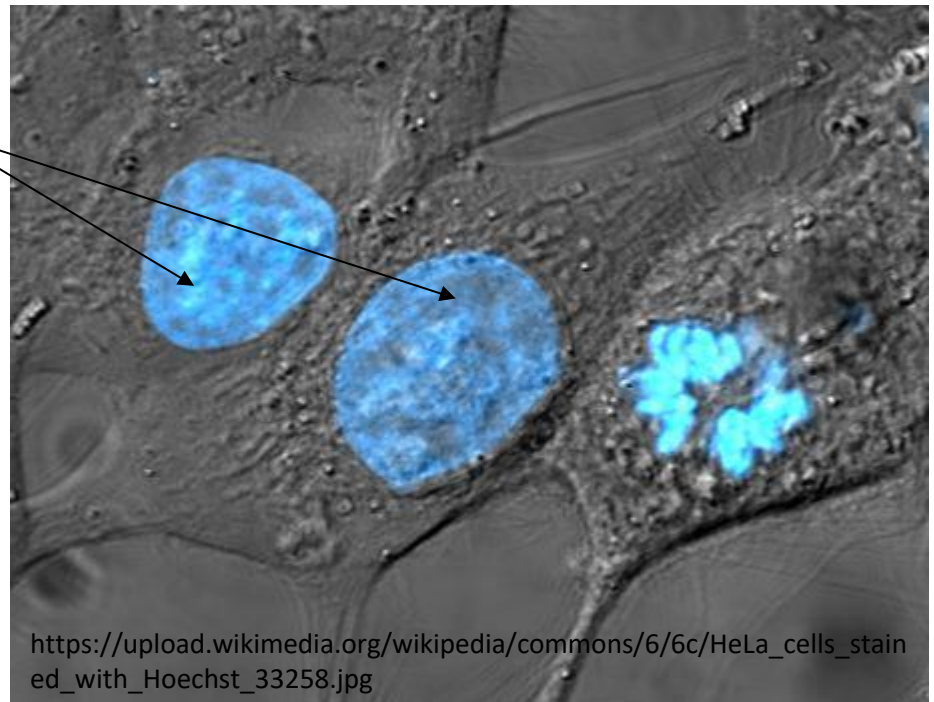


ULTRASTRUKTURA JĄDRA KOMÓRKOWEGO

Jądro komórkowe

- łac. *nucleus*, gr. *karyon*
- cecha charakterystyczna kom. eukariotycznej (ok. 99% informacji genetycznej w postaci DNA)
 - pozostały DNA znajduje się w macierzy mitochondriów
- obecne w komórce okresie między jej podziałami czyli w ...

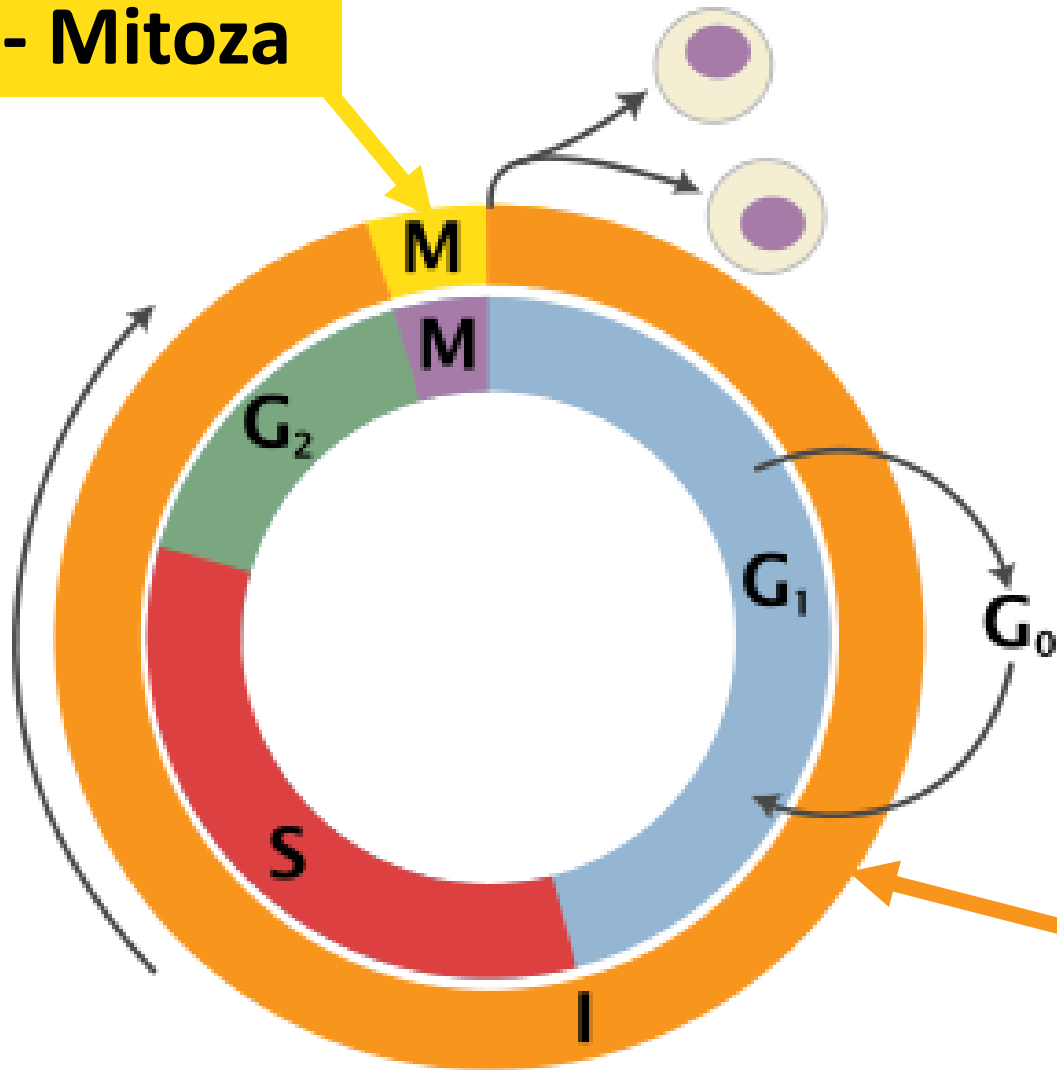
interfazie



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/HeLa_cells_stained_with_Hoechst_33258.jpg

Cykl komórkowy

podział - Mitoza



Interfaza

Jądro komórkowe cd.

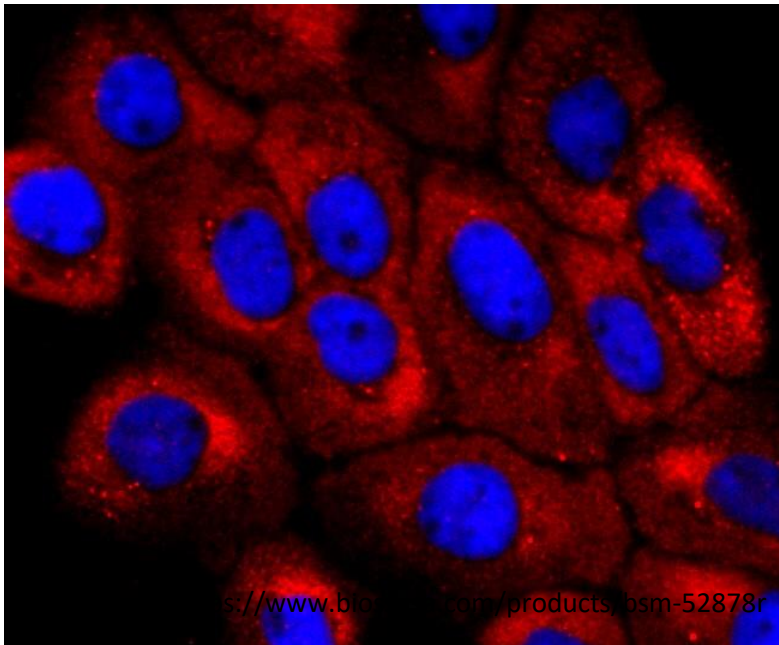
- liczba jąder w komórce:
 - 1 jądro - **monokariocyty** → większość komórek
 - 2 jądra – **bikariocyty** → hepatocyty
 - wiele jąder - **polikariocyty**
 - fuzja → komórki mięśni poprzecznie prążkowanych, osteoklasty
 - brak cytokinezy → megakariocyty
 - 0 jąder – **brak jądra** (wtórna utrata jądra)
krwinki czerwone (erytrocyty)

Jądro komórkowe cd.

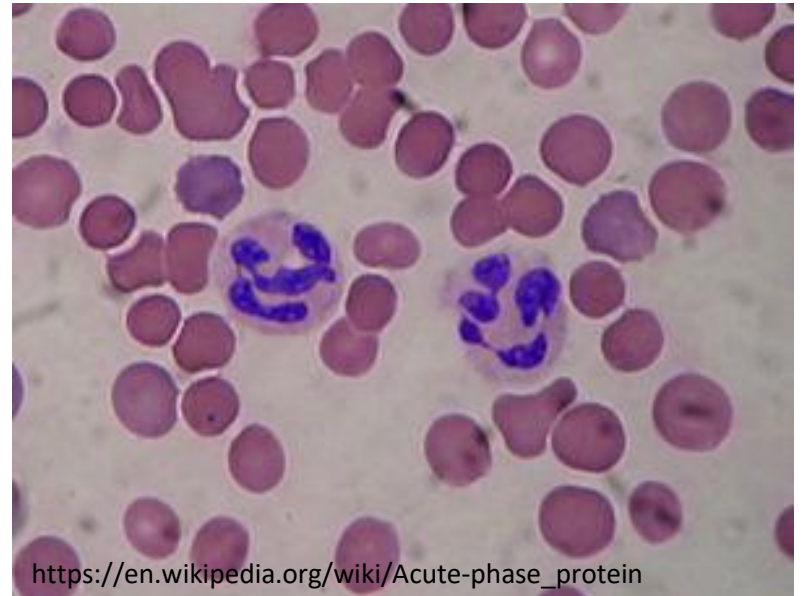
- wielkość
 - zależy od ilości DNA
 - jądro ludzkiej komórki somatycznej – diploidalnej
 - 6 pg DNA o łącznej długości 2 m przed syntezą
 - średnica jądra 5 μm
 - 12 pg DNA o łącznej długości 4 m po syntezie
 - średnica jądra 5 - 10 μm

Jądro komórkowe cd.

- kształt jąder w komórce – bardzo różny
 - najczęściej owalny lub okrągły

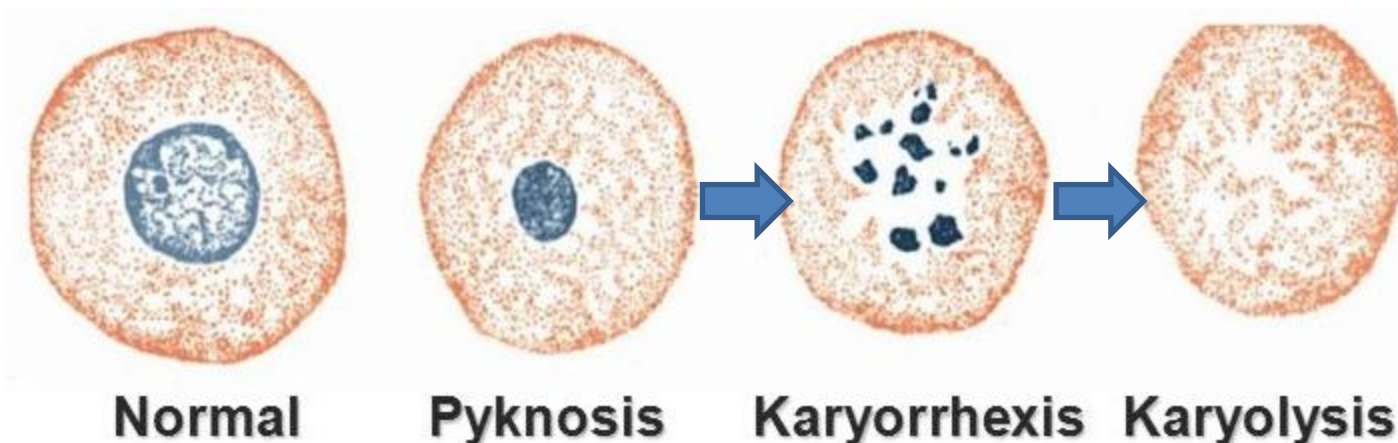


– nieregularny –
segmenty

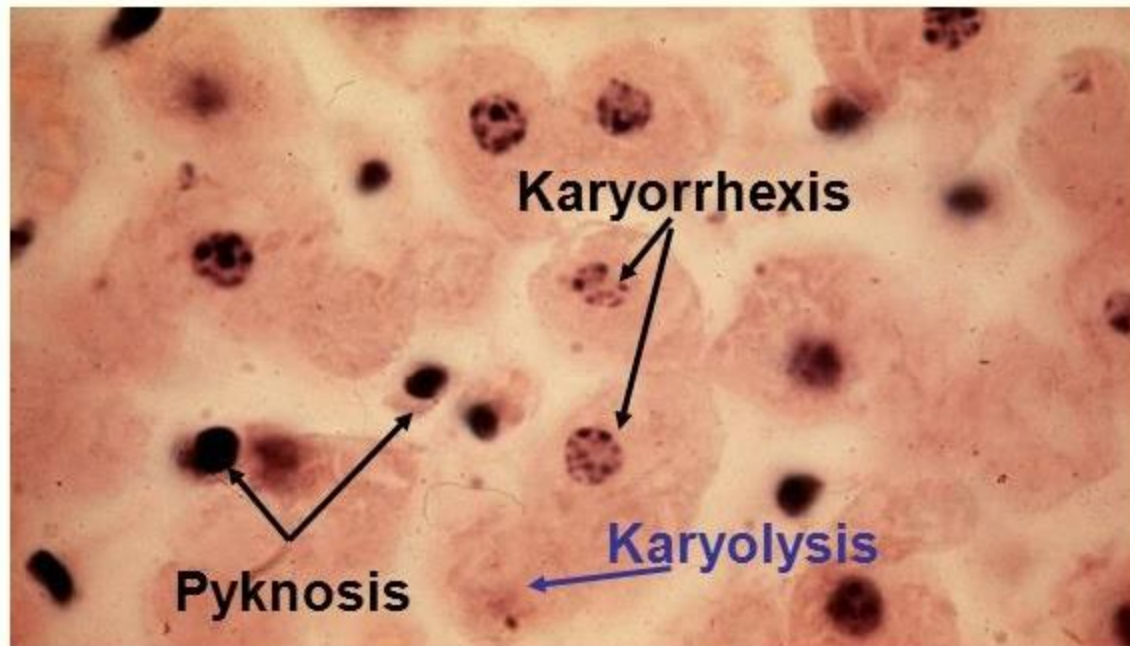
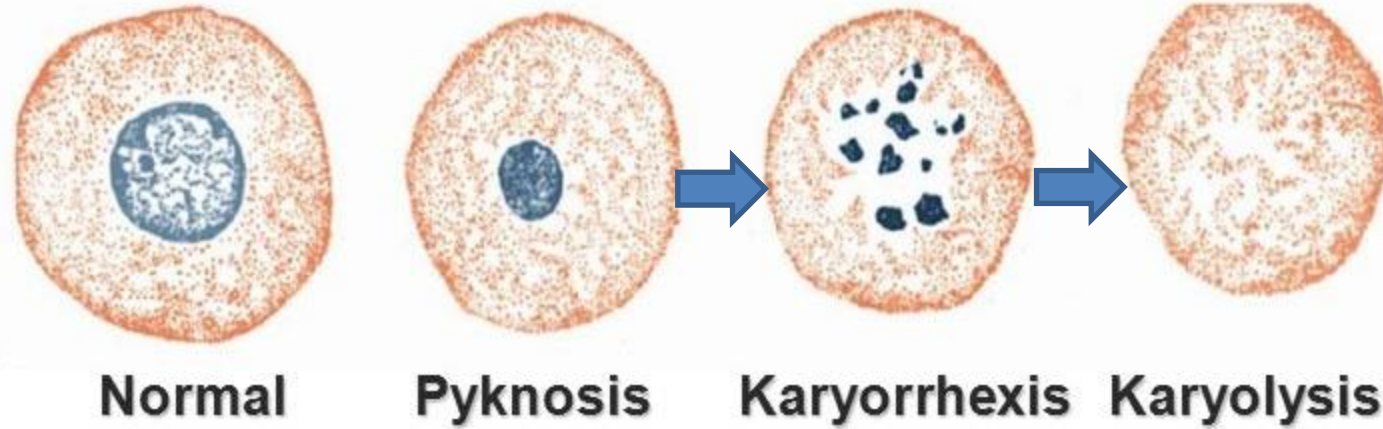


Jądro komórkowe cd.

