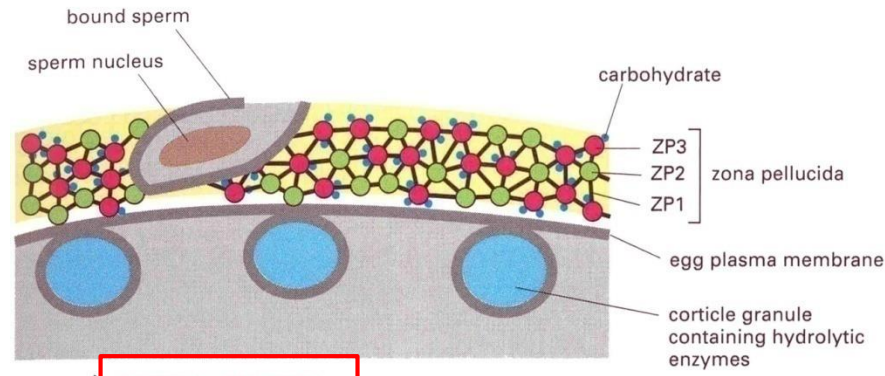
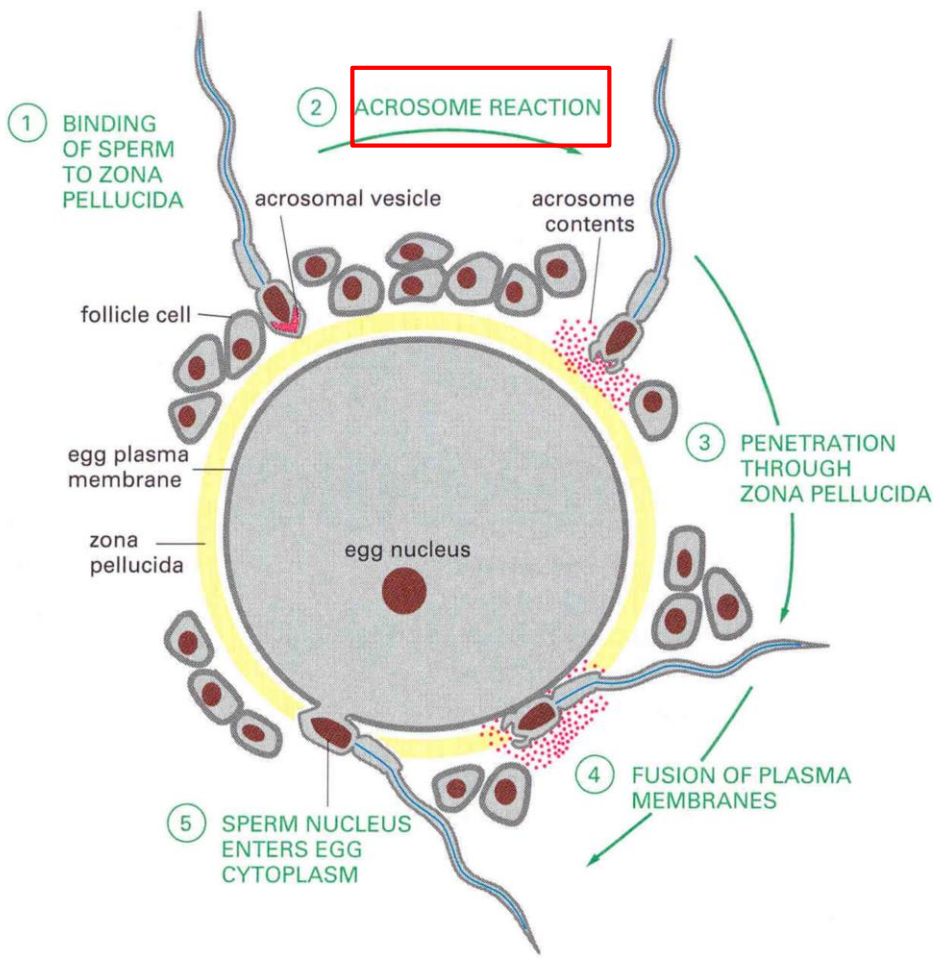
ZONÁLNÍ REAKCE



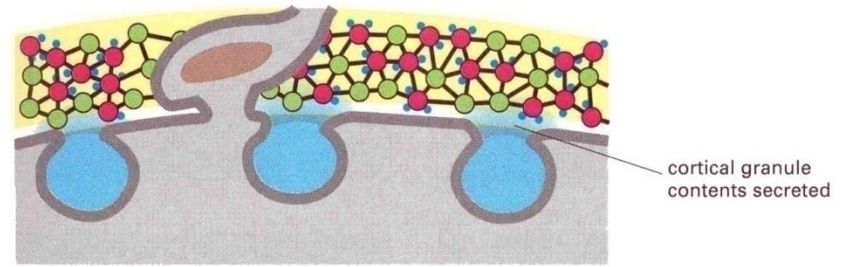
Akrozomová reakce (akrozomální reakce)

- uvolnění enzymů z akrozomu, které rozpustí zona pellucida a umožní spermii spojení s vajíčkem
- spermie musí nejdříve předtím projít kapacitací – interakce spermie s epitelem vejcovodu – kdy dochází k odstranění glykokalyxu z akrozomového váčku

Fertilizace

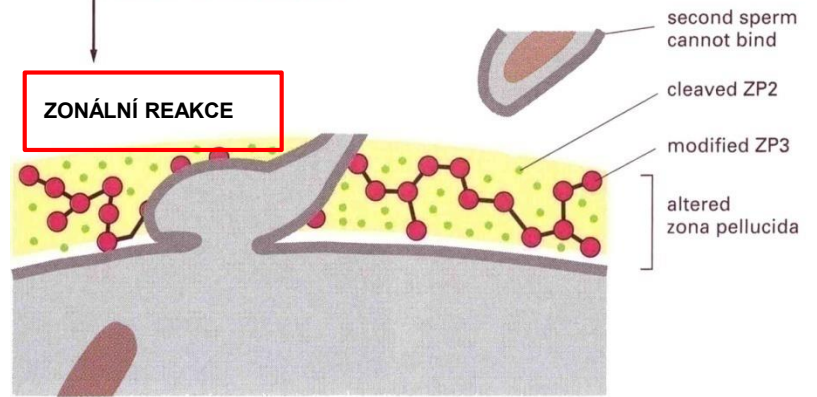


CORTICAL REACTION (EXOCYTOSIS)



BLOCK TO POLYSPERMY

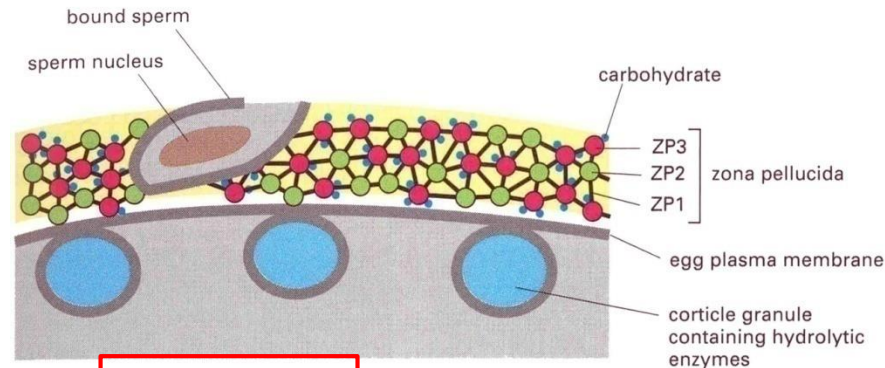
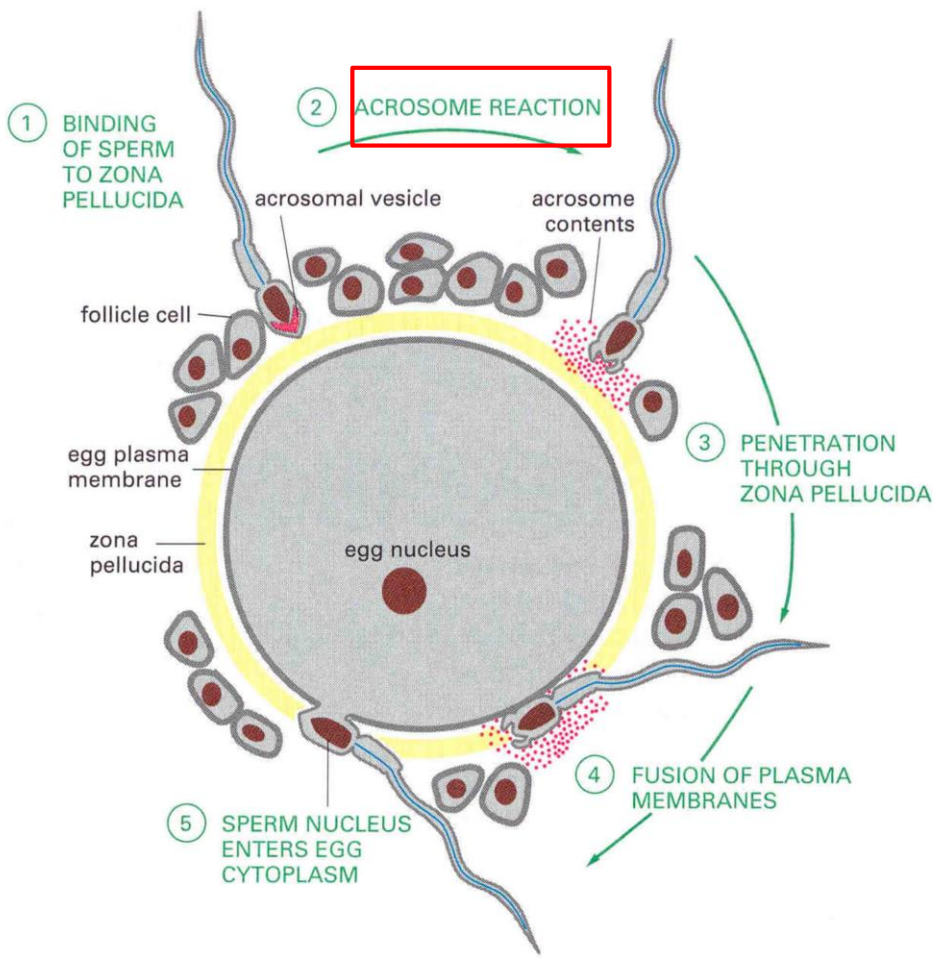
ZONÁLNÍ REAKCE



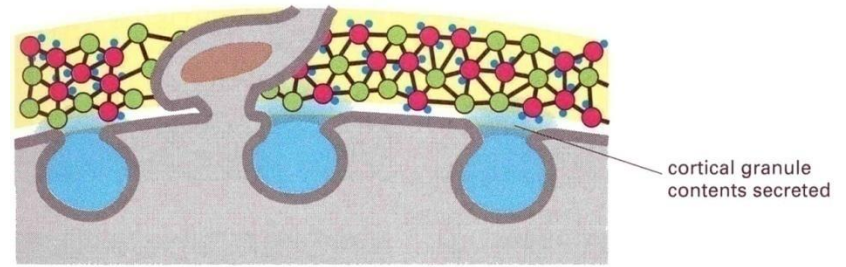
Kortikální reakce

- aby se do vajíčka nedostaly další spermie
- obsah kortikálních granul se vylíje vně a posléze pozmění zona pellucida tak, že brání navázání dalších spermií (zonální reakce)

Fertilizace

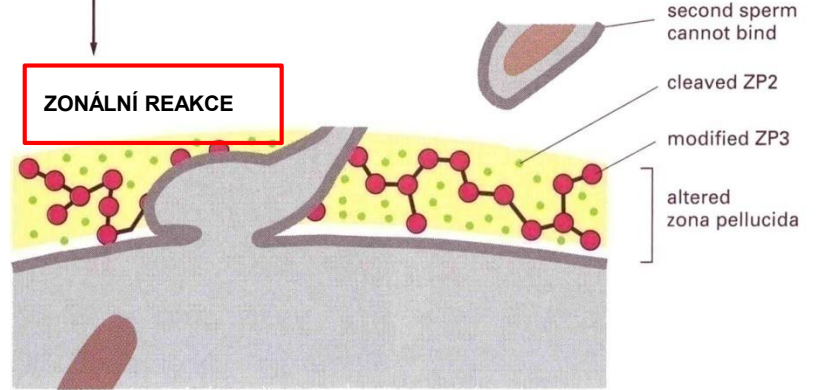


CORTICAL REACTION (EXOCYTOSIS)



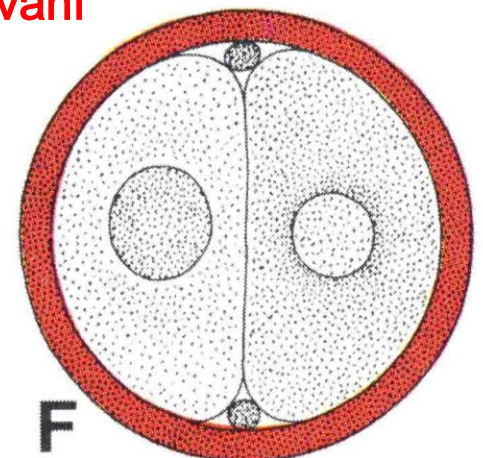
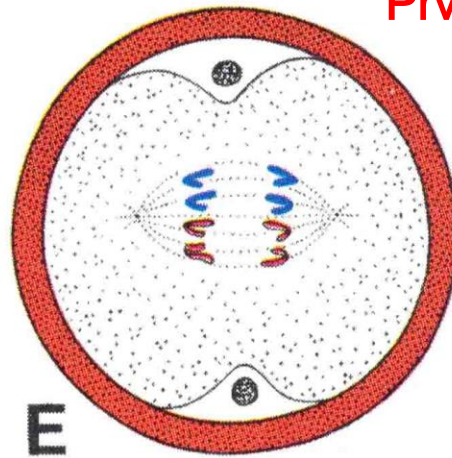
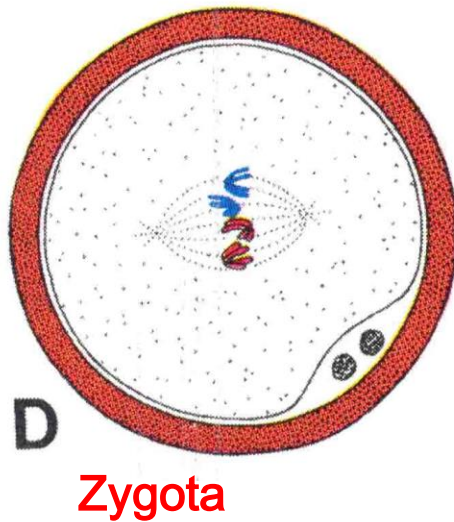
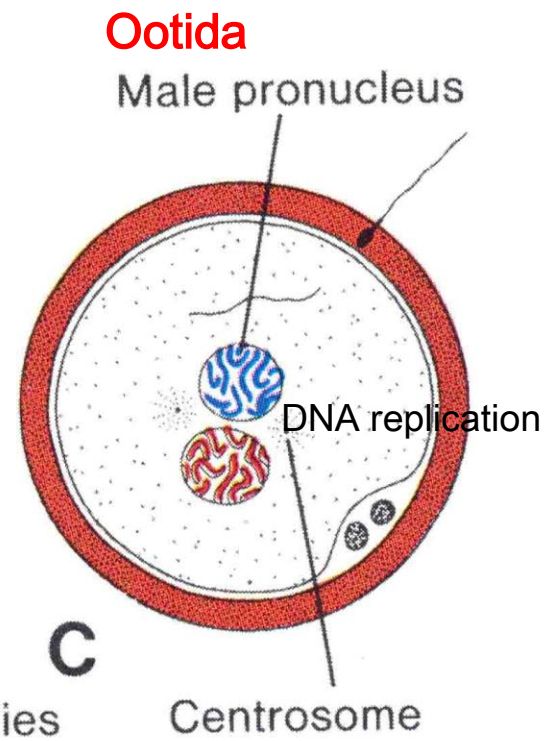
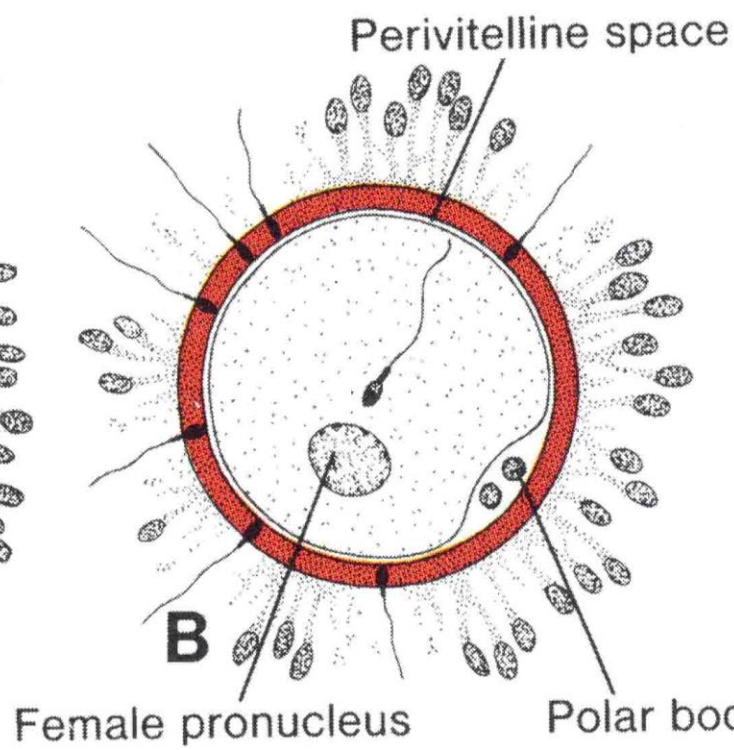
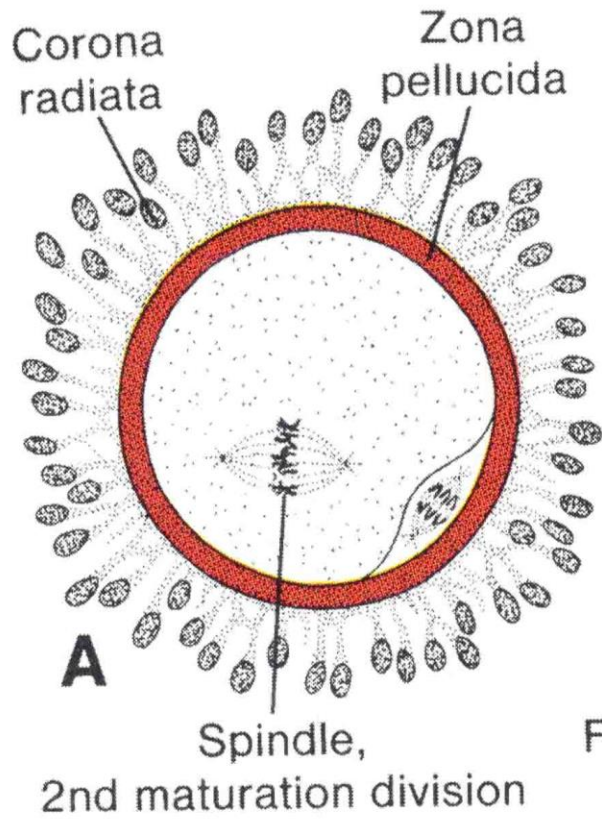
BLOCK TO POLYSPERMY

ZONÁLNÍ REAKCE



Zonální reakce

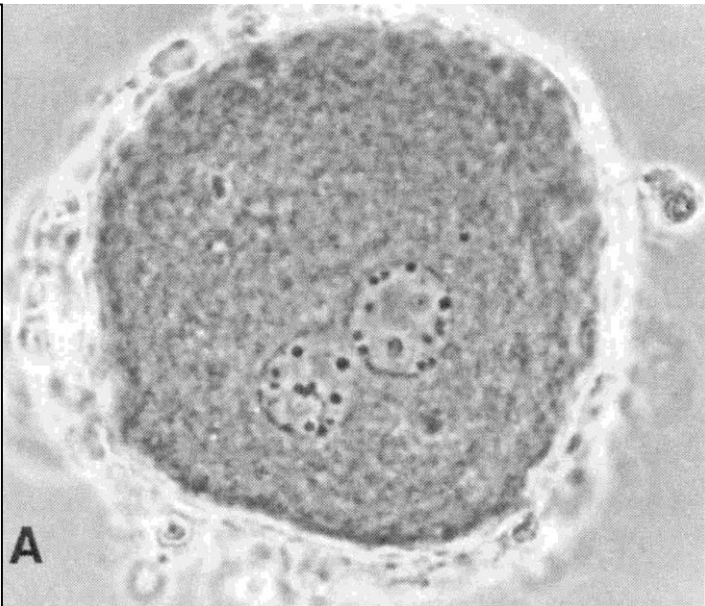
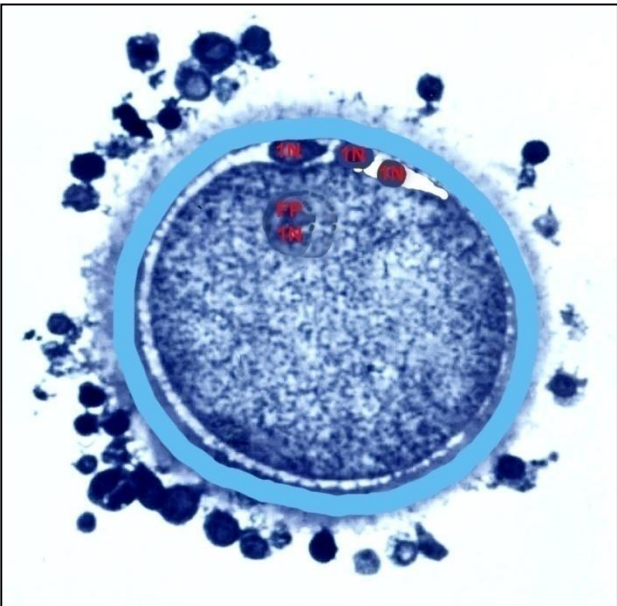
- splynutí membrány oocyty a spermie, do oocyty se vsouvá hlavička a bičík (membrána zůstává vně)
- zabránění vstupu dalších spermií díky pozměněné zona pellucida
- oocyt reaguje obnovou druhého meiotického dělení



zralý oocyt s 3 pólovými tělísky

ootida

zygota

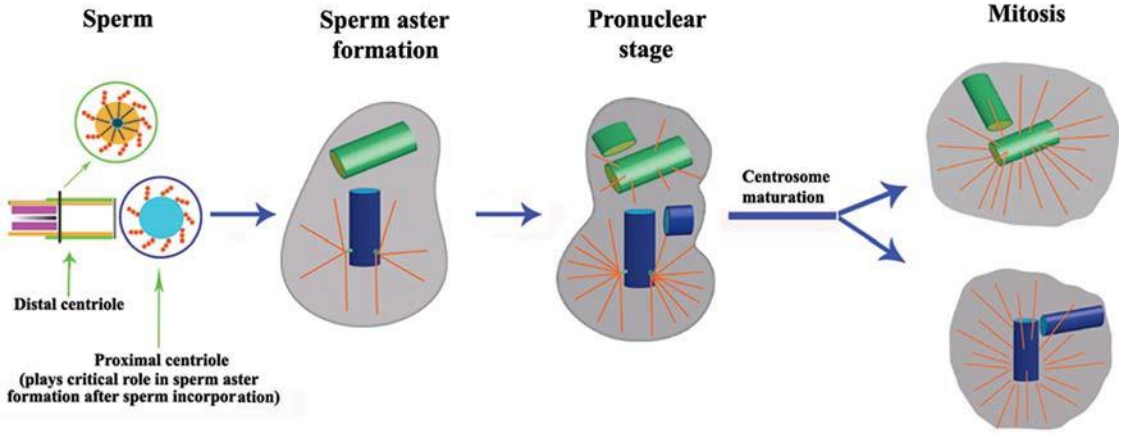


J 1-2

J 1-3

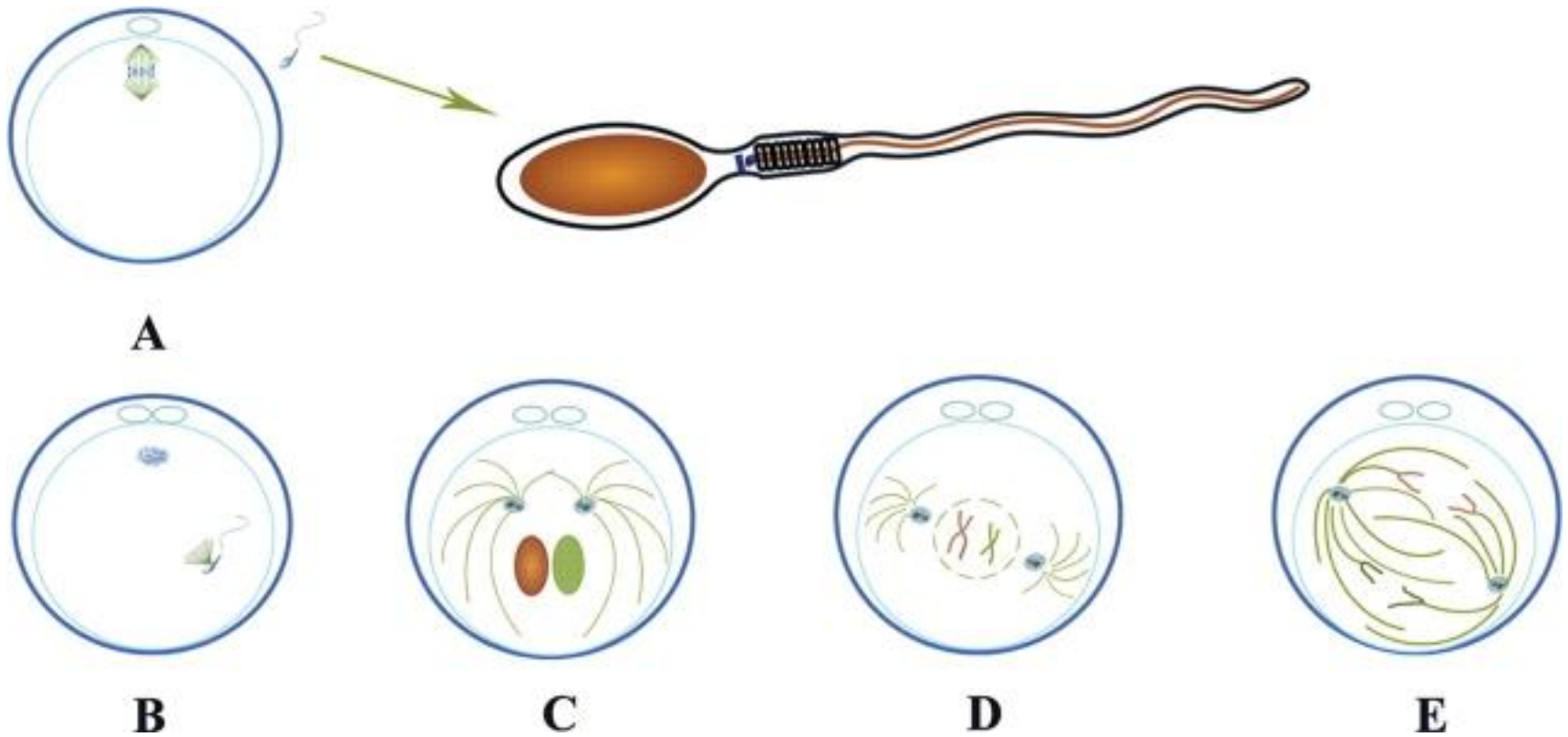
J 1-4

C1



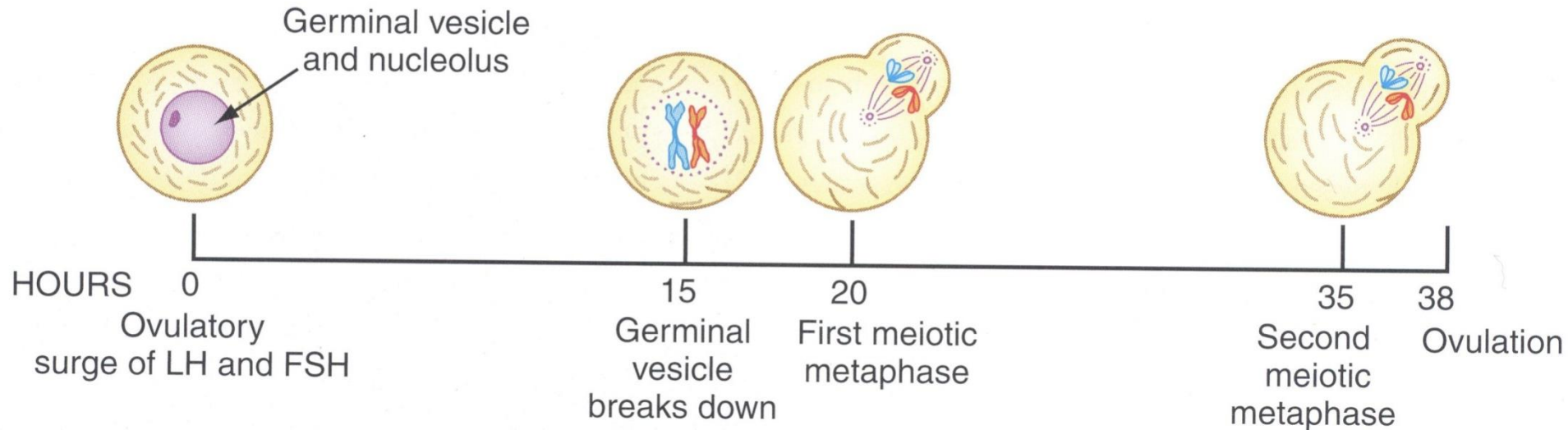
Dělicí vřeténko projevader zajišťuje proximální centriol spermie

Centrioly zygoty vznikají reduplikací centriolů spermie



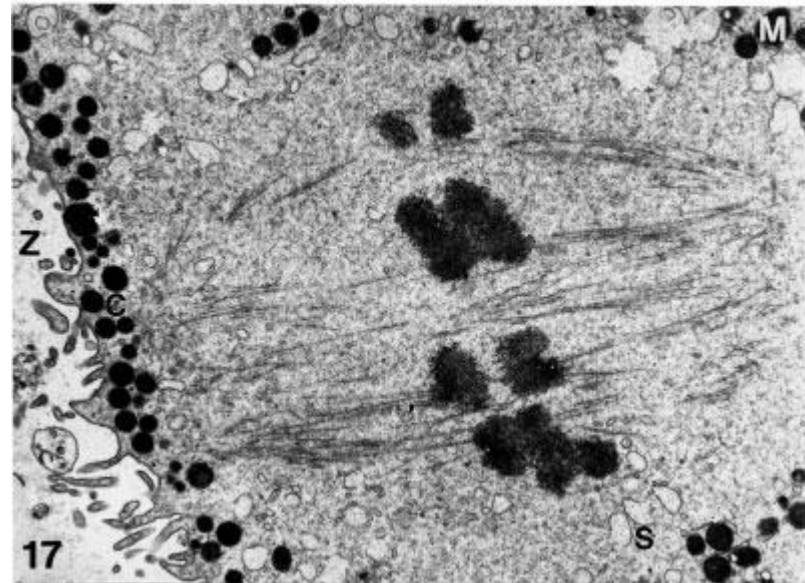
Schematic diagram of the centriole–centrosome complex cycle within the first cell cycle. **(A)** Sperm before fertilization contains a proximal and distal centriole. The meiotic spindle in the MII stage oocyte contains acentriolar centrosomes. **(A)** Extrusion of the second polar body; **(B)** Sperm aster formation from the sperm's proximal centriole–centrosome complex; **(C)** After pronuclear apposition, replication of the centriole at pronuclear stage; **(D)** After syngamy, the duplicated centriole–centrosome complex migrates around the zygote nucleus and relocates to opposite poles to form the centers of the mitotic spindle poles. **(E)** Mitosis of the first cell cycle.

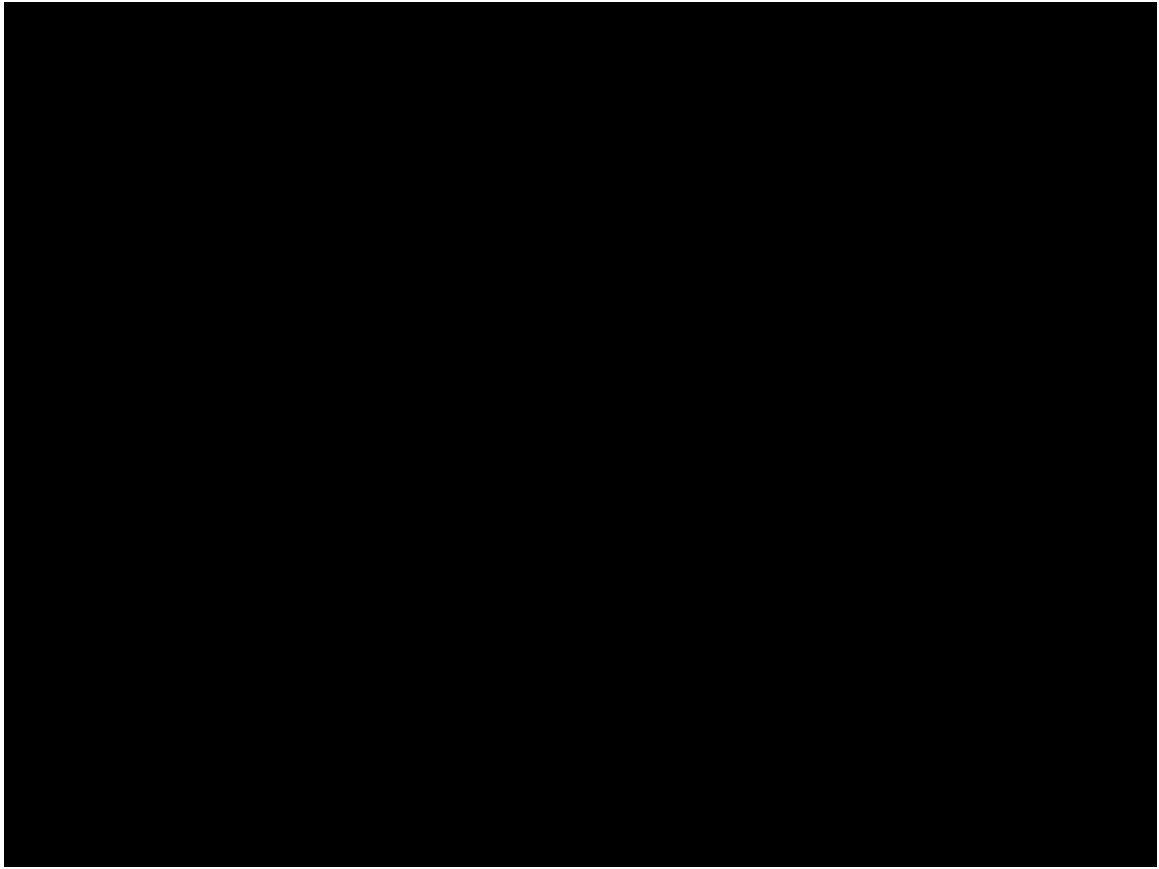
Časový průběh oogeneze před ovulací



při dokončování profáze 1. zračího dělení se rozpadají centrioly

dělicí vřeténko první i druhé meiózy vzniká acentriolárně

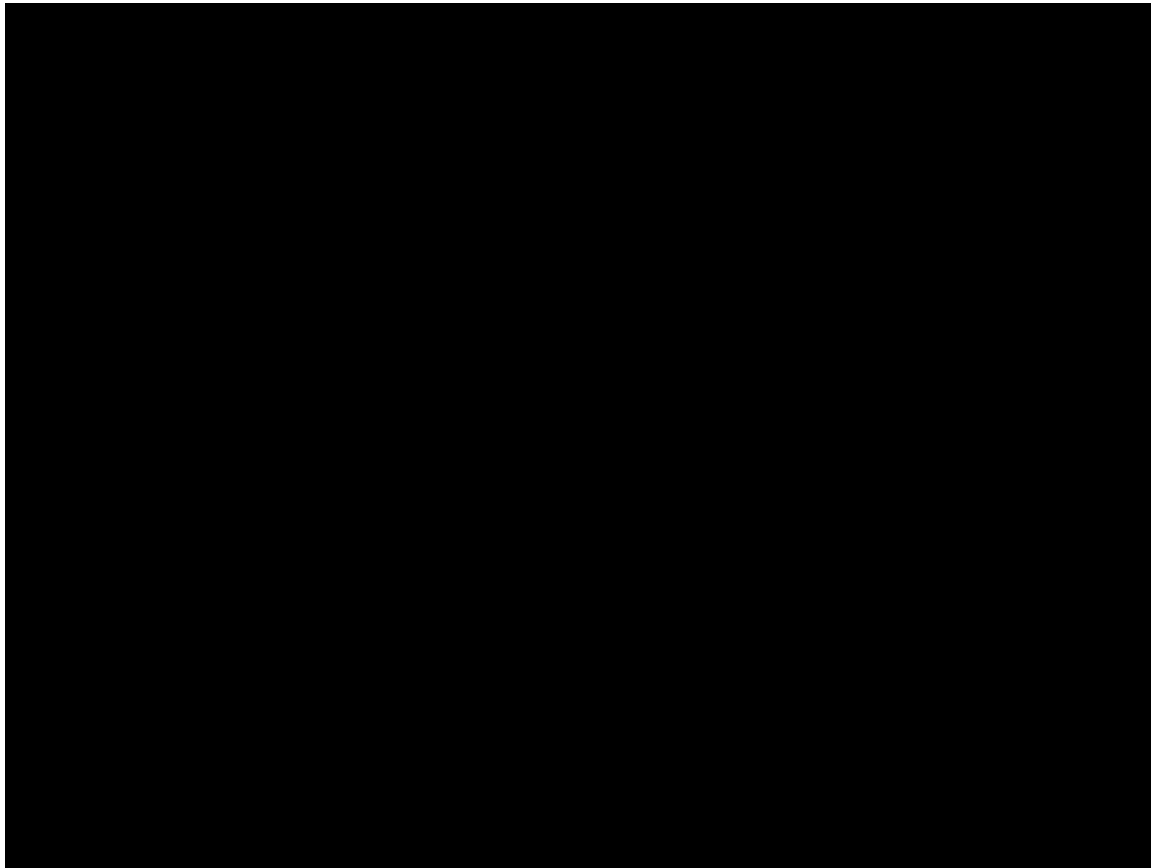


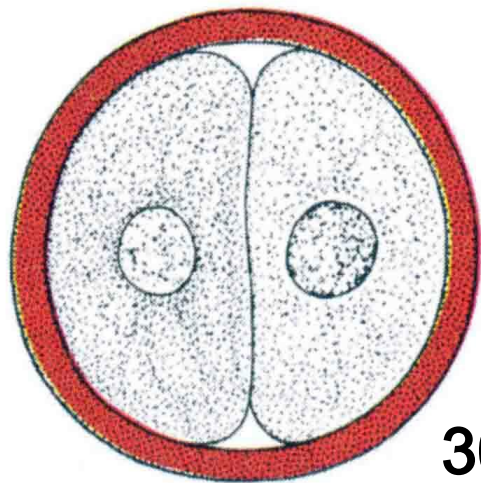


Stádium J 2 (C2)