- kształt jąder w komórce cd.
 - w komórkach degenerujących
 - **piknoza** (*pyknosis*) – jądra małe, zbite, b.silnie wybarwione, okrągłe lub owalne
 - **karioreksis** (*karyorrhesis*) – jądro ulega pofragmentowaniu
 - **karioliza** (*karyolysis*) – jądro ulega strawieniu i przybiera postać cienia



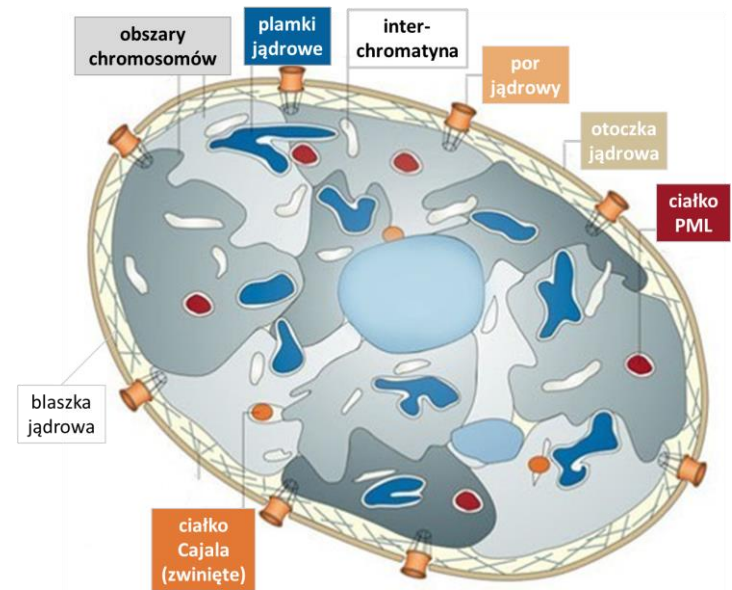
Jądro komórkowe cd.



Jądro komórkowe cd.

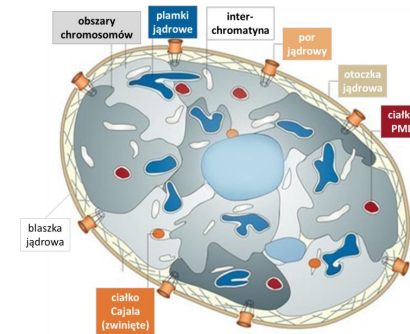
- ogólna budowa jądra komórkowego w interfazie:

- otoczka jądrowa**
- plazma jądrowa =
**karioplazma =
nukleoplazma**
- macierz jądra =
nukleoskielet

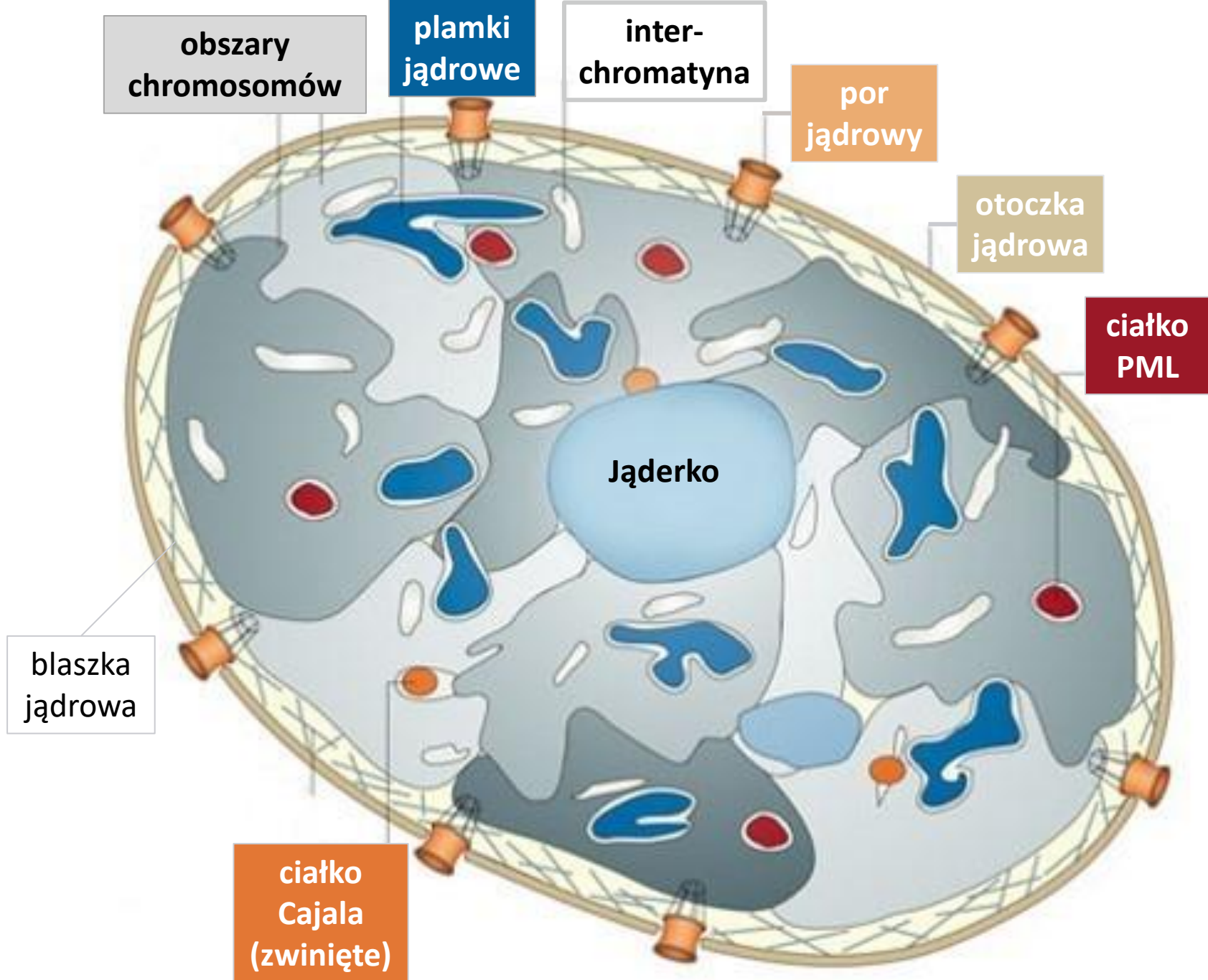


Jądro komórkowe cd.

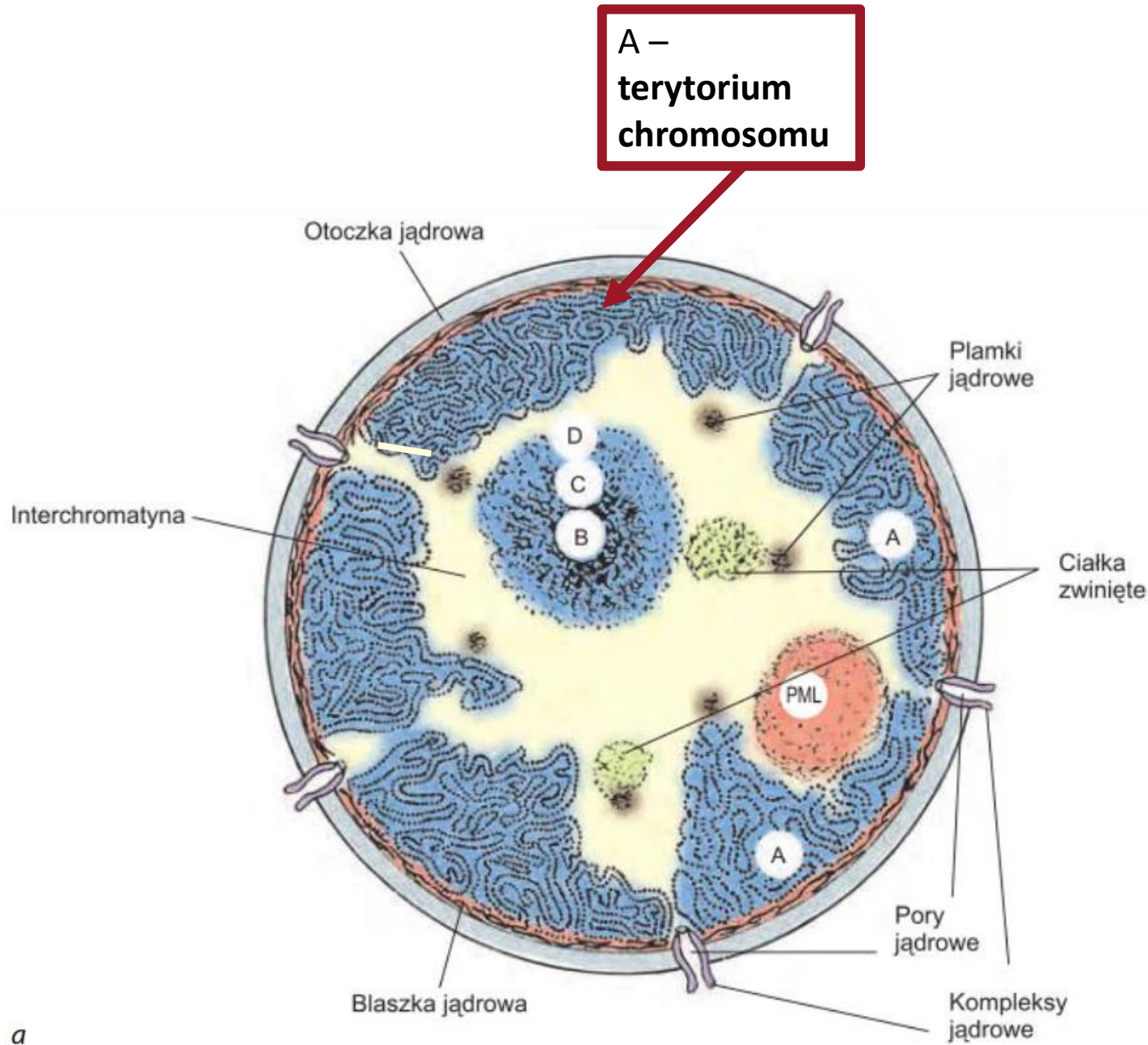
- ogólna budowa jądra komórkowego w interfazie:
 - otoczka jądrowa → podwójna błona białkowo-lipidowa + pory
 - plazma jądrowa = karioplazma = nukleoplazma
 - chromatyna → DNA + białka ← chromosomy
 - organelle jądrowe:
 1. jąderka
 2. ciałka
 1. ciałka zwinięte = Cajala
 2. ciałka PML
 3. plamki jądrowe
 - interchromatyna – karioplazma poza chromatyną i między organelami jądrowymi
 - kariolimfa = sok jądrowy – płyn przenikający składniki jądra
- macierz jądra = nukleoskielet
 - blaszka jądrowa → laminy
 - filenty i ziarenka **wewnątrz jądra** – białka **matryny** i laminy
 - replisomy i splicesomy



Ogólna budowa jądra - schemat



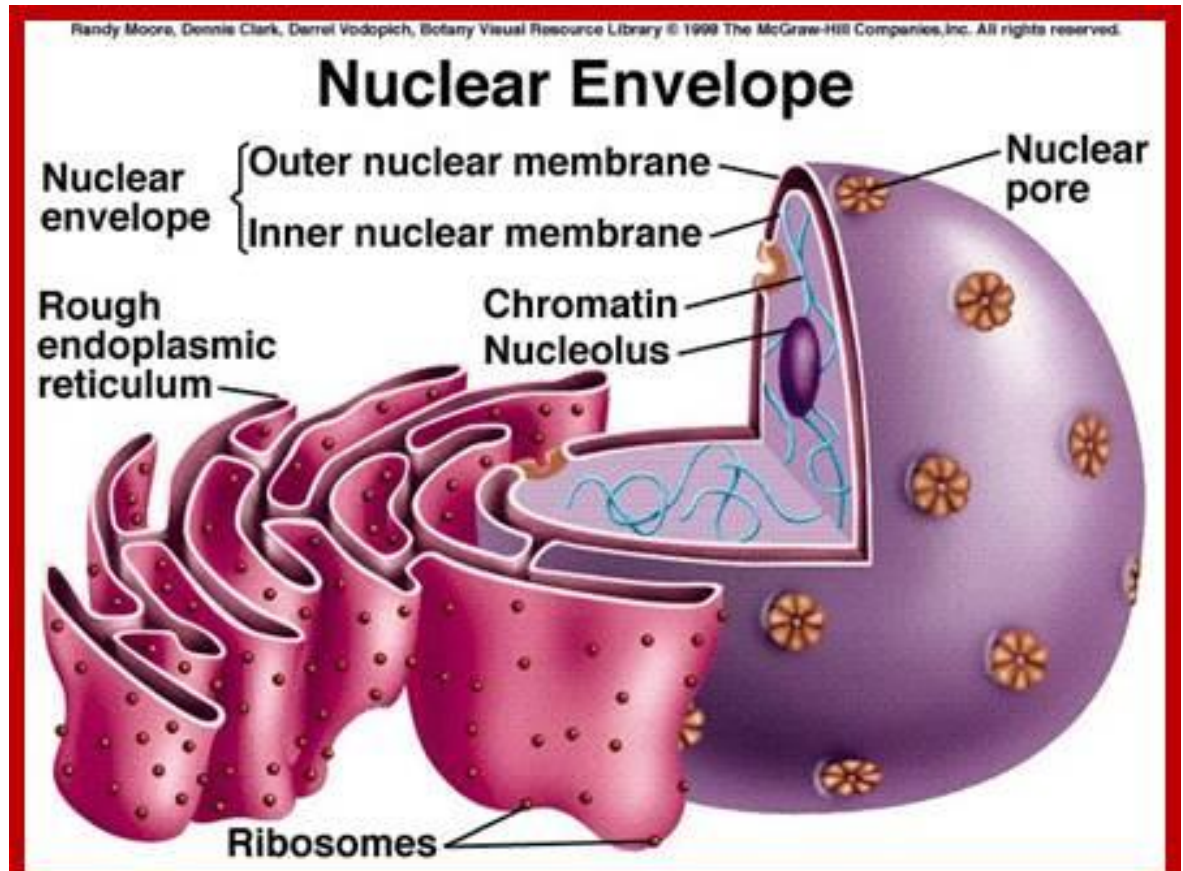
Ogólna budowa jądra - schemat



a

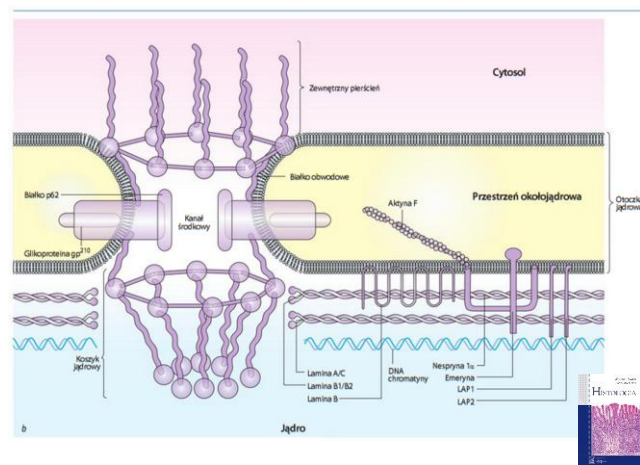
Otoczka jądrowa

- ang. *nuclear envelope*
- **2 błony lipidowo-białkowe**
- **liczne pory jądrowe**