Blastomerické stádium, rýhování oocyty

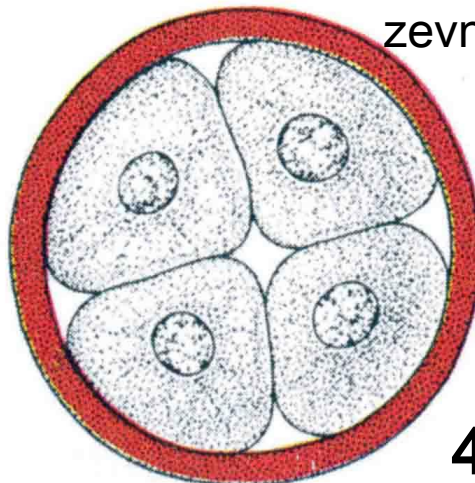
dny 3 – 4





30 h

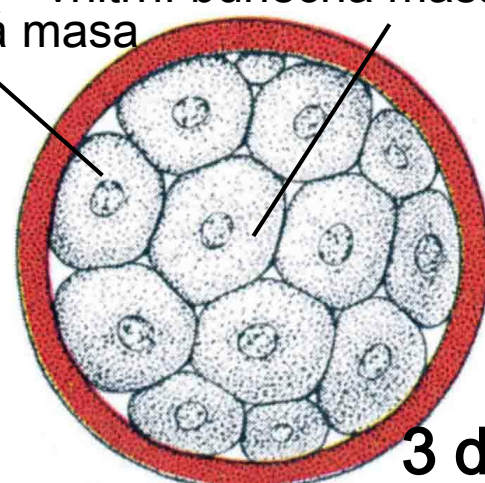
Two-cell stage



40 h

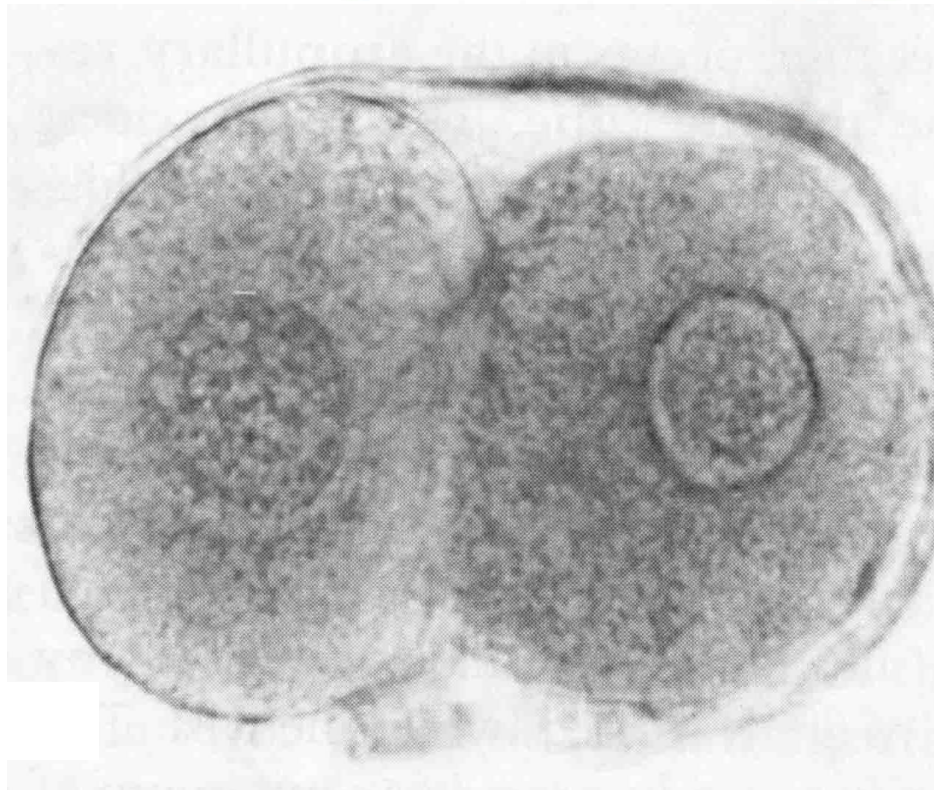
Four-cell stage

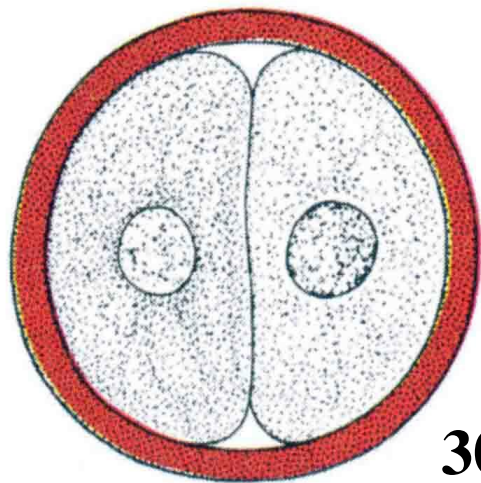
vnitřní buněčná masa
zevní buněčná masa



3 d

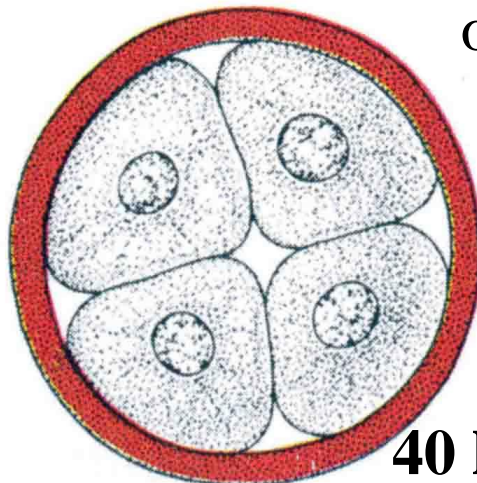
Morula





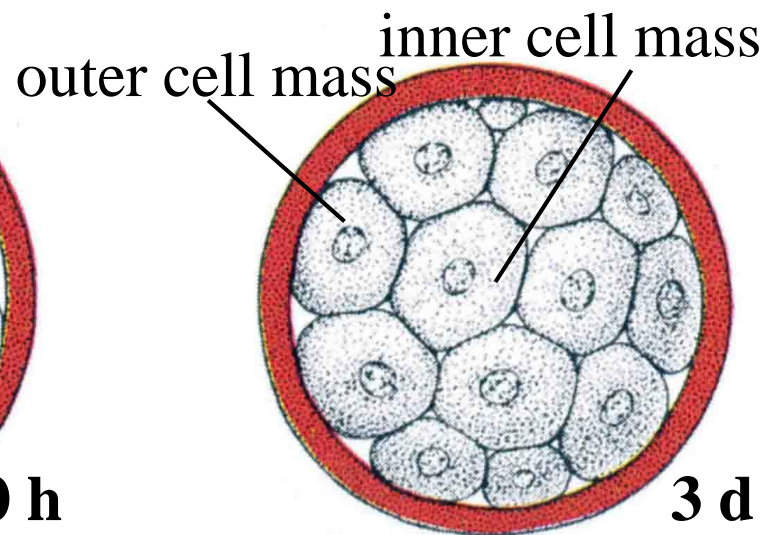
30 h

Two-cell stage



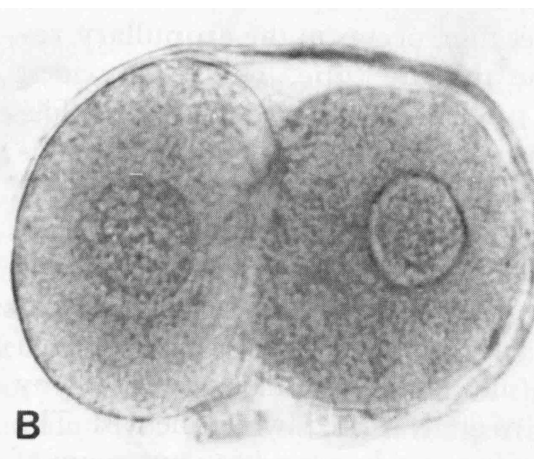
40 h

Four-cell stage



3 d

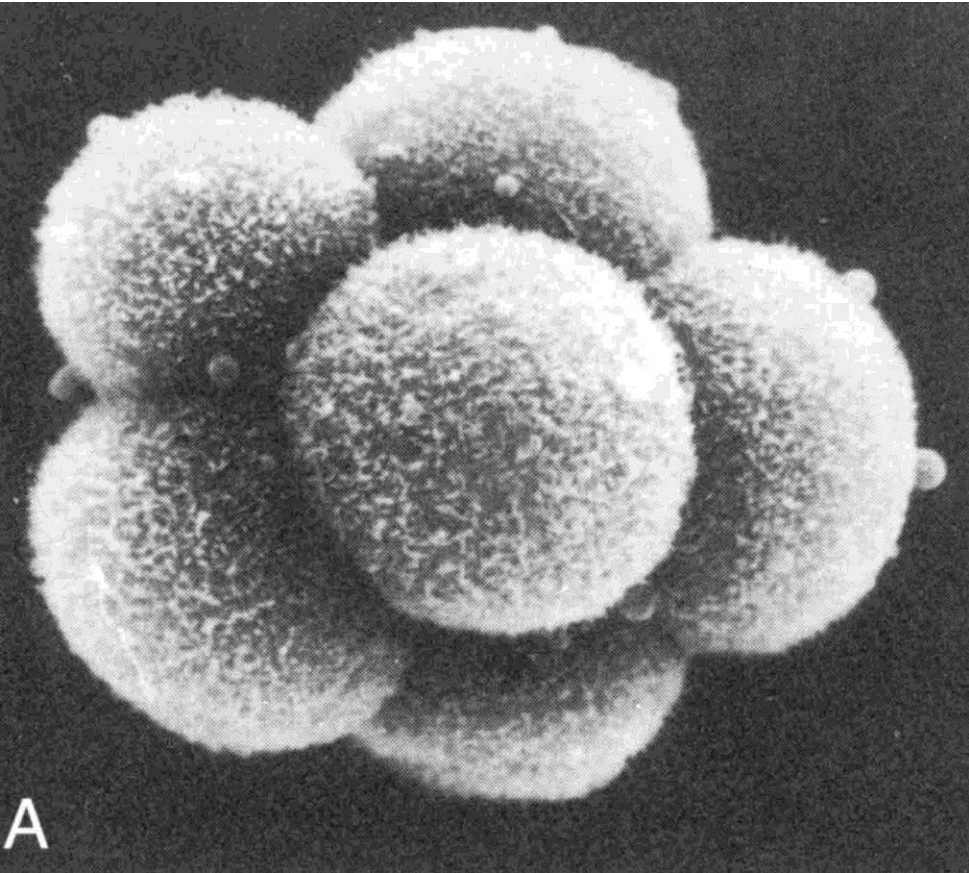
Morula



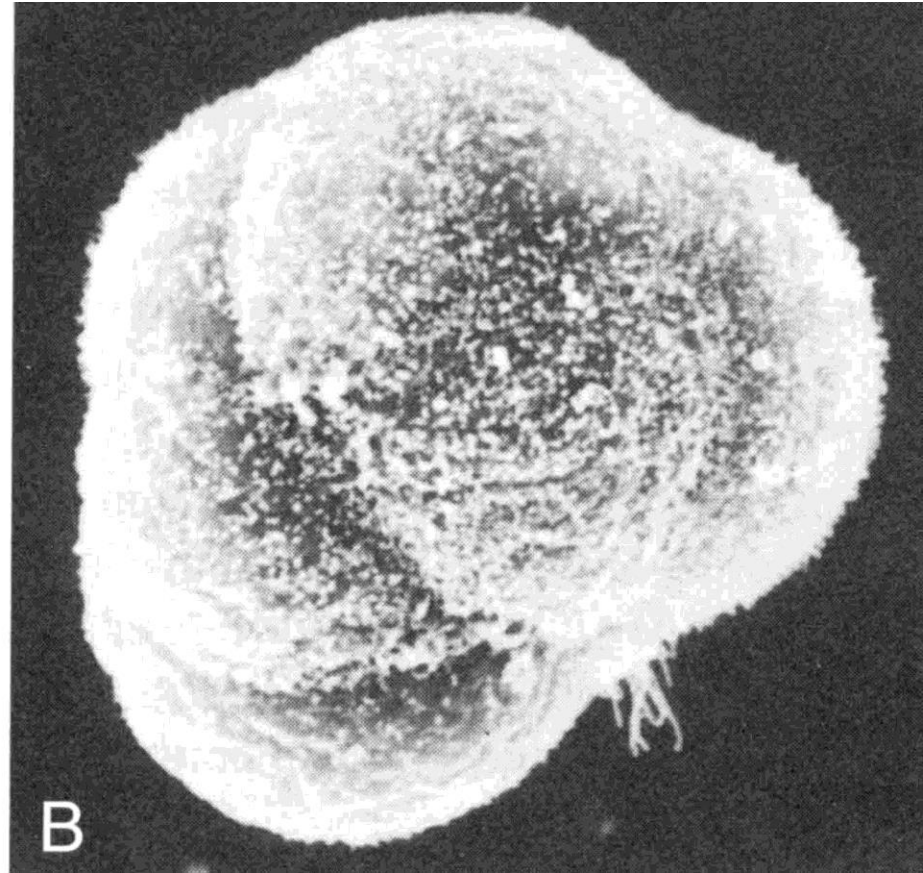
B



Morula



J 2



kompaktizace

Stádium J 3 (C3/4)

Blastocysta

dny 4 - 6

Substádia

J 3–1 časná blastocysta (se zona pellucida)

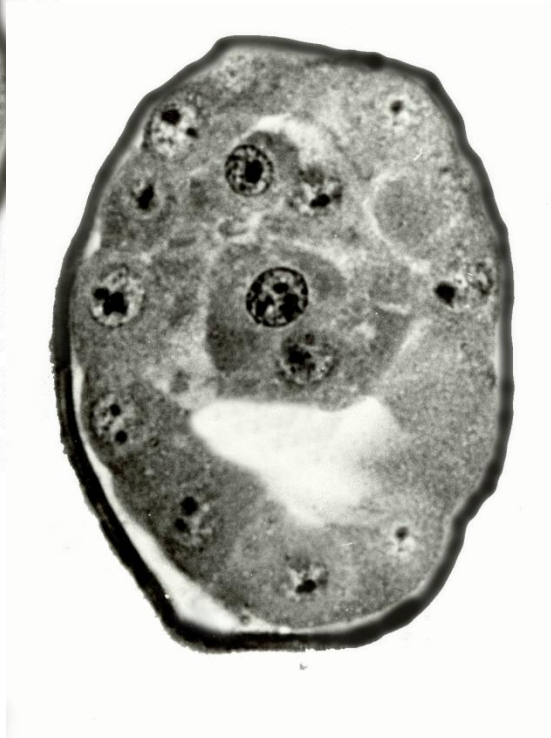
C3

J 3–2 pozdní („vyklubaná“) blastocysta bez zona pellucida

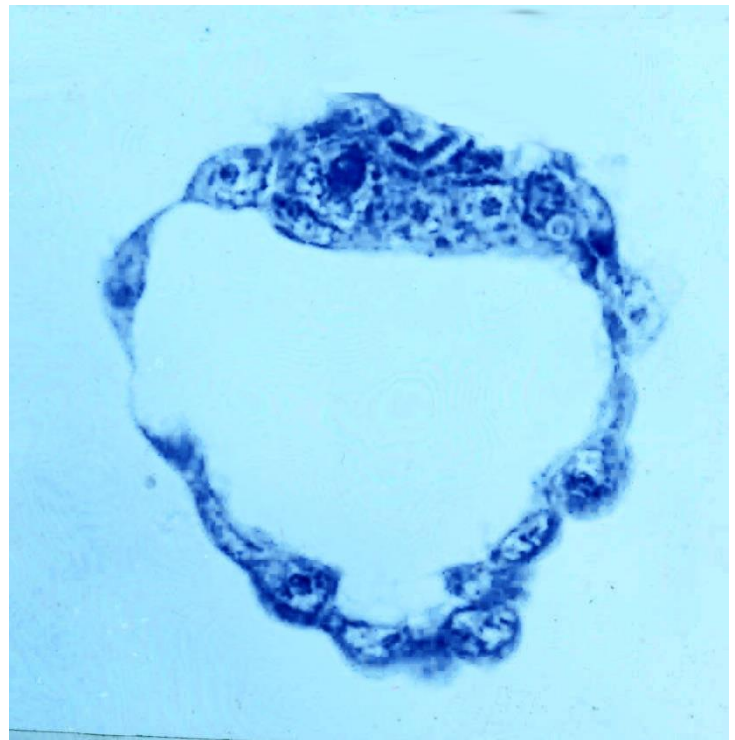
C4



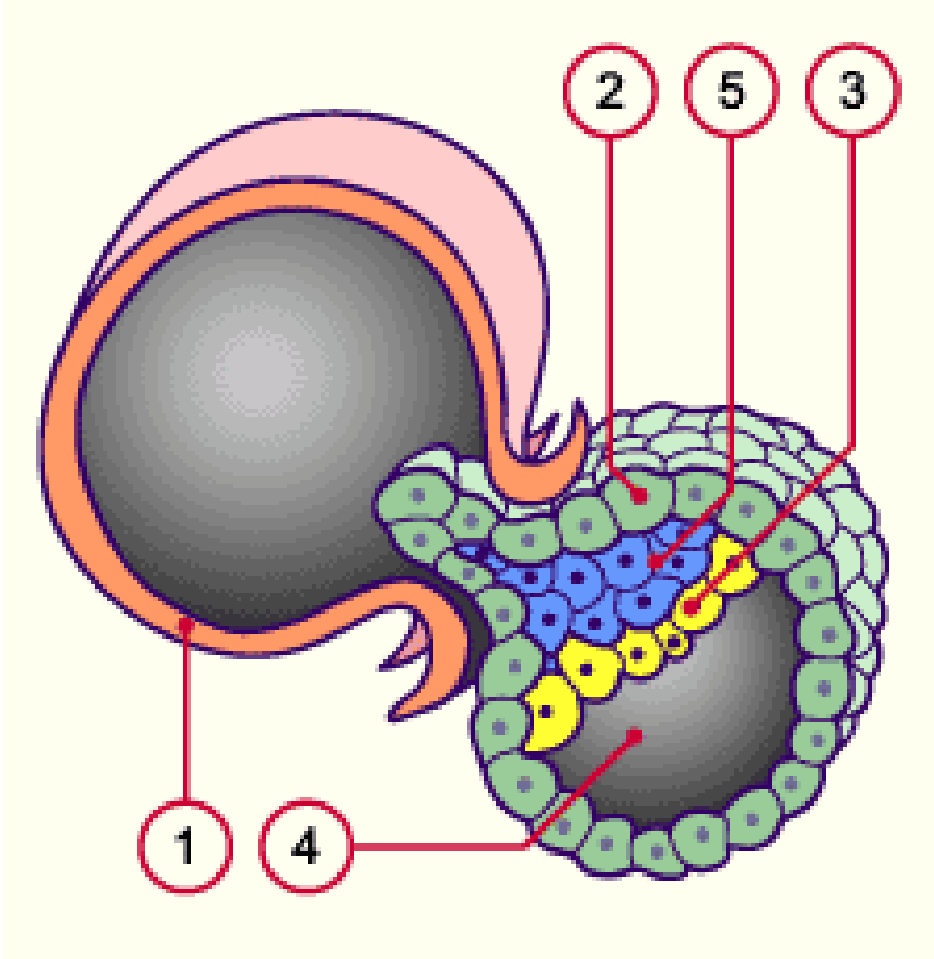
J 3 - 1, C3



J 3 - 2, C4



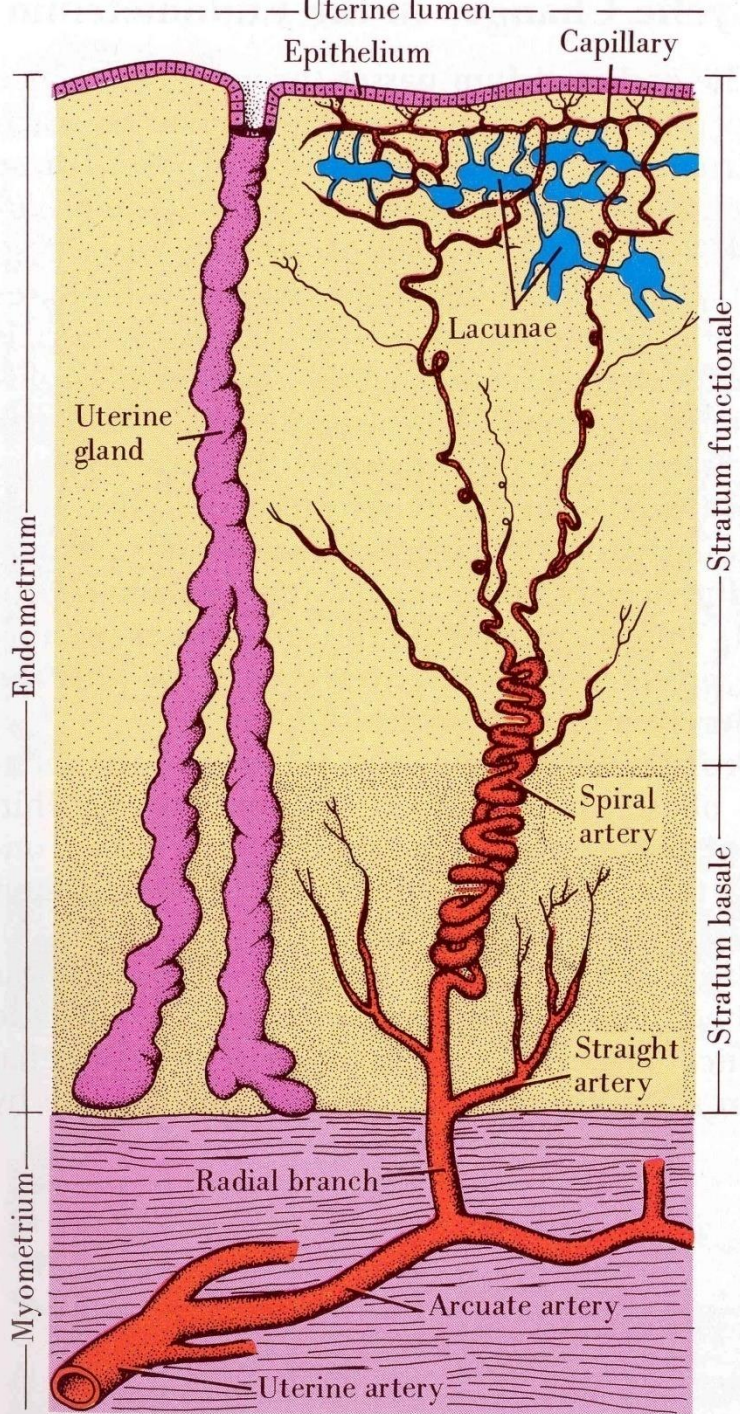
Hatching

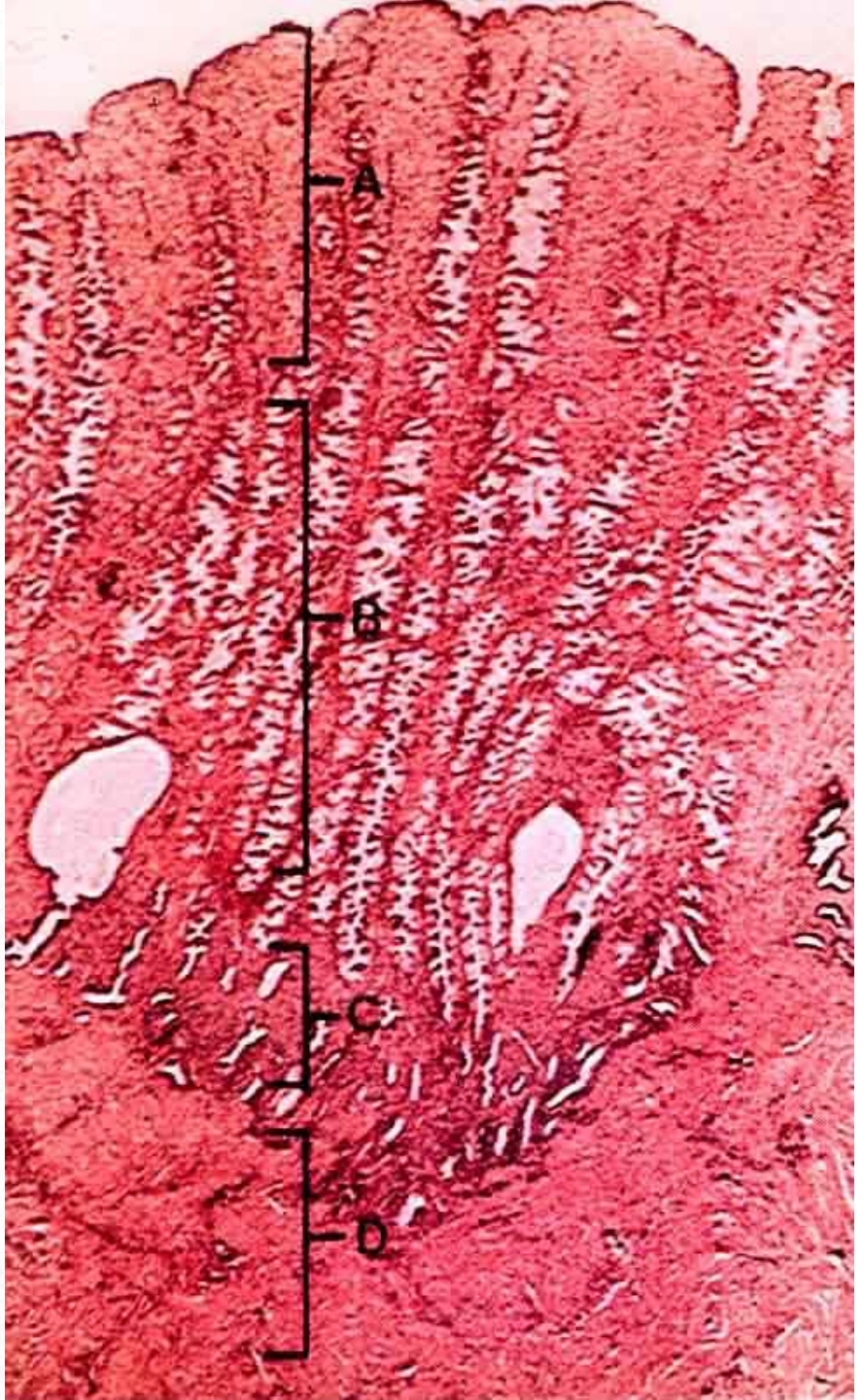
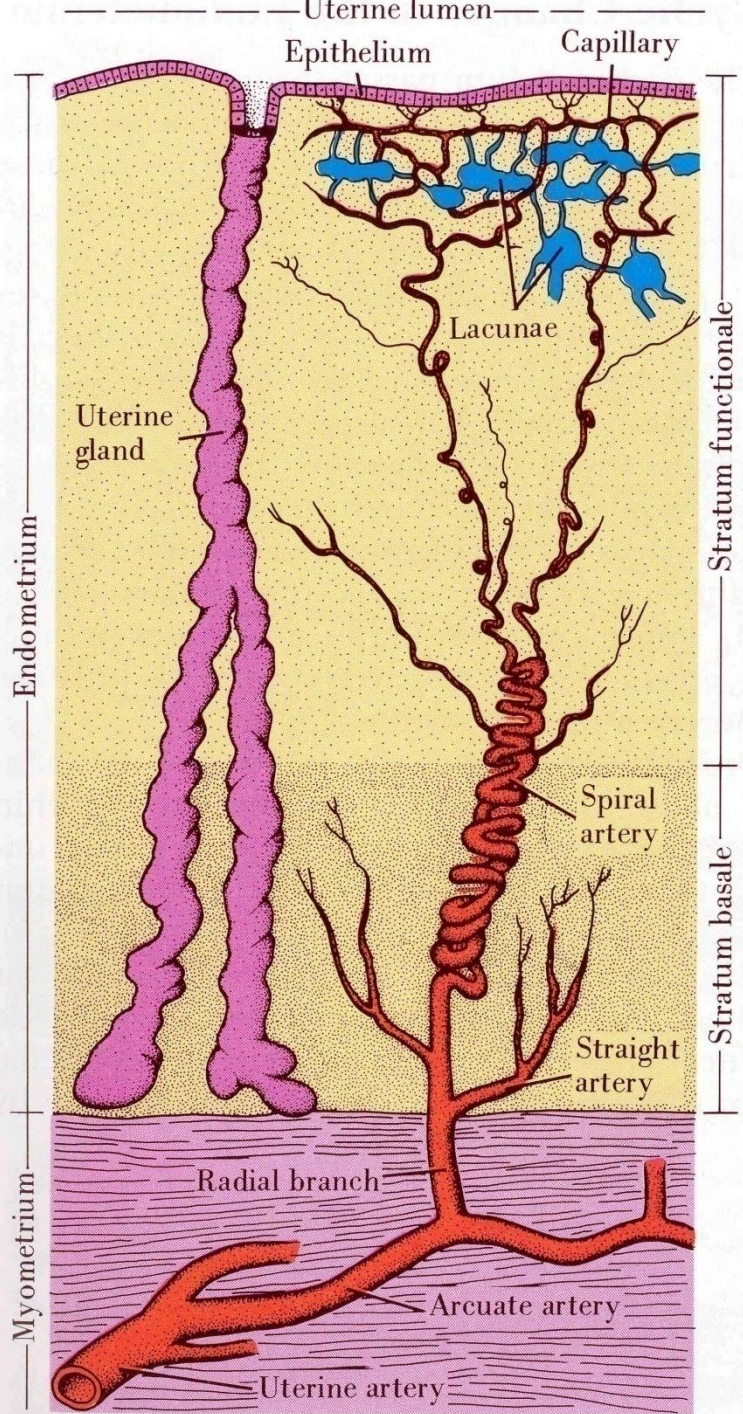


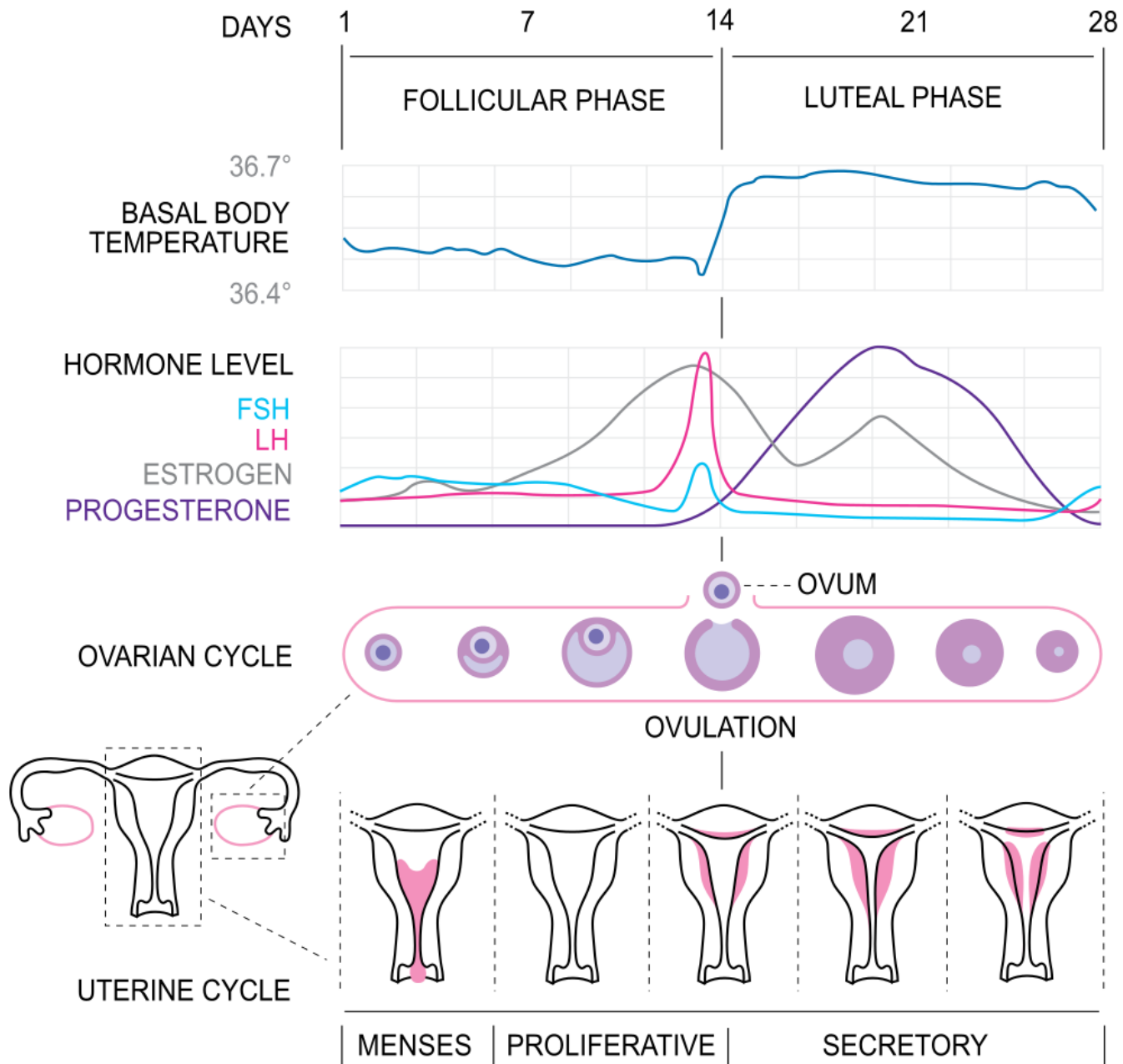
<https://www.youtube.com/watch?v=ExYZ3JZQhUo>

www.embryology.ch

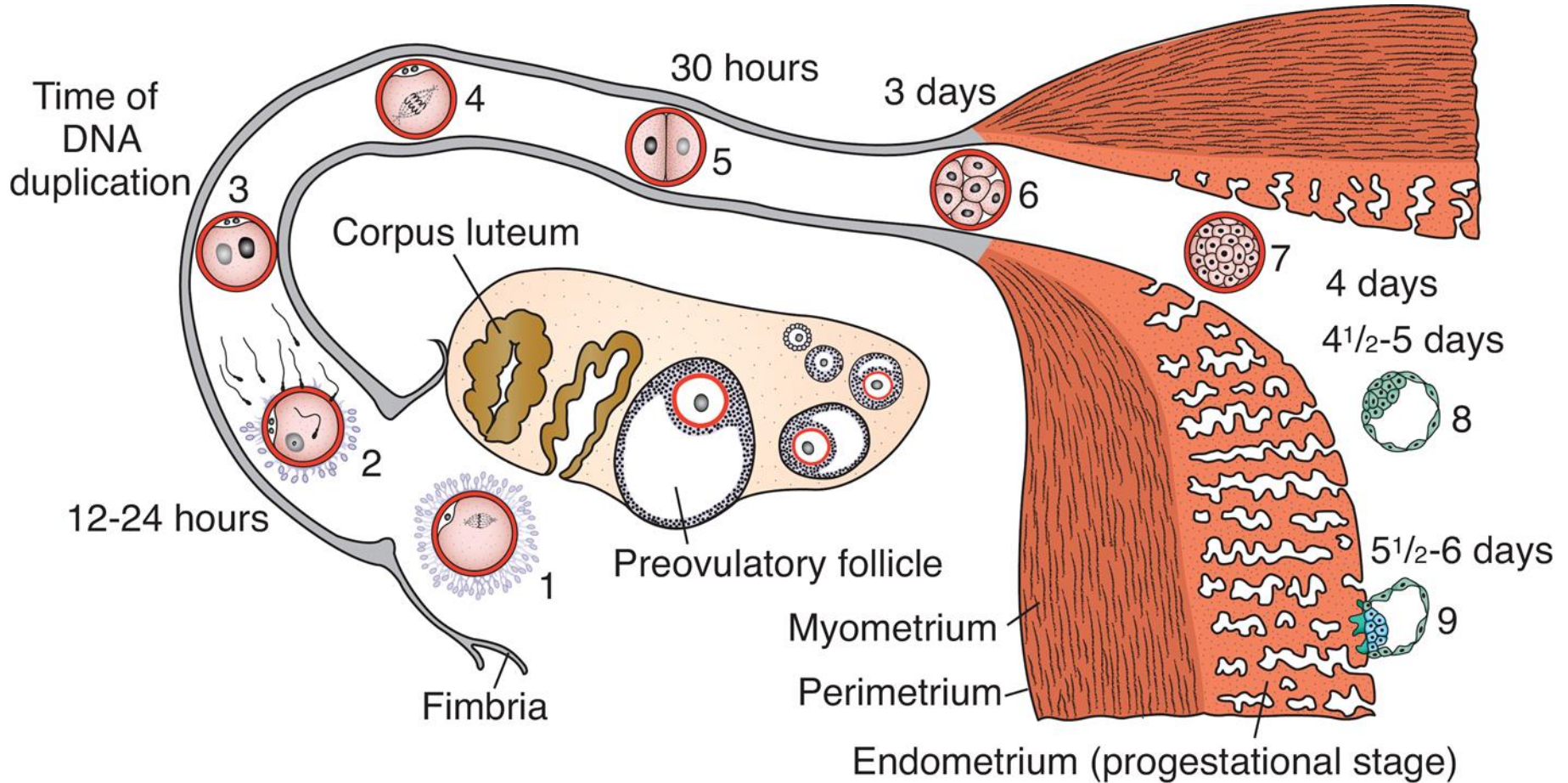
<https://www.youtube.com/watch?v=ExYZ3JZQhUo>

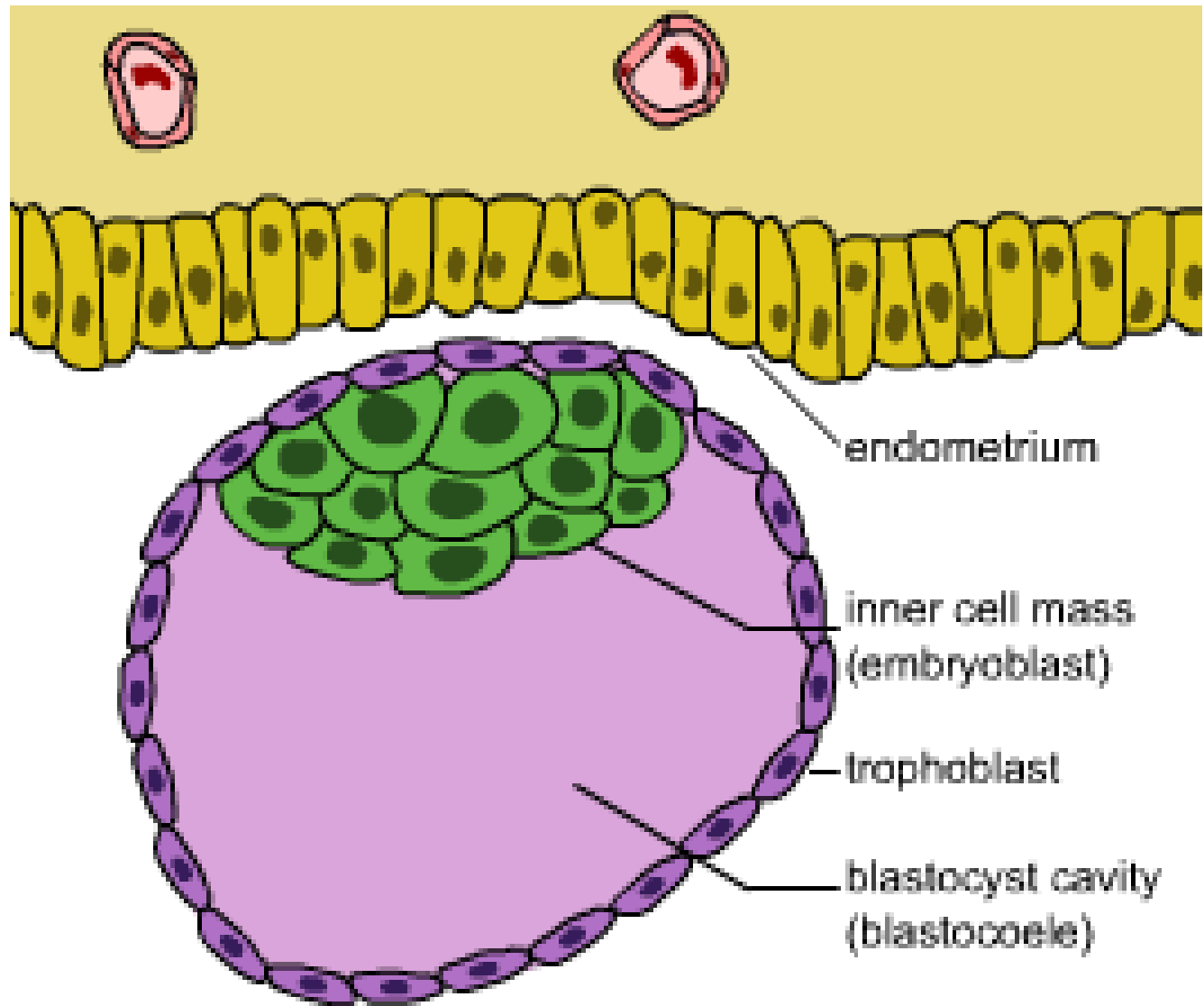






první týden





4,5 d

6 d

Inner cell mass
or embryoblast

Uterine epithelium

Uterine stroma

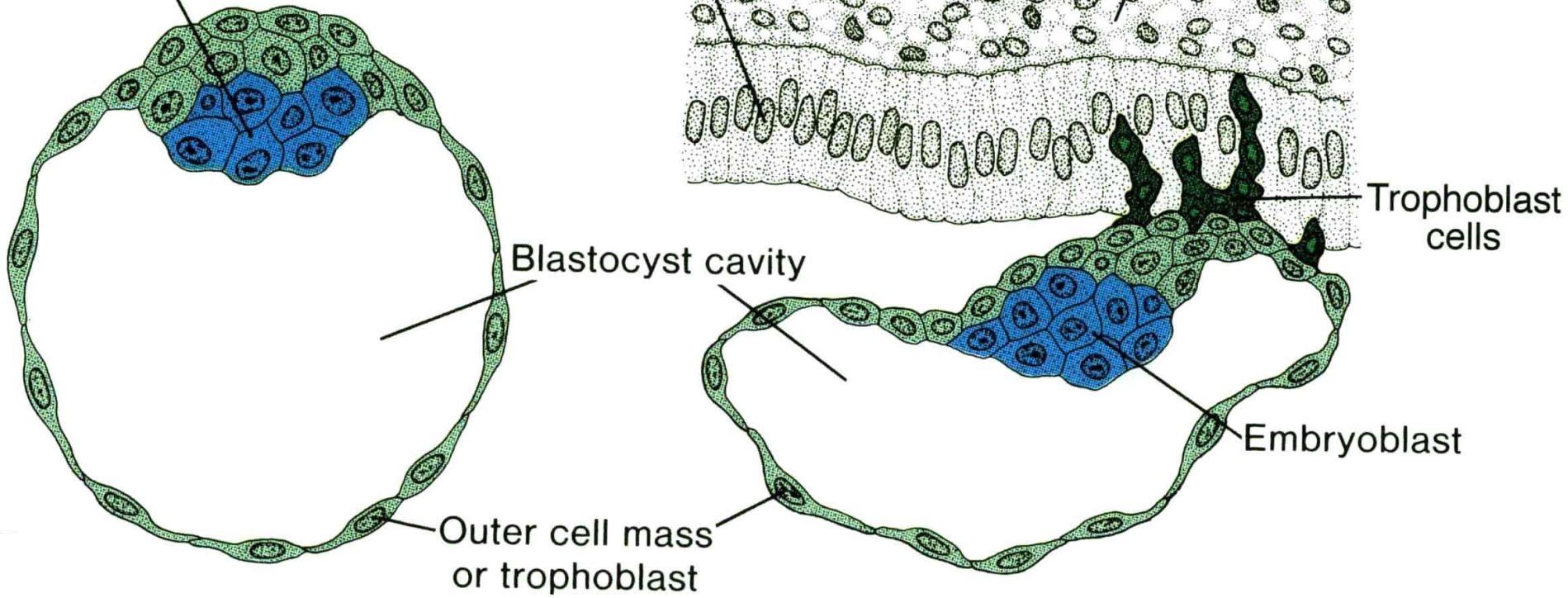
Trophoblast
cells

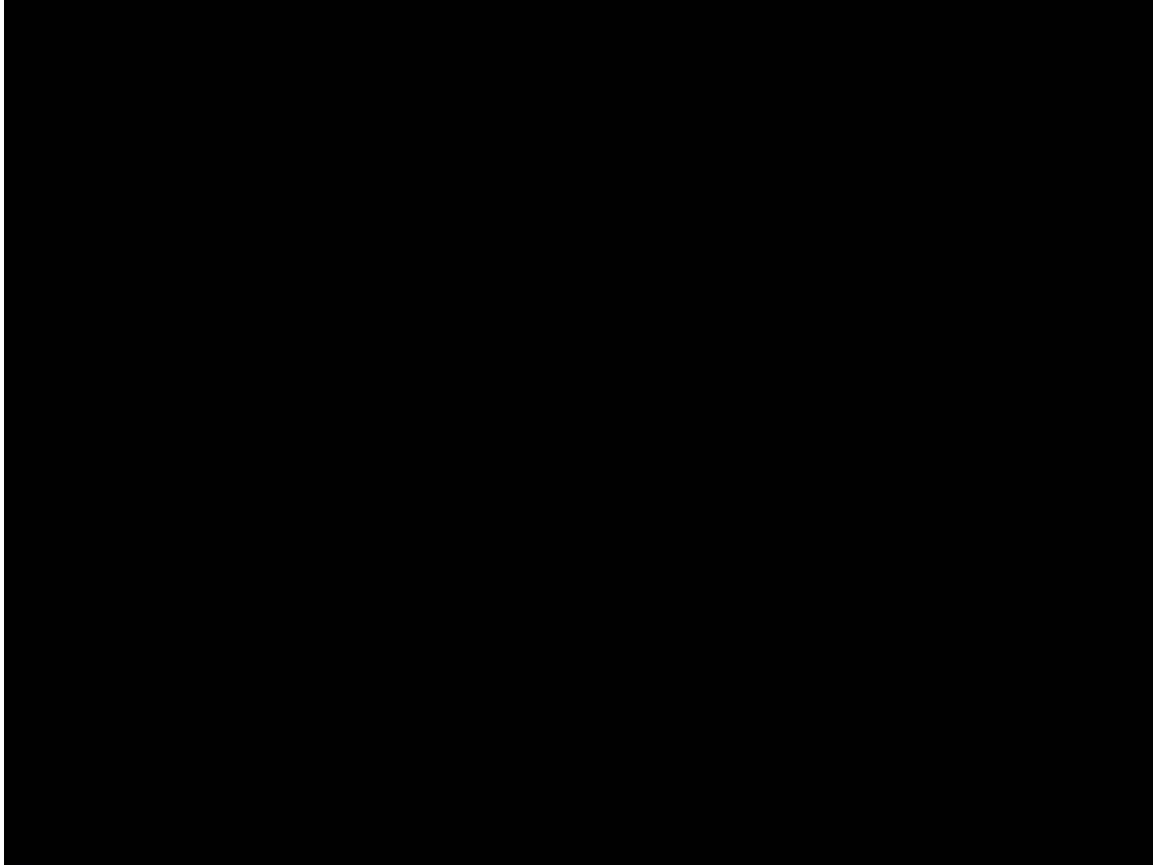
Blastocyst cavity

Embryoblast

Outer cell mass
or trophoblast

J 3-2, C4



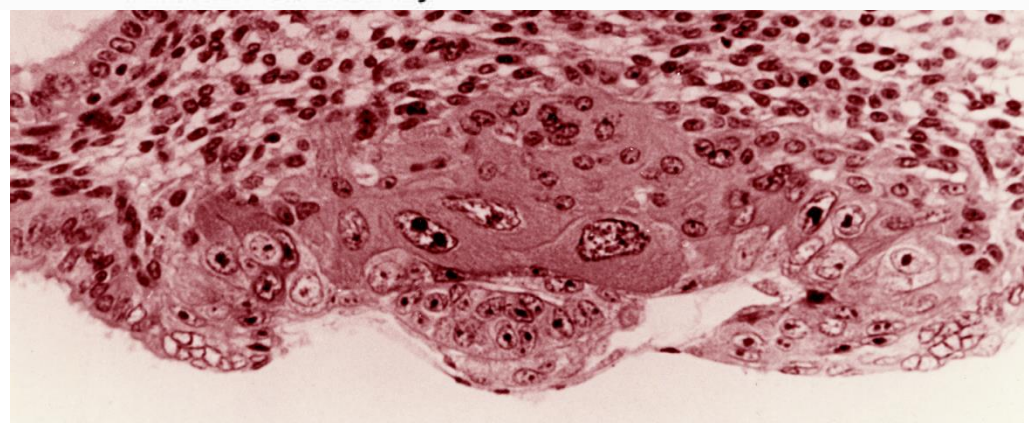
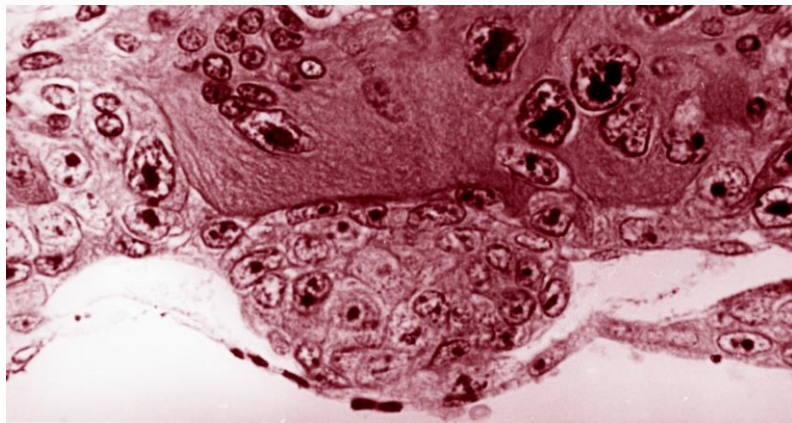
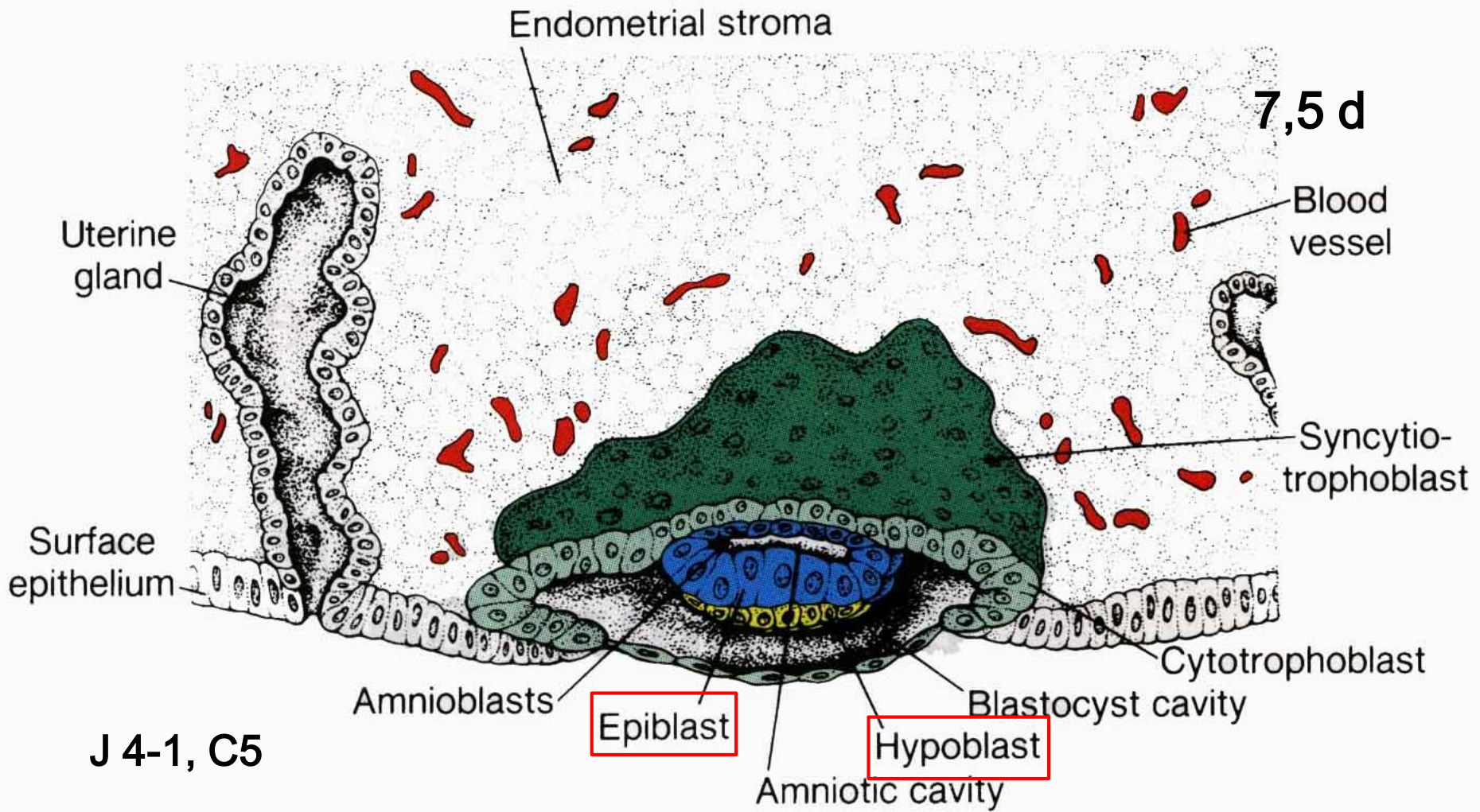


Stádium J 4 (C5/6)

Dvojvrstevný zárodečný terčík (*dny 7 – 14*)

Substádia

| | |
|---|----|
| 4–1 neúplný váček amniový a primární žloutkový dny 7-9 | C5 |
| 4–2 primární žloutkový váček dny 10 – 13 | C5 |
| 4–3 sekundární žloutkový váček den 14 | C6 |



amnioblasty

amniová dutina

cytotrofoblast



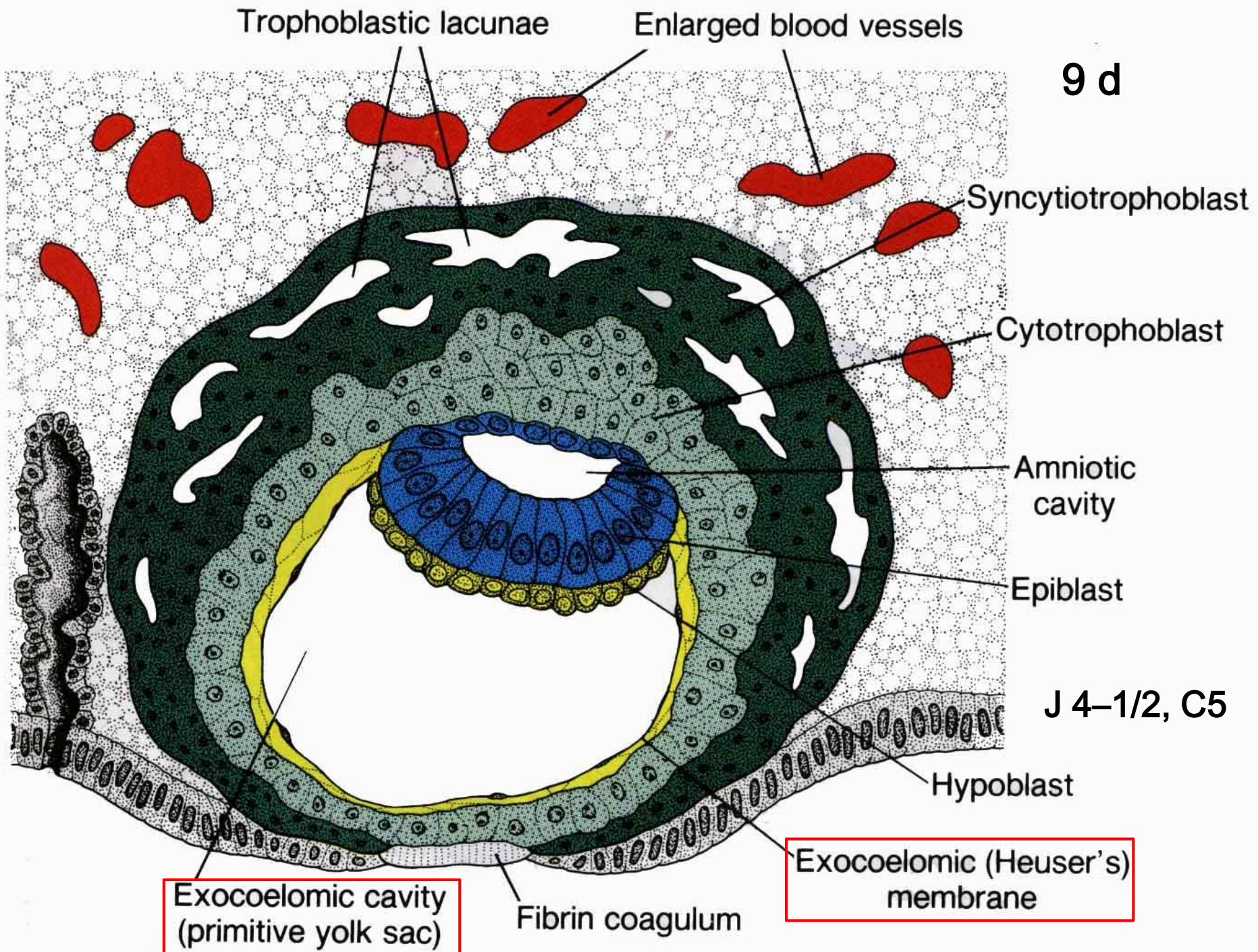
epiblast

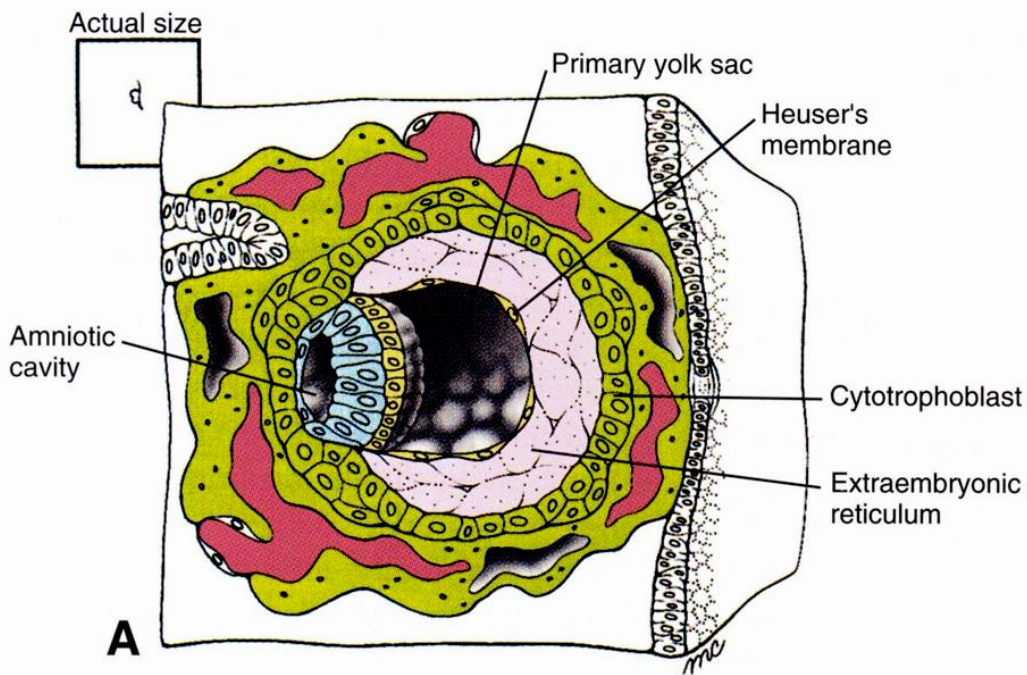
hypoblast

trofoblast

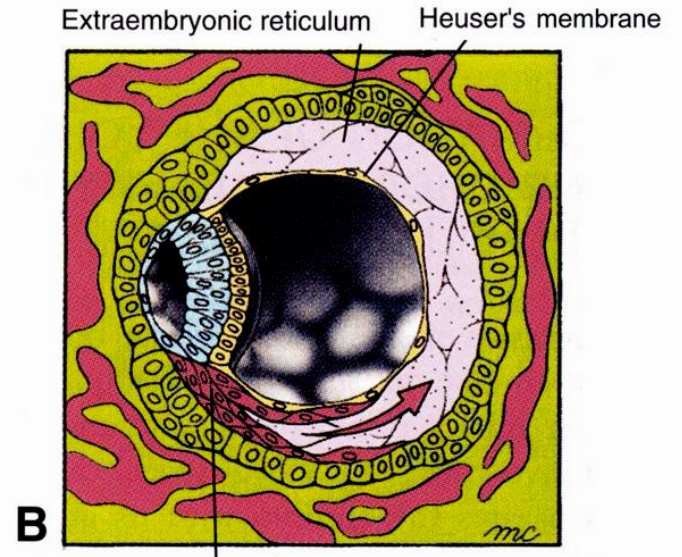
blastocoel

J 4-1, C5



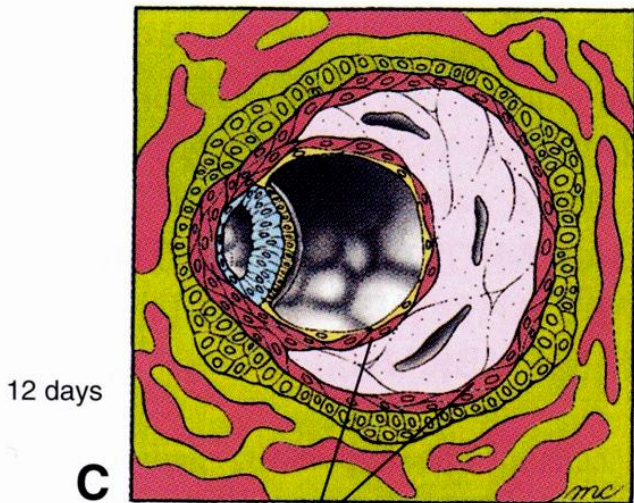


10-11 days



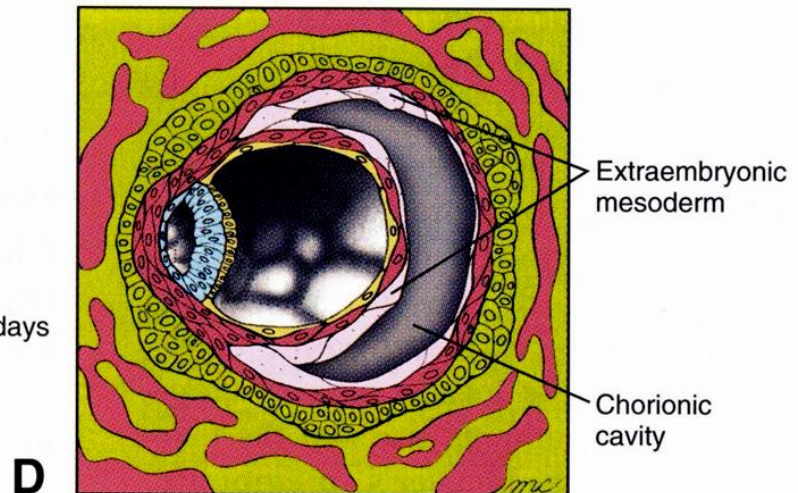
Epiblast proliferating to form extraembryonic mesoderm

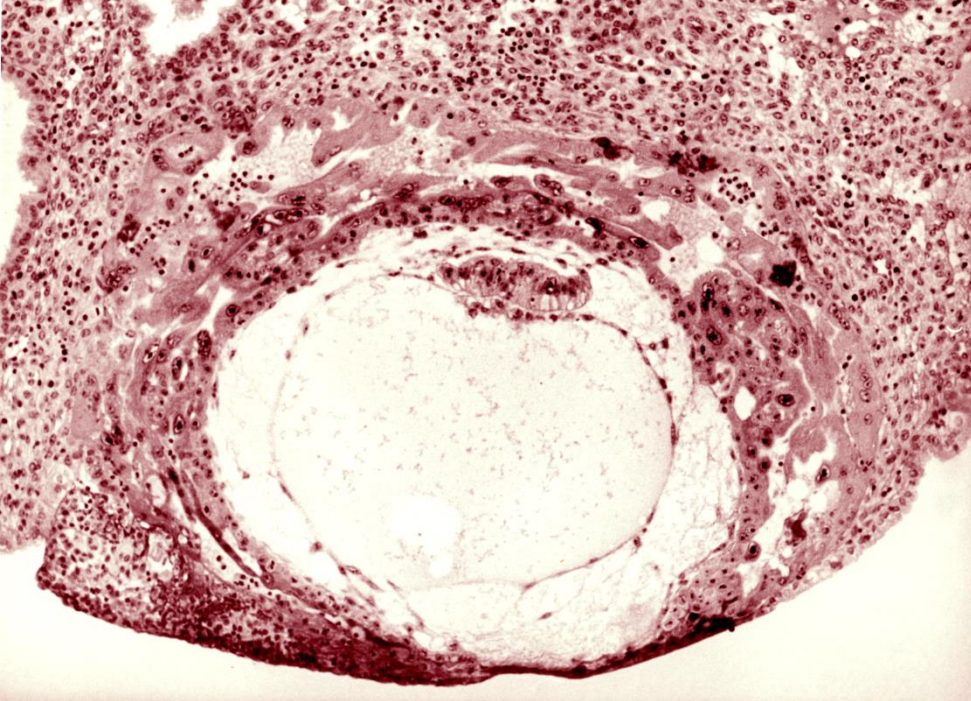
J 4 - 2, C5



Extraembryonic mesoderm

12-13 days





J 4-2, C5

cytotrofoblast

syncytiotrofoblast

amniová dutina

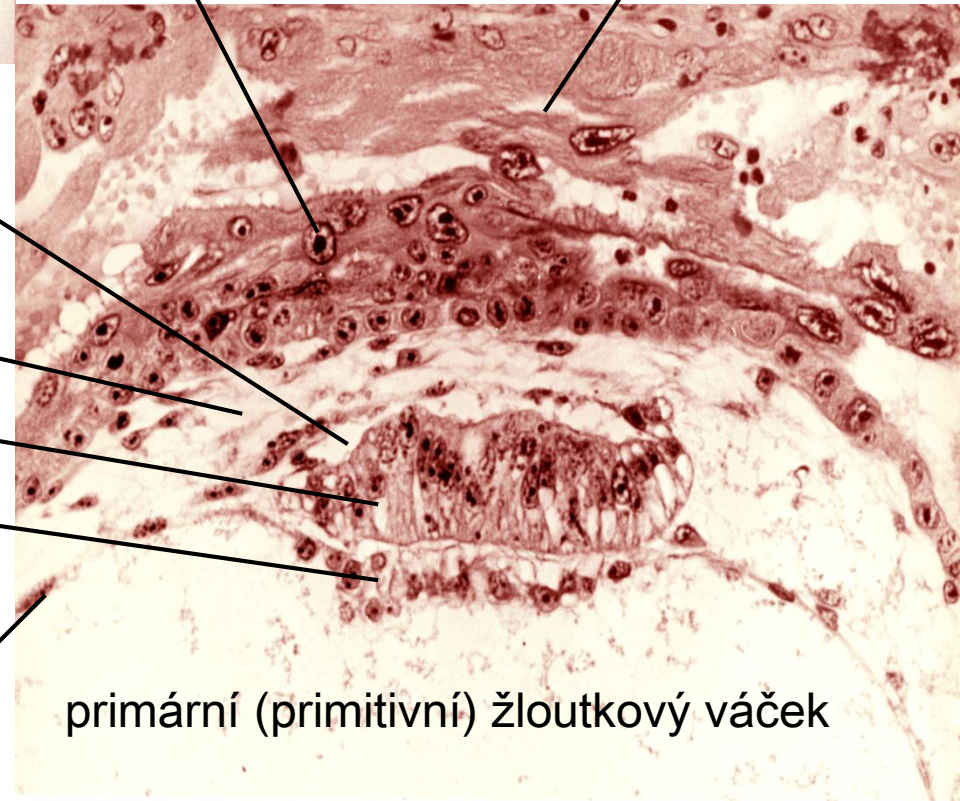
extraembryonální mesoderm

epiblast

hypoblast

exocoelomová (Heuserova) membrána

primární (primitivní) žlutkový váček



Trophoblastic lacunae

Maternal sinusoids

12 d

J 4-2, C5

buňky
hypoblastu

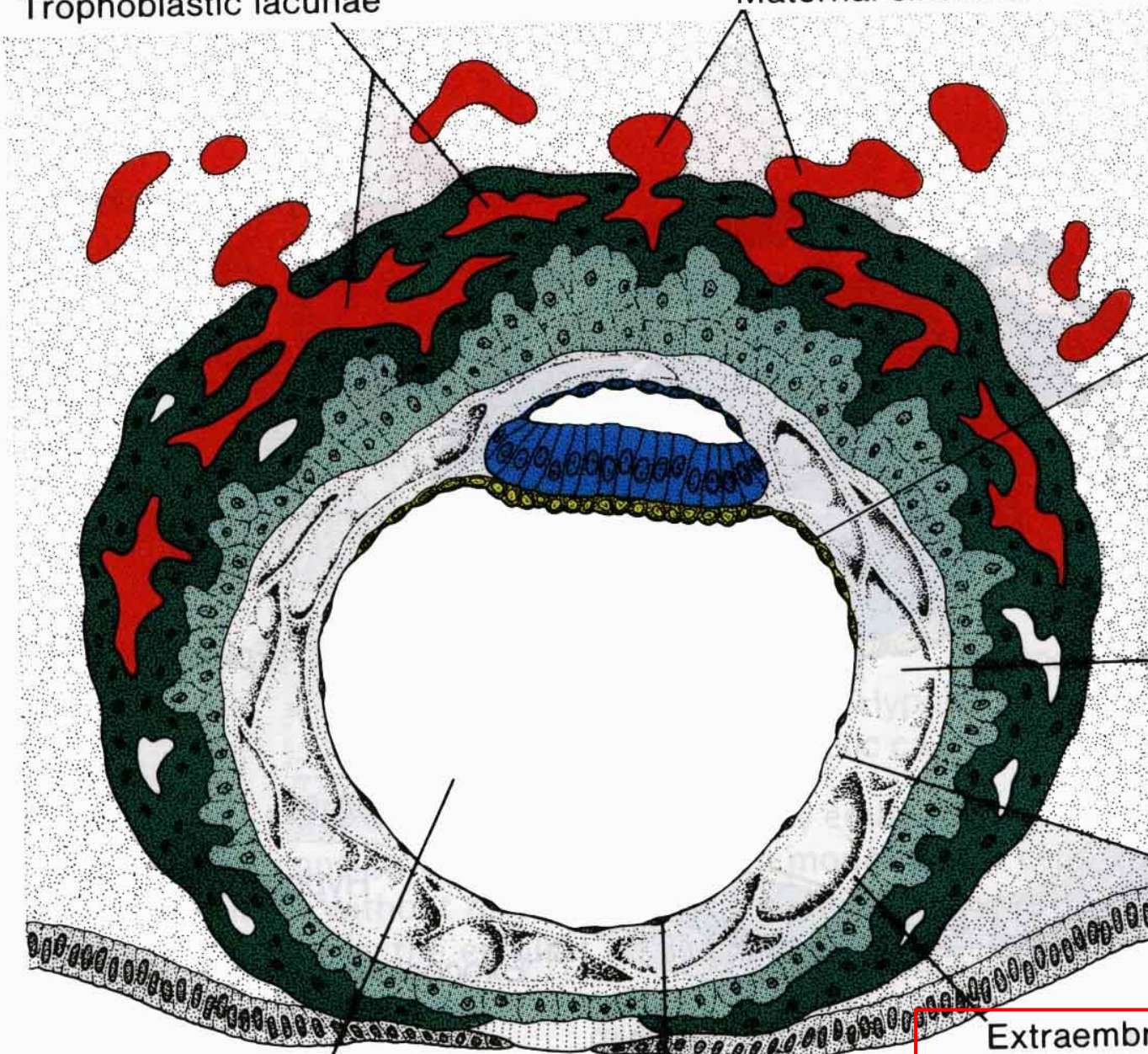
Extraembryonic
coelom

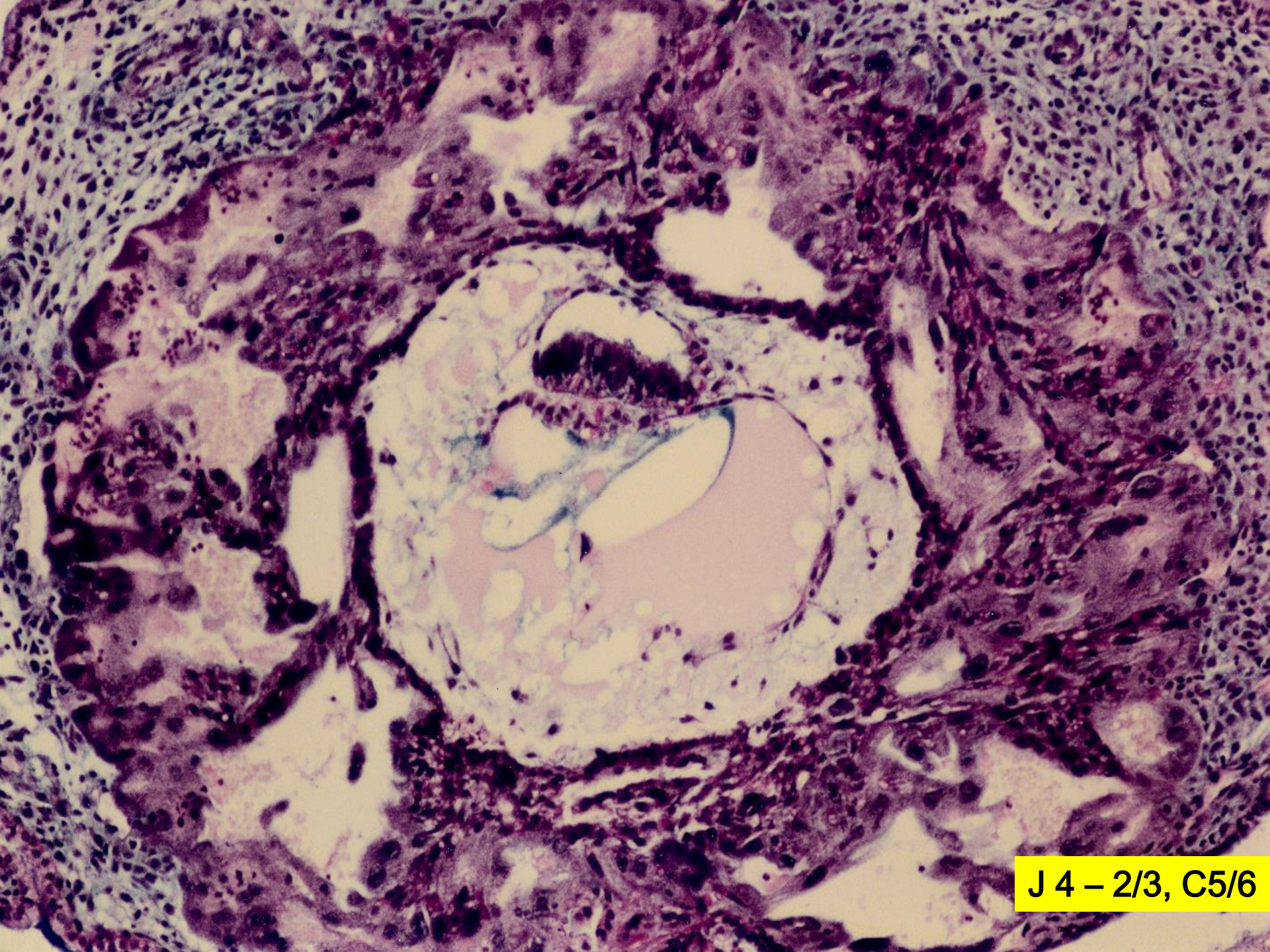
Extraembryonic
splanchnopleuric
mesoderm

Extraembryonic
somatopleuric mesoderm

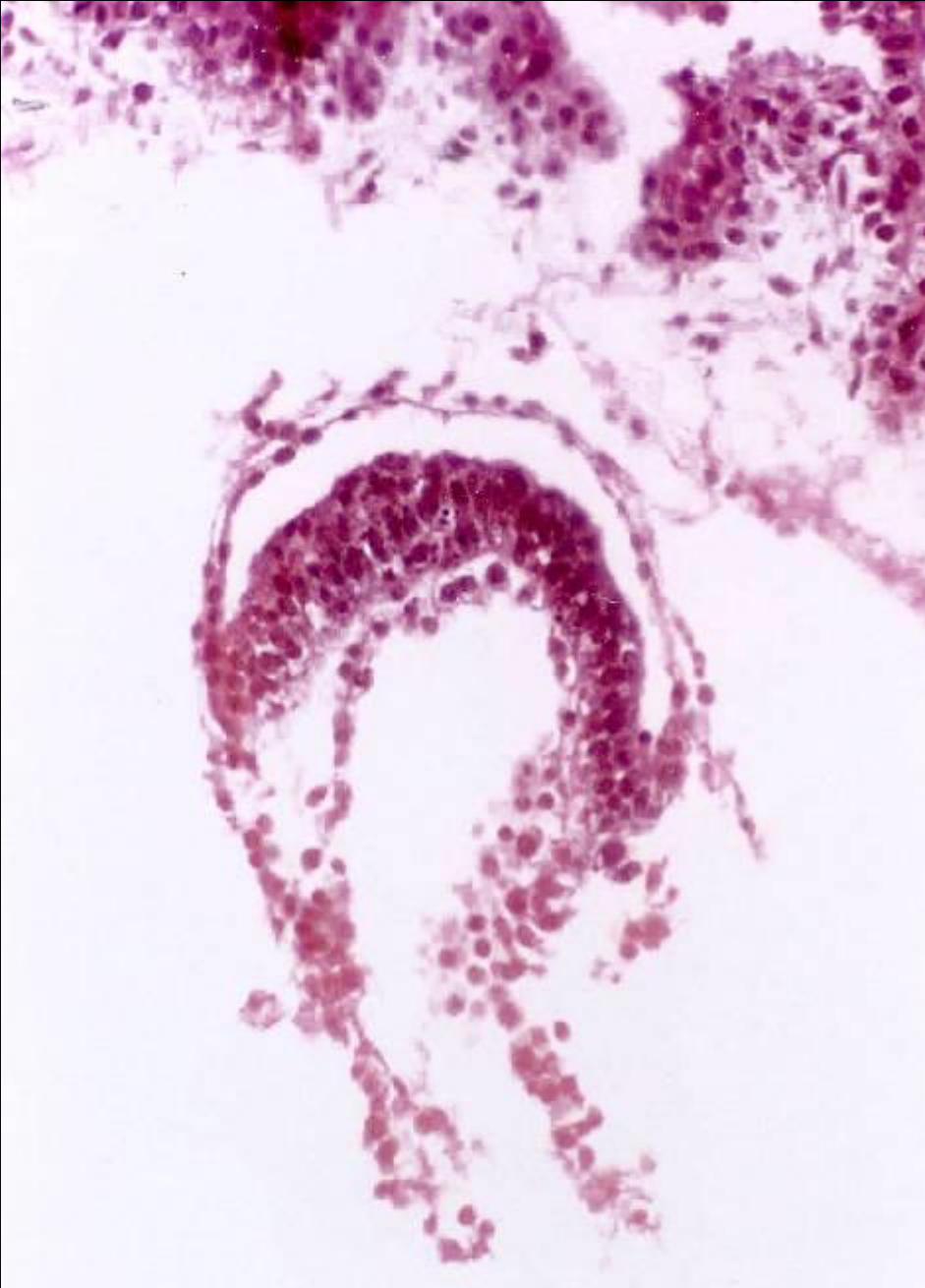
Exocoelomic cavity
(primitive yolk sac)

Exocoelomic
membrane





J 4 - 2/3, C5/6



J 4-2/3, C5/6



J 4-3, C6

Buccopharyngeal membrane

Primary villi

Trophoblastic lacunae

14 d

J 4-3
C6

Maternal sinusoid

Connecting stalk

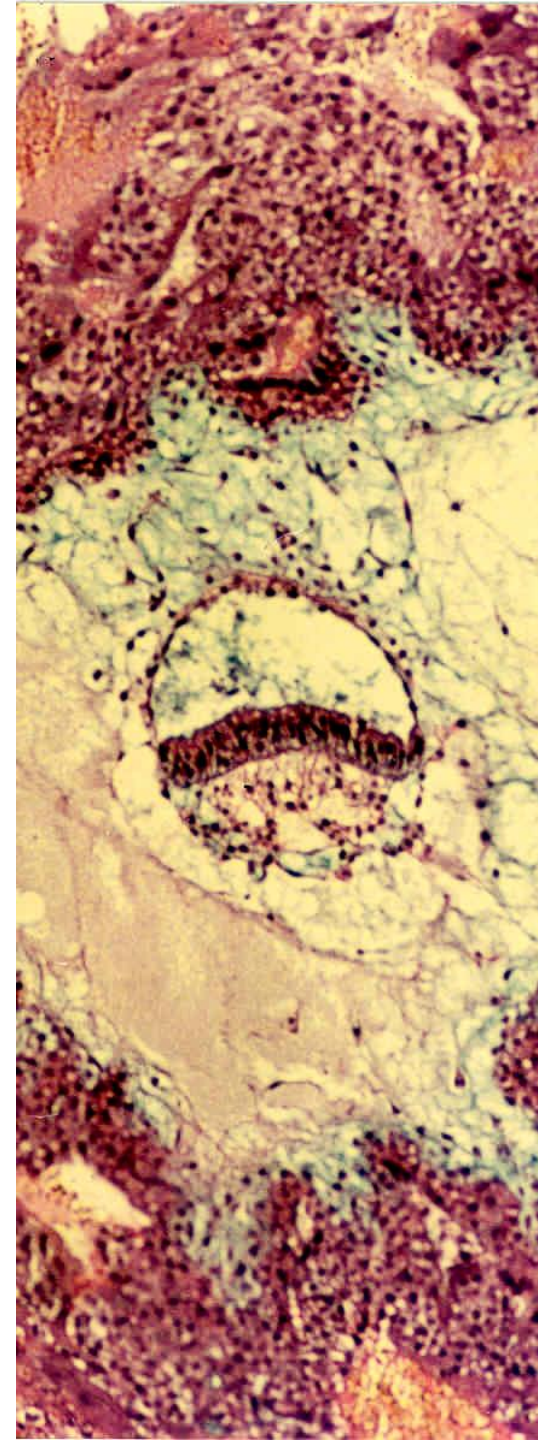
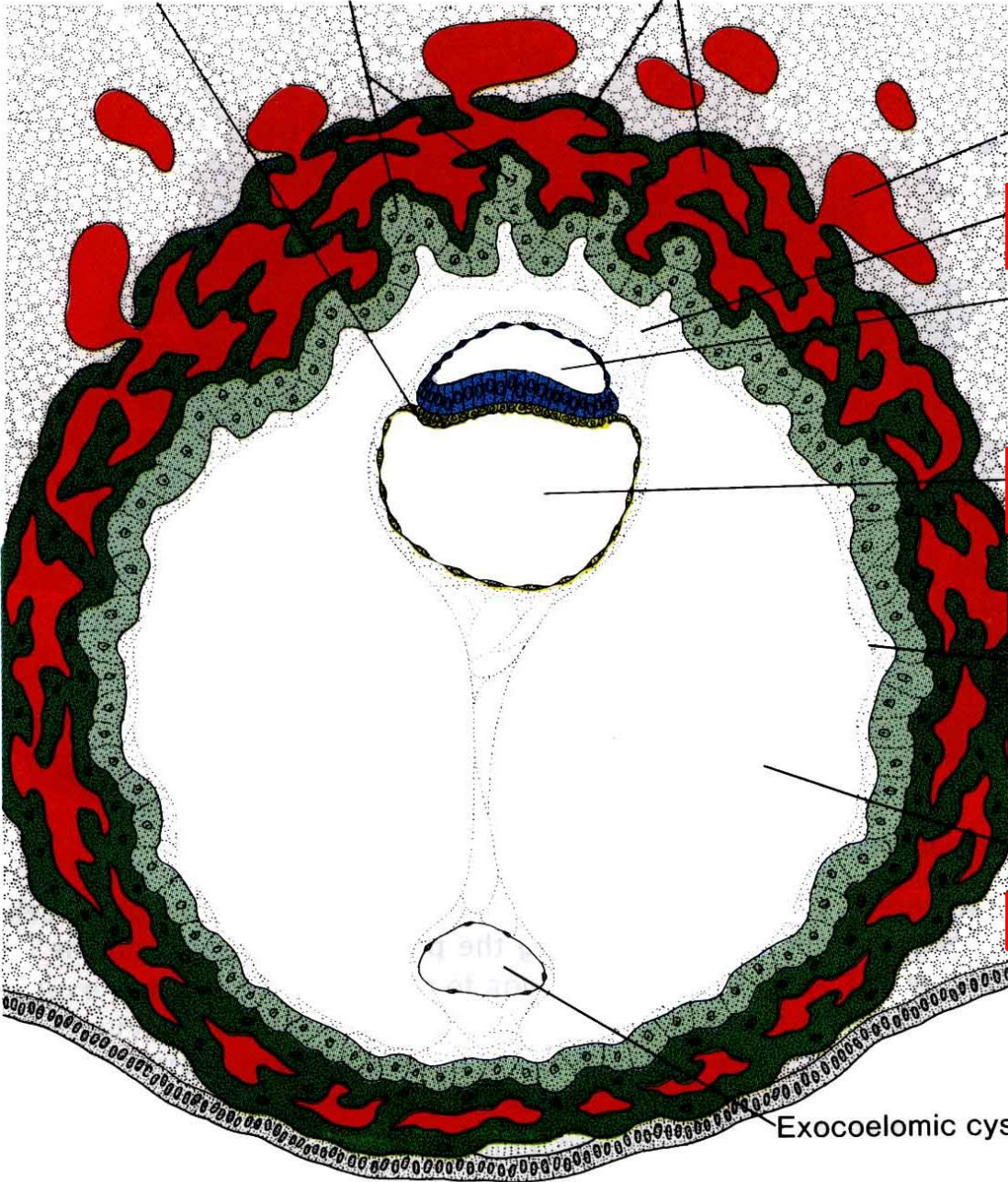
Amniotic cavity