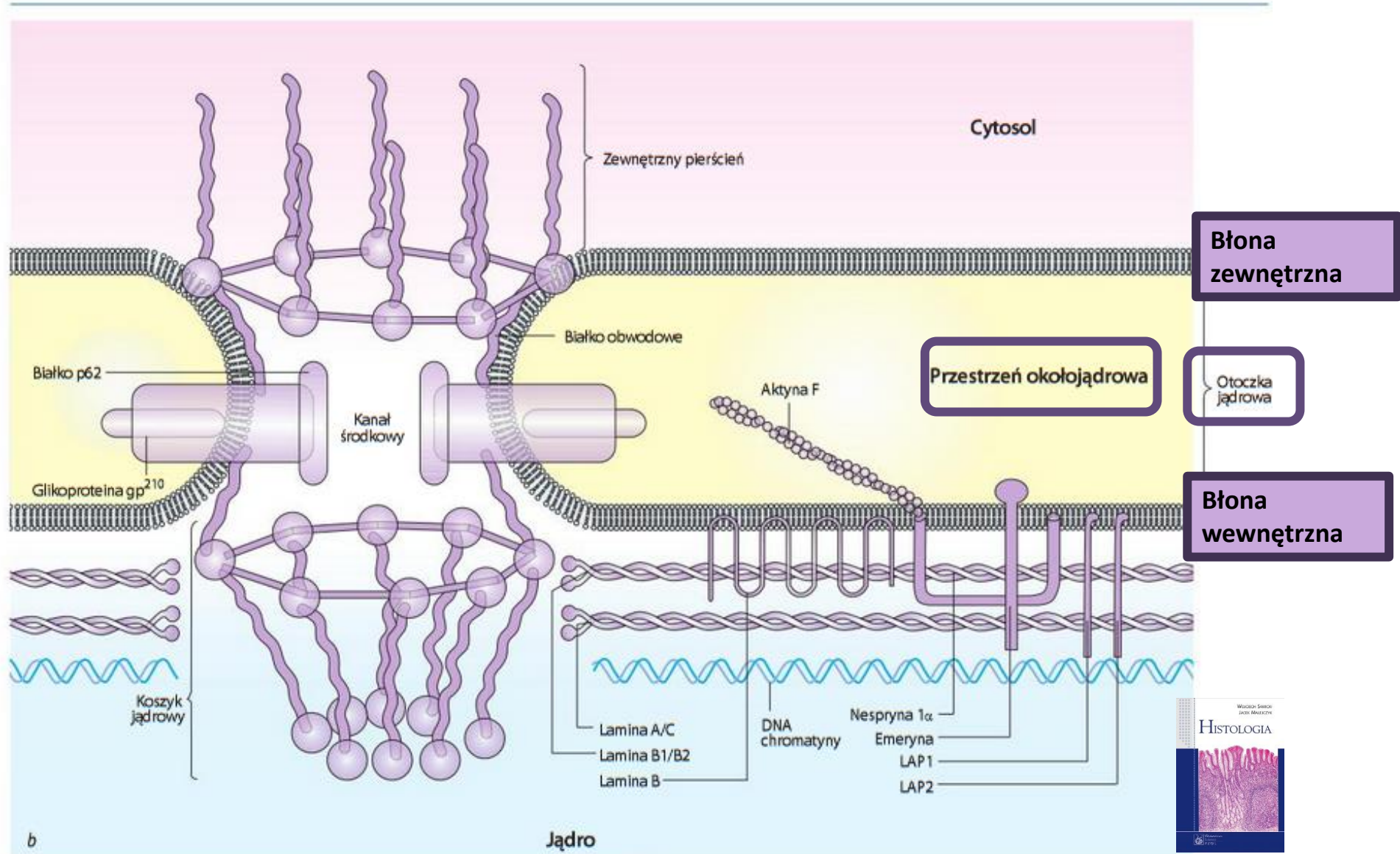


błony lipidowo-białkowe

- **Dwie błony**
 - zewnętrzna i wewnętrzna
 - grubość 5-8 nm każda
- **łączą się w obrębie kompleksów porowych**
- **między błonami – przestrzeń okołojądrowa /przestrzeń perinuklearna**
 - szerokość ok 30 nm
 - w pewnych miejscach ciągłość światła z RER



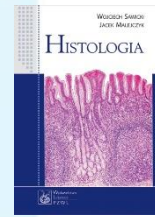
błony lipidowo-białkowe (cd.)



Błona zewnętrzna

Otoczka jądrowa

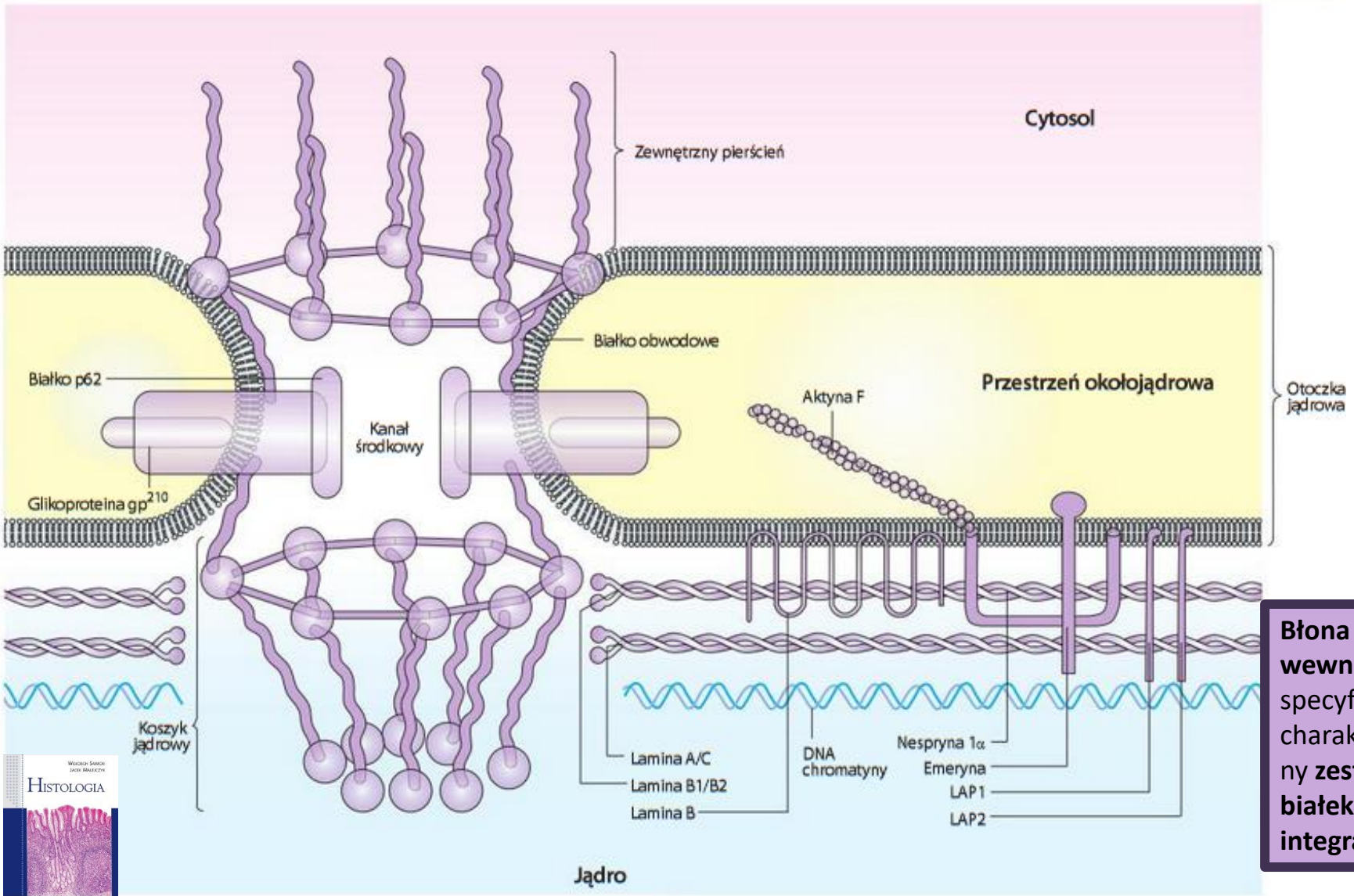
Błona wewnętrzna



błony lipidowo-białkowe (cd.)

- **asymetryczne, funkcjonalnie i strukturalnie różne**
 - **zewnątrzna** (ang. *outer nuclear membrane*, ONM)
 - ‘płynnie’ przechodzi w RER
 - **wewnętrzna** (ang. *inner nuclear membrane*, INM) posiada specyficzny i charakterystyczny **zestaw białek integralnych**
 1. **białka z rodziny LAP1** (izoformy α , β i γ) (ang. *lamina associated polypeptide 1*)
 2. **białka z rodziny LAP2** (izoformy β i γ)
 3. **emeryna**
 4. **MAN1**
 5. **nespryny** (występują również w ONM)
 6. **kompleks białkowy związany z receptorem laminy B** (ang. LBR - lamin B receptor, p58, lamina B),
 7. **YA** (ang. young arrest)
 8. **otefina**
 9. **ryboforyna**

błony lipidowo-białkowe (cd.)



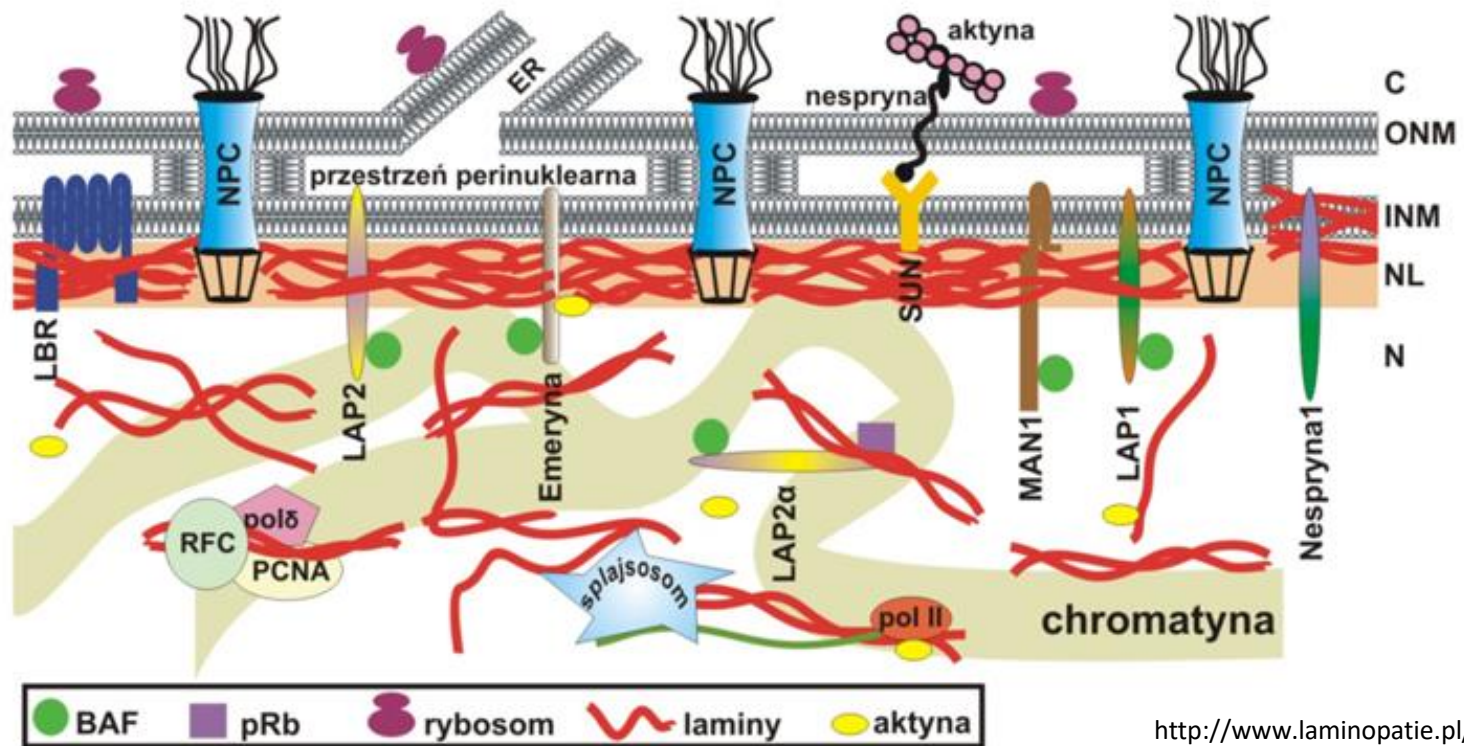
Błona wewnętrzna-specyficzny i charakterystyczny zestaw białek integralnych



Otoczka jądrowa (cd.)

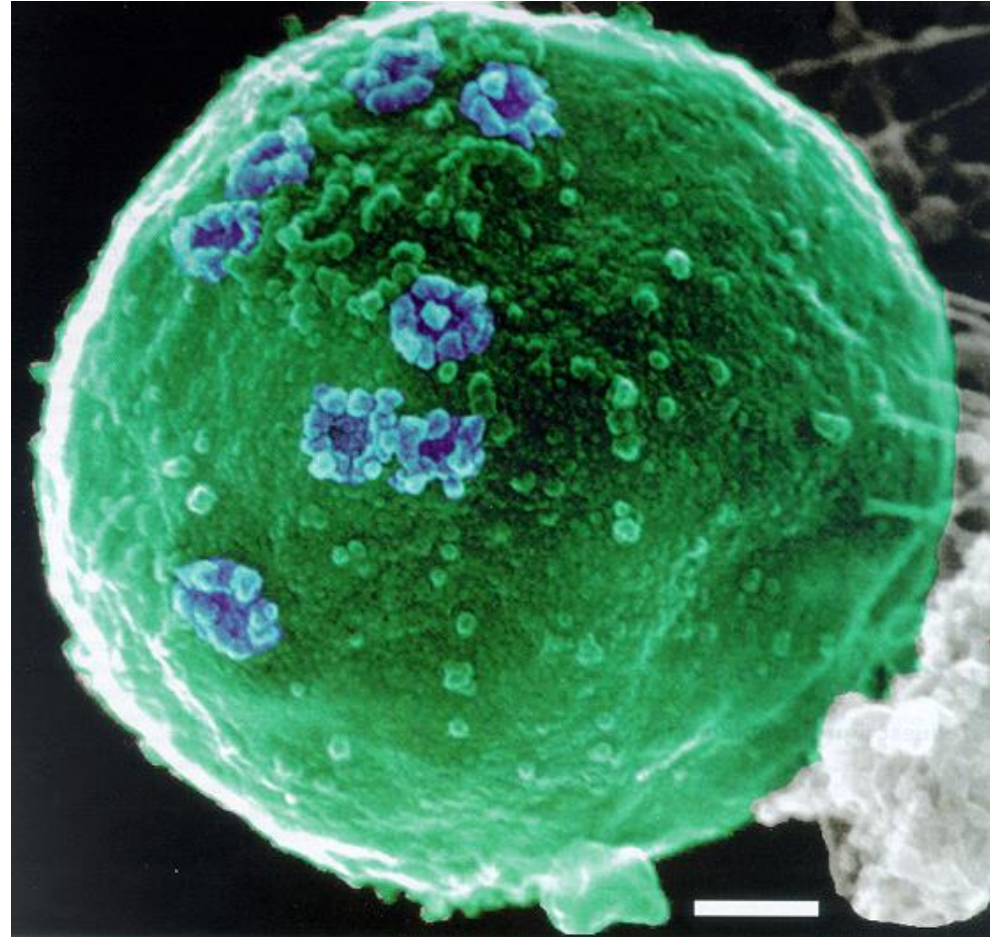
- białka integralne:

- białka z rodziny LAP1 (izoformy α , β i γ), LAP2 (izoformy β i γ), emeryna, MAN1, nespryny, kompleks białkowy związany z receptorem laminy B, YA, otefina i ryboforyna



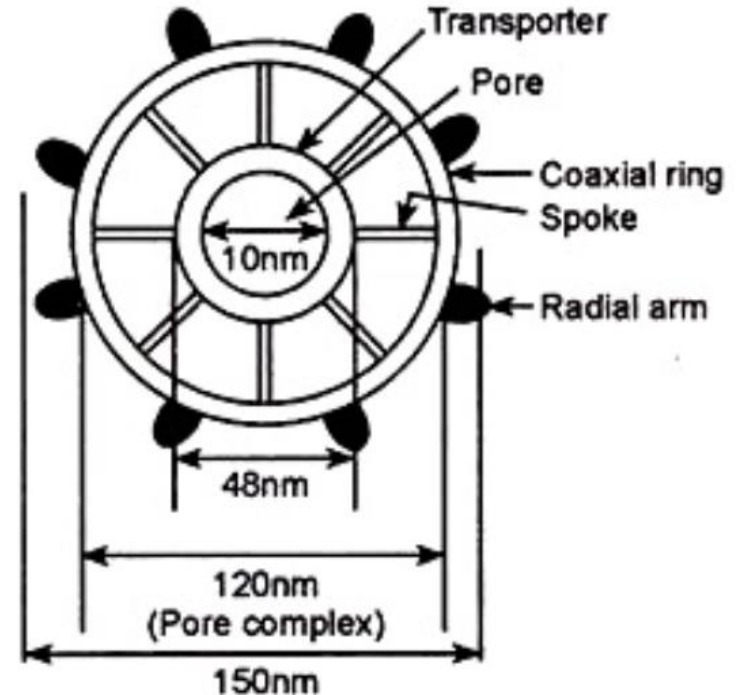
Pory jądrowe

- w otoczce – liczne otwory →
tzw. **pory jądrowe**
 - w obrębie porów **obie błony otoczki łączą się**
 - ok. 10-20 porów/ μm^2 ,
 - w hepatocytach ok. 3000-7000 porów



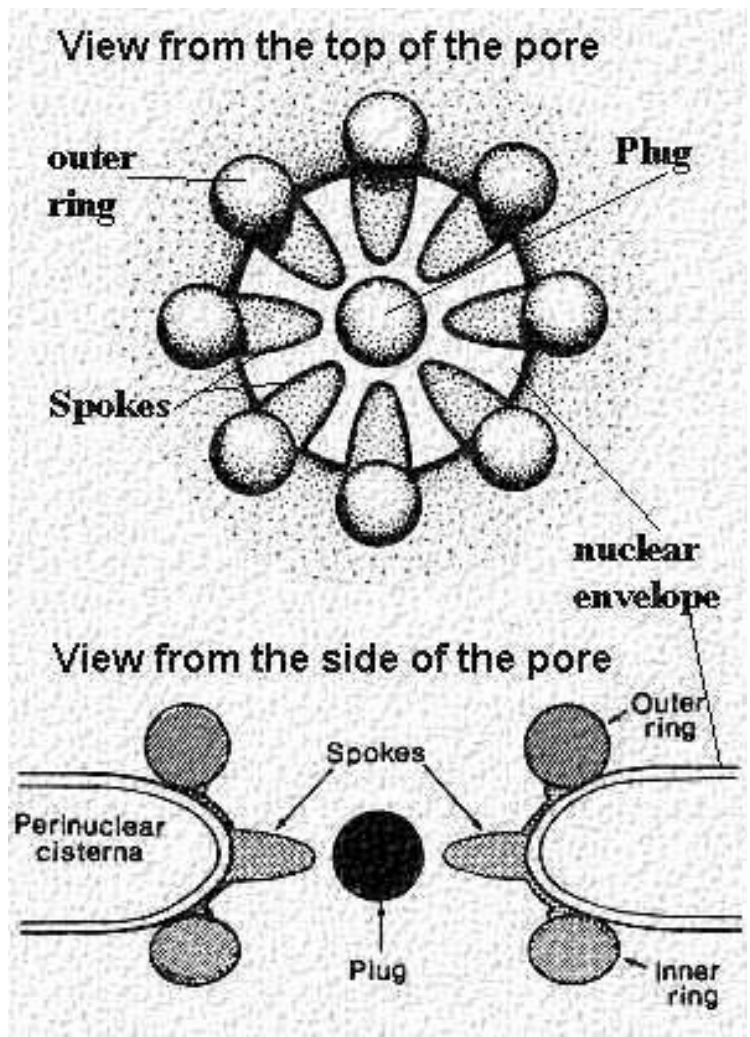
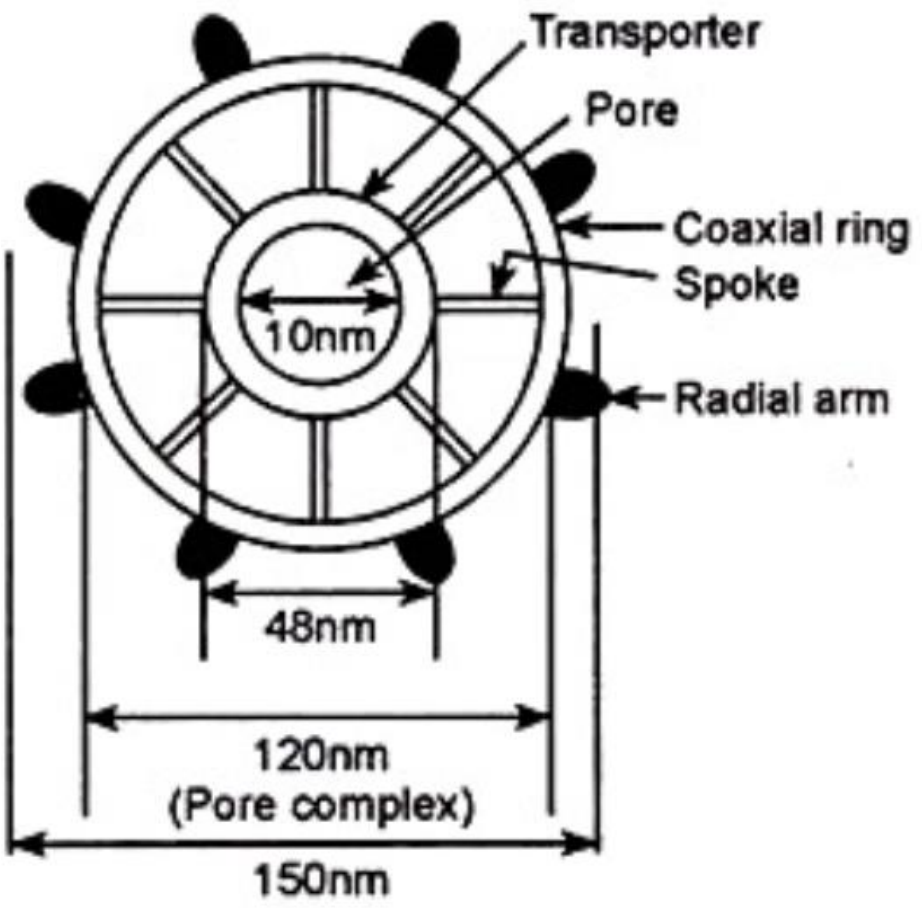
Por jądrowy & kompleks pora

- w obrębie poru jądrowego → **kompleks pora = jądrowy kompleks porowy**
 - zbudowany z **nukleoporyn i wielu wielu innych białek**
 - o oktagonalnej (1-8) symetrii
 - o średnicy zewnętrznej
→ **120-150 nm**,
 - (średnica wewnętrzna kompleksu - 80 nm)
 - zewnętrzna średnica transportera wewnątrz kompleksu → **48 nm**
 - wewnętrzna średnica kanału transportera → **10 nm**



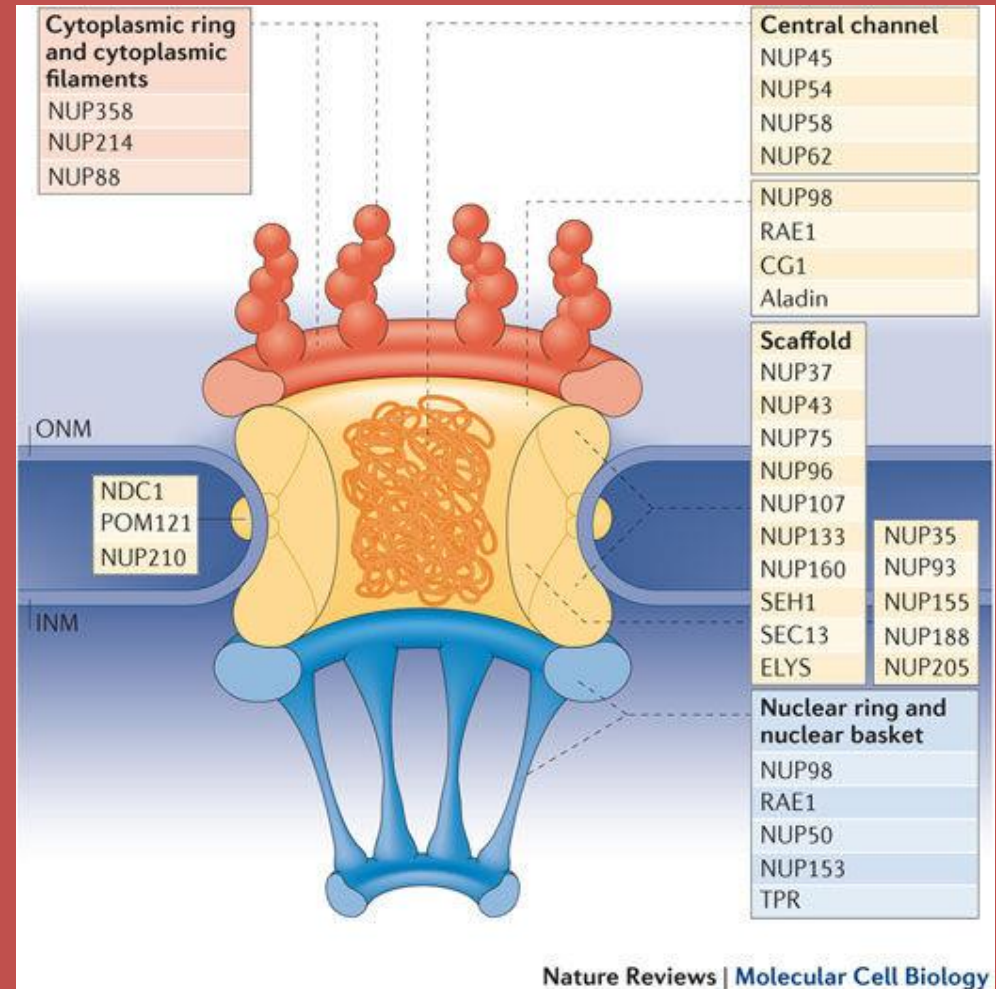
widok z góry

Otoczka jądrowa



Jądrowy kompleks porowy

1. zewnętrzny pierścień cytoplazmatyczny + cytoplazmatyczne filamenty
2. rusztowanie kanału pora
 - szczelbelki / szprychy
 - kanał środkowy - wewnętrzna średnica 10 nm (może ulegać zwiększeniu do 26 nm)
3. wewnętrzny pierścień jądrowy i koszyk jądrowy



Jądrowy kompleks porowy

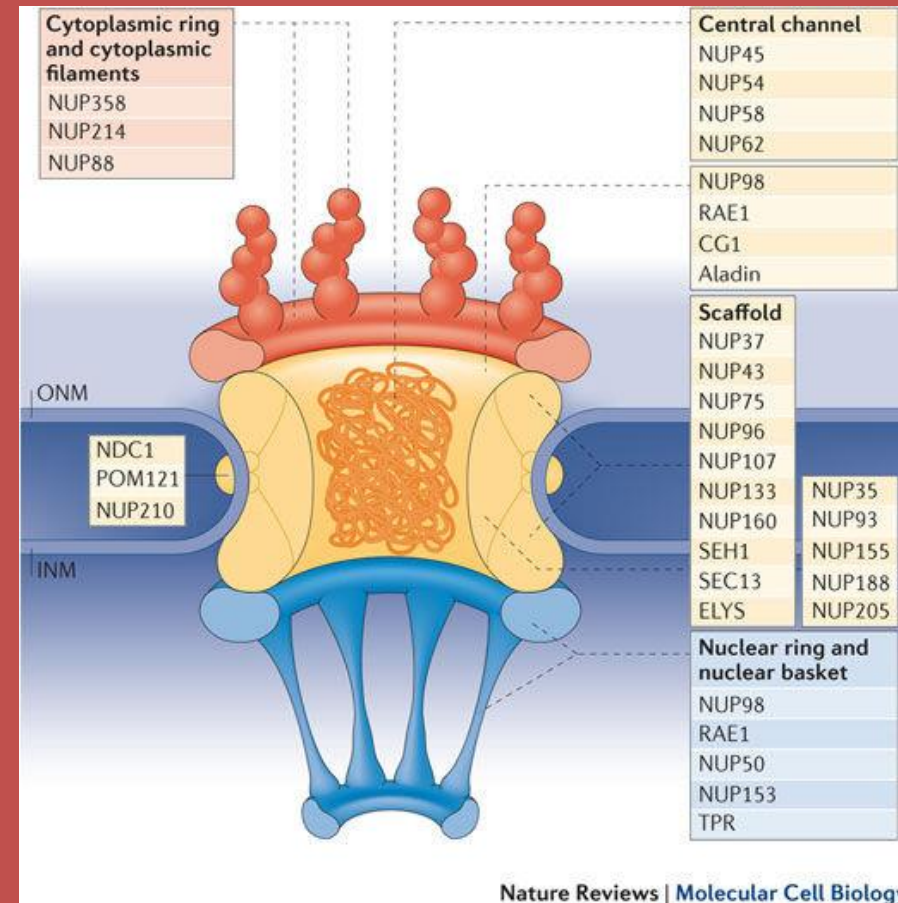
• kanał pora

1. transport zgodnie z gradientem stężeń (dyfuzja) cząsteczek o średnicy do 9-10 nm, i o masie cząsteczkowej do 50kD