Secondary yolk sac

Extraembryonic somatopleuric mesoderm (chorionic plate)

Extraembryonic coelom (chorionic cavity)

Exocoelomic cyst



Stádium J 5 (C7-9)

Trojvrstevný zárodečný terčik s osovými strukturami

dny 15 – 20, délka 0,5 – 1,5 mm

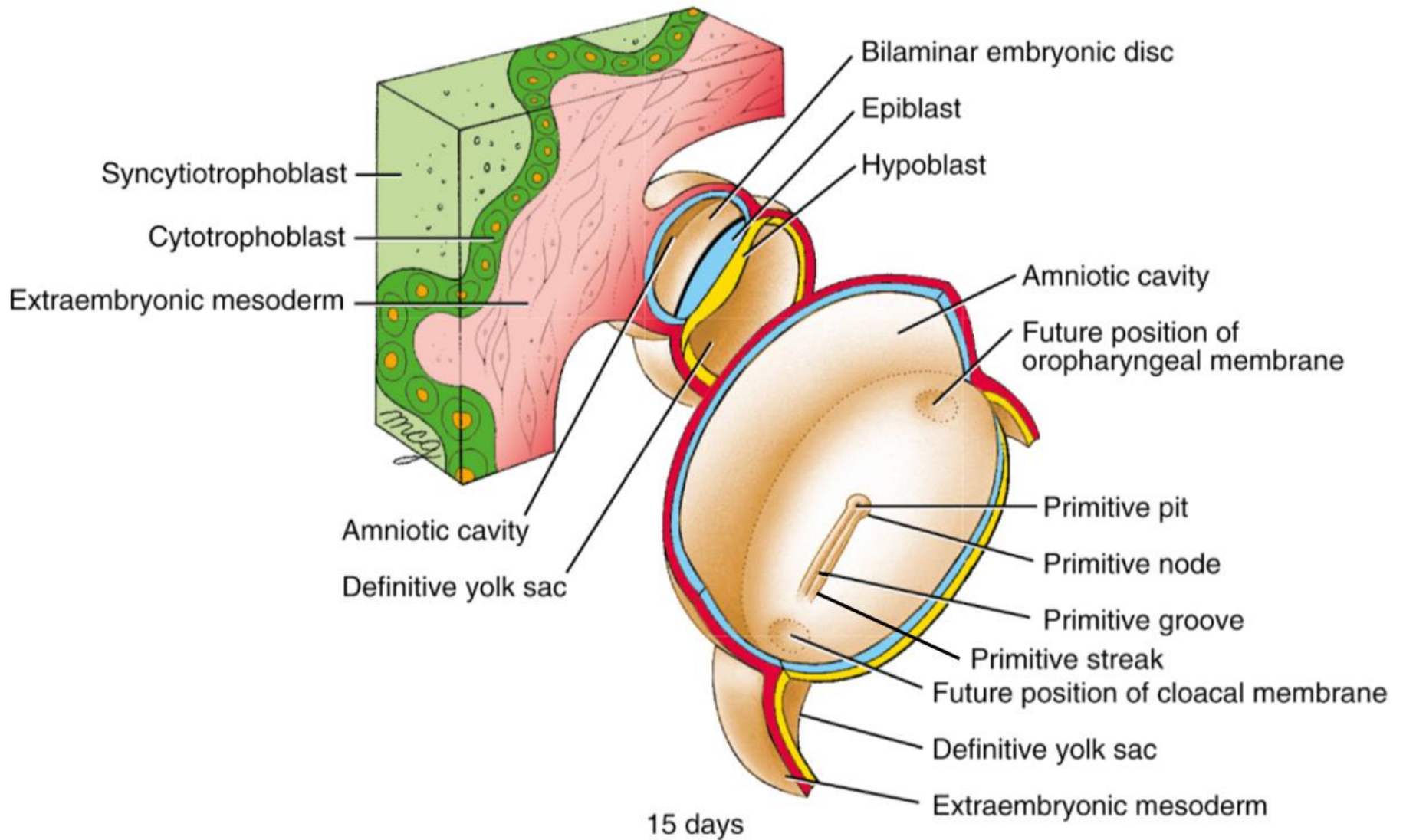
osové struktury: primitivní proužek, primitivní uzel, orofaryngová membrána, kloaková membrána, prechordální ploténka, chordomesodermový výběžek a ploténka, chorda, alantois

Substádia

| | | |
|-------|--|----|
| J 5–1 | primitivní uzel a chordomesodermový výběžek | C7 |
| J 5–2 | notochordová ploténka, primitivní proužek, intraembryonální mesoderm | C8 |
| J 5–3 | chorda, neurální valy | C9 |

GASTRULACE
NOTOGENESE
NEURULACE

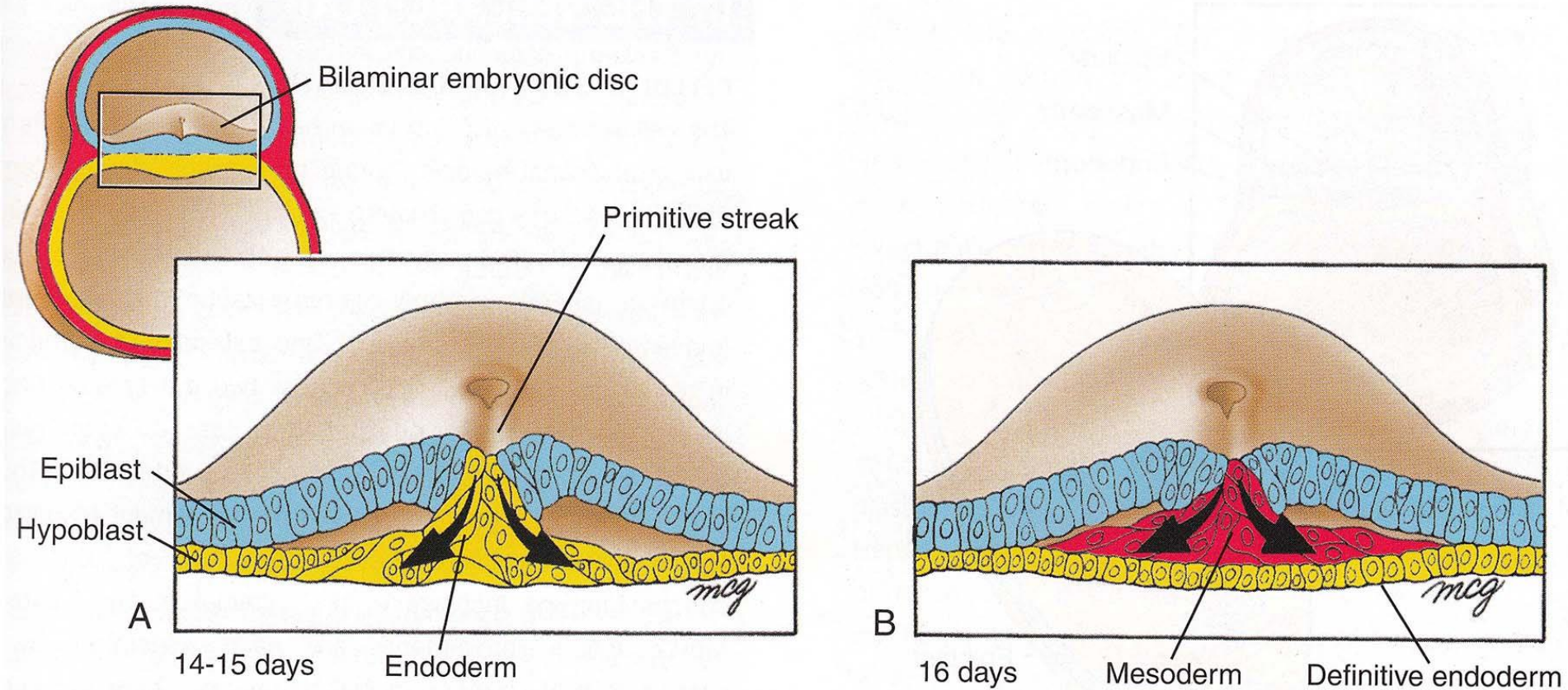
15 d

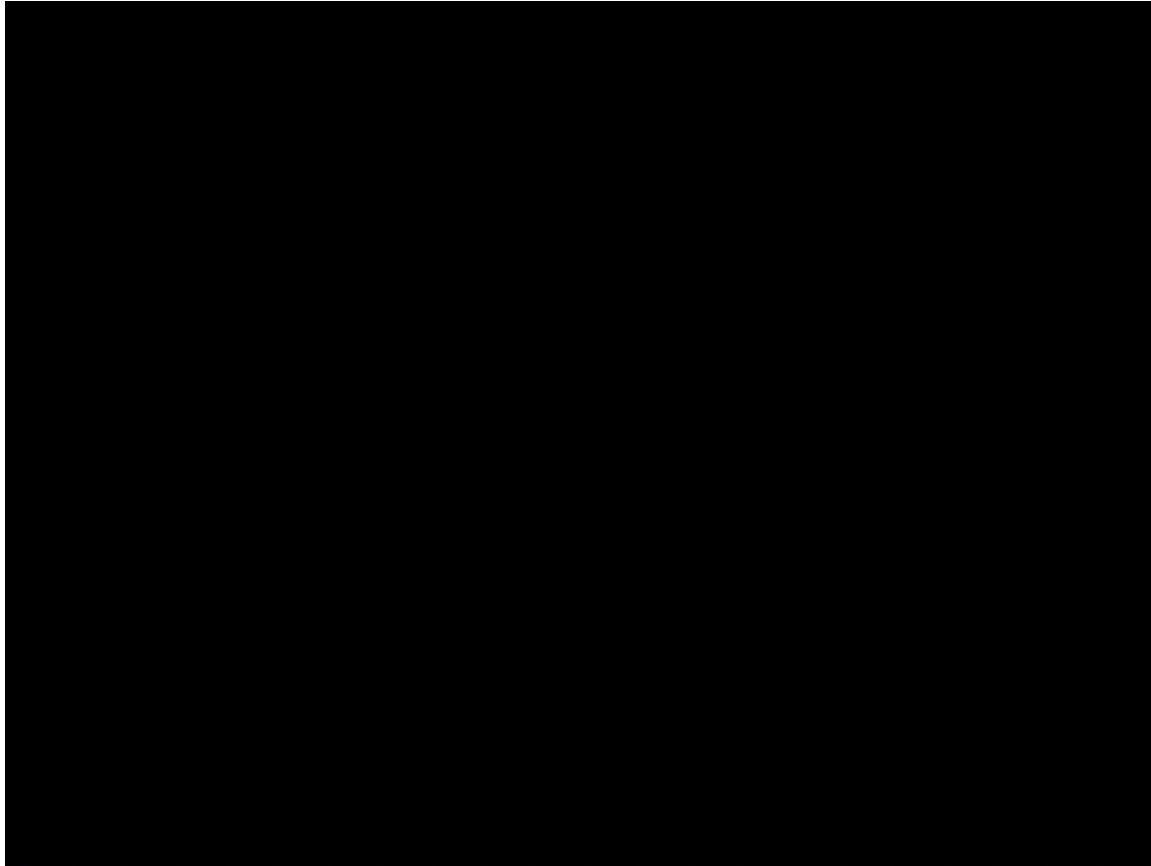


J5-1/2, C7/8

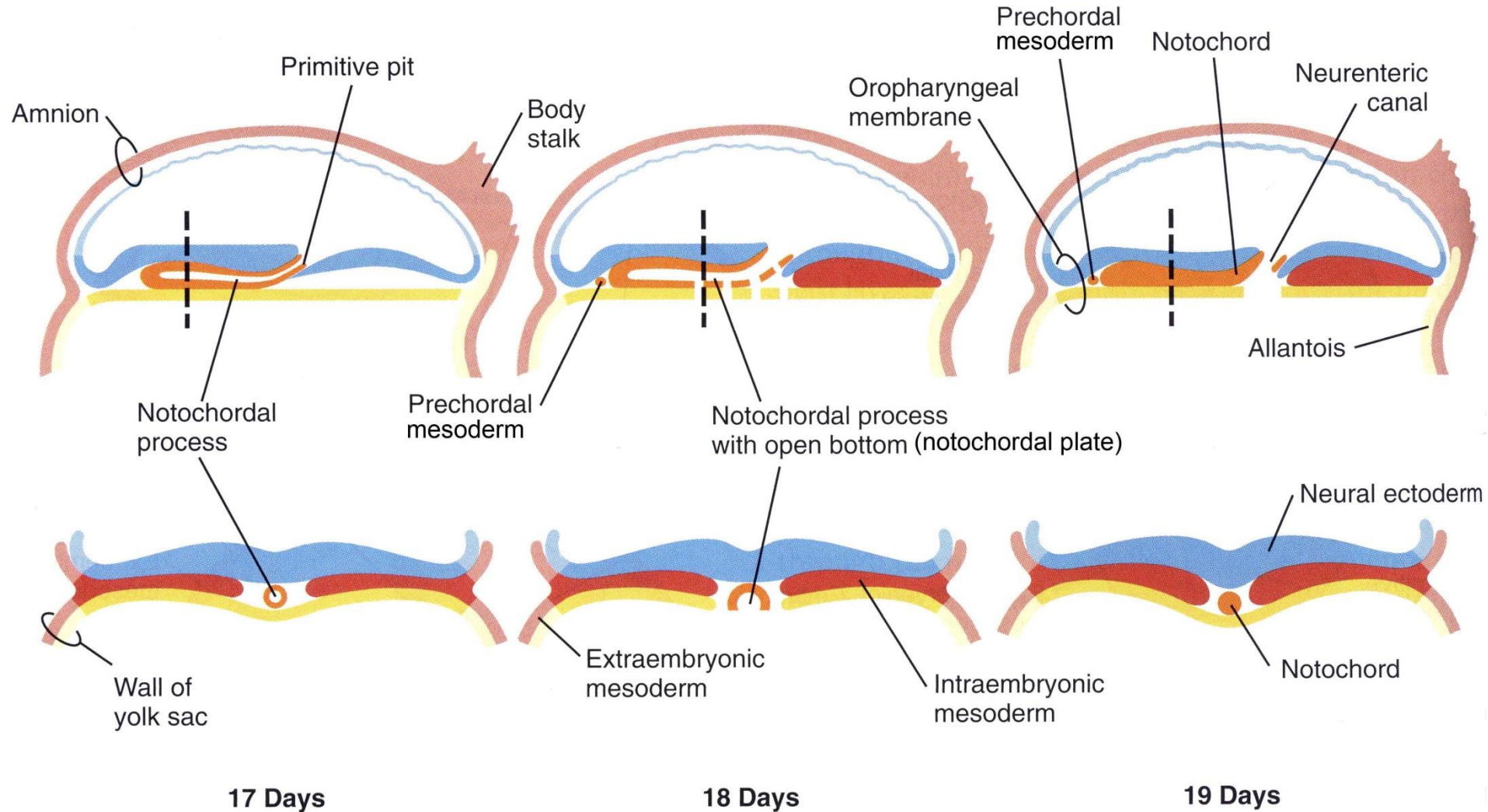
Gastrulace

J5-1/2, C7/8



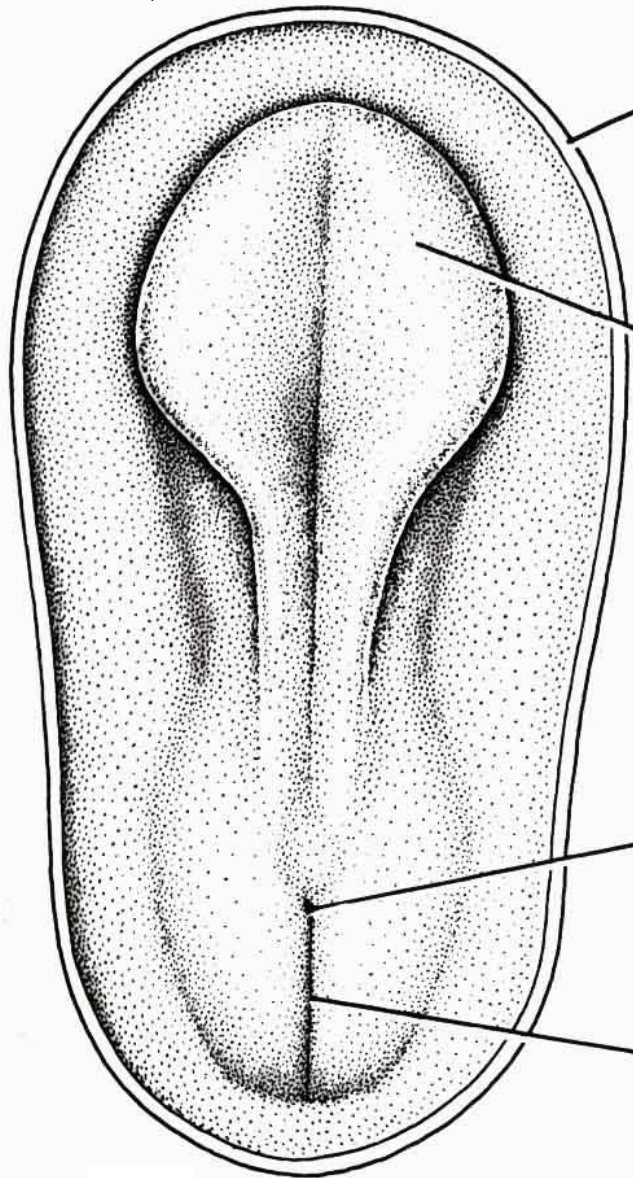


Vývoj chordy - notogenesis



J 5-3, C9

J 6-1,
C9/10



19 days

Neural fold

Cut edge of amnion

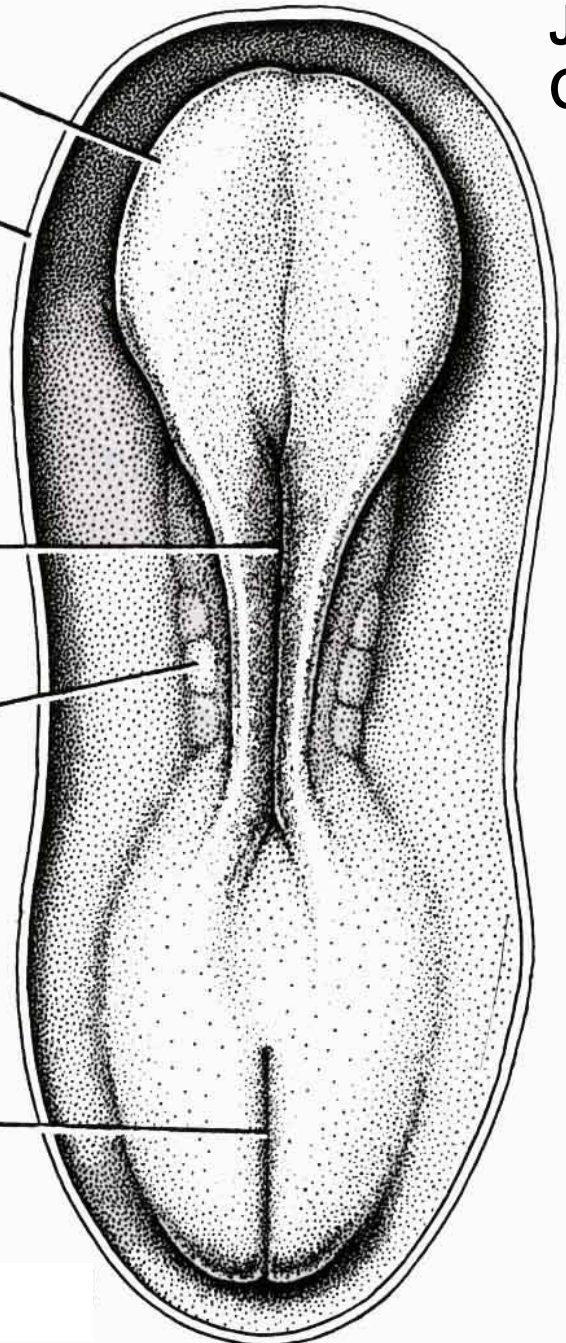
Neural plate

Neural groove

Somite

Primitive node

Primitive streak



20 days

J 5-3, C9



Stádium J 6 (C9-12)

trubicovité embryo

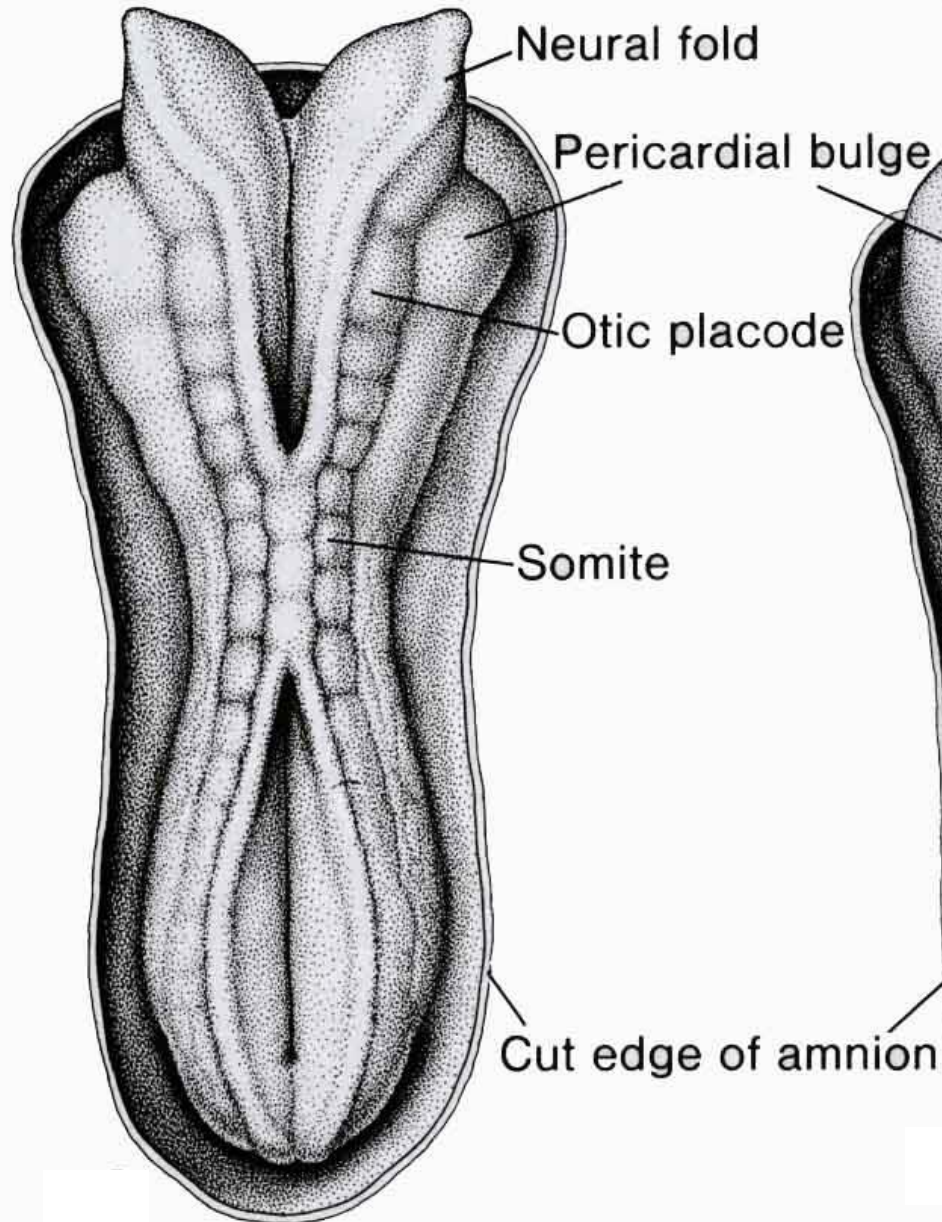
formování somitů, uzavírání nervové trubice, srdeční trubice a klička

dny 20 – 30, délka 1,2 – 3 mm

Substádia

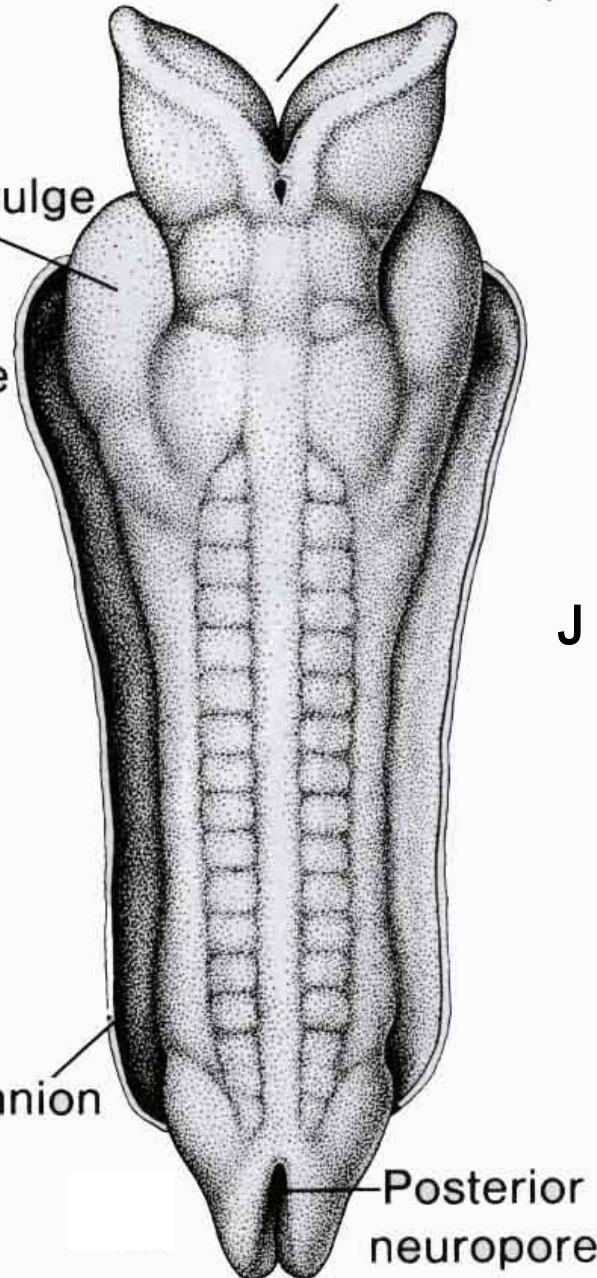
- | | | |
|-------|--|--------|
| J 6–1 | embrya se zcela otevřenou nervovou trubicí a prvními sedmi páry somitů | C9/10 |
| J 6–2 | embrya s uzavírající se nervovou trubicí a předním a zadním neuroporem | C10 |
| J 6–3 | embrya s uzavřeným předním neuroporem nebo oběma, bez končetinových pupenů | C11/12 |

J 6-1, C10



22 days

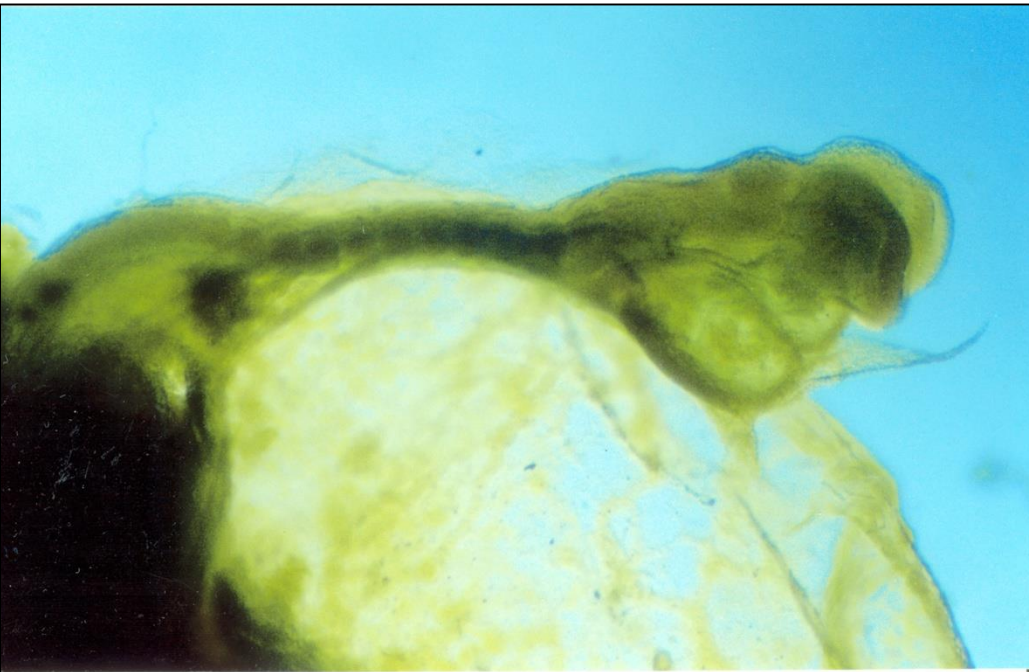
Anterior neuropore



J 6-2, C10

23 days

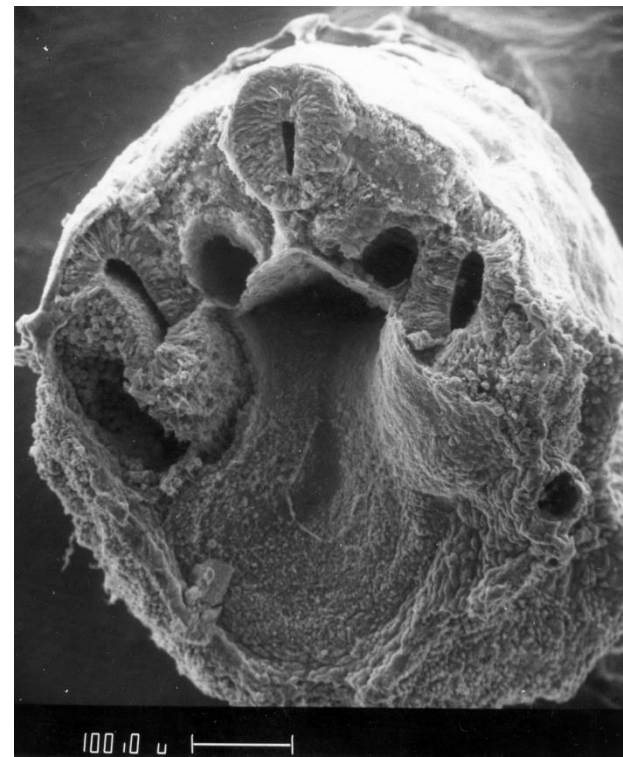
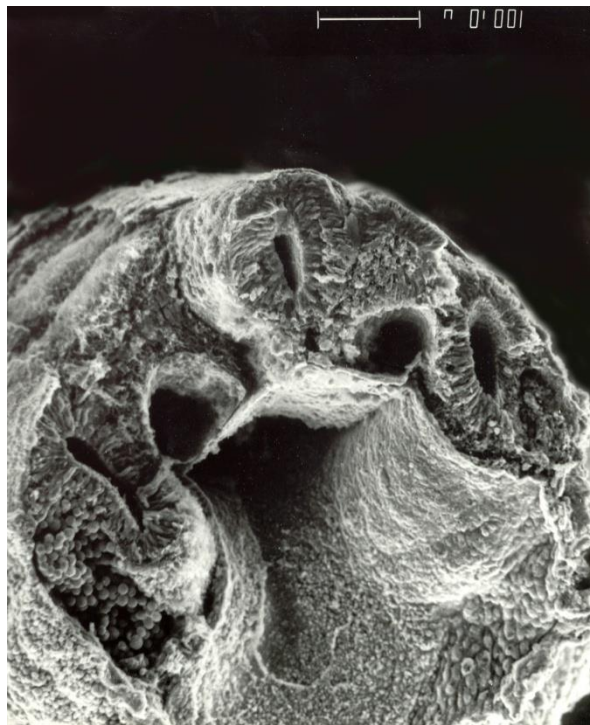
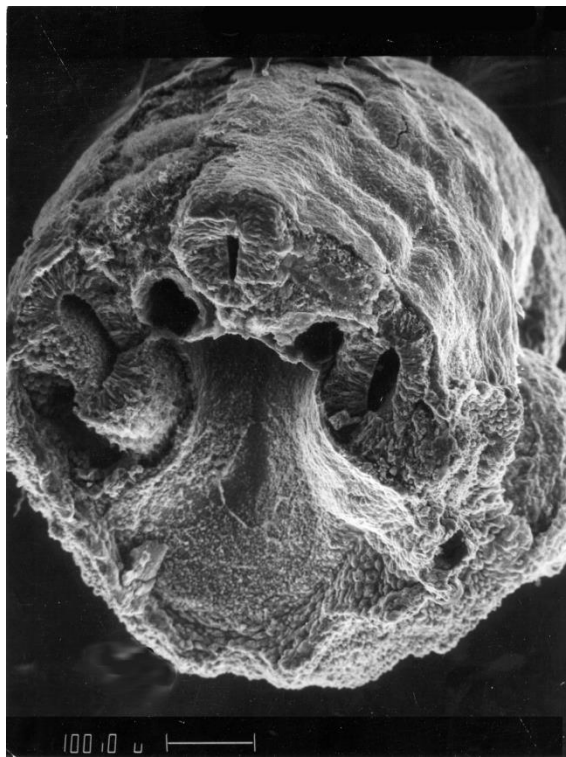
J 6-1, C10



J 6-3, C11/12

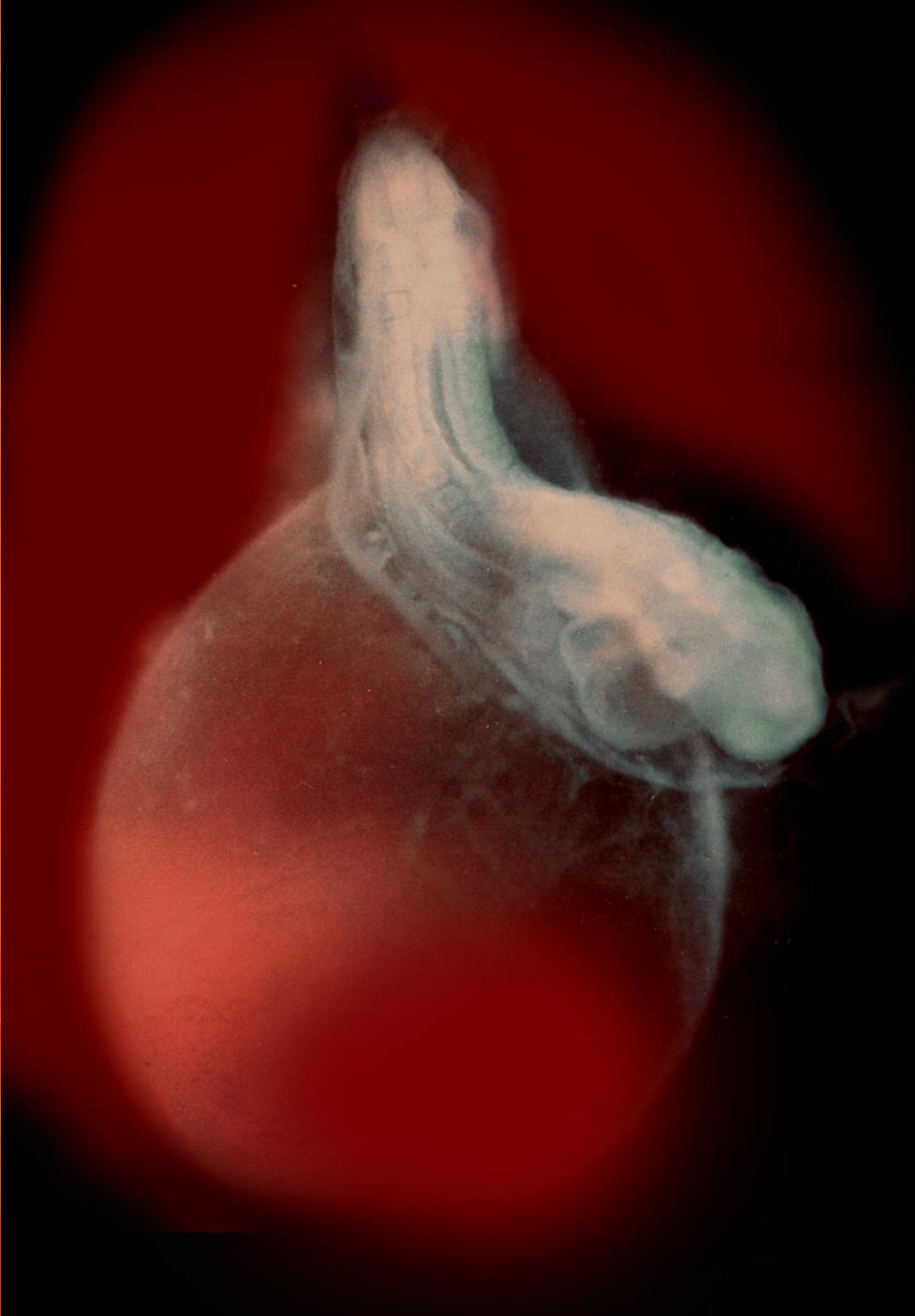


J 6-3, C11/12





J 6-3, C11



Stádium J 7 (C13-19)

Embrya tvaru C

s vyvíjejícím se obličejem a končetinami

dny 28 – 53, délka 4 – 24 mm

Substádia

| | | | |
|-------|---|-------------------------|--------|
| J 7-1 | zřetelné horní končetinové pupeny | 3 – 5 mm, 30 – 35 dní | C13 |
| J 7-2 | embrya s horními i dolními končetinovými pupeny | 5 – 8 mm, 35 – 37 dní | C14 |
| J 7-3 | embrya s dvojsegmentovými horními a nesegmentovanými dolními končetinovými pupeny | 7 – 10 mm, 36 – 38 dní | C15 |
| J 7-4 | embrya s dvojsegmentovými horními končetinovými pupeny s dlaňovými ploténkami a s dvojsegmentovými dolními končetinovými pupeny | 8 – 12 mm, 37 – 41 dní | C16 |
| J 7-5 | embrya s prstovými paprsky ruky a plantárními ploténkami | 10 – 14 mm, 42 – 44 dní | C17 |
| J 7-6 | embrya s prsty ruky a prstovými paprsky nohy | 15 – 20 mm, 45 – 50 dní | C18/19 |



Stádium J 7-1 (C13), 4 mm, 32 dní
embryo tvaru C s časnými končetinovými pupeny z pravé a levé strany



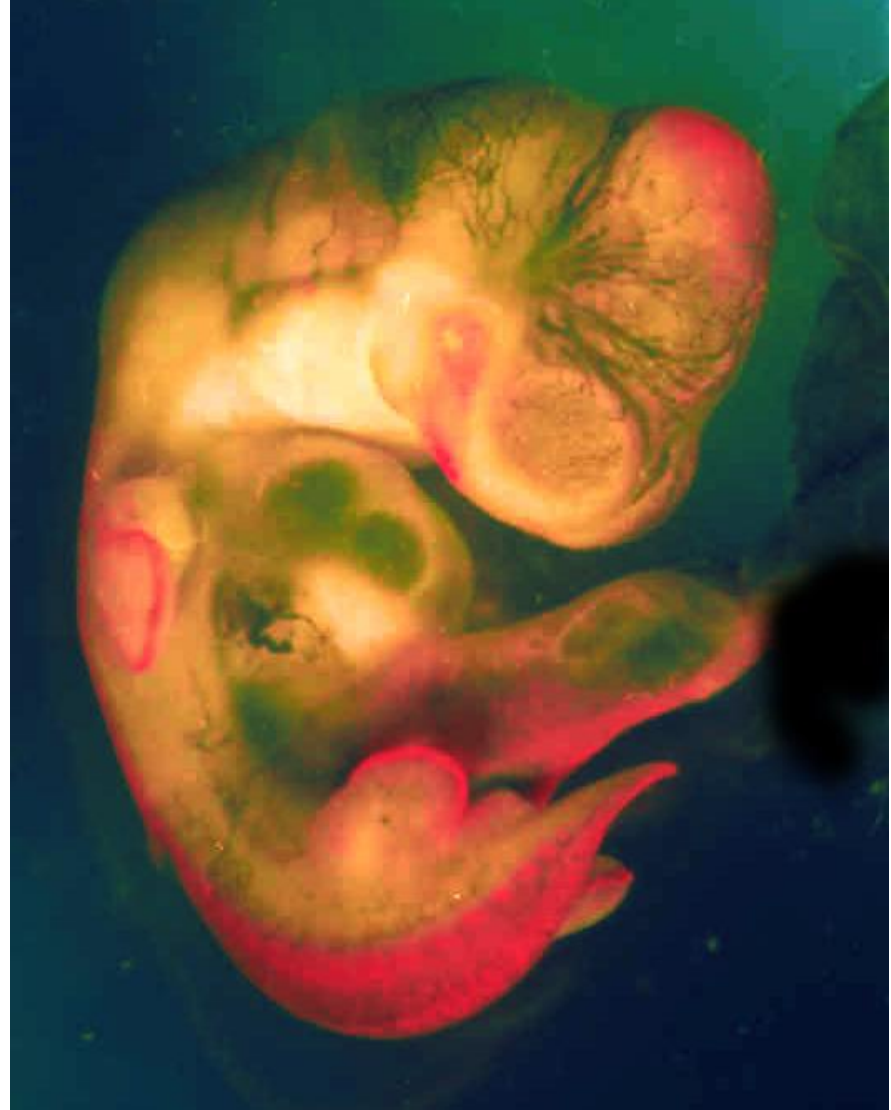
J 7-1 (C13) embrya s patrnými horními končetinovými pupeny
3 – 5 mm, 30 – 35 dní



J7-2 (C14)

embrya s horními i dolními končetinovými pupeny

5 – 8 mm, 35 – 37 dní



J 7-3 (C15) embrya s dvojsegmentovými horními

(v tomto stádiu je patrný konečný počet somitů – 42 až 44 párů)

5 oc, 7 c, 12 th, 5 l, 5 s, 8 -10 coc

a nesegmentovanými dolními končetinovými pupeny
36 – 38 dní



J 7-4 (C16) embrya s dvojsegmentovými horními končetinovými pupeny
s dlaňovými ploténkami
a s dvojsegmentovými dolními končetinovými pupeny
8 – 12 mm, 37 – 41 dní



J 7-5 (C17) embryo s paprsky prstů ruky a plantárními ploténkami

mizí

v hyalinních chrupavkách je syntetizován chondroitinsulfát

10 – 14 mm, 42 – 44 dní

dorsální segmentace



J 7–6 (C18/19)

embryo s prsty ruky a prstovými paprsky nohy

primární patro se uzavírá 15 – 20 mm, 45 – 50 dní

Stádium J 8 (C20-23)

pozdní embryonální stádium, primární patro uzavřeny,
oční štěrby otevřeny, prsty na rukou i nohou

dny 52 – 60, temenokostrční délka 22–35 mm

Substádia

J 8–1 embrya s temenokostrční délkou 22-26 mm

52–56 dní

C20/22

krátká oční víčka / short eye lids

J 8–2 embrya se srůstajícími očními víčky

27–35 mm,

C23

56–60 dní **po oplození**

srůst očních víček se považuje za konec embryonálního období



J 8-1 (C20/22) embrya s temenokostrní délkou 22-26 mm

52-56 dní

krátká oční víčka



J8-2 (C23) embrya se srůstajícími očními víčky

27 – 35 mm, 56 – 60 dní



J 8–2 (C23) embrya se srostlými očními víčky

27 – 35 mm, 56 – 60 dní

srůst očních víček se považuje za konec embryonálního období

Stádium J 9

fetální období, plody prvního a druhého trimestru

Substádia

9–1 plody prvního trimestru

gestační stáří 11–16 týdnů

celková tělesná hmotnost 2–100 g

9–2 plody druhého trimestru

gestační stáří 17–28 týdnů

celková tělesná hmotnost 101–1000 g

neživotaschopné plody mohou být potraceny

životaschopné plody – novorozenci jsou porozeni



J 9–1 plod v prvním trimestru,
gestační stáří 11–16 týdnů, cth 2–100 g



J 9–2 plod ve druhém trimestru
gestační týden 17–28, cth 101–1000 g

Stádium J 10

perinatální období: novorozenec, měří se temenopatní délka

Substádia

10–1 nezralý novorozenec s extrémně nízkou cth
do 750 g

10–2 velmi nízká porodní hmotnost
751–1000 g

10–3 předčasně narozený novorozenec
1001–2500 g

10–4 normální novorozenec 2501–4200 g

10–5 hypertrofický novorozenec nad 4200 g



Gestační týdny**temenokostrční délka****celková hmotnost****11 – 16****[mm]****[g]**

11 - 12

30 - 55

15

13 - 14

50 - 80

50

15 - 16

75 - 100

100

17 - 28

17 - 18

120

200

19 - 20

140

350

21 - 22

160

450 *

23 - 24

180

600 *

25 - 26

190

800 *

27 - 28

200

1100 *

novorozenci /

skupina

1 - extrémně nezralí

pod 500

2 - nezralí

velmi nízká

2 a

500-800

2 b

801-1000

3 - nezralí

1001-1500

4 - předčasně narození

1501-2500

5 - donošení

2501-4200

gestační stáří 38-42

6 - nadměrně velcí

nad 4200

Srovnání systémů periodizace vývoje lidských embryí

| Týden | Den | Délka (mm) | Počet somitů | Carnegie stádium | Vlastnosti | J- stádium |
|--------------|------------|-------------------|---------------------|-------------------------|---|-----------------------|
| 1 | 1 | 0.1-0.15 | - | 1 | Oplození | 1 |
| | 1.5-3 | 0.1-0.2 | - | 2 | První rýhovací dělení (2-16 buněk) | 2 |
| | 4 | 0.1-0.2 | - | 3 | Blastocysta je volně v děloze | 3-1 |
| | 5-6 | 0.1-0.2 | - | 4 | Blastocysta se klube a začíná se implantovat | 3-2 |
| 2 | 7-12 | 0.1-0.2 | - | 5 | Blastocysta je plně implantovaná | 4-1, 4-2 |
| | 13-14 | 0.2 | - | 6 | Objevují se primární úponové choriové klky, vyvíjí se primitivní proužek | 4-3 |
| 3 | 15-17 | 0.4 | - | 7 | Začíná gastrulace; formuje se hlavový (chordomezodermový) výběžek | 5-1 |
| | 17-19 | 1-1.5 | - | 8 | Formuje se primitivní jamka; objevuje se neurální ploténka a neurální brázdička | 5-2 |
| | 19-21 | 1.5-2.5 | 1-3 | 9 | Tvoří se ocasní hrbolek a první somity; ve vznikajících mozkových váčcích se objevují neuromery; formuje se primitivní srdeční trubice; zárodečný terčík se začíná vaskularizovat | 5-3, 6-1 |

| T | D | Délka (mm) | Počet somitů | Carnegie stádium | Vlastnosti | J- stádium |
|----------|----------|-------------------|---------------------|-------------------------|--|-------------------|
| 4 | 21 - 23 | 2 - 3.5 | 4-12 | 10 | Neurální valy začínají splývat; kraniální konec embrya se rychle ohýbá; objevuje se základ plic; tvoří se myokard a srdce začíná pracovat; objevuje se jaterní primordium; začínají se formovat první dva žaberní oblouky a oční rýhy | 6-1,6-2 |
| | 23 - 26 | 2.5 - 4.5 | 13-20 | 11 | Prvopohlavní buňky začínají migrovat ze stěny žloutkového váčku; uzavírá se kraniální neuroporus; perforuje se orofaryngová membrána; vyvíjejí se oční váčky; začínají se formovat sluchové jamky | 6-3 |
| | 26 - 30 | 3 - 5 | 21-29 | 12 | Uzavírá se kaudální neuroporus; objevuje se výchlípková žlučníku a dorzální pankreatický pupen; začíná se formovat urorektální septum; objevují se horní končetinové pupeny; formují se 3. a 4. žaberní oblouky | 6-3,7-1 |
| 5 | 28 - 32 | 4 - 6 | 30+ | 13 | V plášťové zóně míchy a mozkového kmene se začínají diferencovat dorzální a ventrální sloupce; v srdci se začíná formovat septum primum; objevuje se slezina; objevují se ureterové pupeny, dolní končetinové pupeny, sluchové váčky, plakody čočky, a motorická jádra hlavových nervů | 7-1,7-2 |

Stádium J 5 (C7-9)

Trojvrstevný zárodečný terčik s osovými strukturami

dny 15 – 20, délka 0,5 – 1,5 mm

osové struktury: primitivní proužek, primitivní uzel, orofaryngová membrána, kloaková membrána, prechordální ploténka, chordomesodermový výběžek a ploténka, chorda, alantois

Substádia

| | | |
|-------|--|----|
| J 5–1 | primitivní uzel a chordomesodermový výběžek | C7 |
| J 5–2 | notochordová ploténka, primitivní proužek, intraembryonální mesoderm | C8 |
| J 5–3 | chorda, neurální valy | C9 |

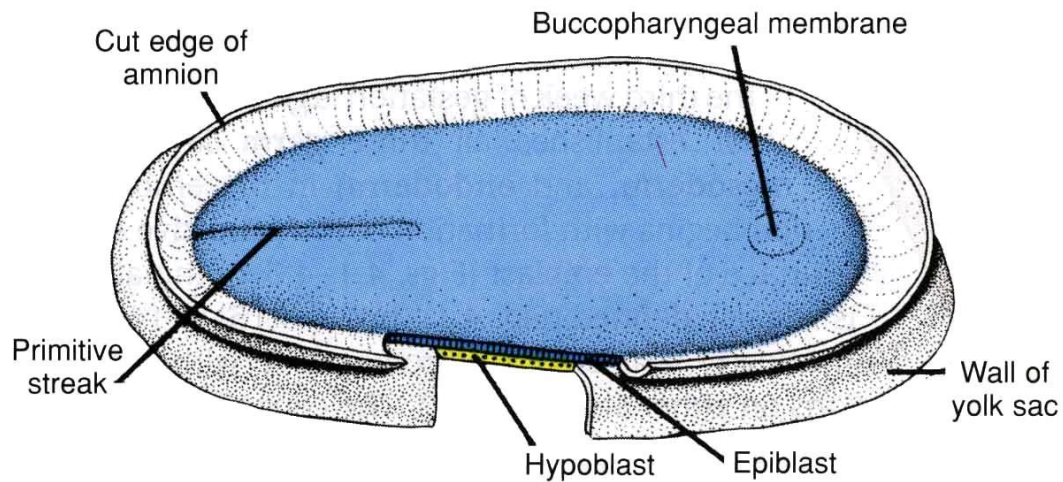
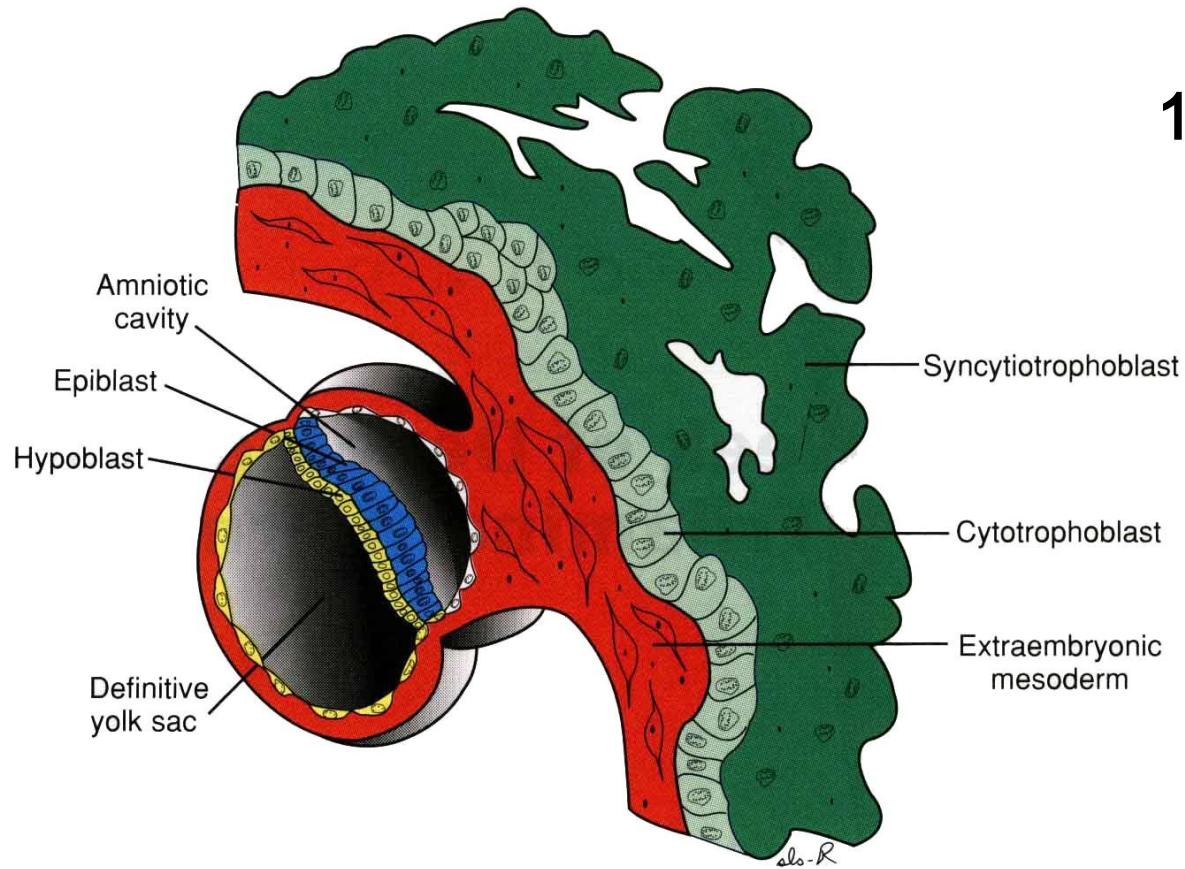
Třetí týden

Trojvrstevný zárodečný terčík

dny 15 – 20, délka 0,5 – 1,5 mm

GASTRULACE
NOTOGENESE
NEURULACE

14 - 15 d

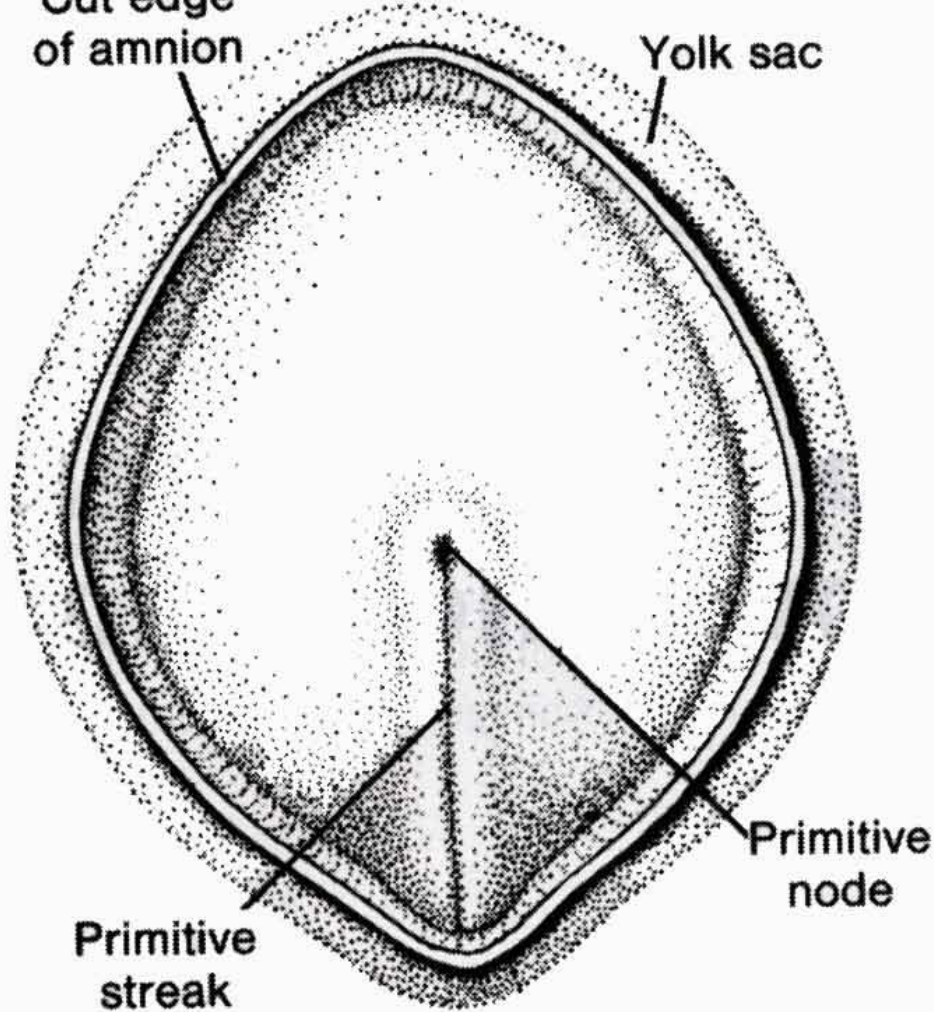


J 5-1/2, C7/8

J5-1, C7

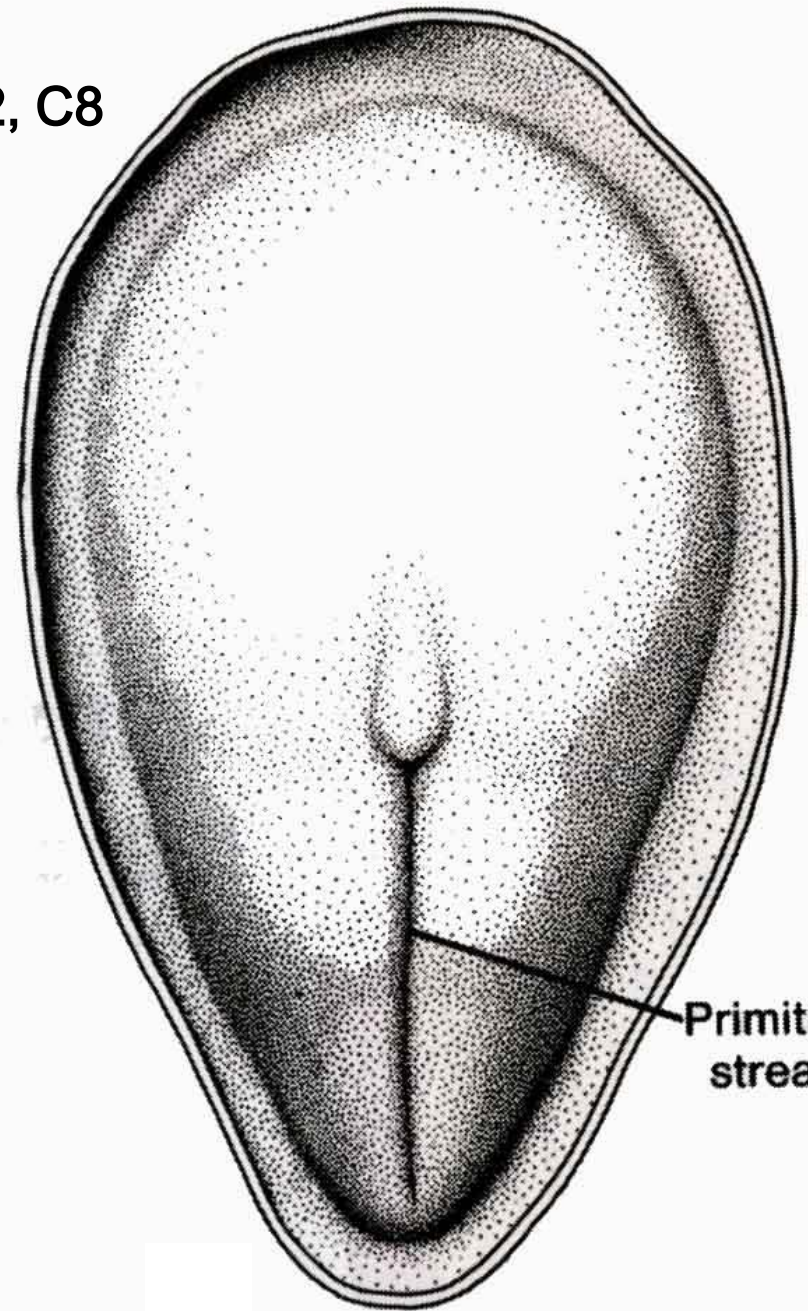
Cut edge
of amnion

Yolk sac



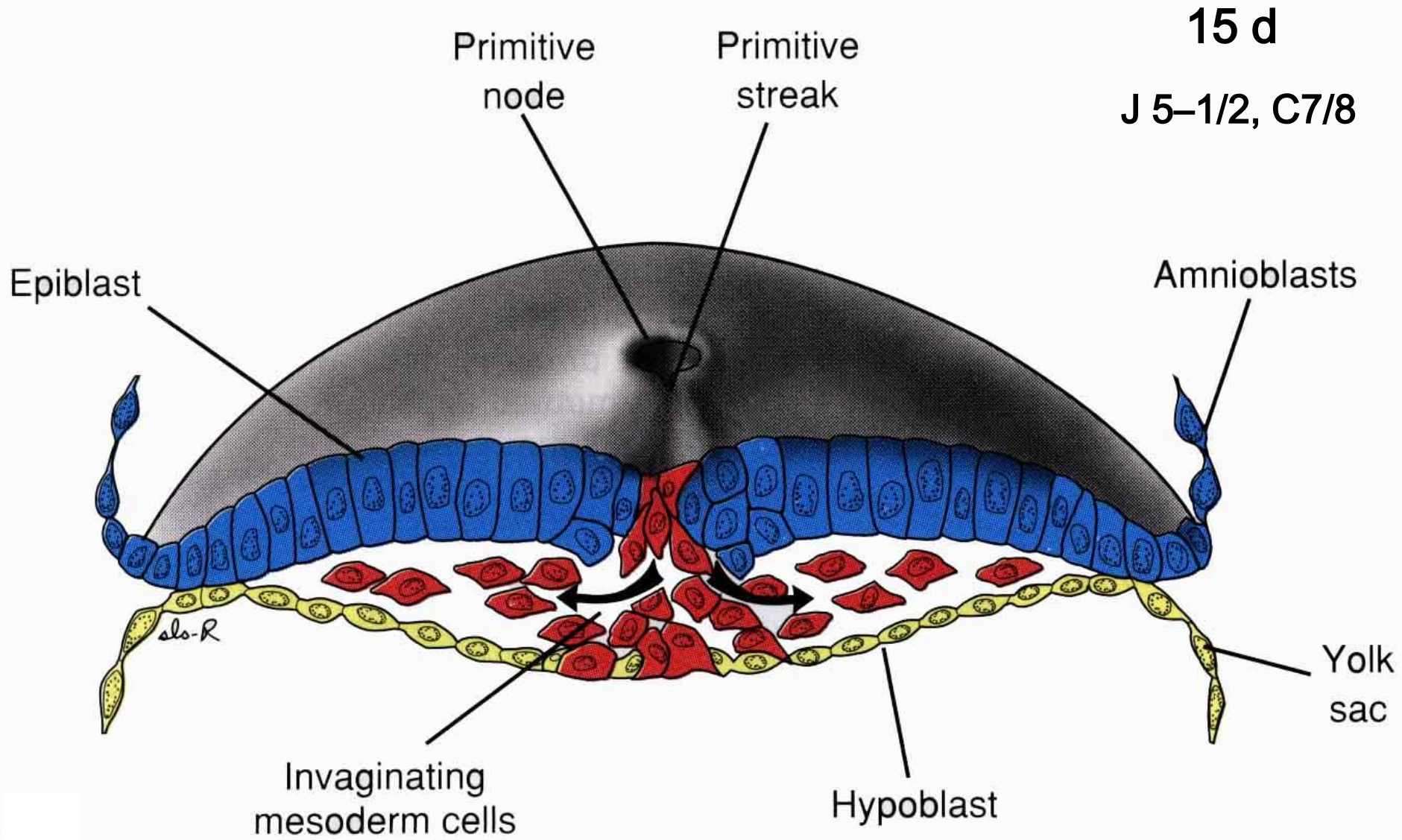
16 days

J 5-2, C8



18 days

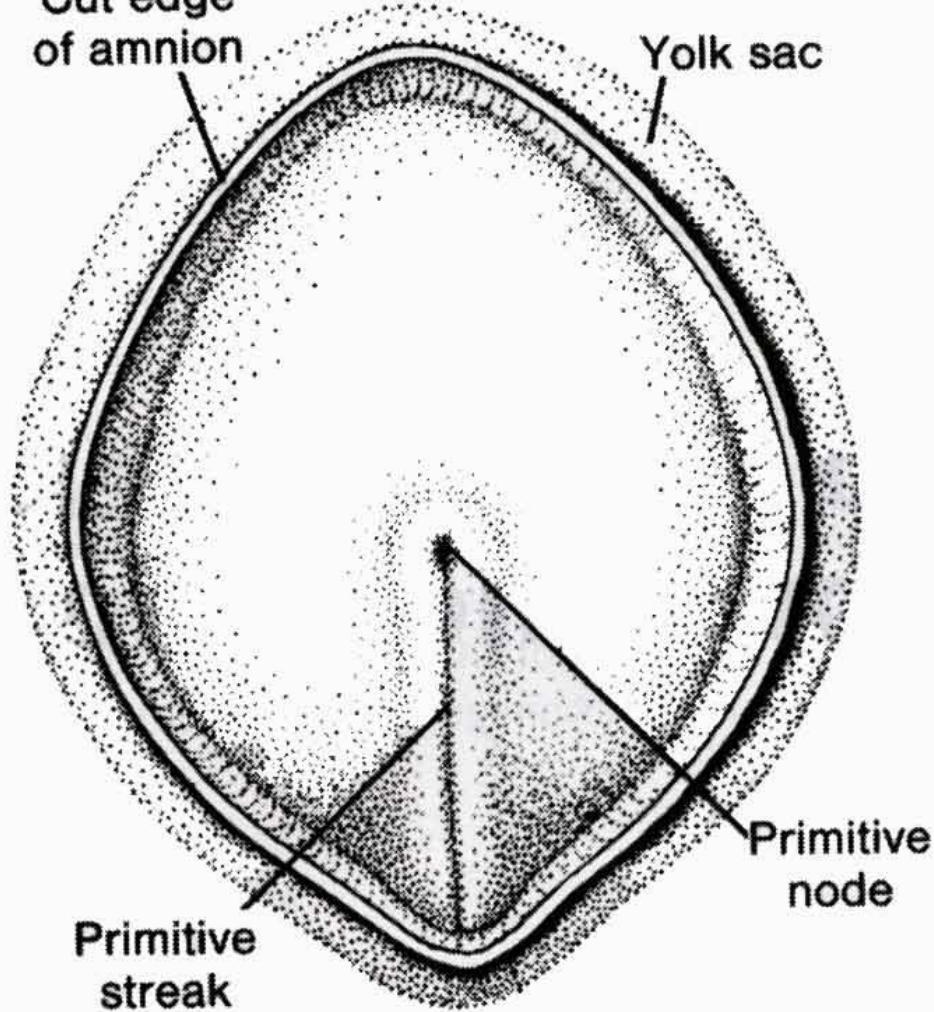
Gastrulace



J5-1, C7

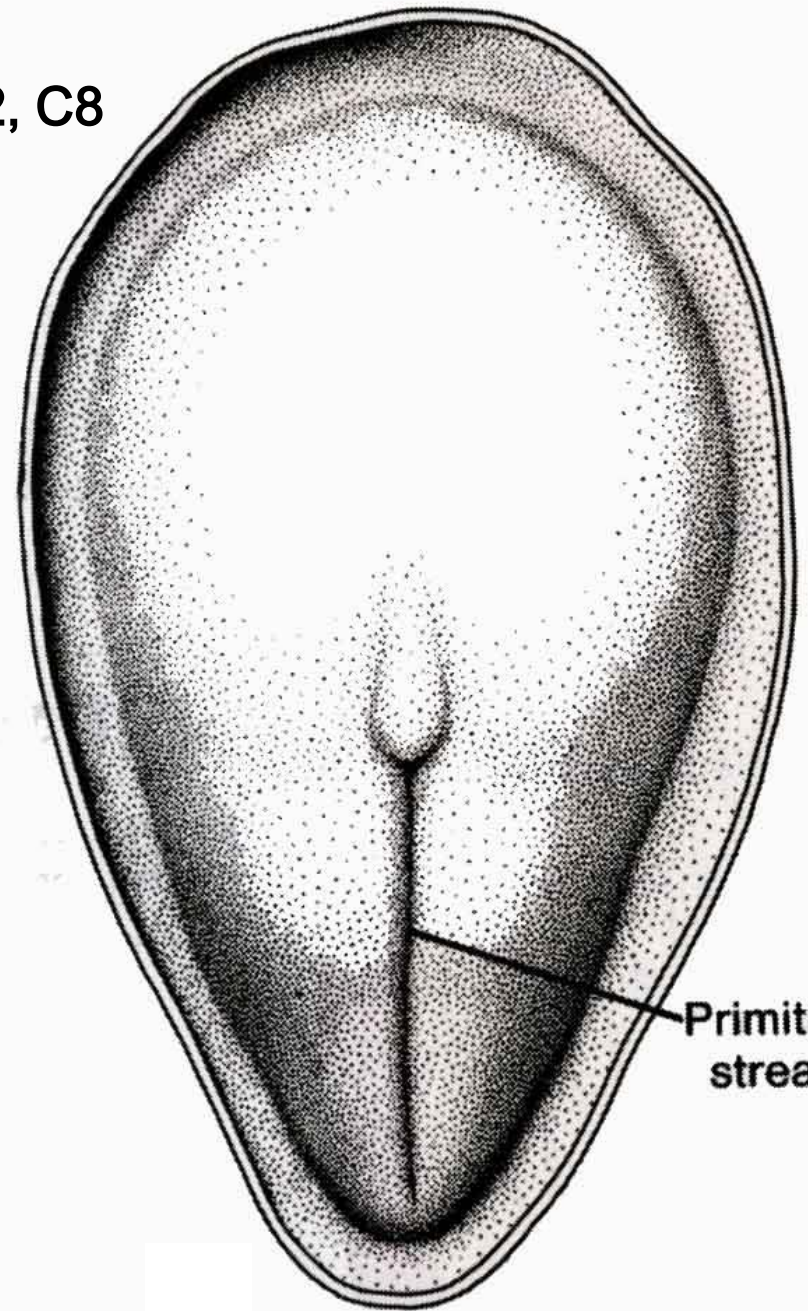
Cut edge
of amnion

Yolk sac



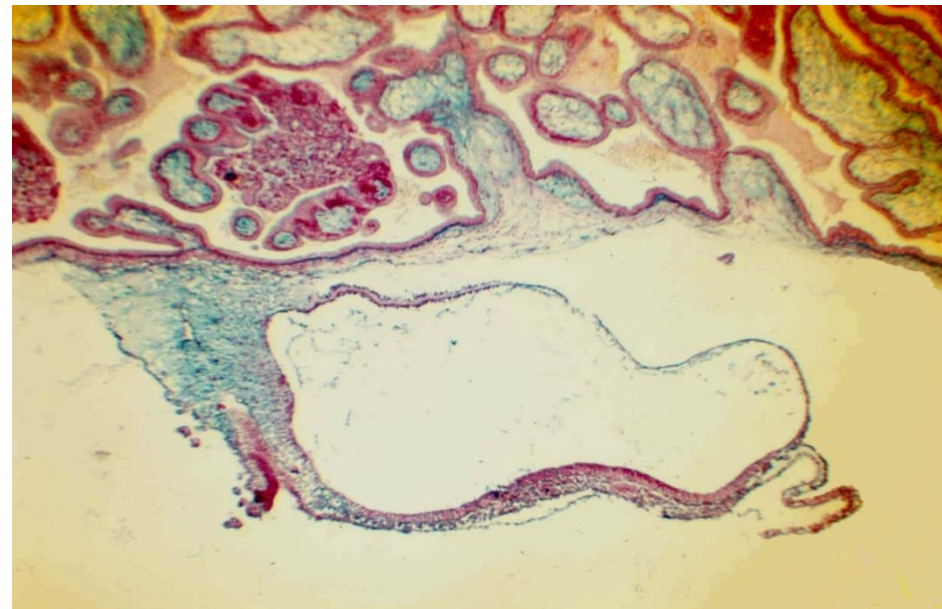
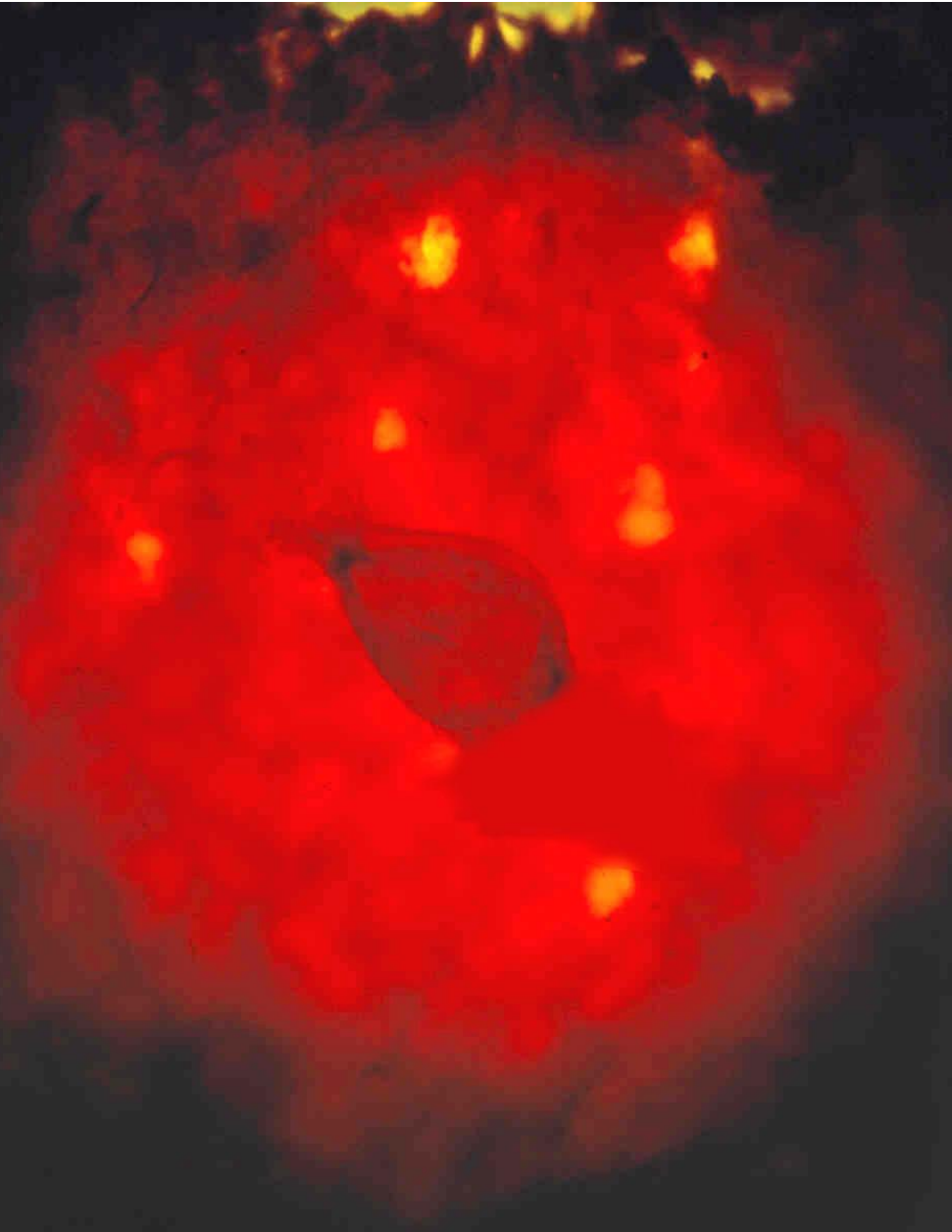
16 days

J 5-2, C8

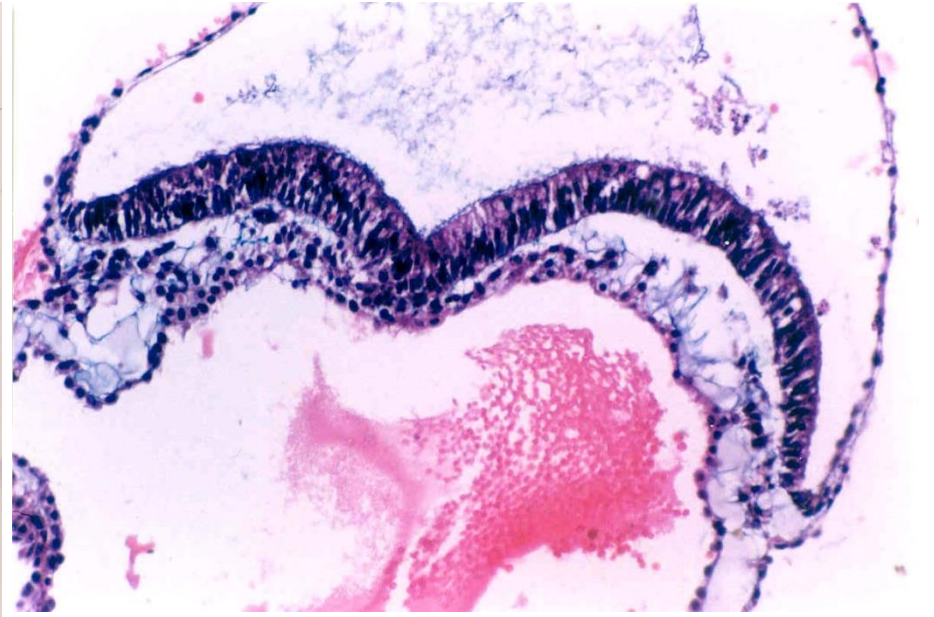
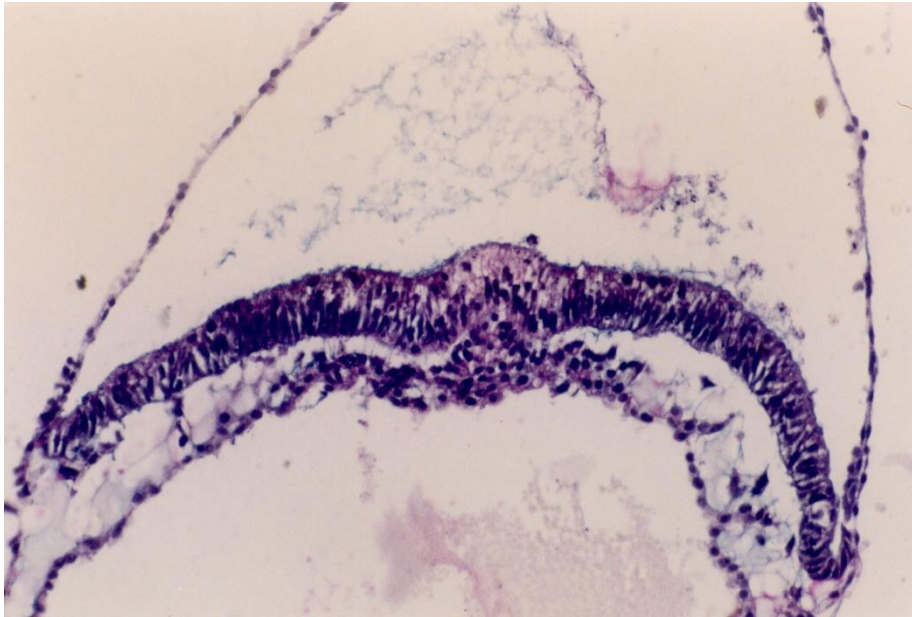
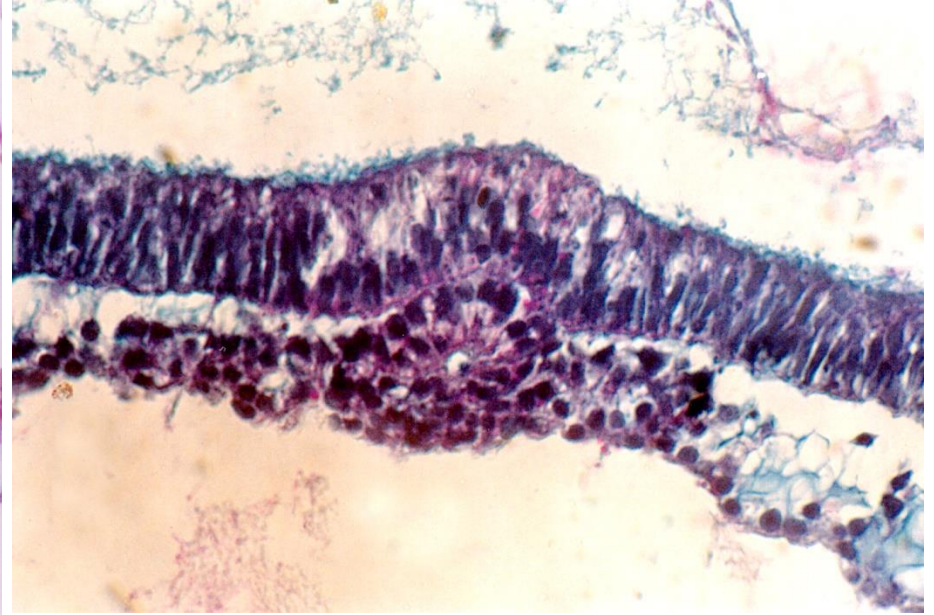
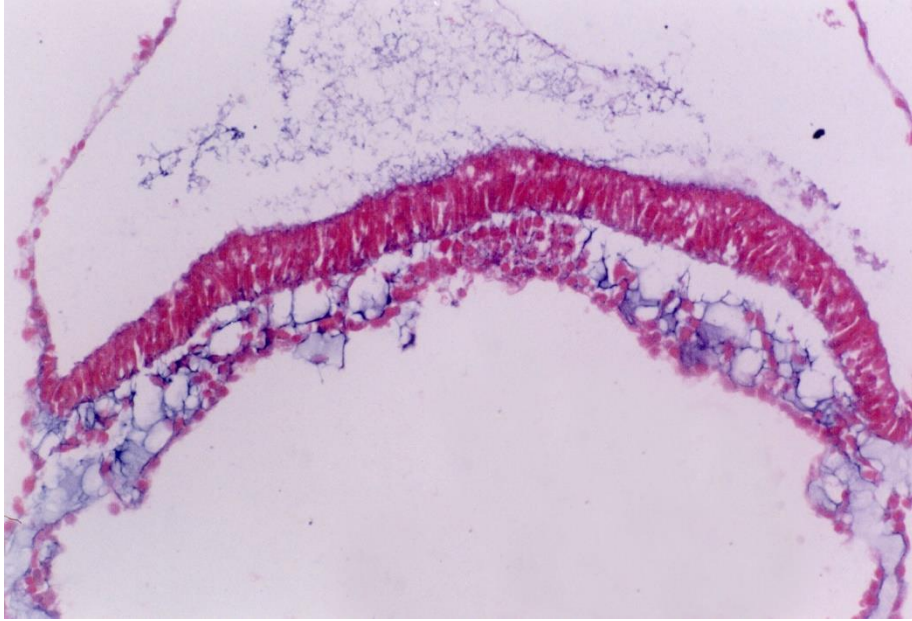


18 days

J 5 - 2, C8

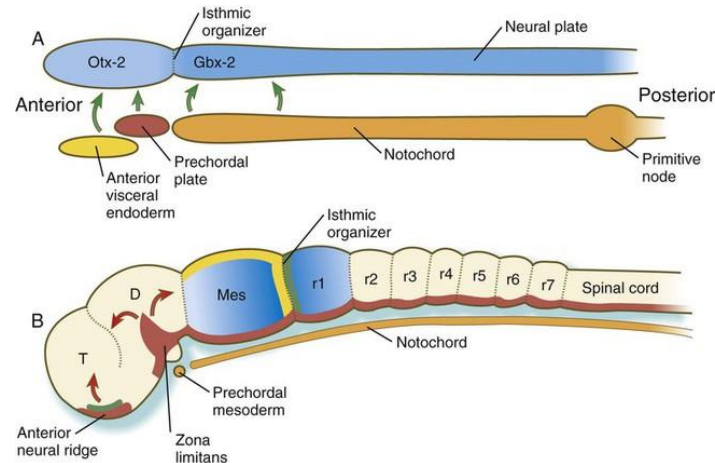


J 5 - 2, C8



Obecná strategie vývoje uspořádanosti

1. Vytvoření základního vzorce tělního plánu na základě jednoduchých asymetrií (ustanovení tělních os)
2. Postupné vytváření detailů prostřednictvím induktivních mezibuněčných interakcí. Dochází k diverzifikaci buněk, jejichž uspořádání závisí na:
 - a) pozičních signálech mezi buňkami
 - b) programu buňky, který mění buněčnou odpověď na tyto signály v závislosti na čase.