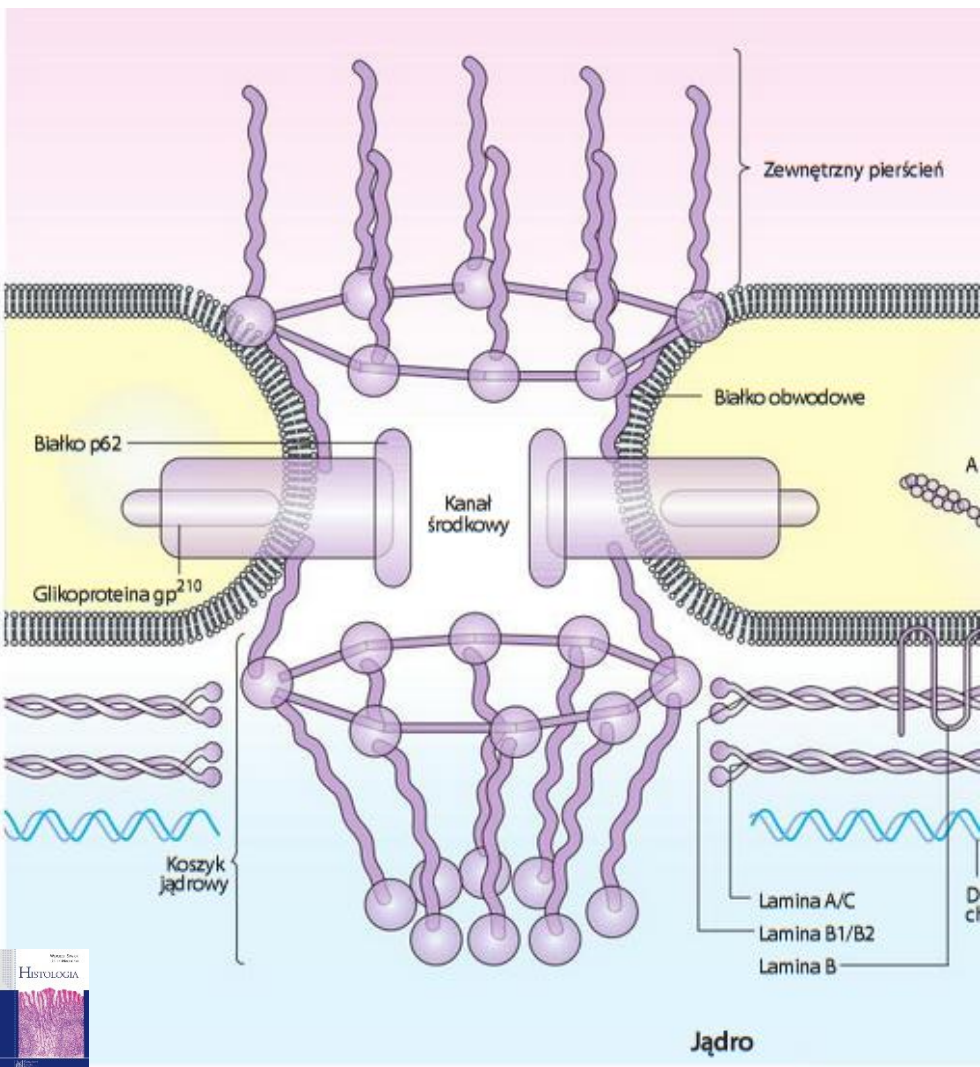
2. transport aktywny

• karioferyny

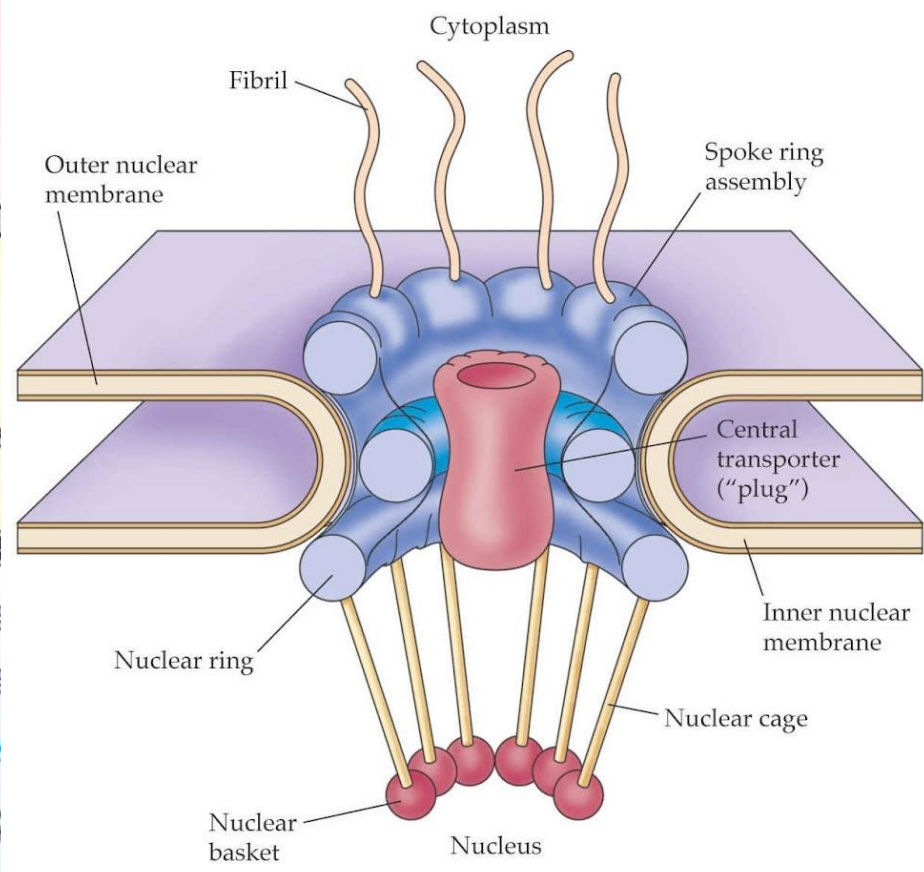
- eksportyny i importyny
- sekwencje sygnałowe (NES, NLS)
- GTP



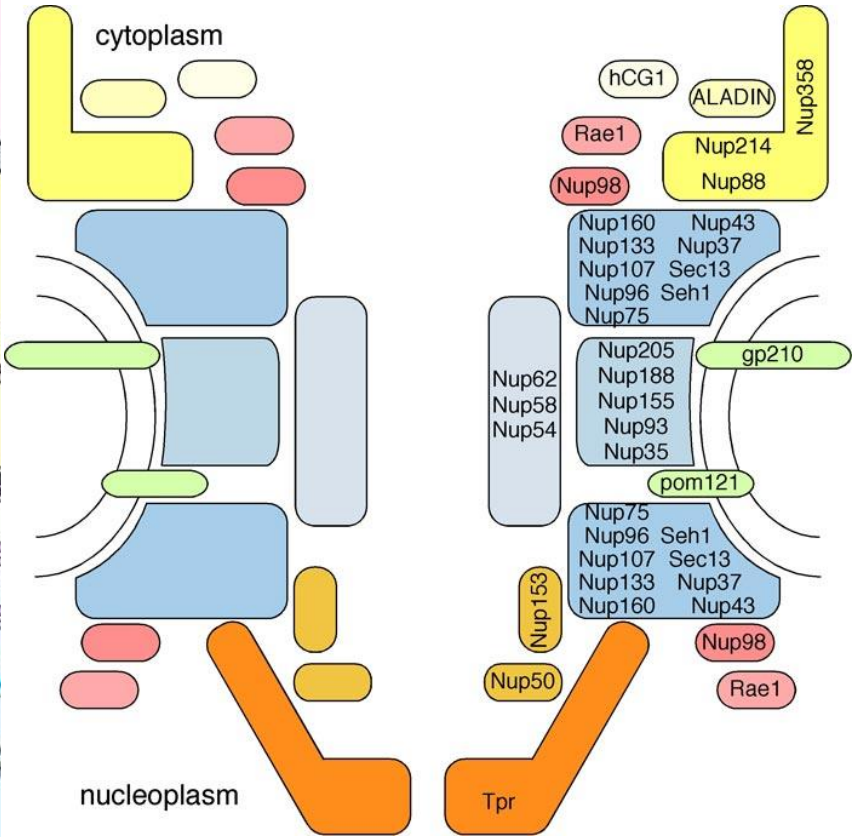
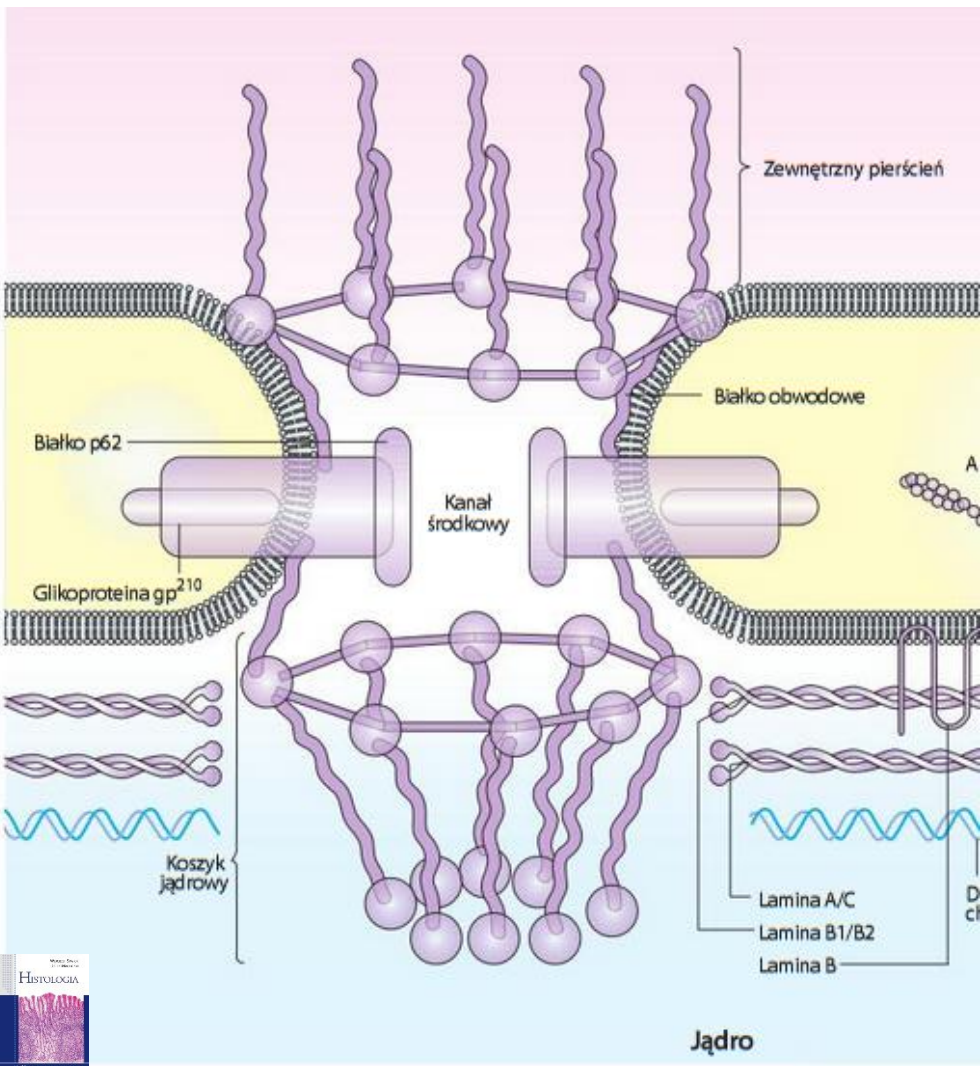
Por jądrowy



(A)



Por jądrowy

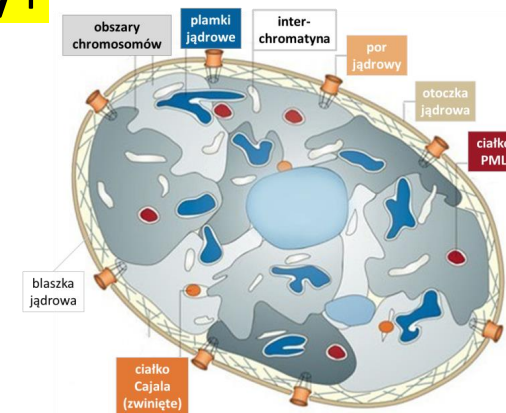


<https://link.springer.com/article/10.1007/s10555-011-9287-y>



Jądro komórkowe cd.

- ogólna budowa jądra komórkowego w interfazie:
 - otoczka jądrowa
 - plazma jądrowa = karioplazma = nukleoplazma
 - **macierz jądra = nukleoskielet**
 - blaszka jądrowa → laminy
 - filamenty i ziarenka **wewnątrz jądra** – białka matryny i laminy
 - replisomy i splicesomy

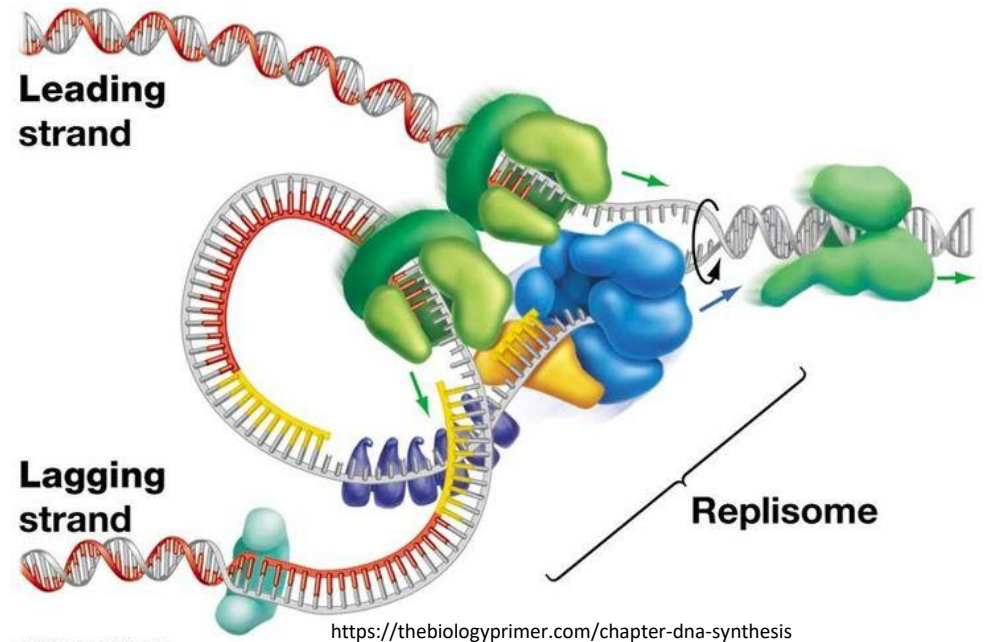
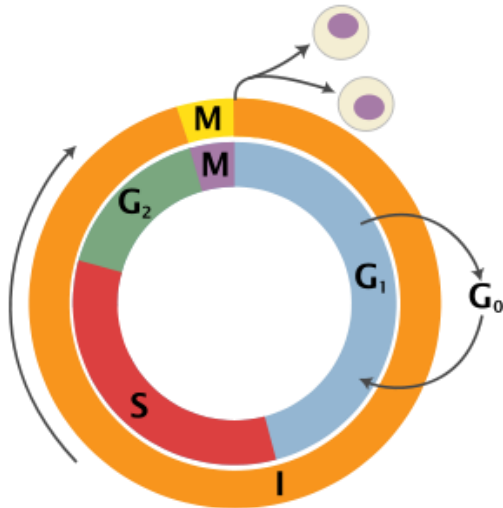