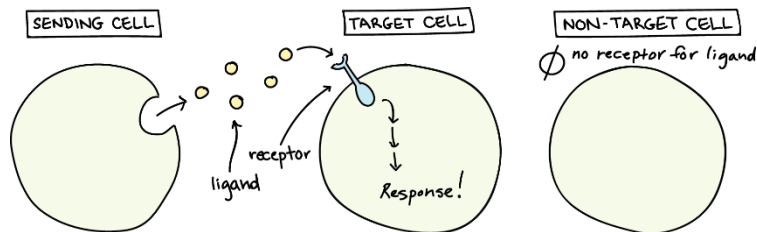


Kompetence

schopnost buňky odpovědět na indukující signál

vyžaduje přítomnost:

- receptorů
- transportních mechanismů
- transkripčních faktorů



<https://www.khanacademy.org/science/biology/cell-signaling/mechanisms-of-cell-signaling/a/introduction-to-cell-signaling>

Poziční informace určuje identitu buněk

je dána vývojovou historií buňky a přímo ovlivňuje formování tvarů

Morfogen

látka udělující poziční informaci
buňkám na základě svého
koncentračního gradientu

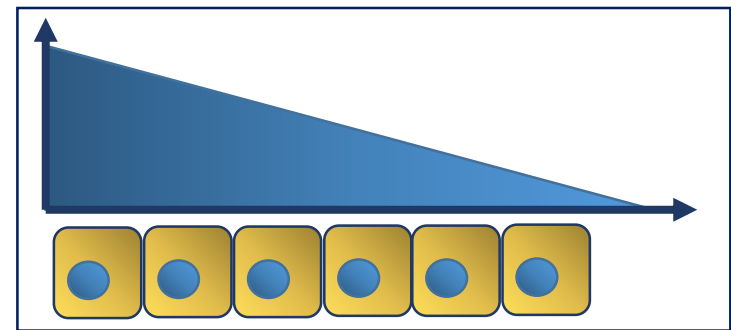


Model francouzské vlajky –
model vývoje uspořádanosti

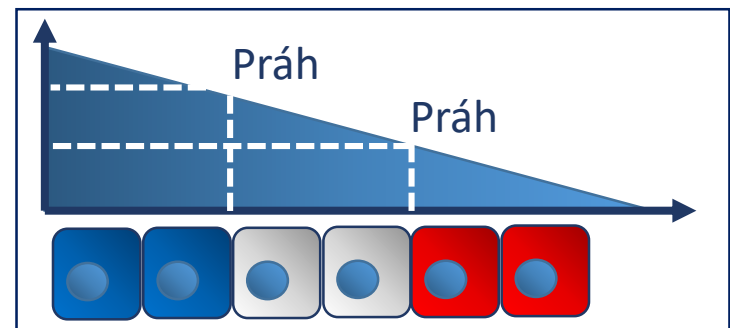
Každá buňka má potenciál se vyvinout
jako modrá, bílá nebo červená.



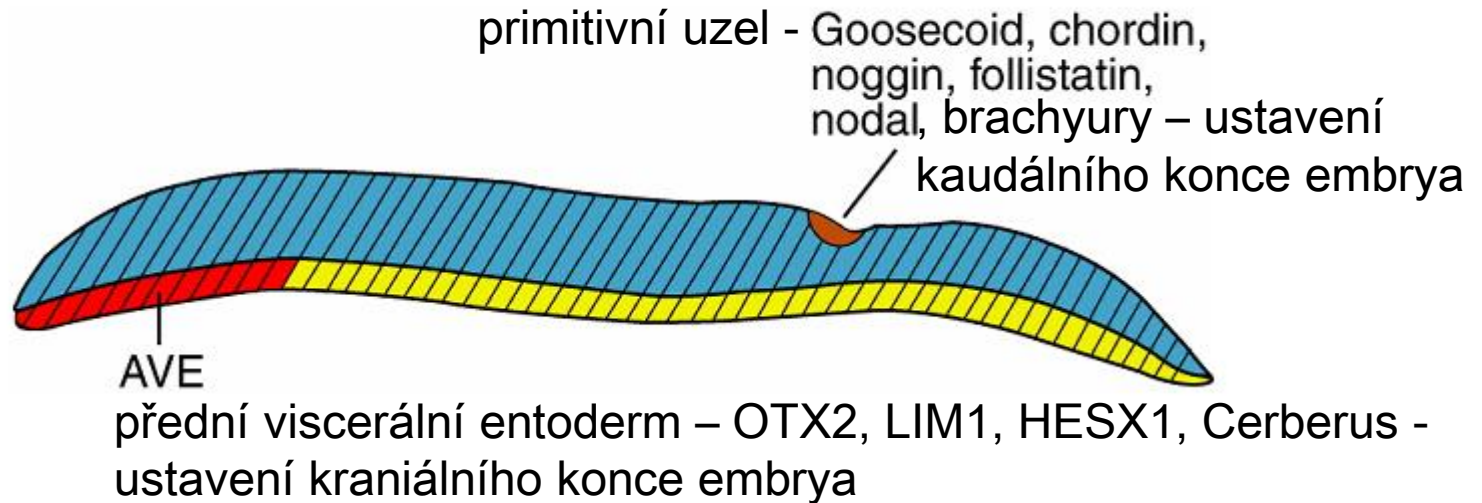
Pozice každé buňky je definována
koncentrací morfogenu.



Poziční hodnota je interpretována
buňkami, které se uspořádaně diferencují.



Ustavení tělesných os



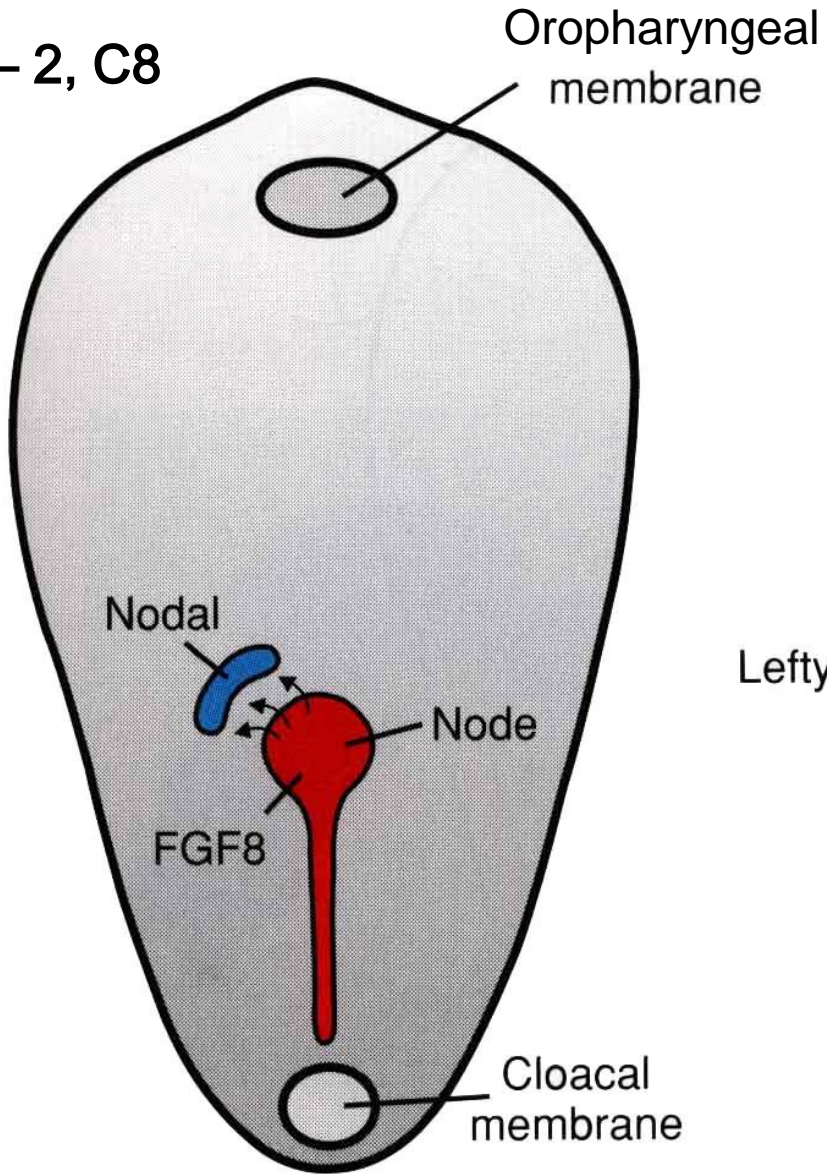
↑ BMP4 (šrafy) = ventralizace mesodermu (formování intermediárního a laterálního mesodermu)

↓ BMP4 v primitivním uzlu (goosecoid, brachyury) = dorsalizace mesodermu (formování paraxiálního mesodermu a chordy)

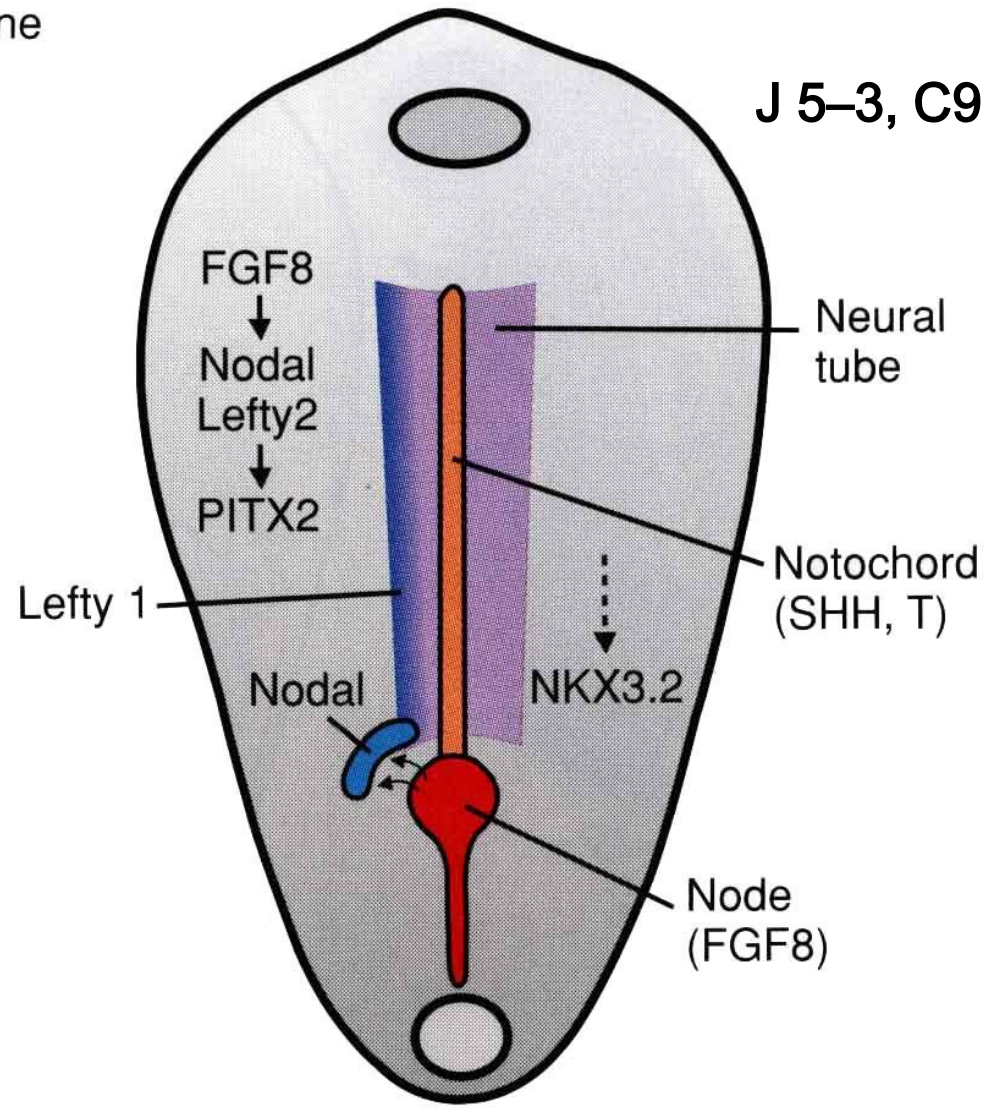
Další mechanismy určování poziční informace

viz seminář

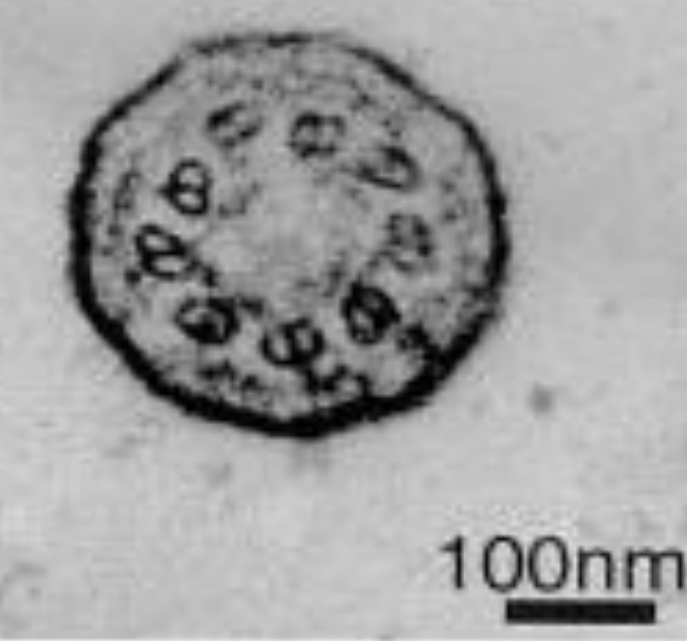
J 5 – 2, C8



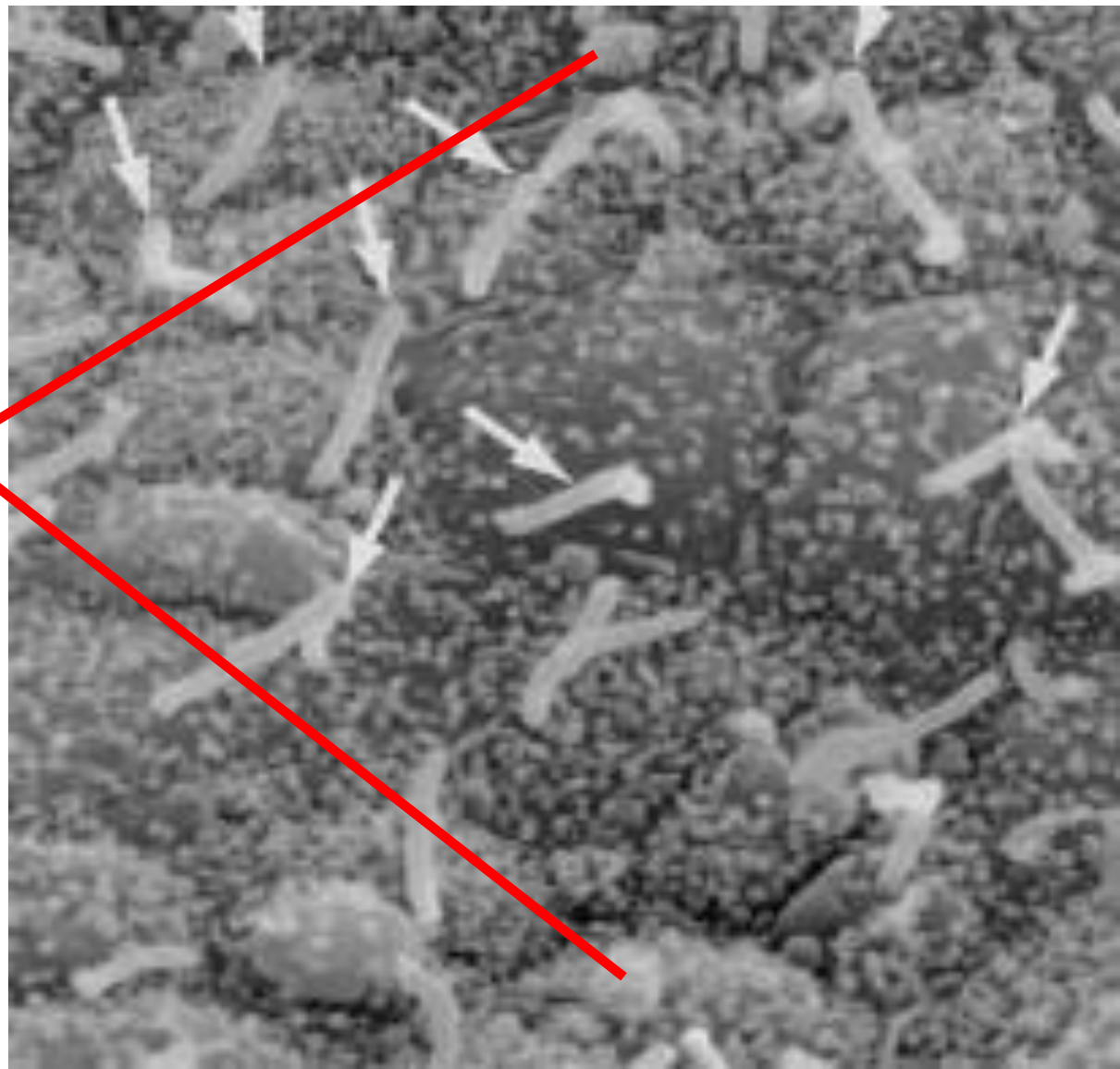
J 5–3, C9



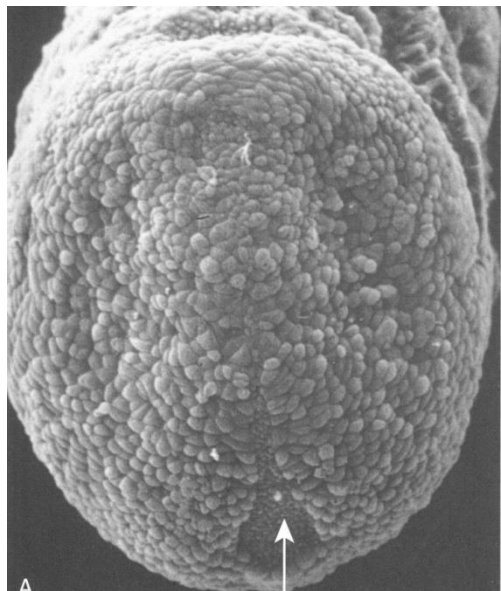
Ustavení pravolevé asymetrie



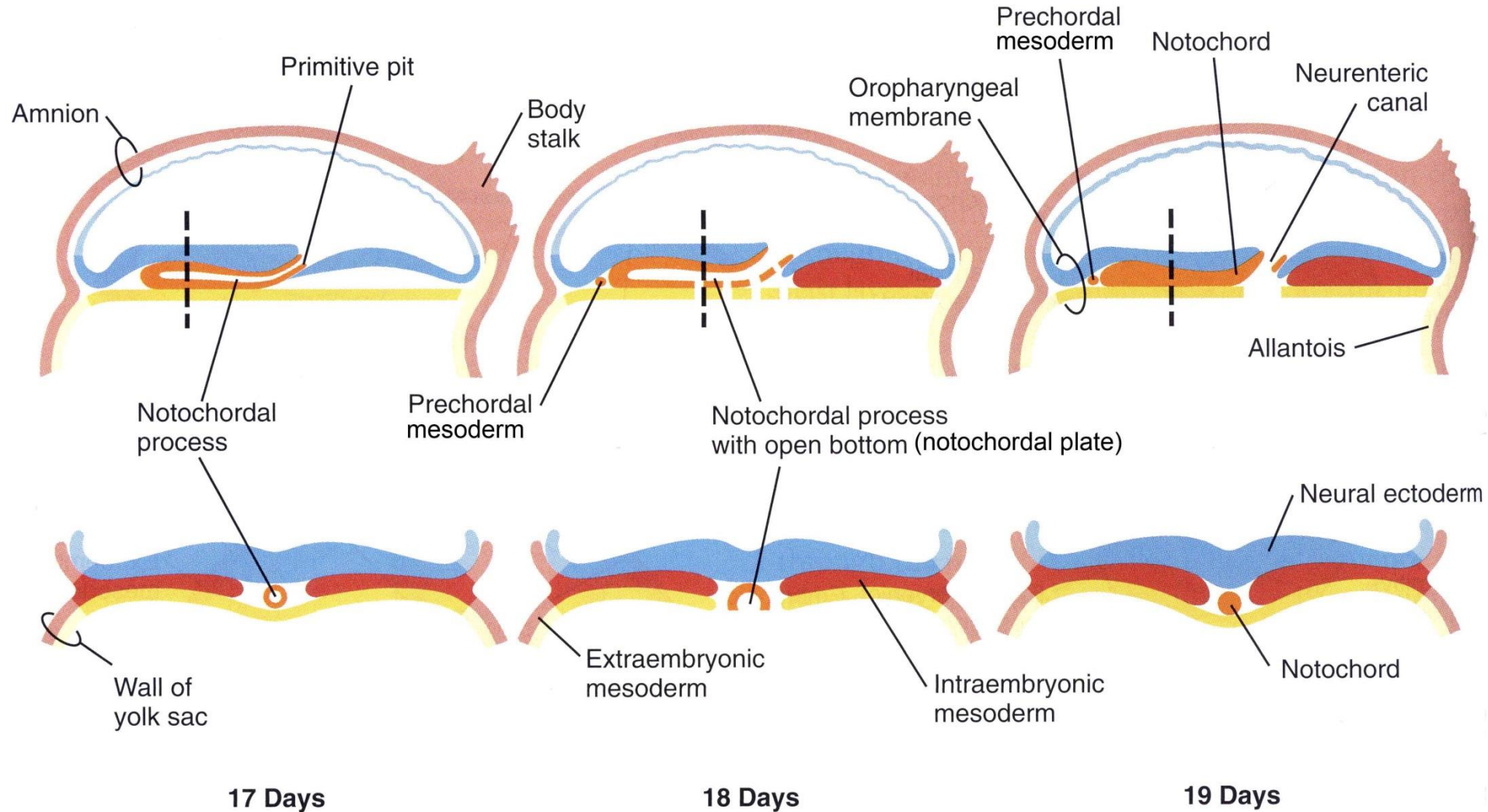
jednotlivé nodální řasinky (bílé šipky)



nodální vesikulární balíčky

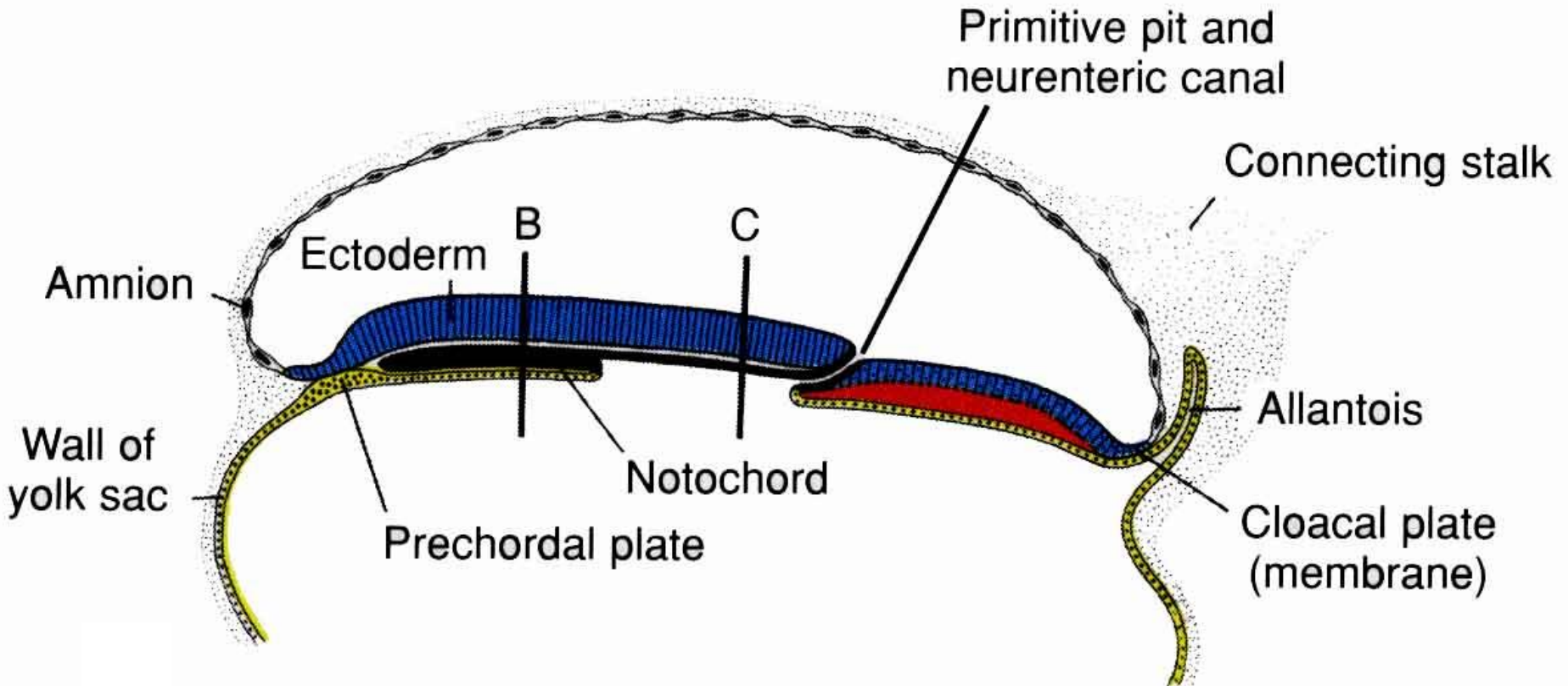


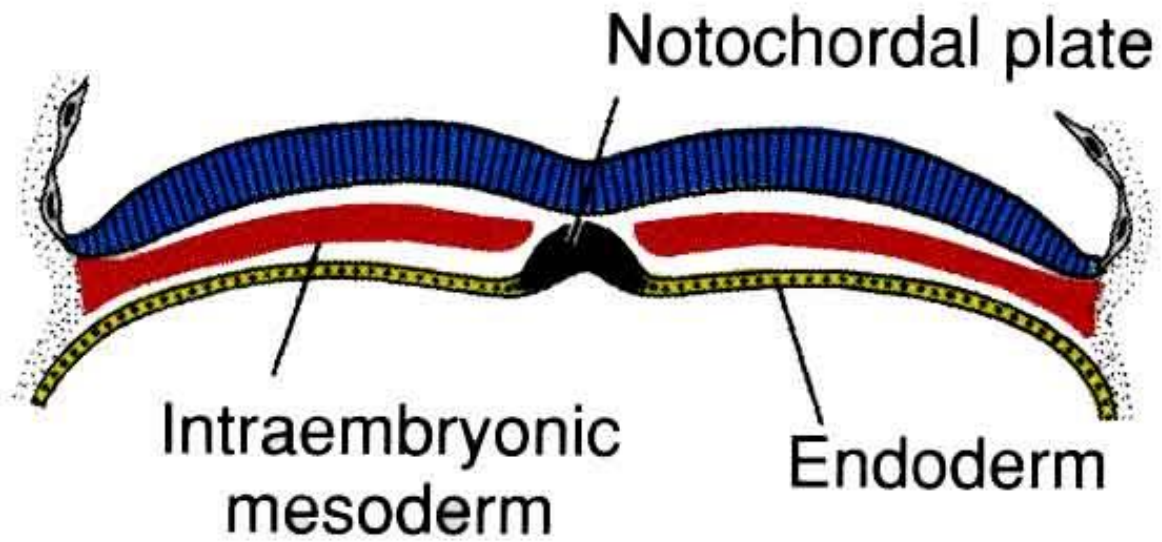
Vývoj chordy - notogenesis



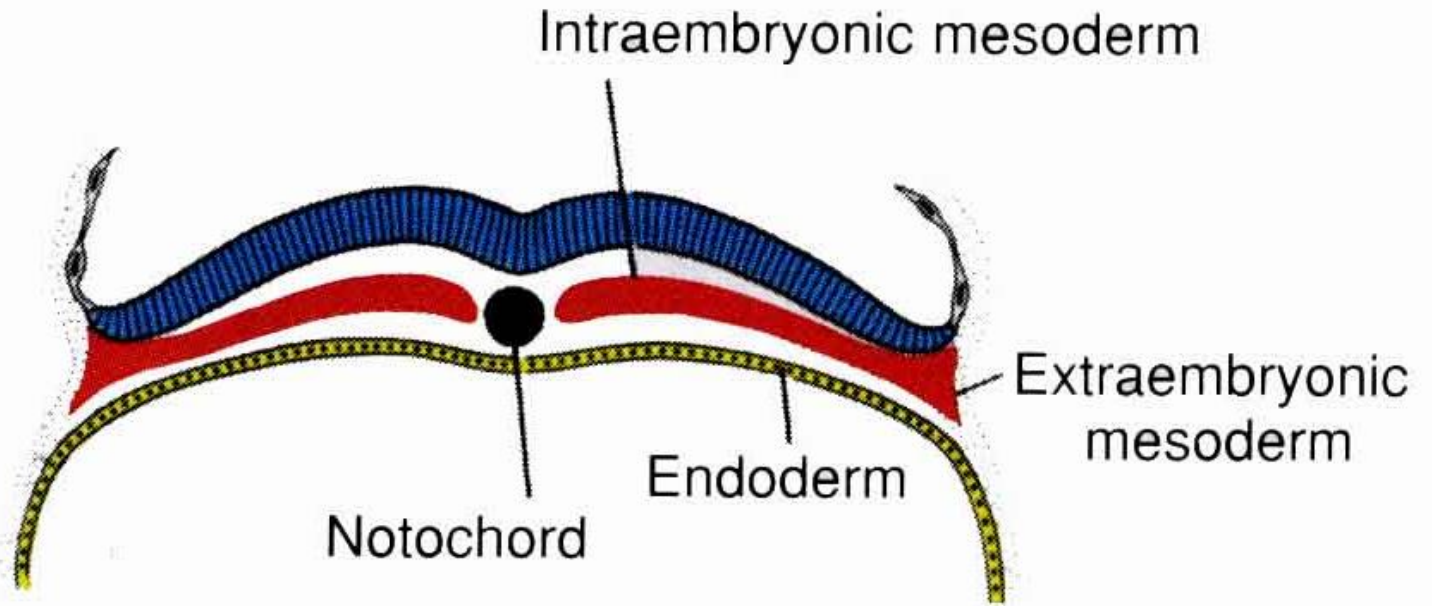
J 5-2, C8

17 d



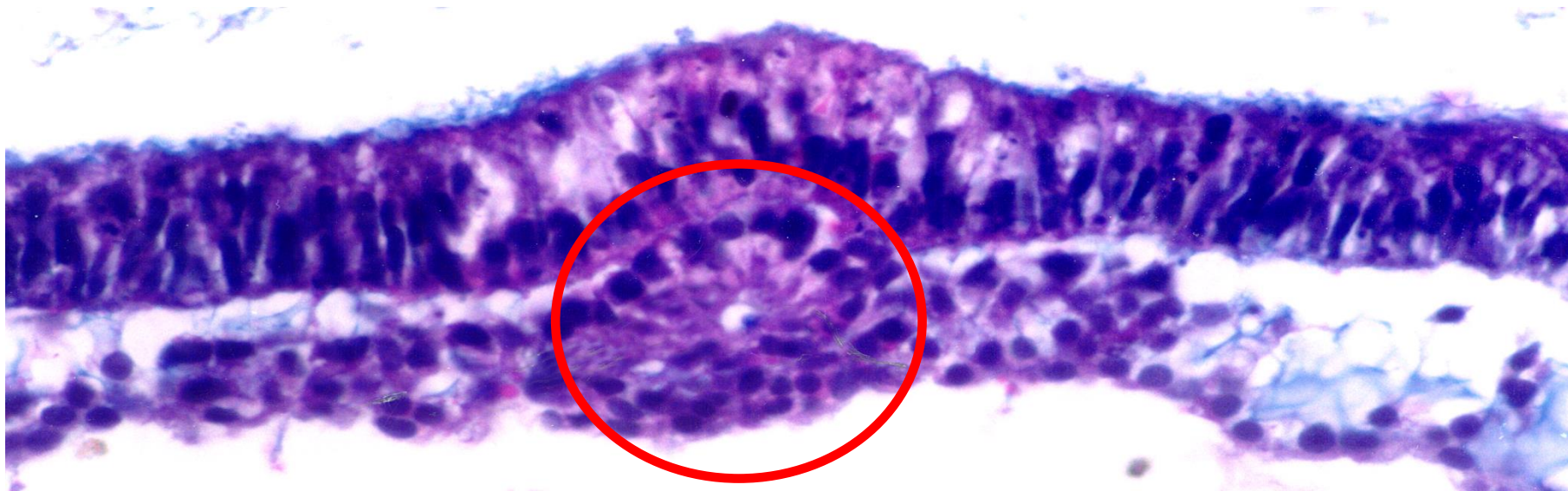


J 5-2, C8

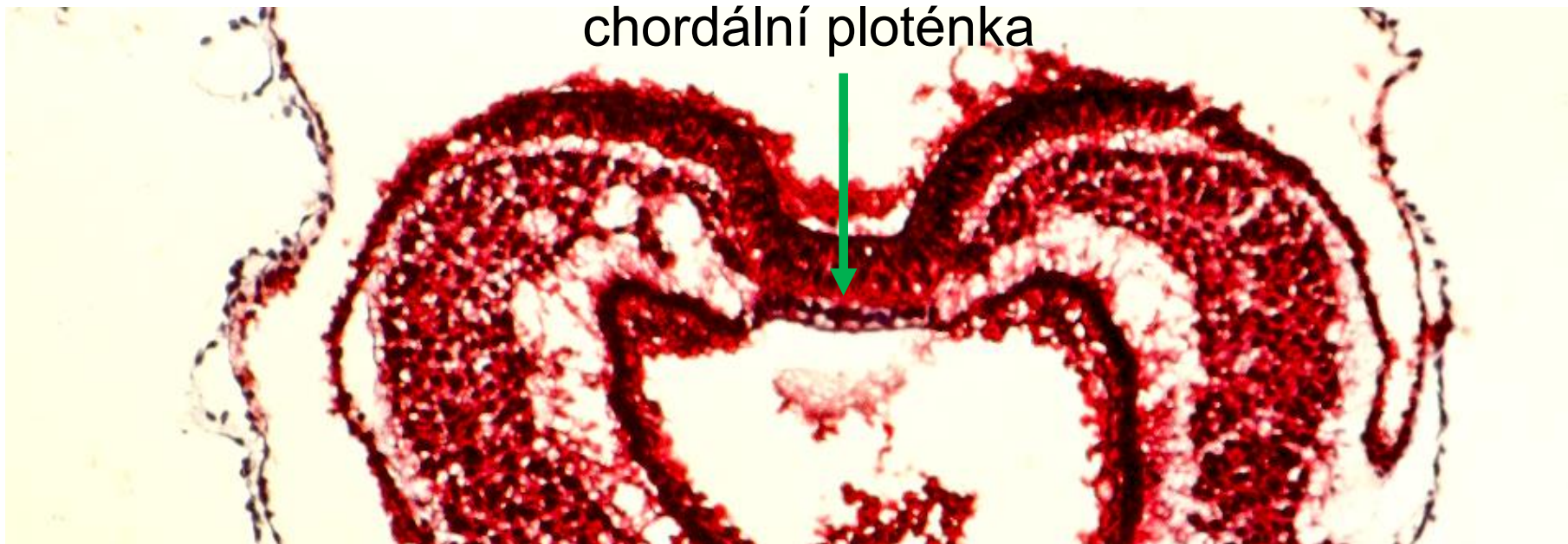


J 5-2/3, C8/9

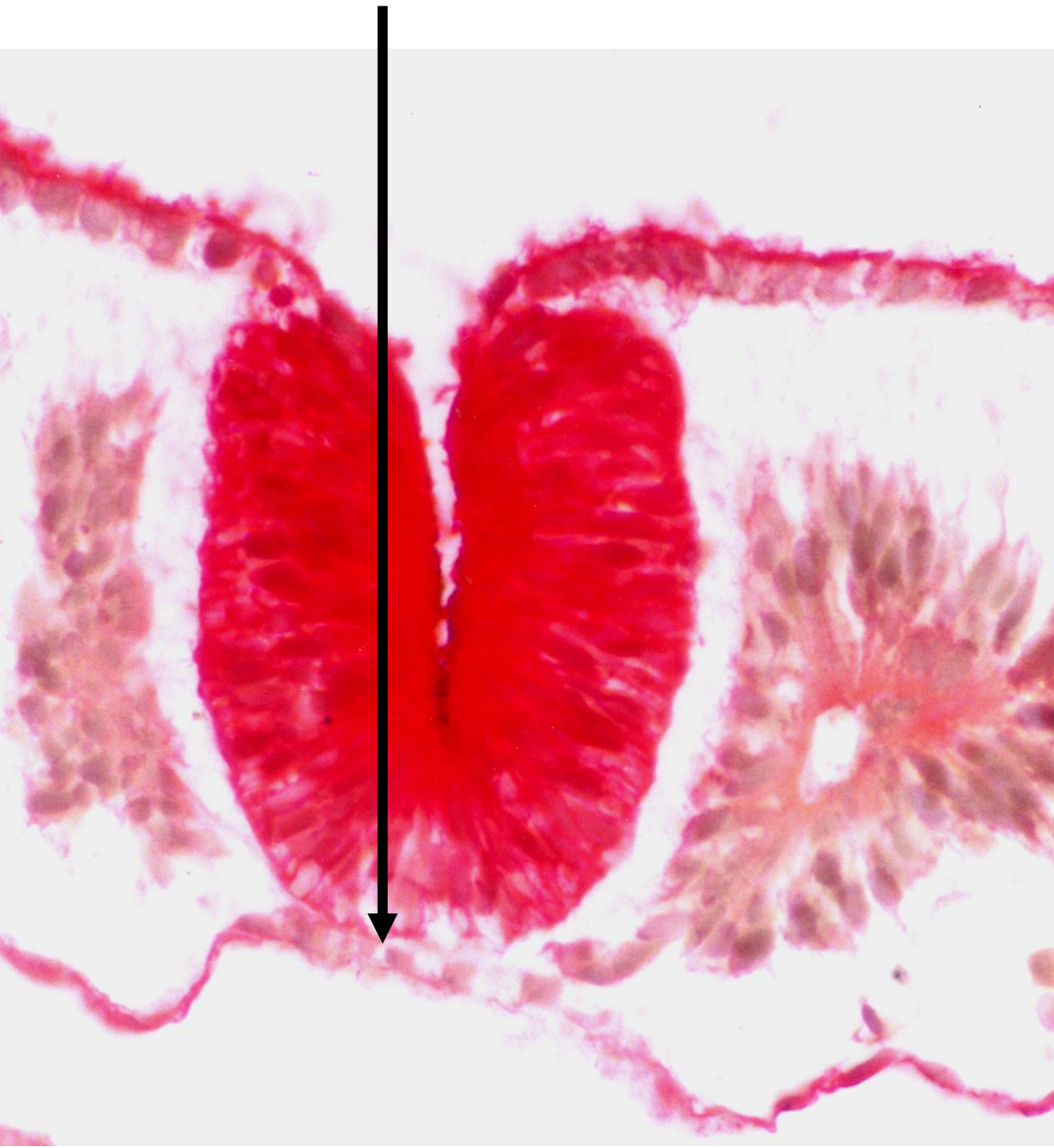
Luminizovaný chordomezodermový výběžek



chordální ploténka



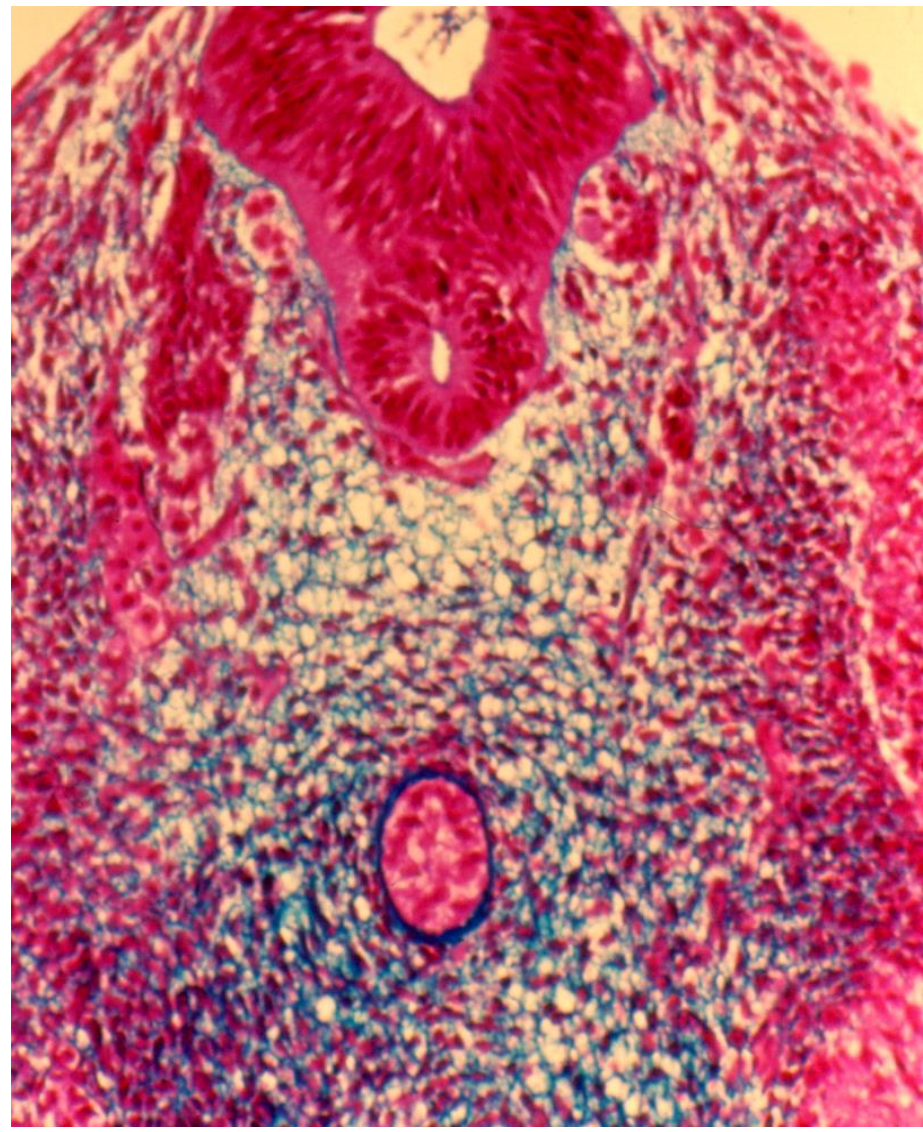
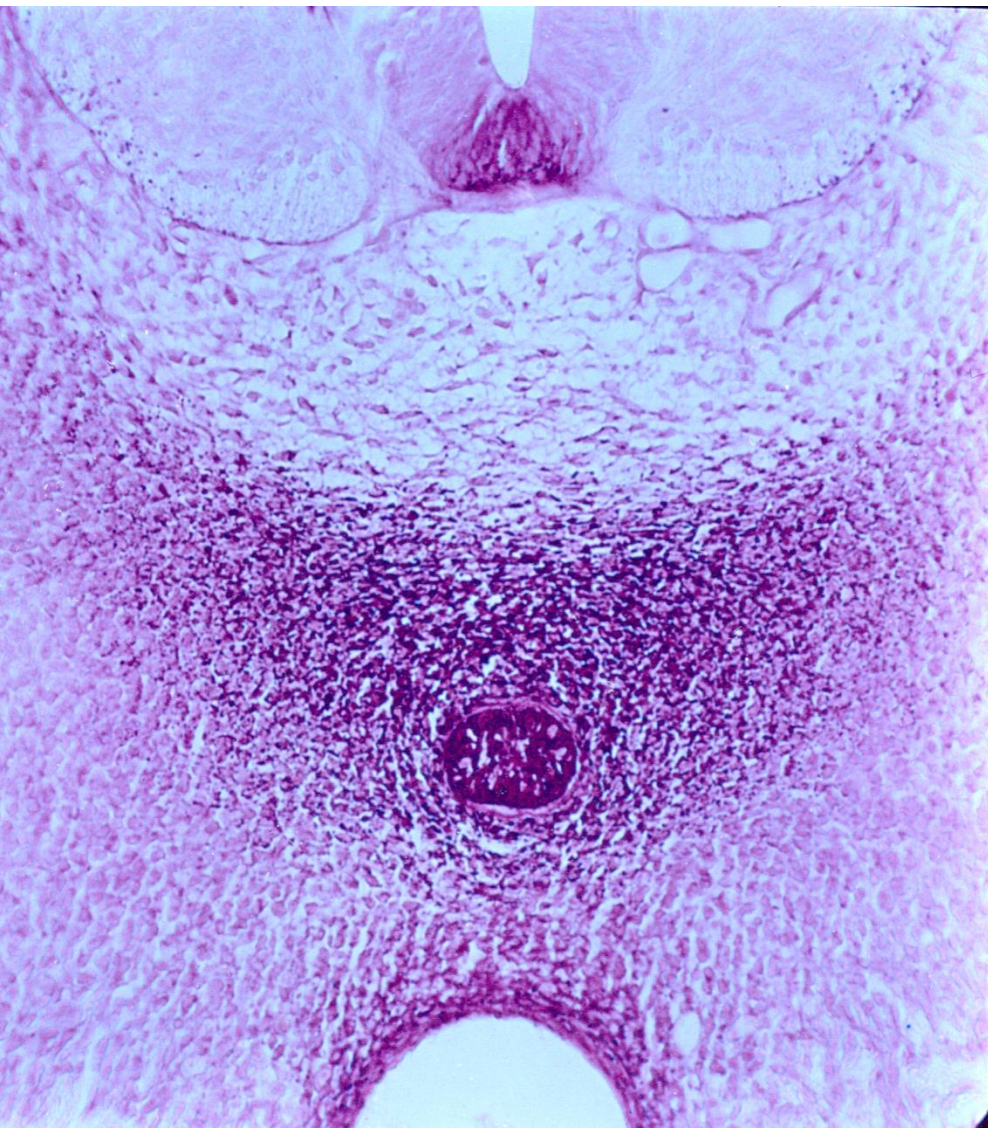
pozdní chordální ploténka



zpětné zavzetí chordální ploténky

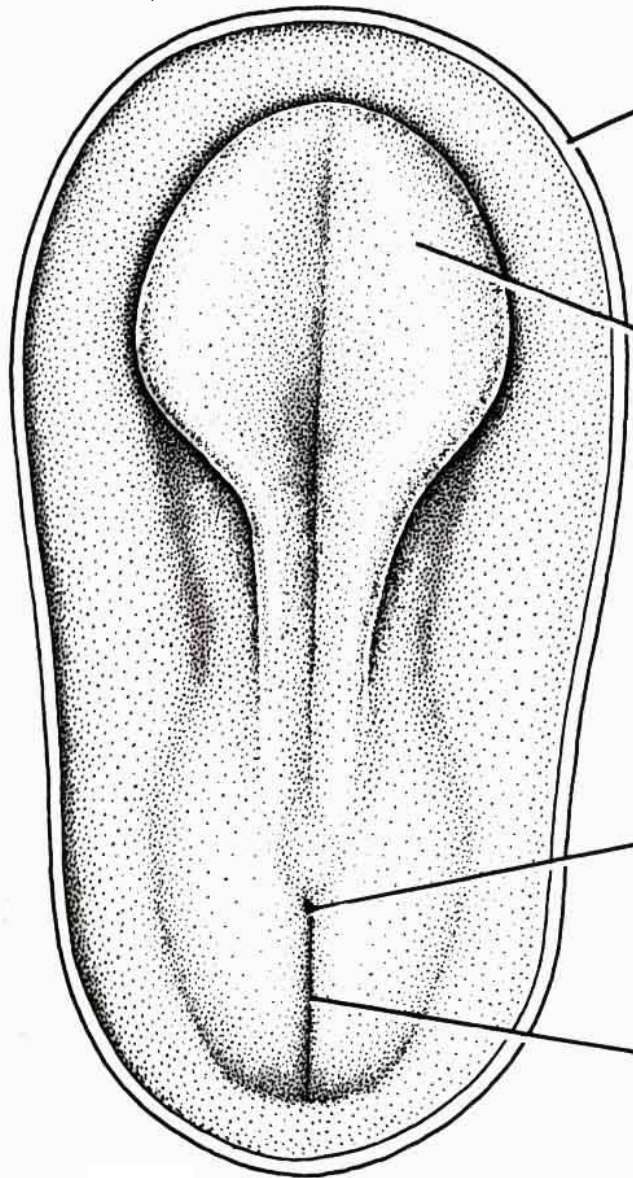


definitivní chorda dorsalis (notochord)



J 5-3, C9

J 6-1,
C9/10



19 days

Neural fold

Cut edge of amnion

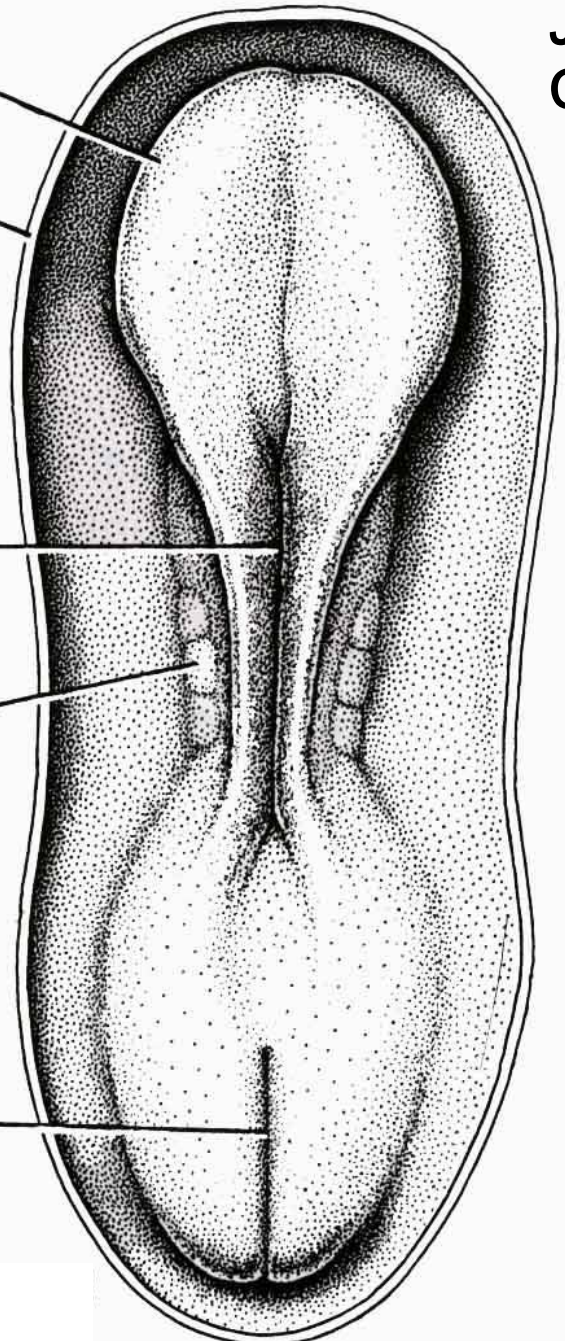
Neural plate

Neural groove

Somite

Primitive node

Primitive streak



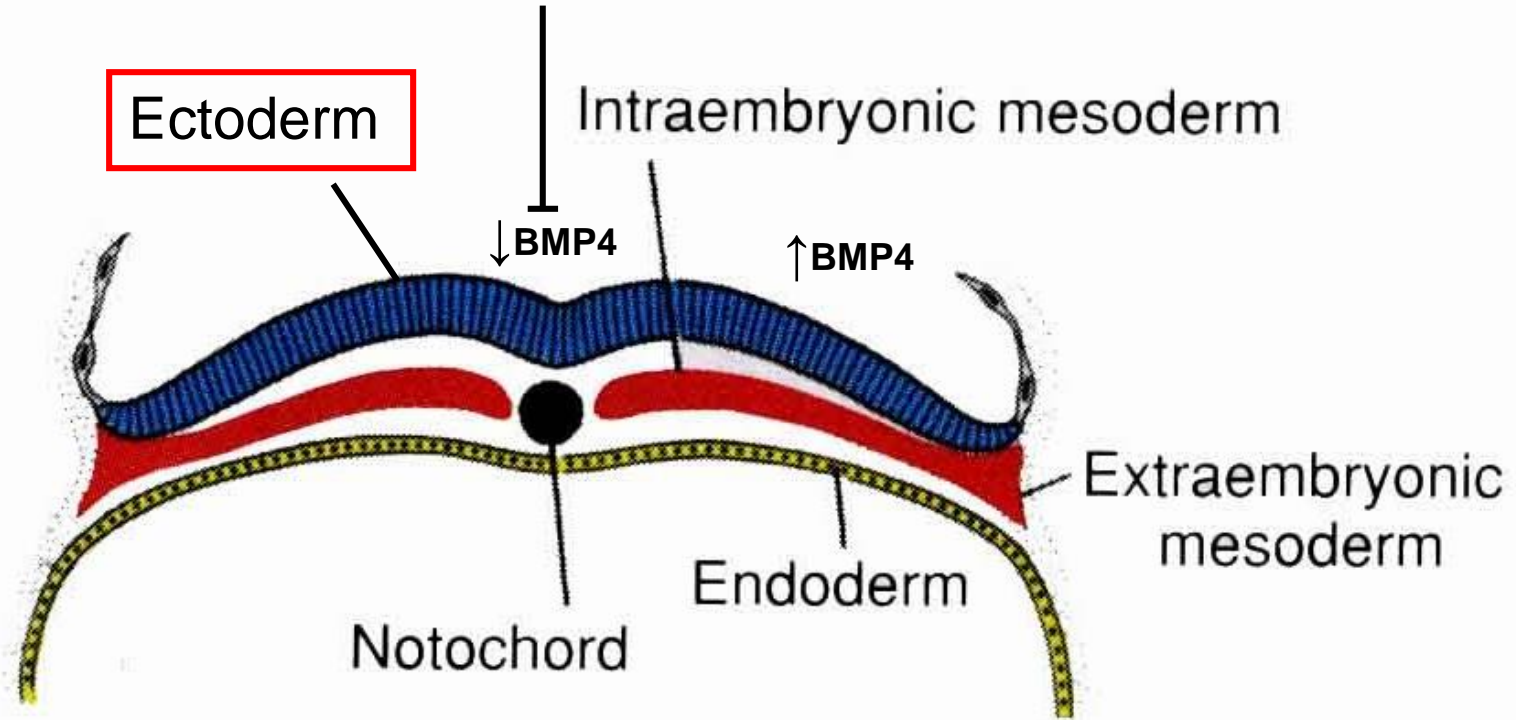
20 days

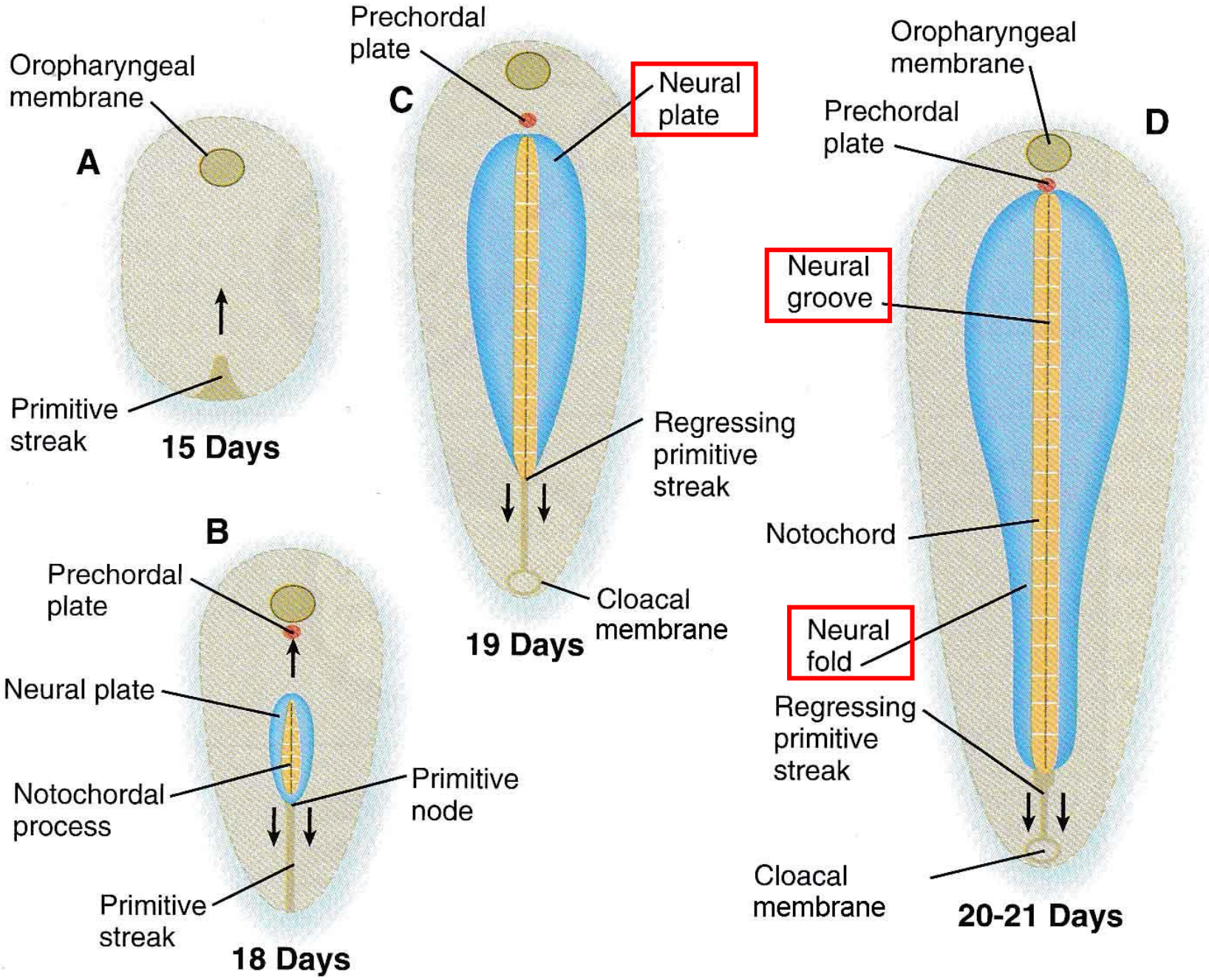
J 5-3, C9

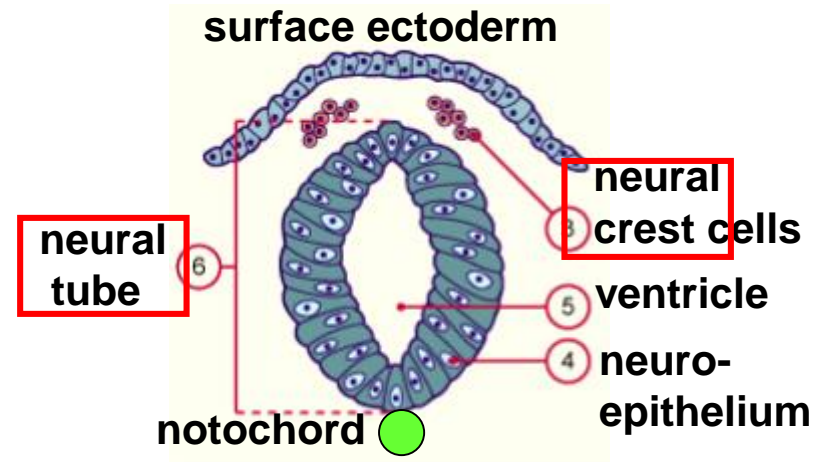
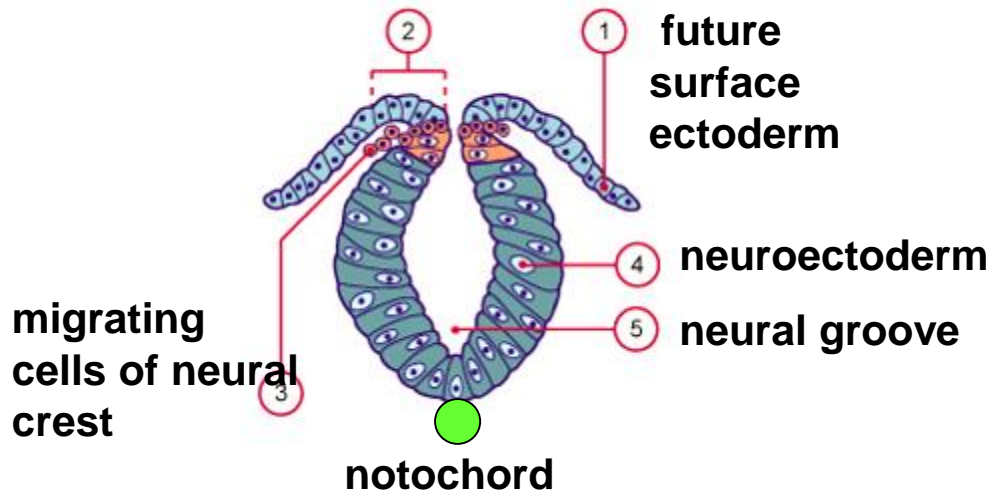
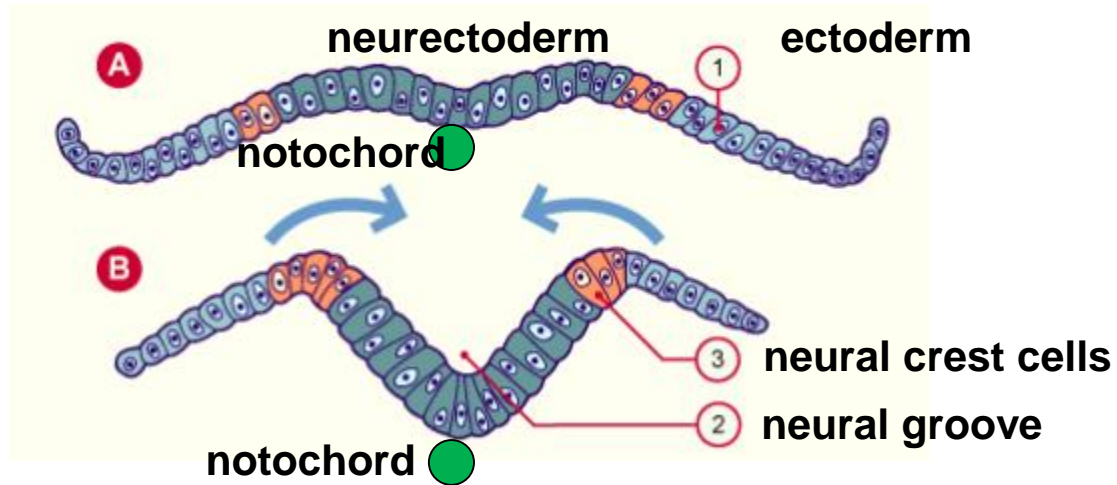


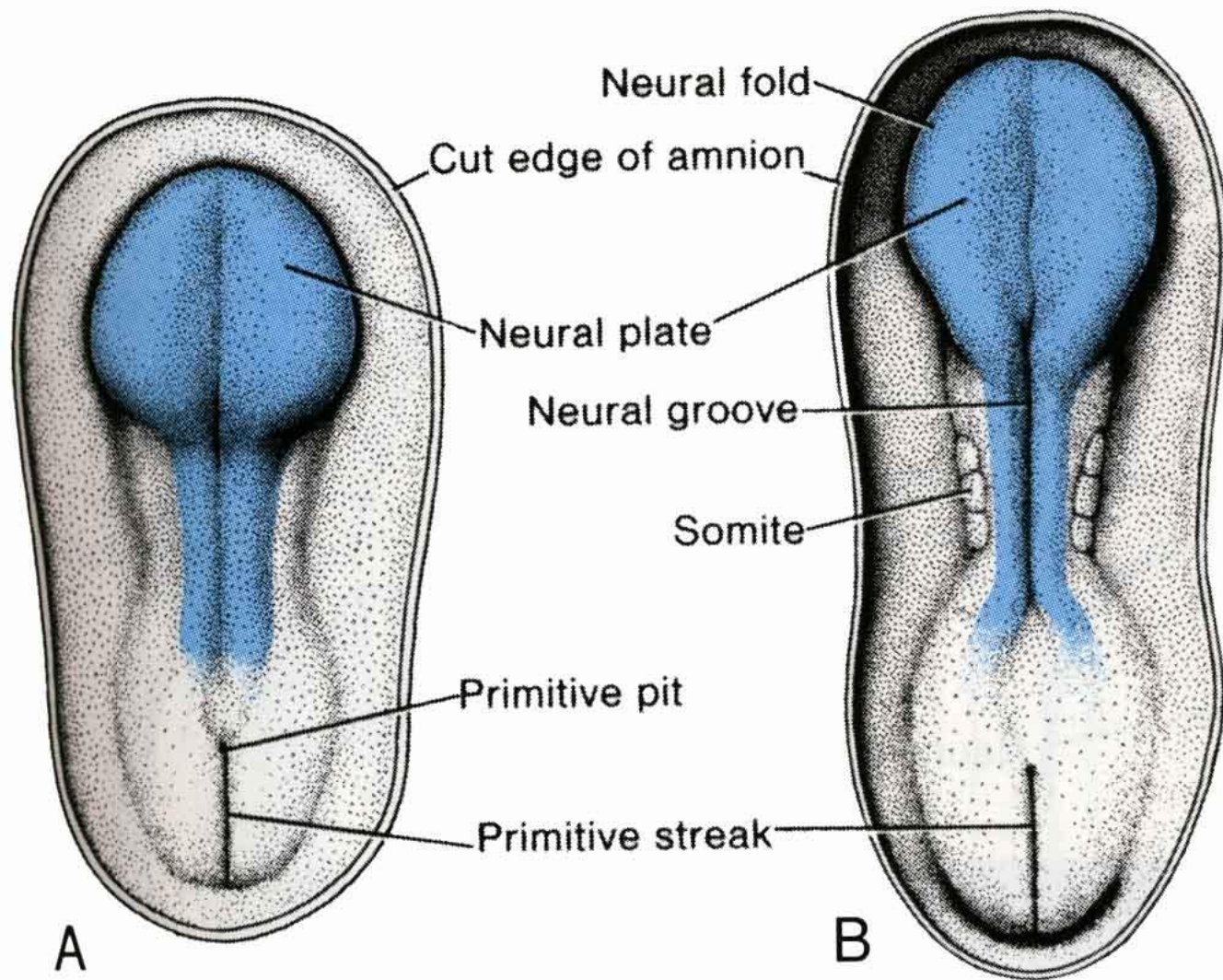
Neurulace

↑ FGF-8, noggin, chordin, follistatin
(v primitivním uzlu a později v
prechordální plotence a chordě)