Blaszka jądrowa

- → pod otoczką jądrową
 - **laminy** – filamenty **pośrednie** typu **V**
 - powierzchnia
 - **zewnątrzna**
 - stabilizuje pory, odpowiada za kształt jądra
 - **wewnętrzna**
 - stabilizuje włókienka chromatyny
 - **na początku fazy podziału → fragmentacja otoczki i blaszki jądrowej**
 - rola układu **dyneina – mikrotubule**
 - **fosforylacja** laminy blaszki jądrowej **przez kinazę fazy M (MPF)**

Replisomy

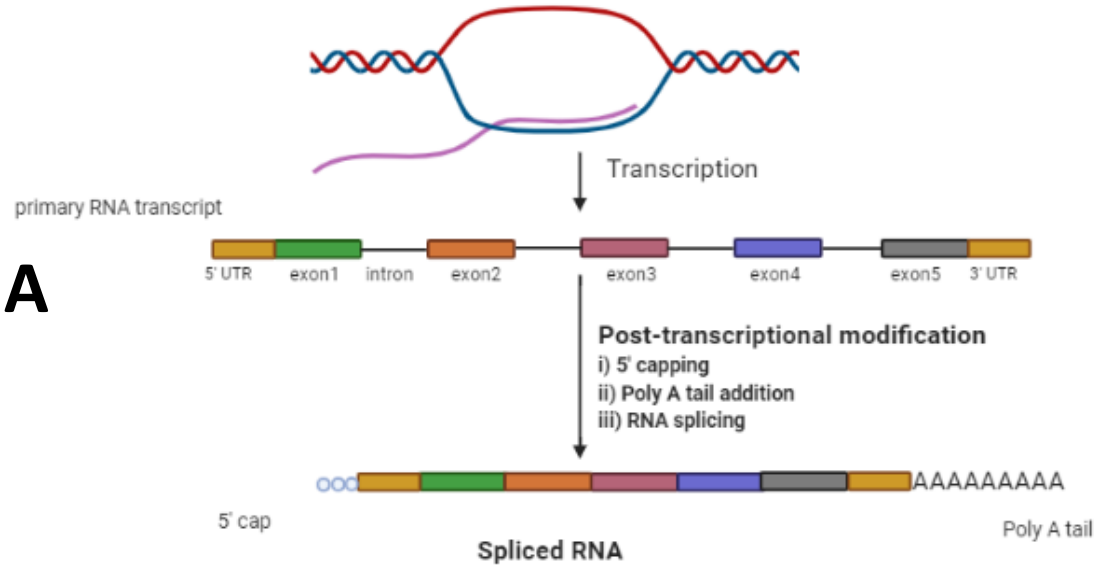
wieloenzymatyczne kompleksy, które przeprowadzają **syntezę DNA**



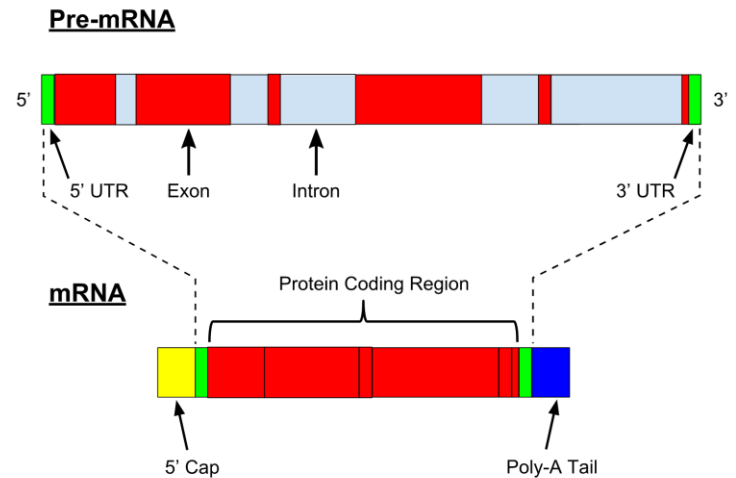
Spliceosom

- kompleks białek i RNA, który bierze udział w wycinaniu intronów z **pre-mRNA** w procesie tzw. splicingu.

- 2 rodzaje spliceosomów
 - klasyczny
 - alternatywny



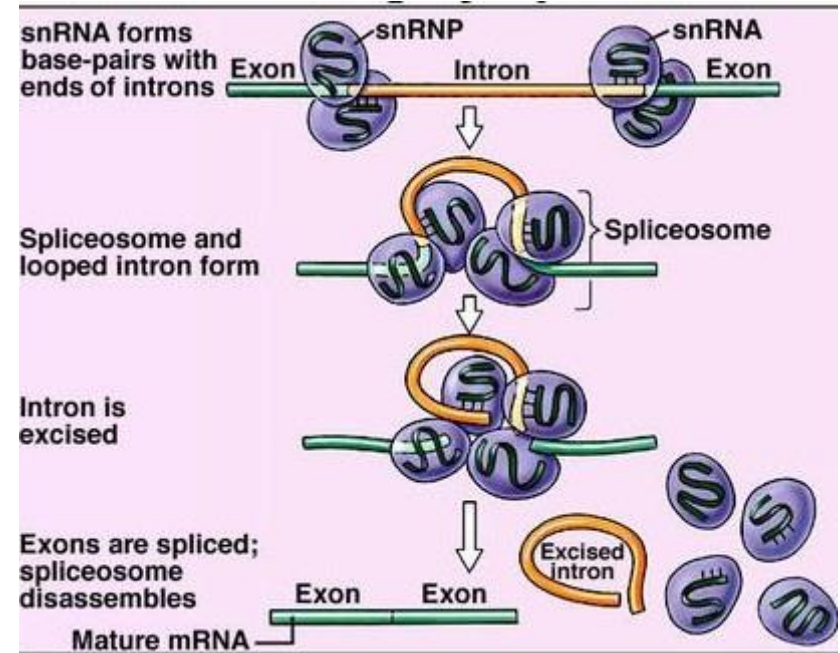
<https://www.onlinebiologynotes.com/rna-processing-in-eukaryotes/>



<https://biokimicroki.com/messenger-rna-processing-in-eukaryotes/>

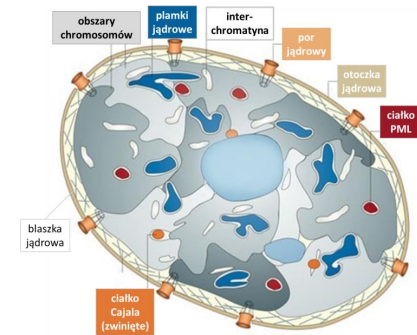
Spliceosom

- klasyczny spliceosom
 - 5 małych jądrowych nukleoprotein (snRNP, czyli białka + snRNA), zwanych U1, U2, U4, U5 i U6.
 - wycina introny mające sekwencję GU na 5'-końcu i AG na 3'-końcu.



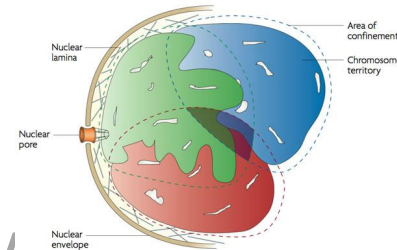
Jądro komórkowe cd.

- ogólna budowa jądra komórkowego w interfazie:
 - otoczka jądrowa
 - plazma jądrowa = **karioplazma** = nukleoplazma
 - **chromatyna**
 - organelle jądrowe:
 1. jąderka
 2. ciałka
 1. ciałka zwinięte = Cajala
 2. ciałka PML
 3. plamki jądrowe
 - **interchromatyna** – karioplazma poza chromatyną i między organelami jądrowymi
 - **kariolimfa** = **sok jądrowy** – płyn przenikający składniki jądra
 - macierz jądra = nukleoskielet



Chromatyna

- **liniowe** fragmenty **dsDNA + białka** zasadowe
- liczba liniowych fragmentów dsDNA w jądrze ludzkiej komórki somatycznej (diploidalnej) wynosi **46** czyli **23** pary
 - 22 pary (44 szt.) – ch. autosomalne
 - 1 para (2 szt.) – ch. płciowe (XX lub XY)
 - kariotyp – garnitur chromosomowy
- każda z par fragmentów dsDNA zajmuje określone terytorium (obszar) w jądrze komórkowym → pomiędzy terytoriami - **interchromatyna**

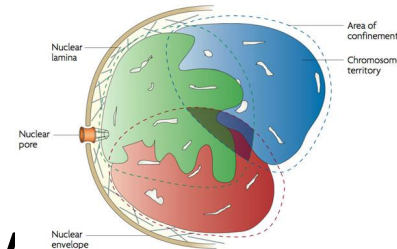


Po co chromatyna?

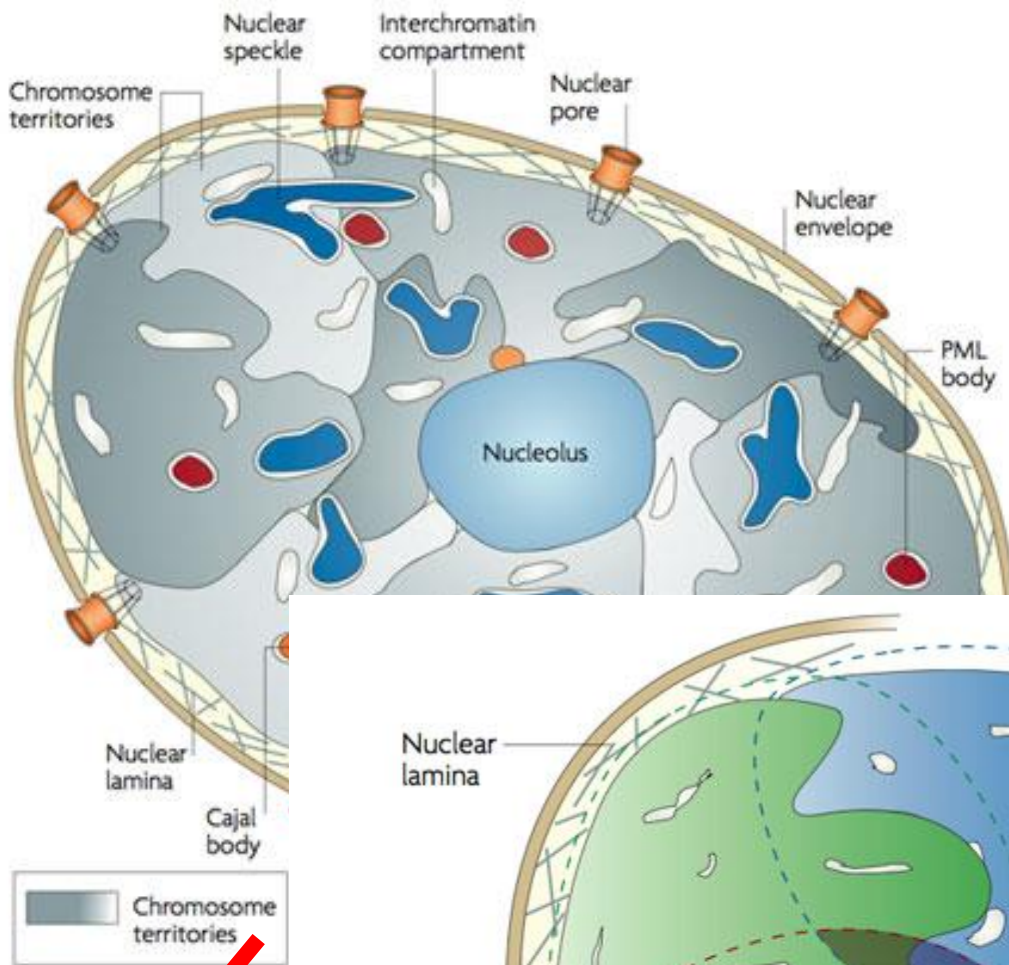
- Jedna komórka zawiera ~ 2 m DNA
- Jądro komórki ludzkiej ma średnicę ok. $6 \mu\text{m}$
- połączenie dsDNA z białkami
 - uporządkowane dynamiczne upakowanie DNA w jądrze interfazowym
 - zwiększa szansę prawidłowego rozdzielania materiału genetycznego do jąder komórek potomnych w czasie podziału jądra (kariokinezy)

Chromatyna

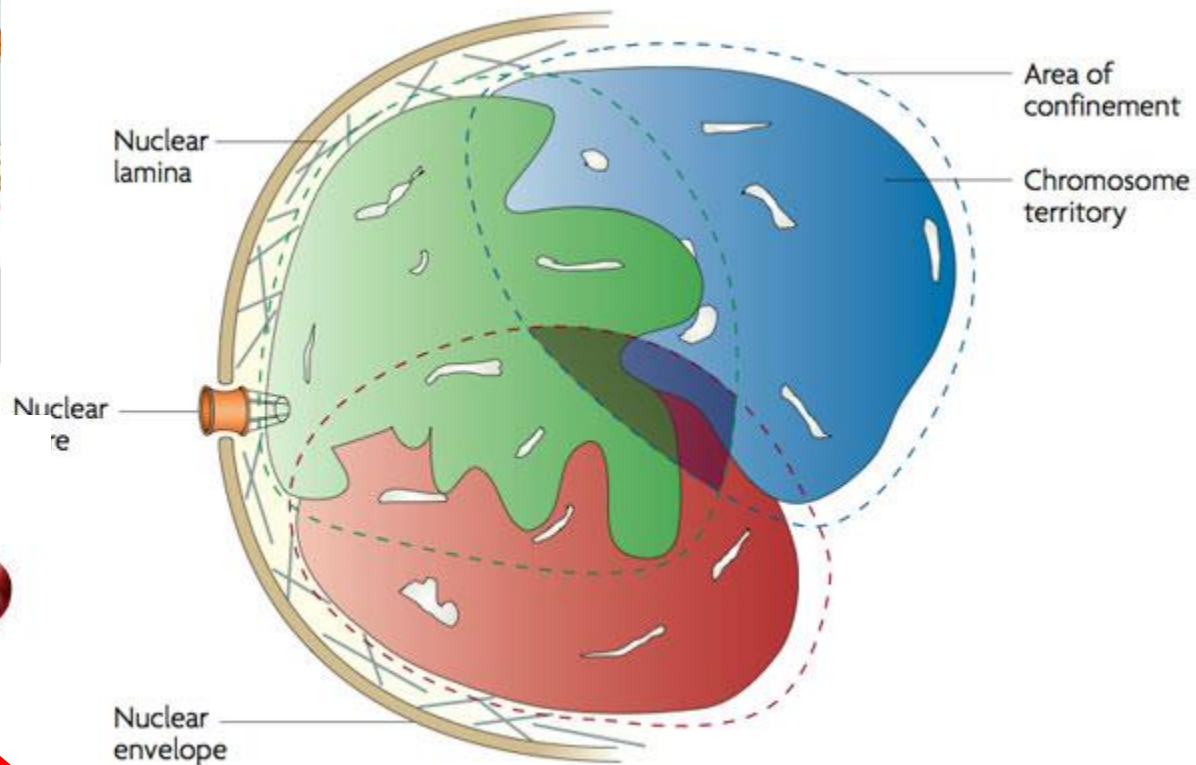
- liniowe fragmenty dsDNA + białka zasadowe
- liczba liniowych fragmentów dsDNA w jądrze ludzkiej komórki somatycznej (diploidalnej) wynosi **46** czyli **23** pary
 - 22 pary (44 szt.) – ch. autosomalne
 - 1 para (2 szt.) – ch. płciowe (XX lub XY)
 - kariotyp – garnitur chromosomowy
- każda z par fragmentów dsDNA zajmuje określone terytorium (obszar) w jądrze komórkowym → pomiędzy terytoriami - **interchromatyna**



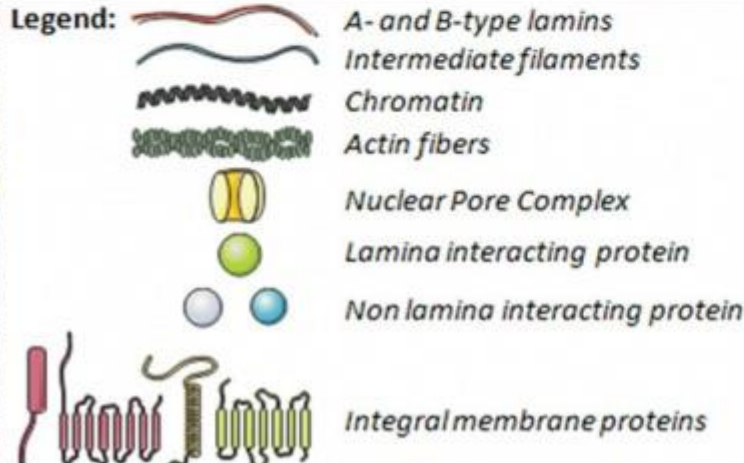
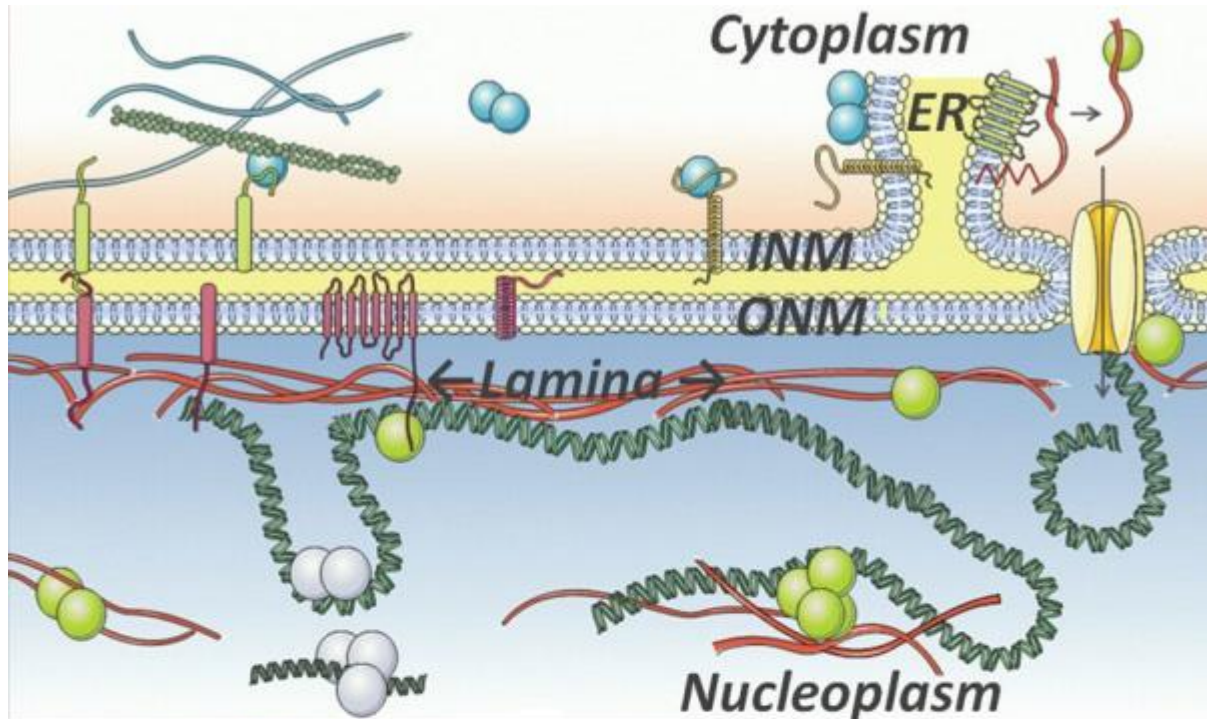
Terytoria chromosomów



oddziaływanie chromatyna - nukleoskielet

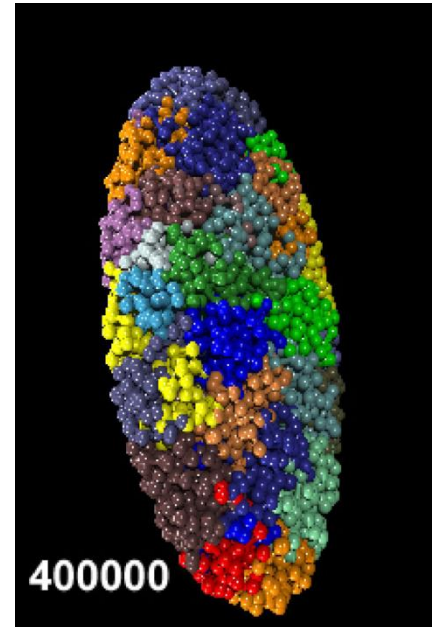
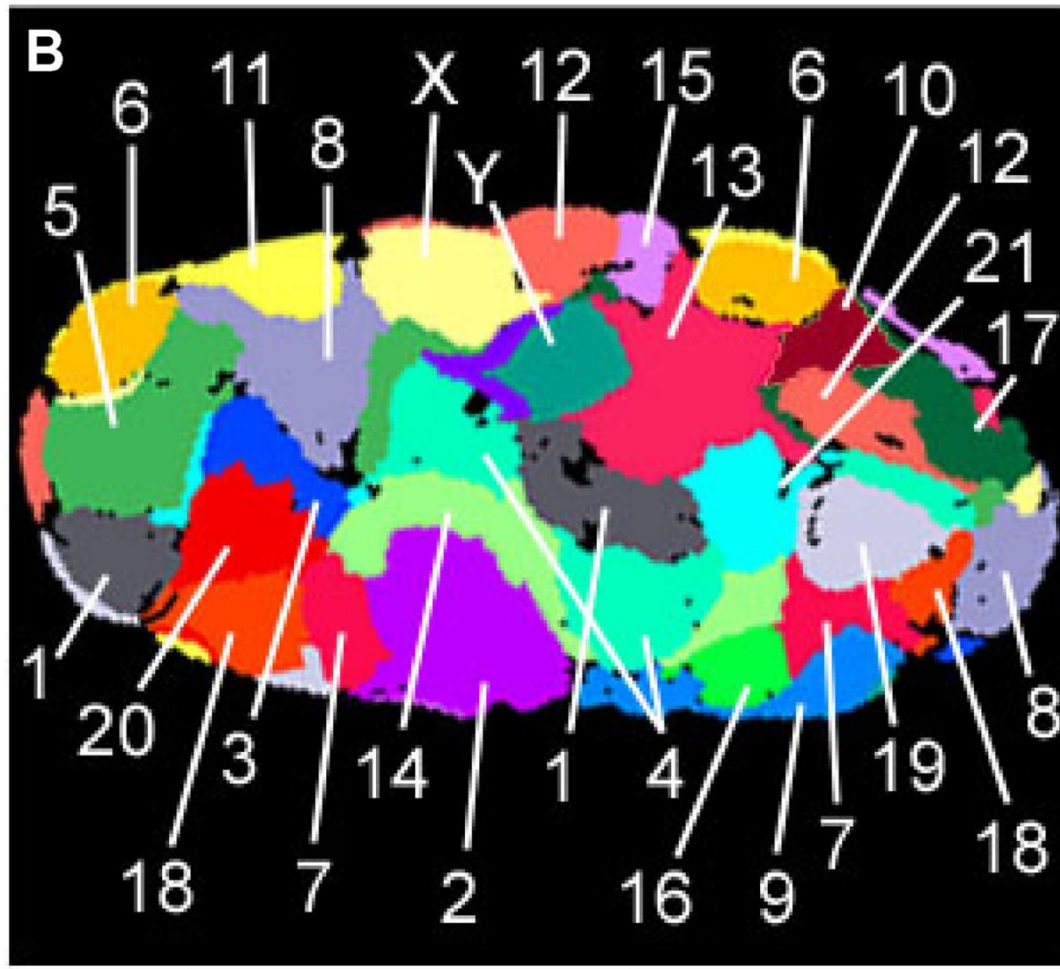


Oddziaływanie chromatyny z nukleoszkieletem

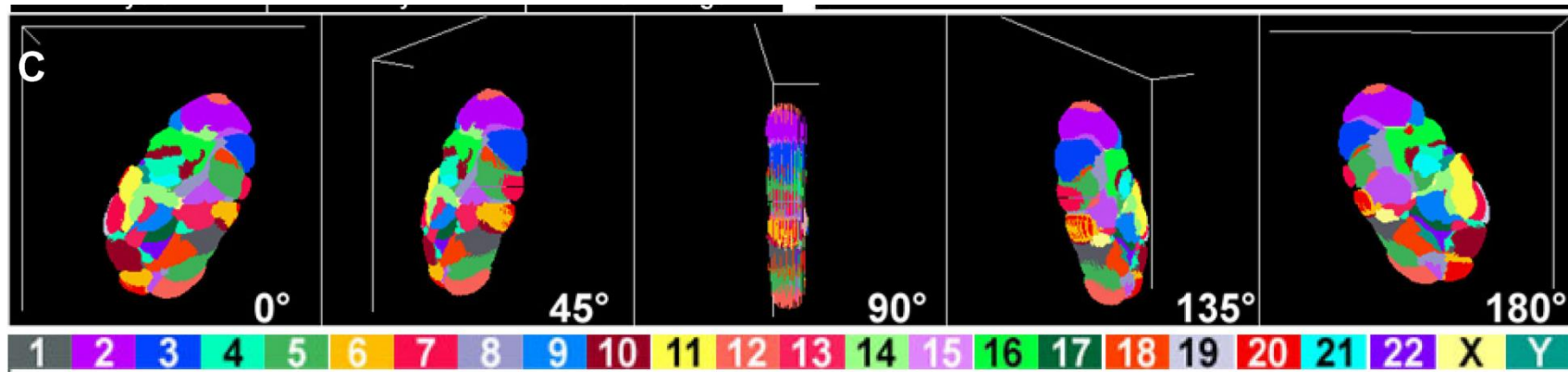


Lamina and lamina-interacting proteins

Terytoria chromosomów



PLoS Biol 3(5): e157



• Upakowanie DNA

– nukleosomy ⇒ nukleofilament

- włókienka podobne do sznura koralu =
włókienka o szerokości
10 nm

– włókienka o szerokości 30 nm (solenoid/zygzak)

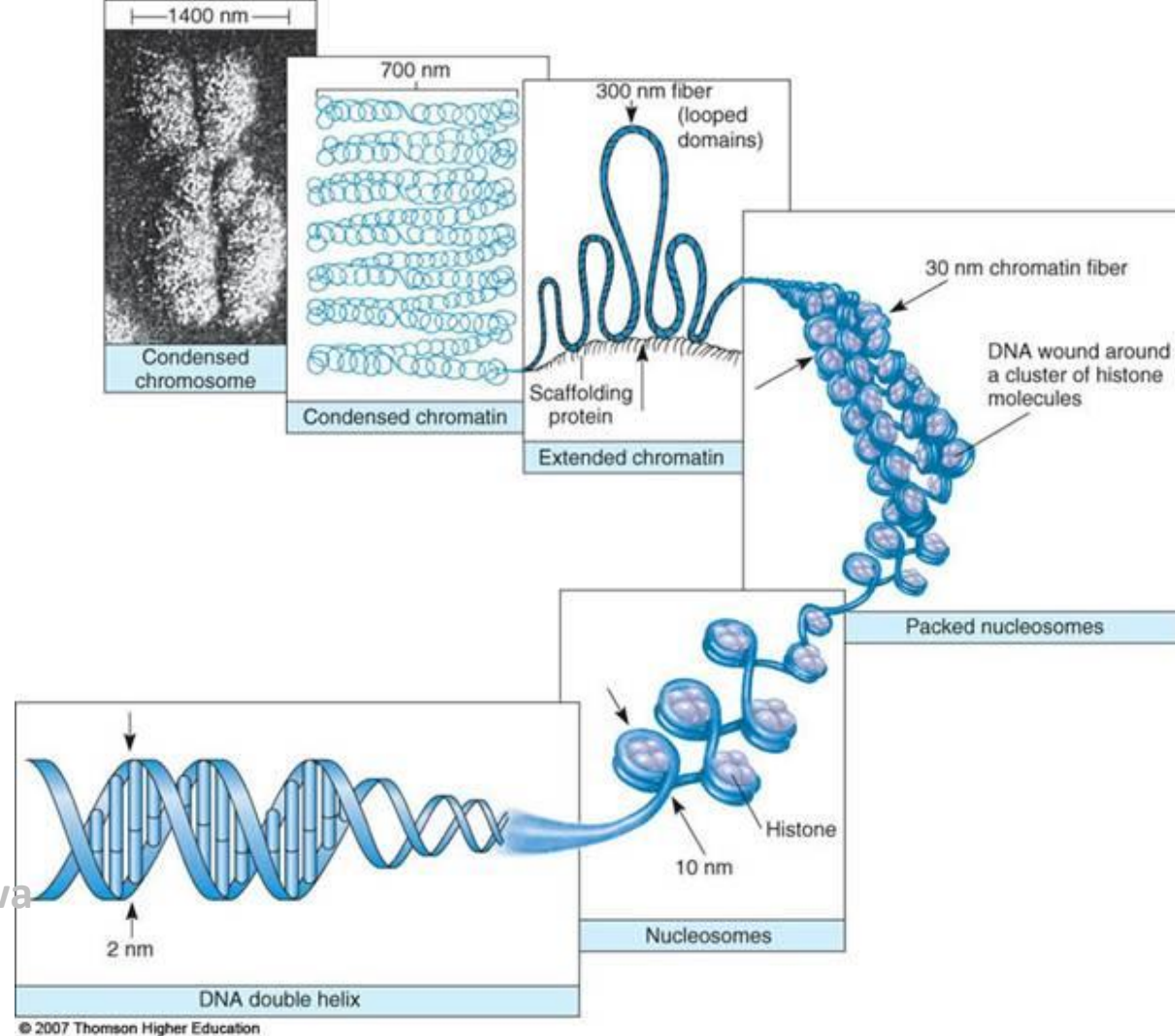
– pętle (300 nm)

odchodzące od białek
rusztowania macierzy
jądra

- **jednostka czynnościowa
jądra** – transkrypcja i
synteza DNA –
niezależnie od innych
pętli

– ‘typowe’ chromosomy

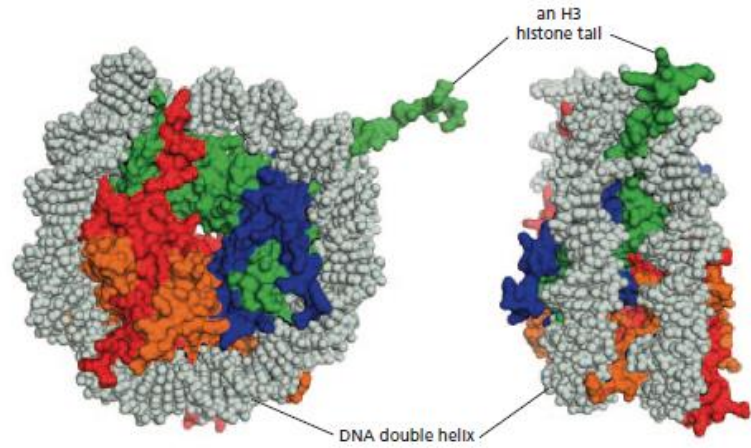
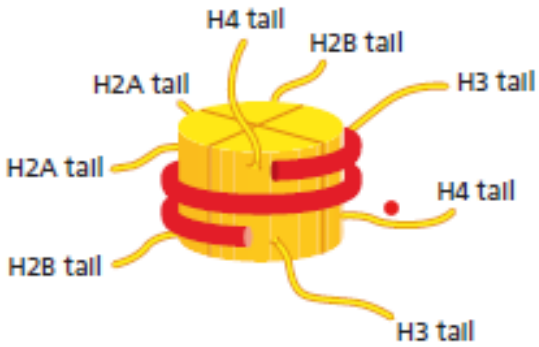
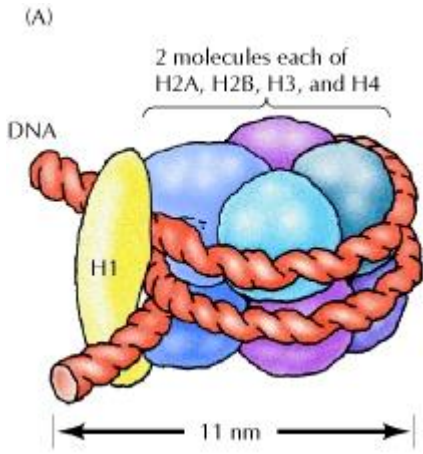
- 700 – 1400 nm