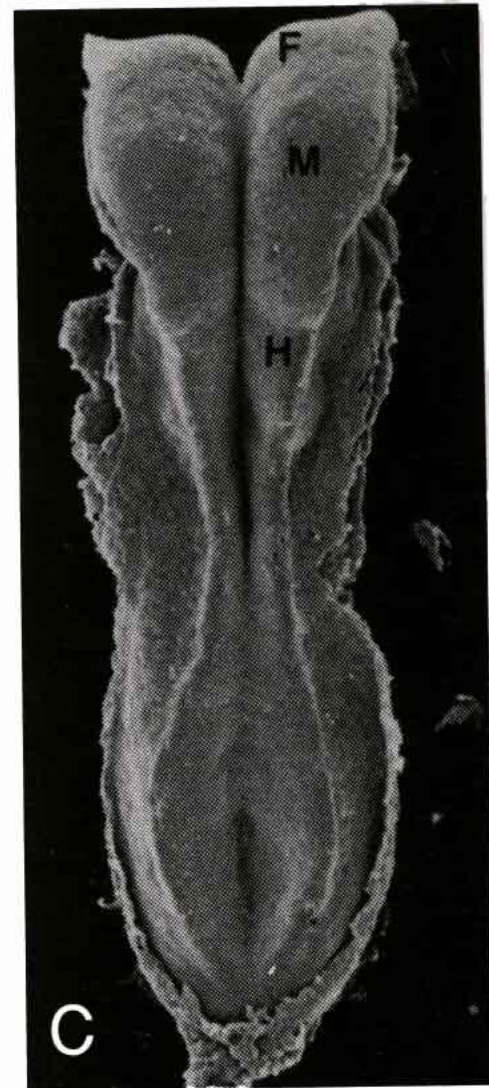


A

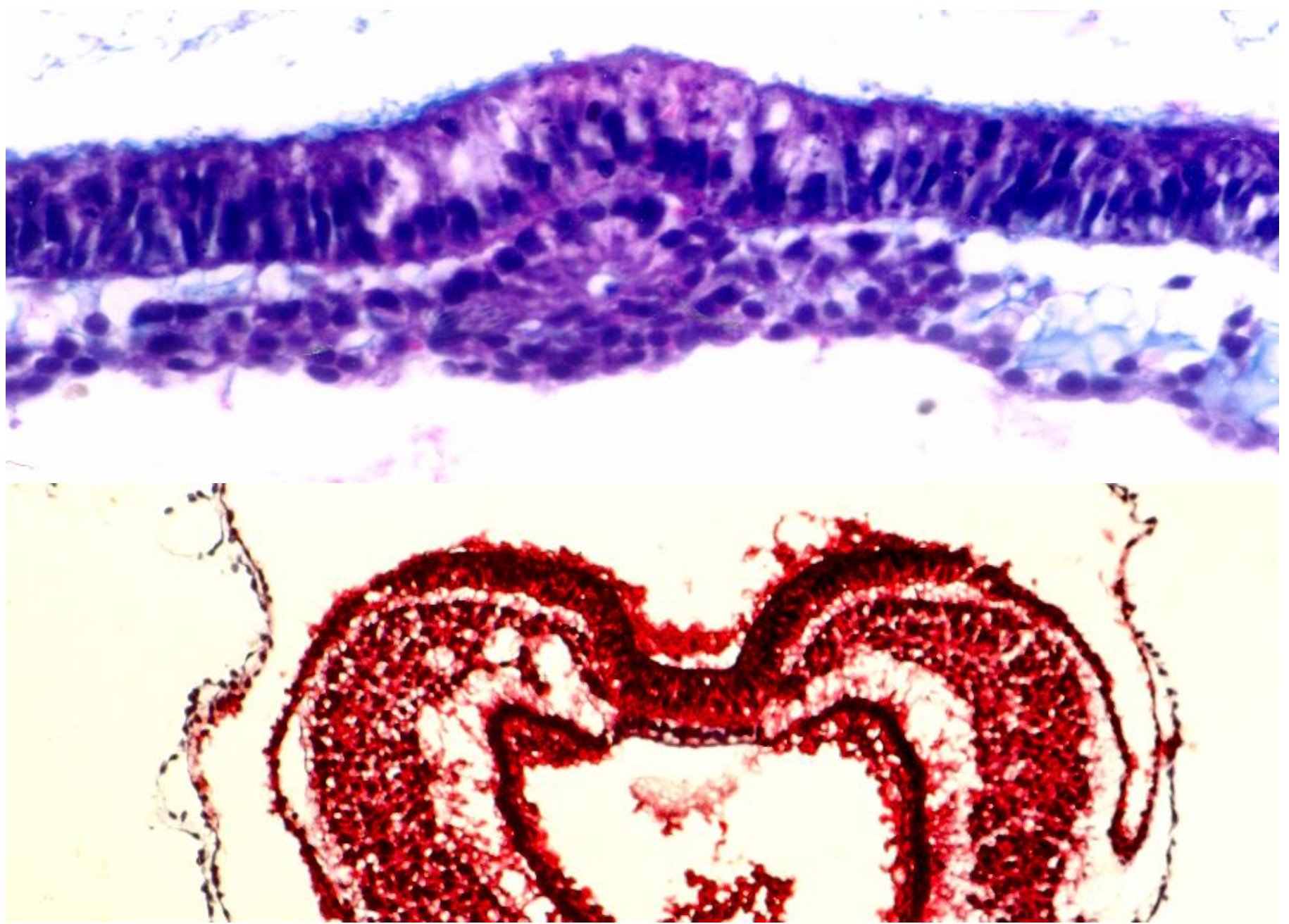
19th day

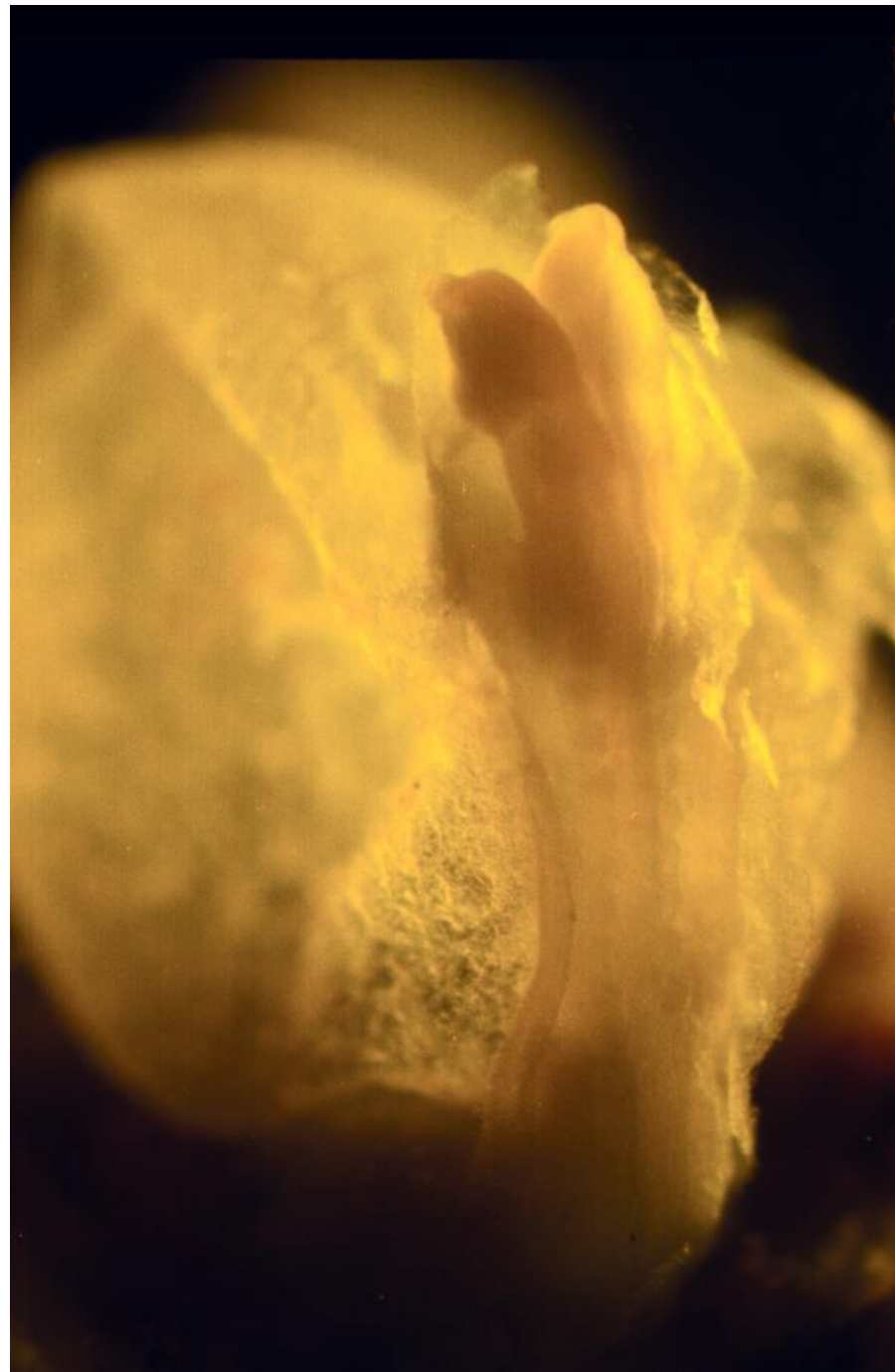
B

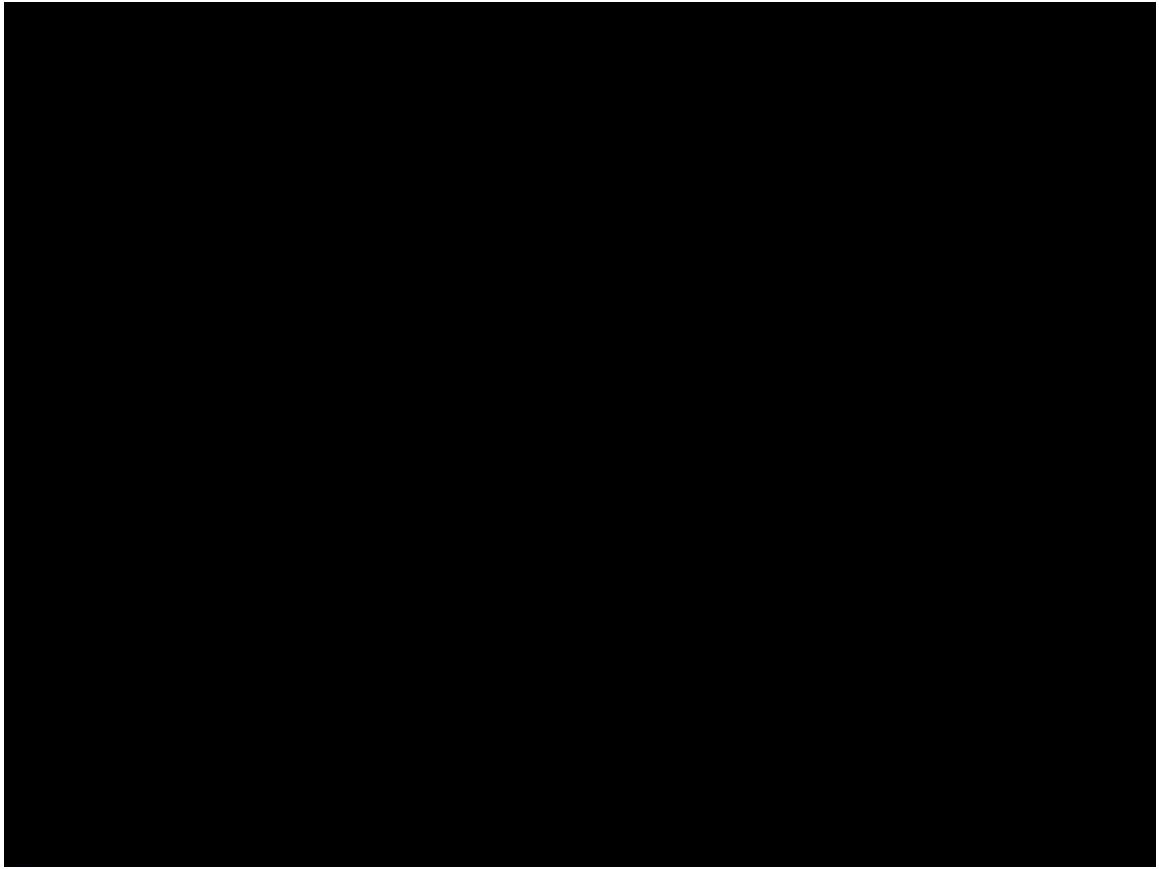
20th day



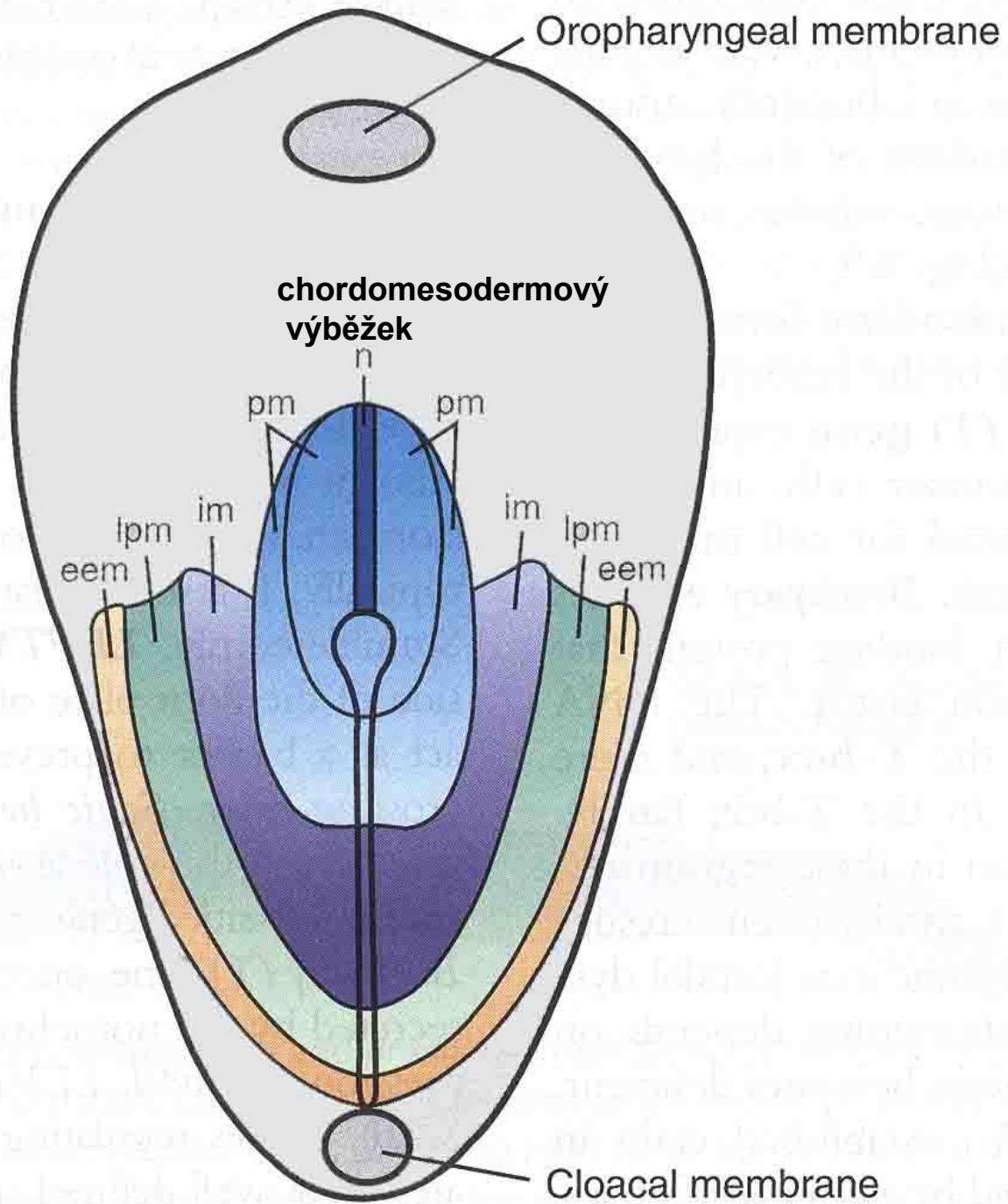
C



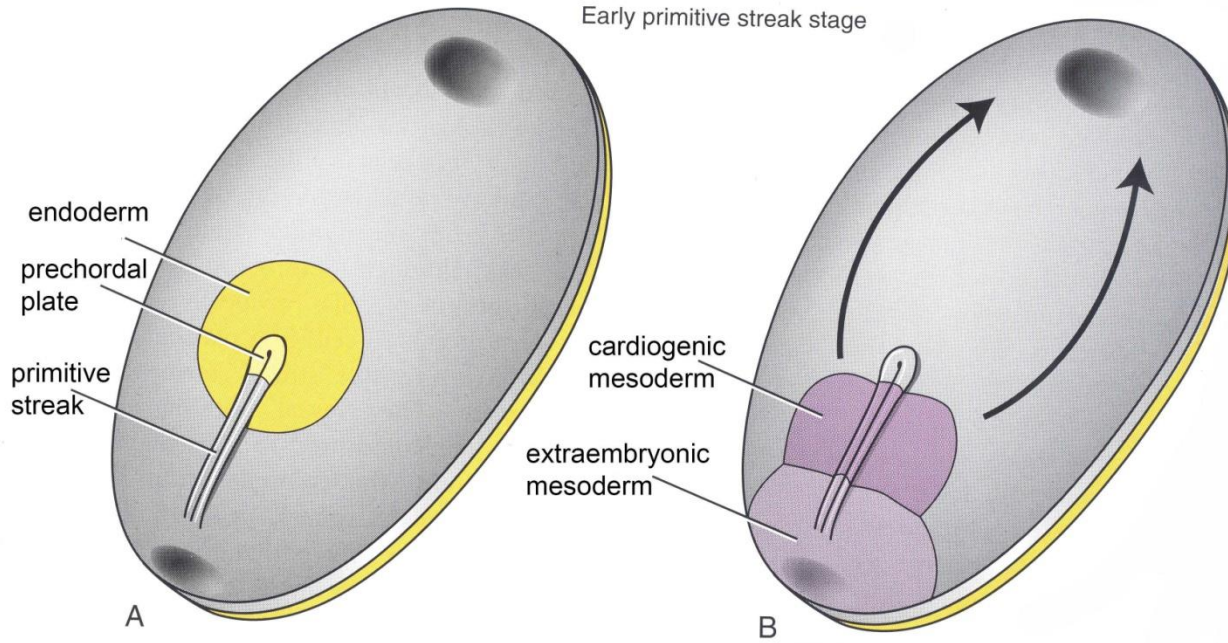




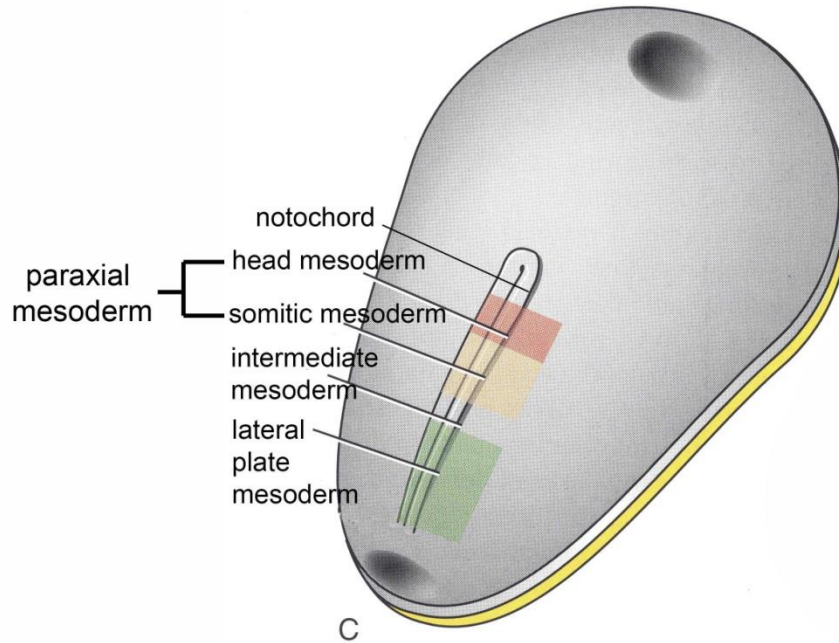
DIFERENCIACE INTRAEMBRYONÁLNÍHO MESODERMU

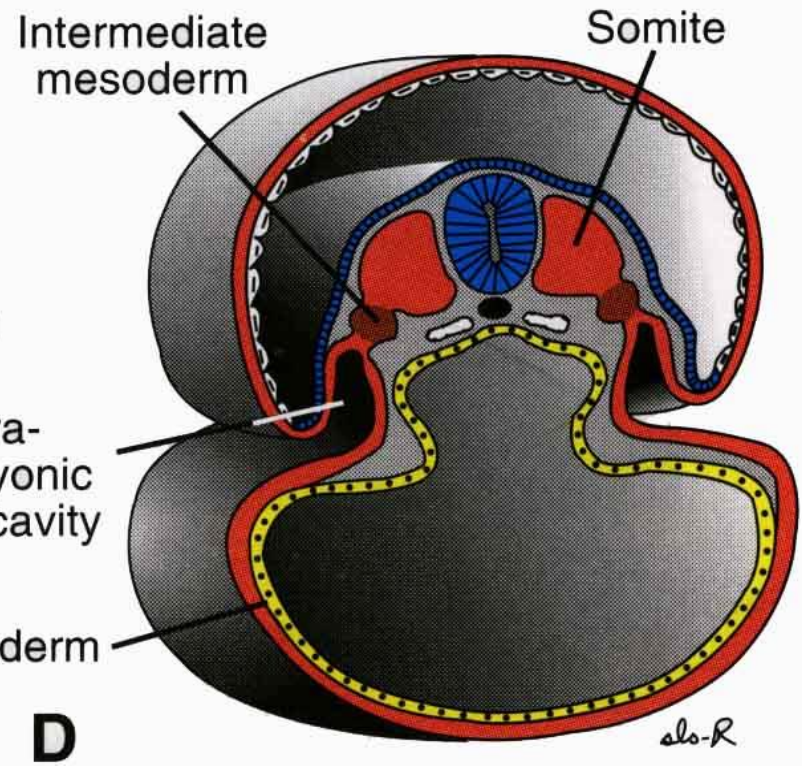
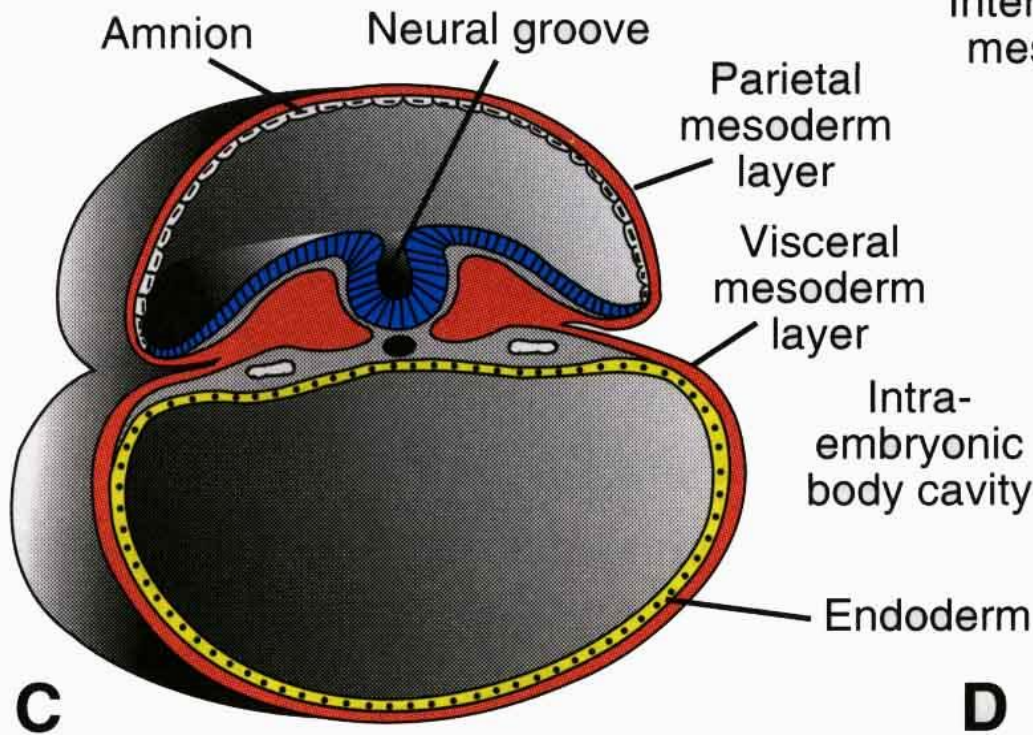
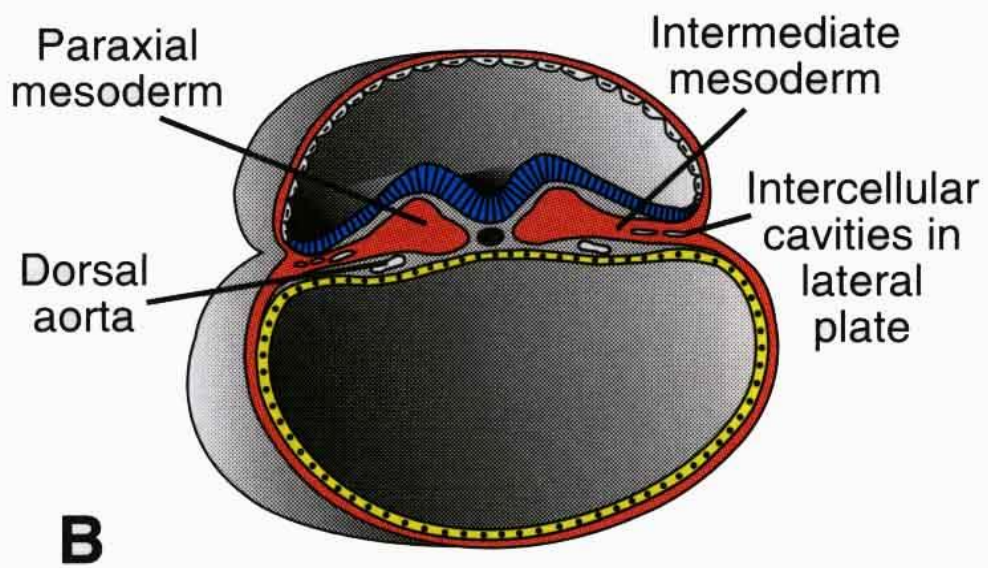
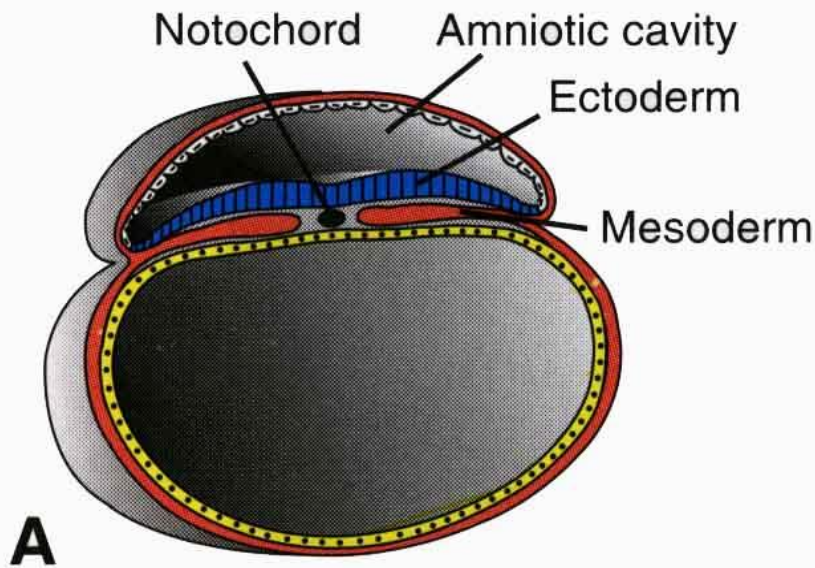


Early primitive streak stage

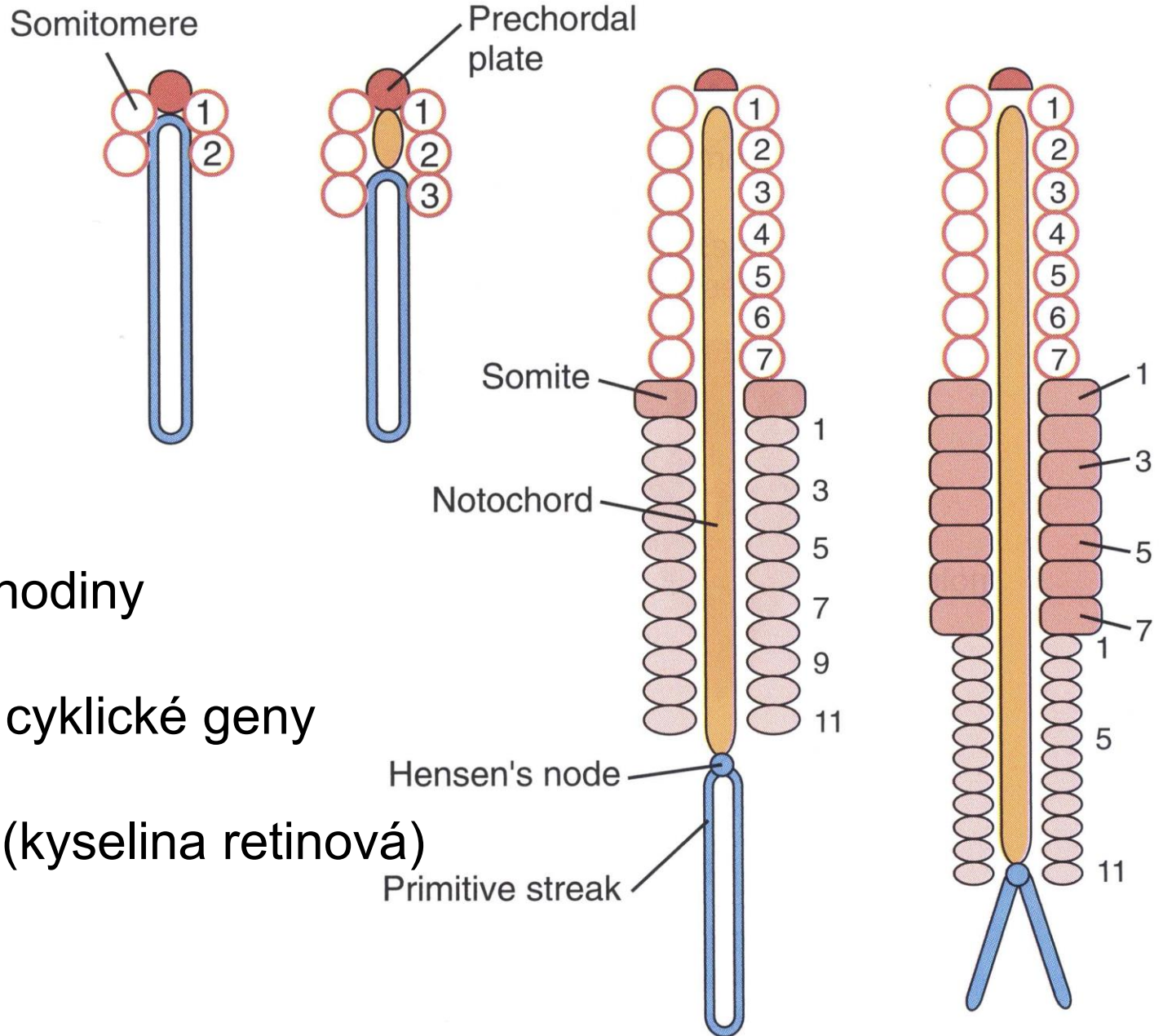


Mid-primitive streak stage





Paraxiální mesoderm



Segmentační hodiny

WNT, Notch – cyklické geny

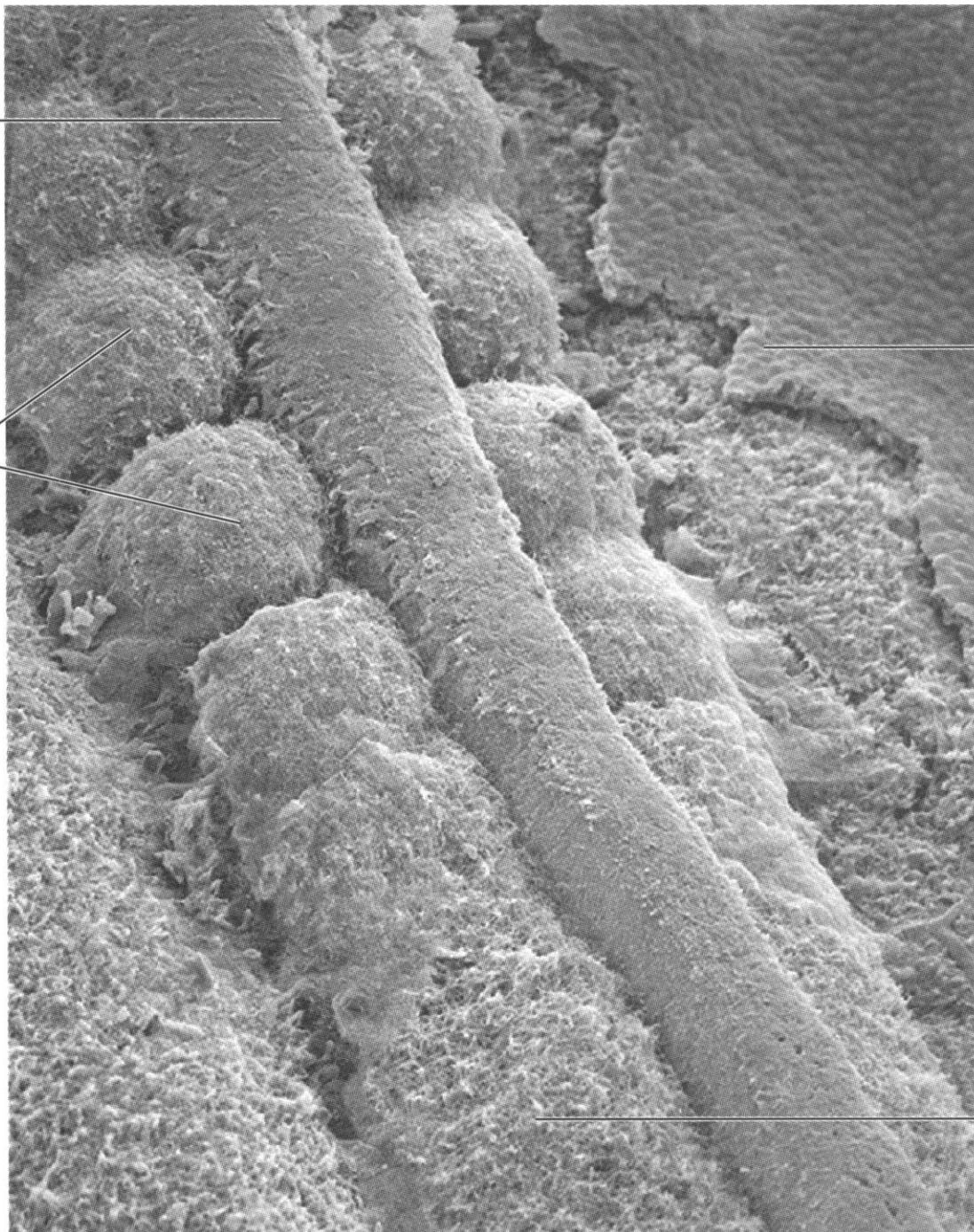
↓ FGF8 ↑ RA (kyselina retinová)

Neural tube

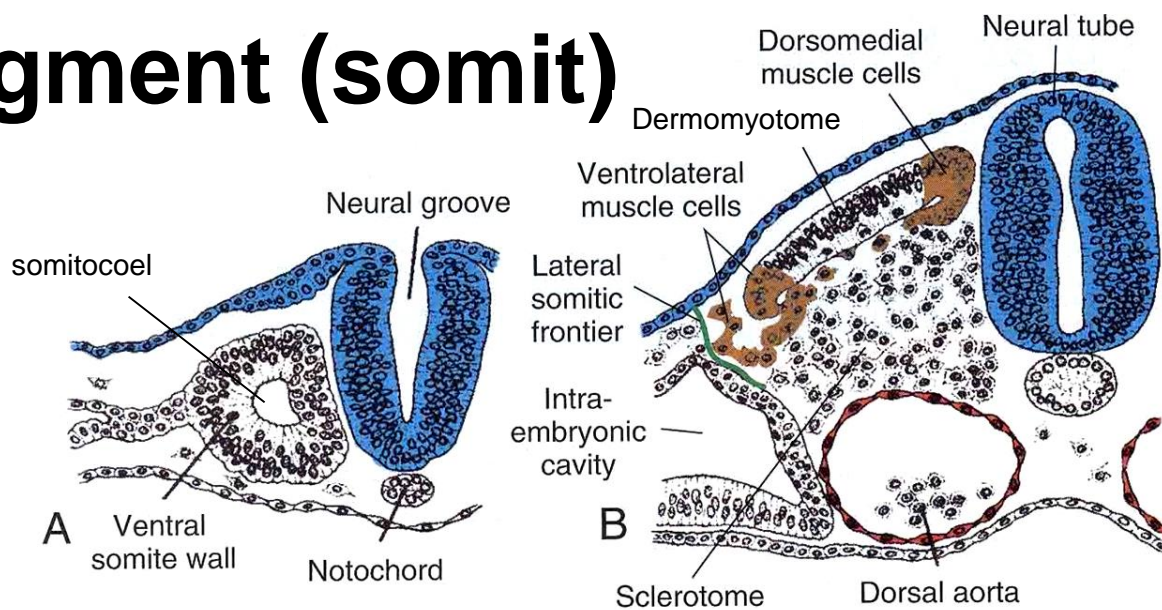
Somites

Ectoderm

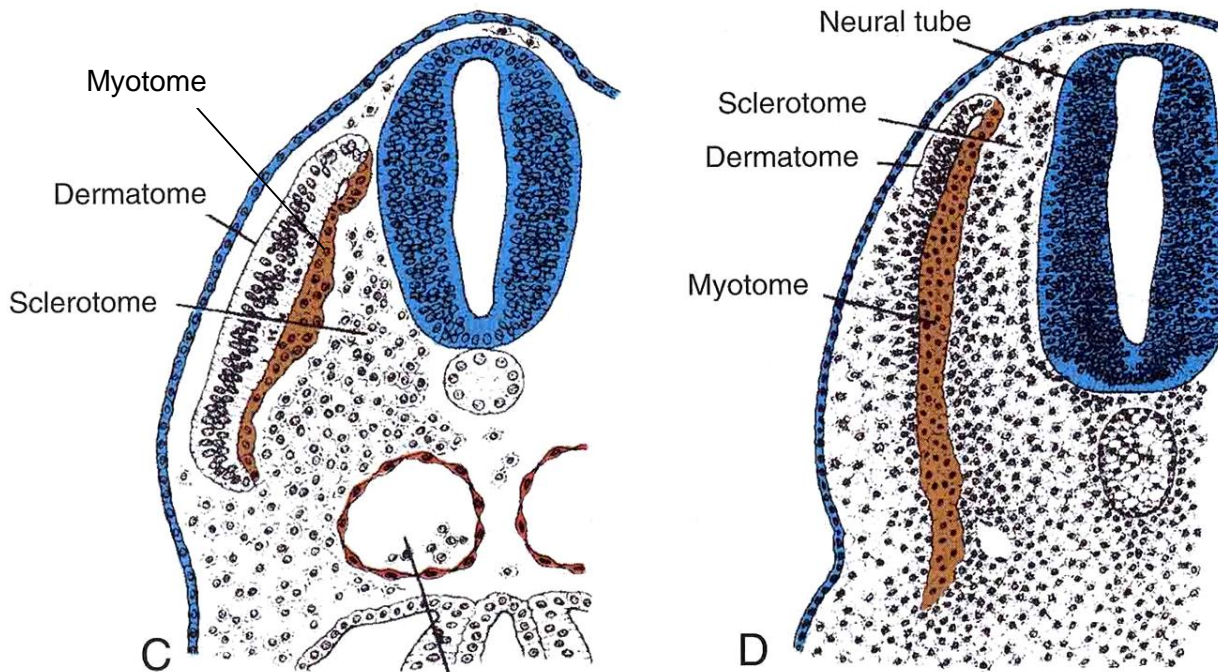
Presomites
mesoderm



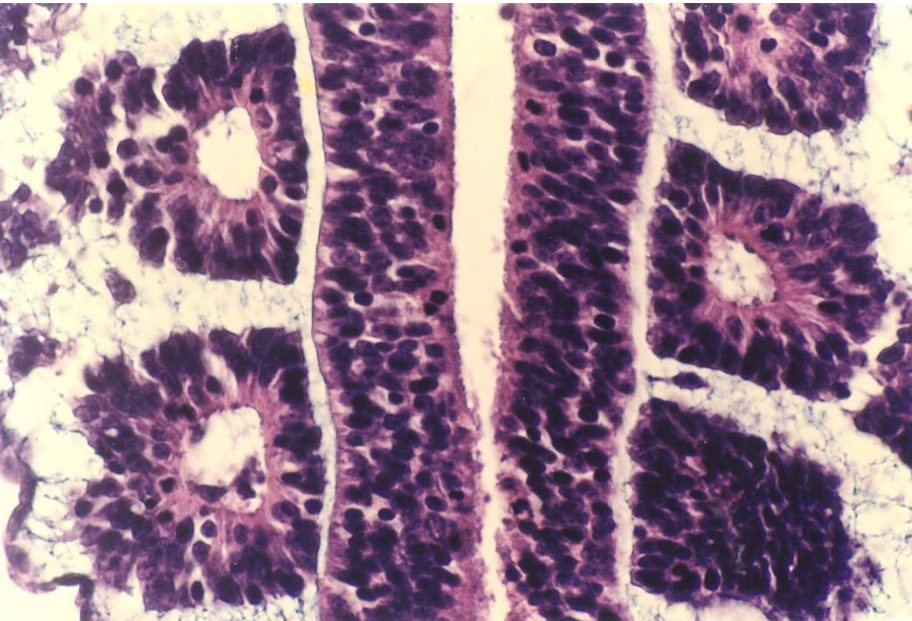
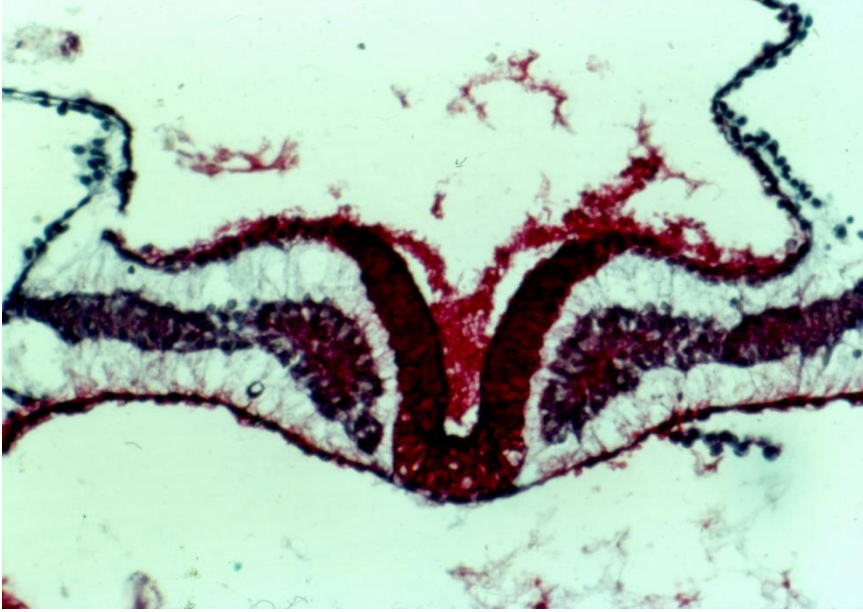
Prvosegment (somit)

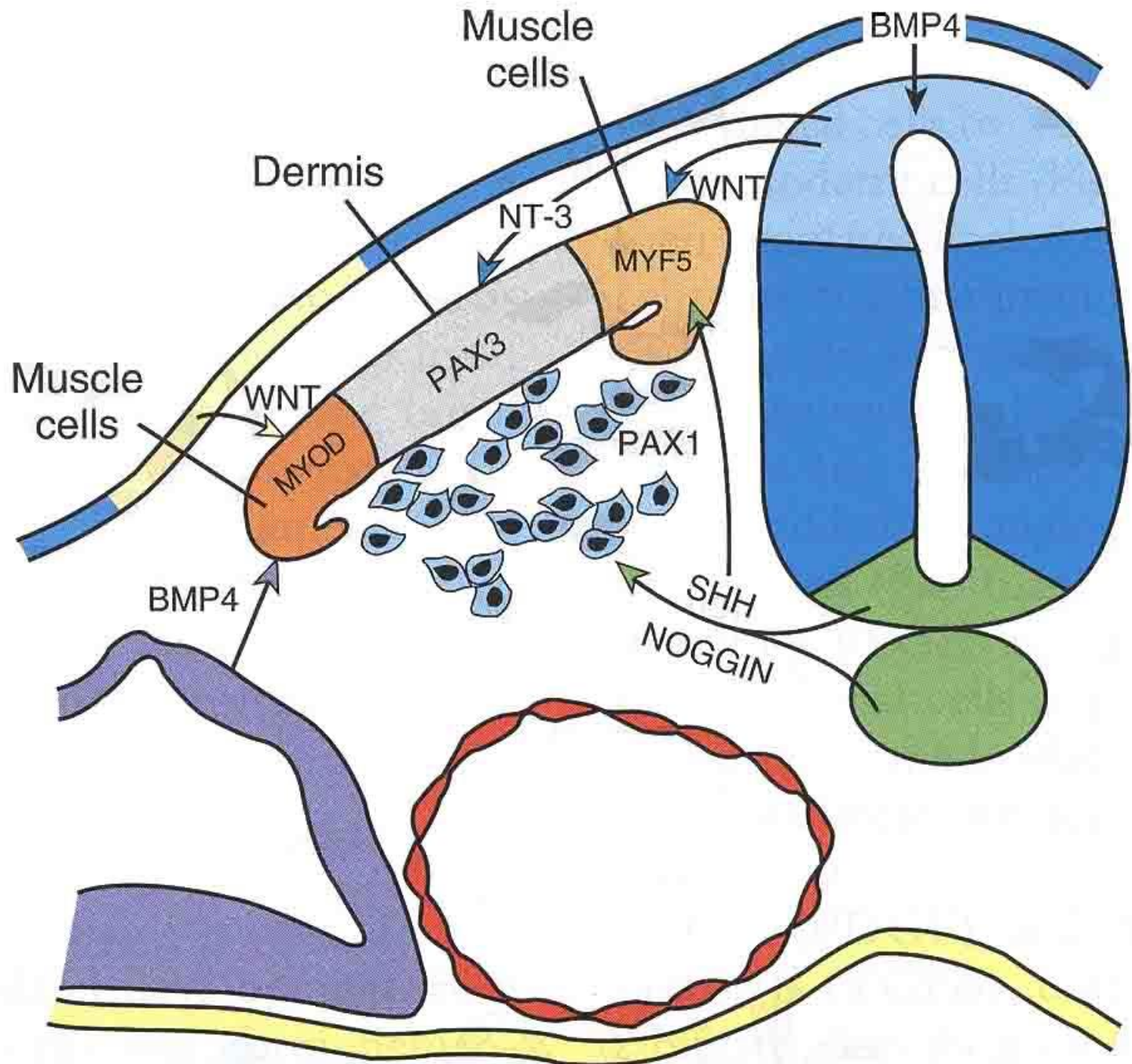


1. somit 20. den
do konce 5. týdne 42-44 somitů

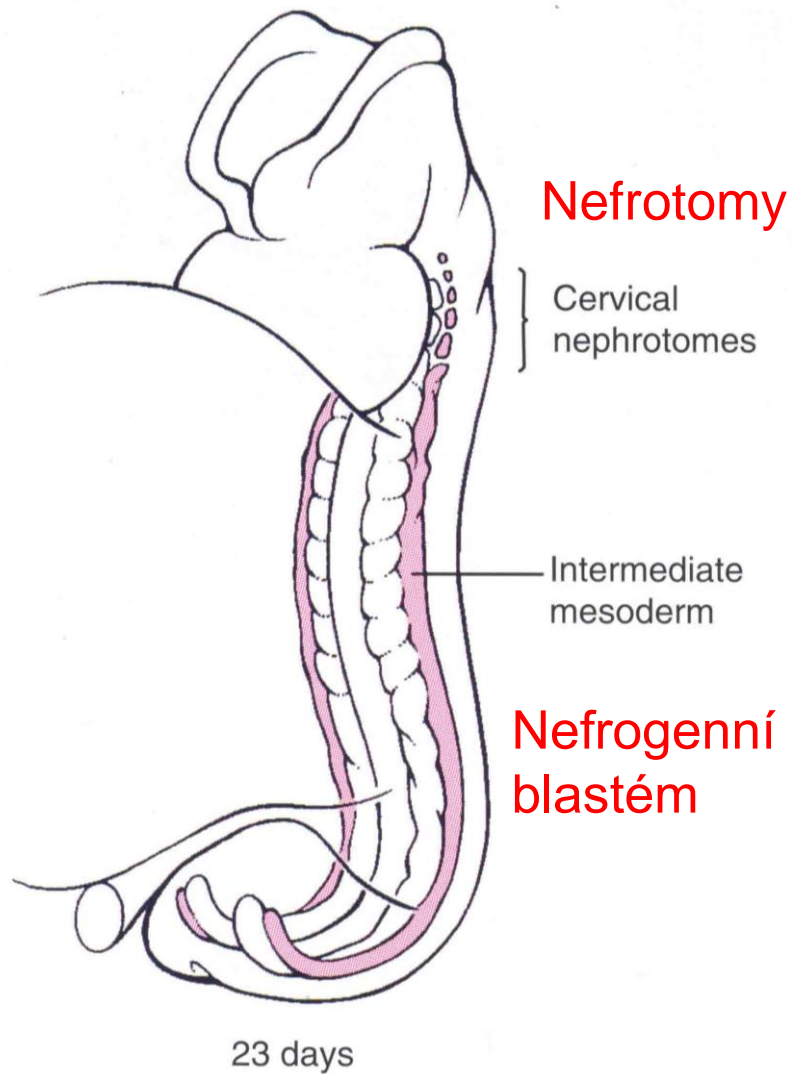
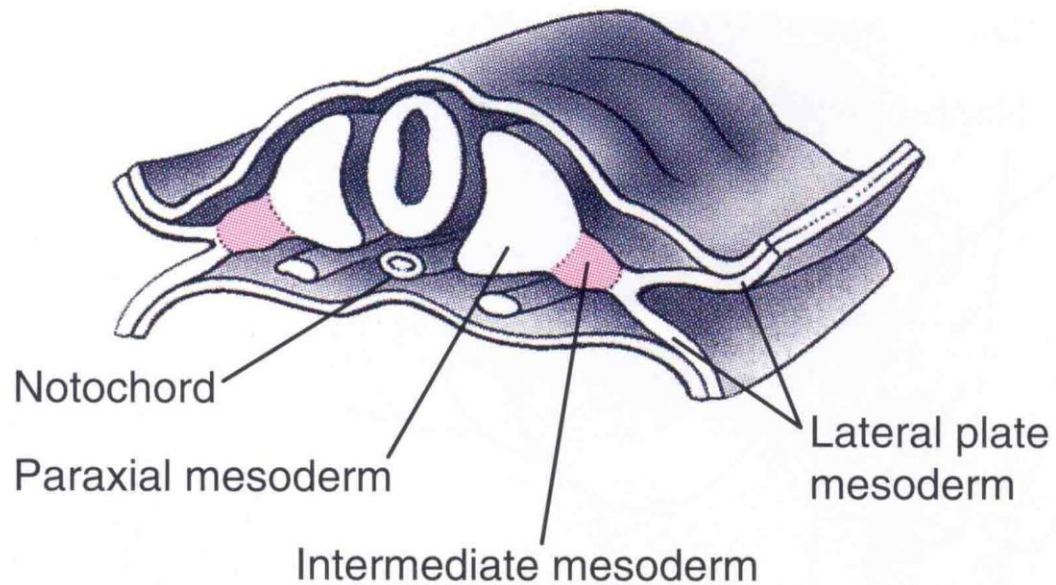


Somity





Intermediární mesoderm



Laterální mesoderm (laterální ploténka)