• Upakowanie DNA

– nukleosom

- rdzeń
 - **oktamer** z zasadowych, dodatnio naładowanych białek histonowych (**2x H2A, 2xH2B, 2xH3 i 2xH4**)
- **146 bp DNA, 1,65 obrotu**



● histone H2A ● histone H2B ● histone H3 ● histone H4

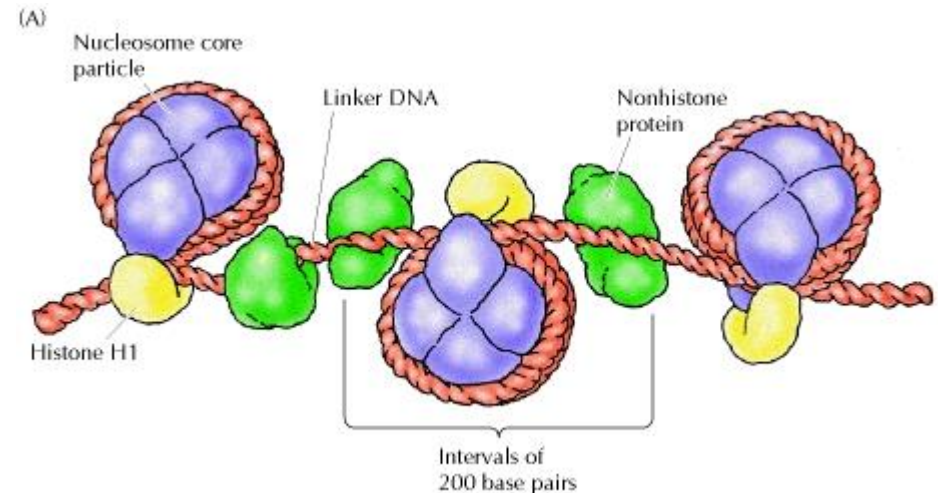
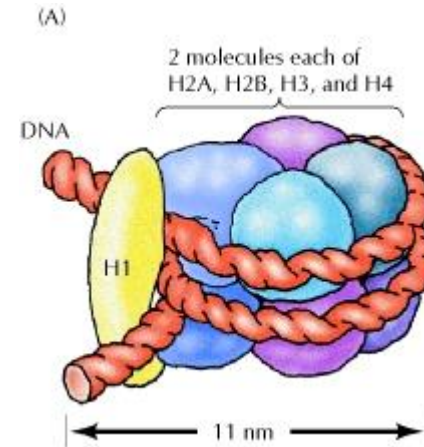
• Upakowanie DNA

– nukleosom

- rdzeń
 - **oktamer** z zasadowych, dodatnio naładowanych białek histonowych (**2x H2A, 2xH2B, 2xH3 i 2xH4**)
 - **146 bp DNA, 1,65 obrotu**

– nukleofilamenty

- włókienka podobne do sznura koralu = włókienka o szerokości **10 nm**
- ‘korale’ – **nukleosomy**
- pomiędzy nienawinięte DNA - **DNA łącznikowe**
- **H1 – stabilizuje strukturę od zewnątrz**
- **białka niehistonowe**



• Upakowanie DNA

– nukleosomy ⇒ nukleofilament

- włókienka podobne do sznura koralu =
włókienka o szerokości
10 nm

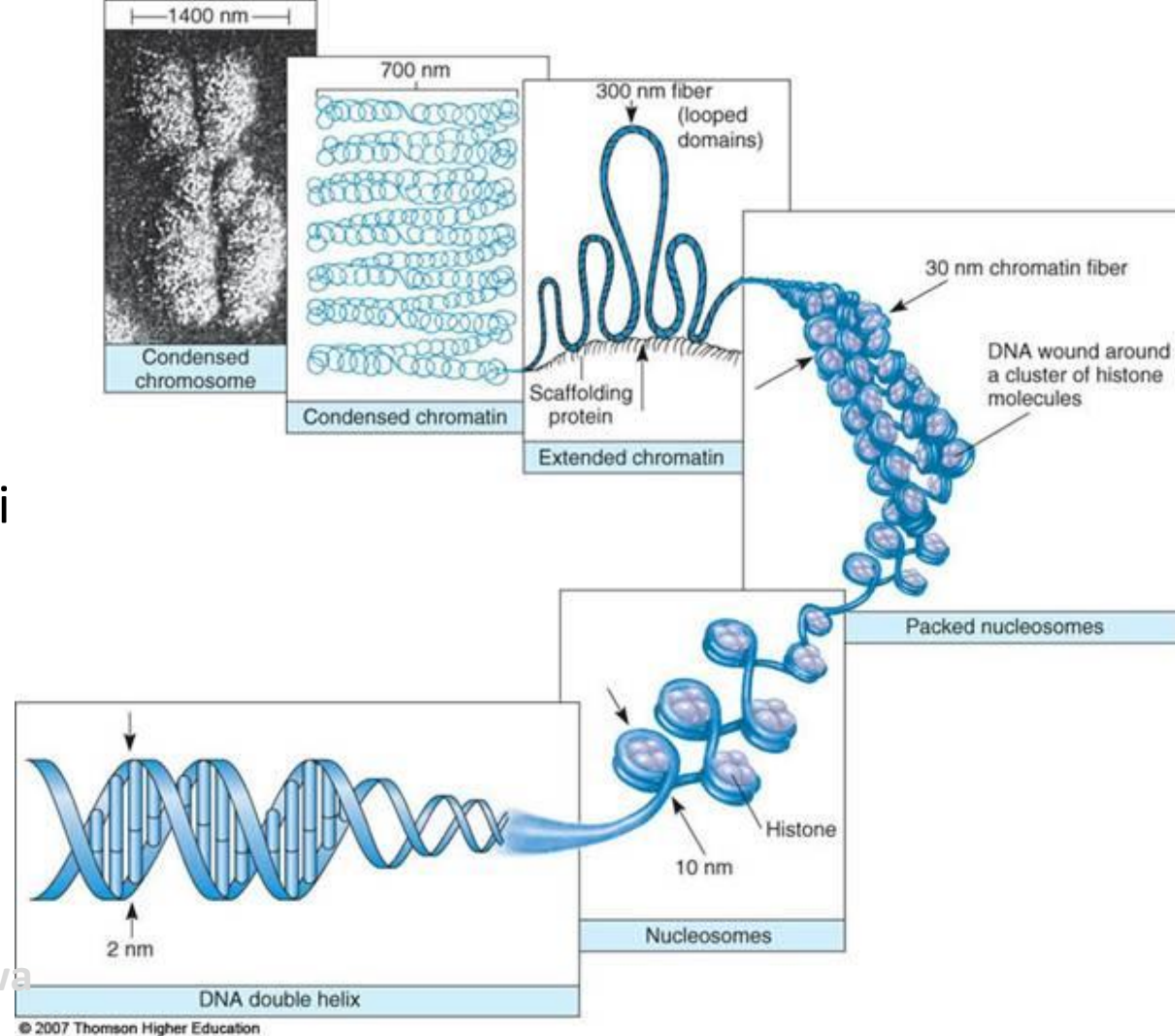
– włókienka o szerokości 30 nm (solenoid / zygzak)

– pętle (300 nm) odchodzące od białek rusztowania macierzy jądra

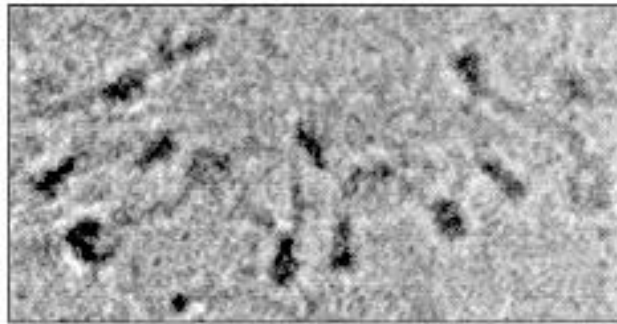
- jednostka czynnościowa
jądra – transkrypcja i
synteza DNA –
niezależnie od innych
pętli

– ‘typowe’ chromosomy

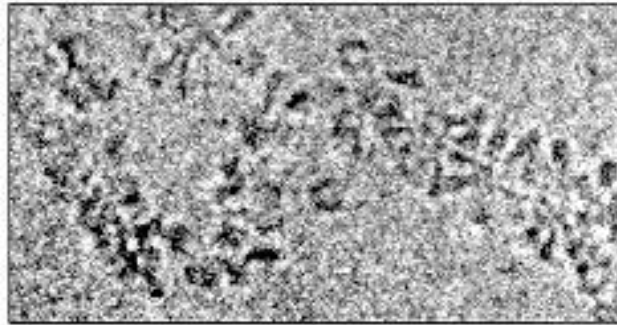
- 700 – 1400 nm



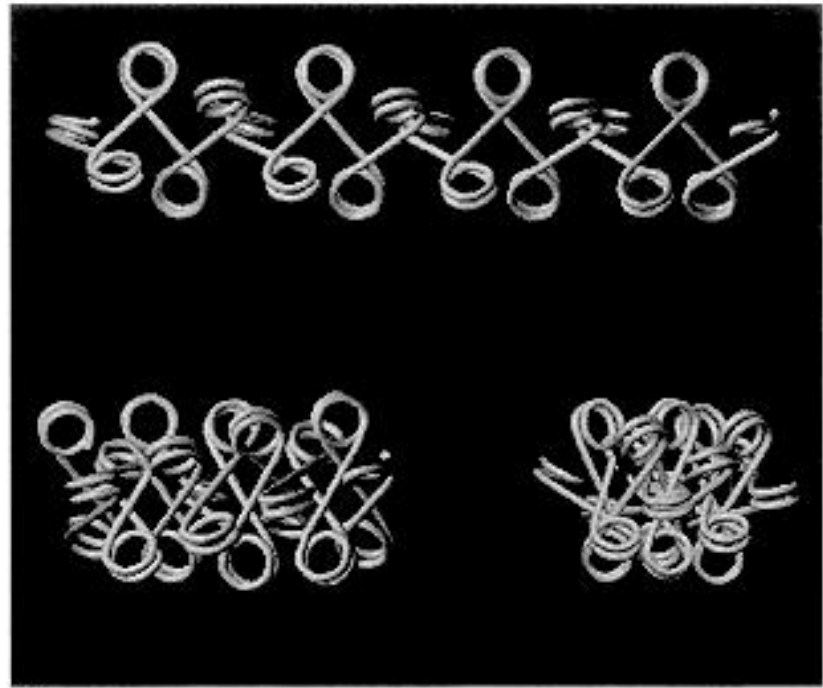
Nukleosomy pakowane w 30-nanometrowe włókna chromatyny - „model solenoidu” i „model zygzaka”



(A)



(B)



(C)

Fig. 5-25, Alberts i wsp., Podstawy Biologii Komórki, 2005

• Upakowanie DNA

– nukleosomy ⇒ nukleofilament

- włókienka podobne do sznura koralu =
włókienka o szerokości
10 nm

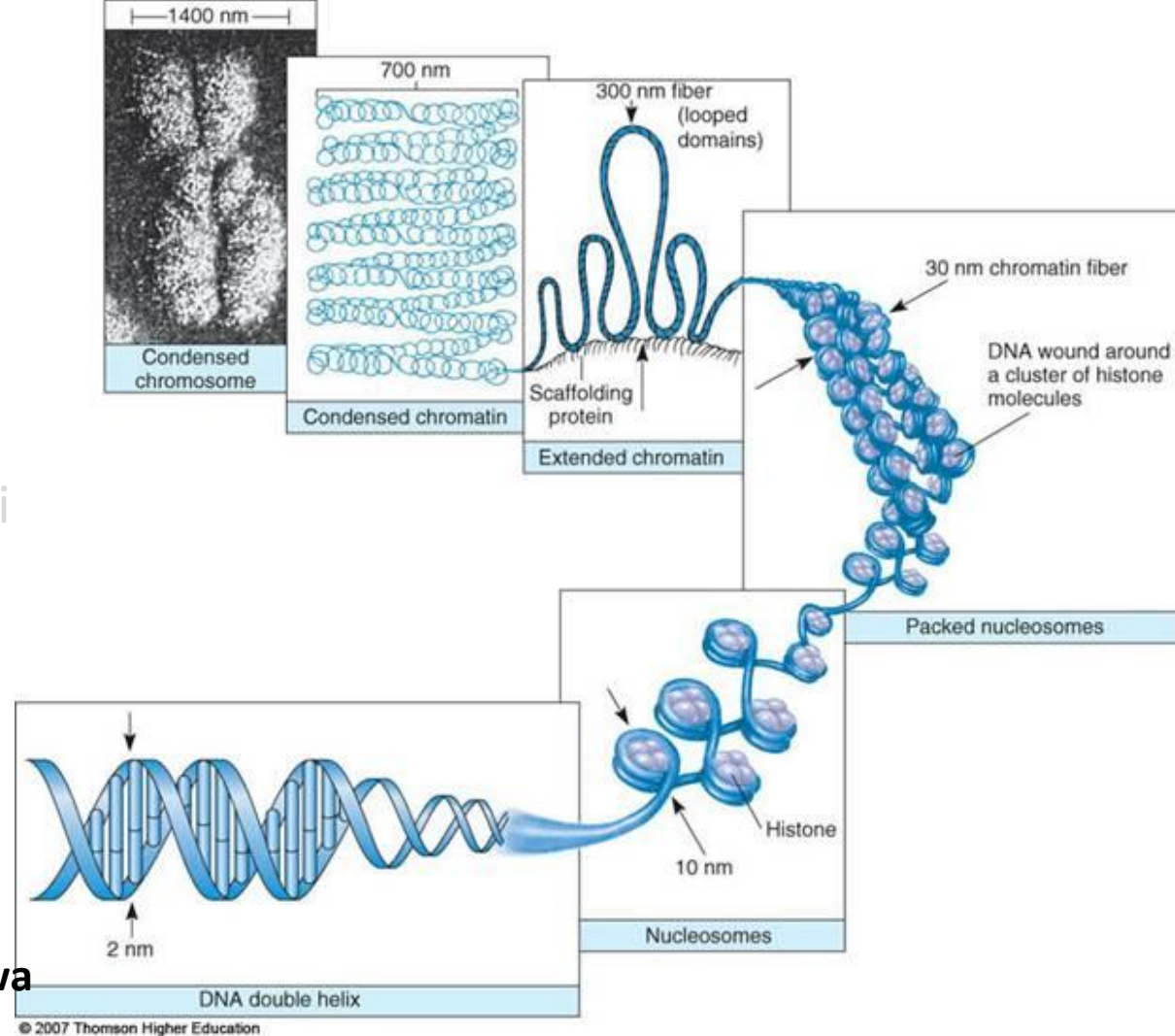
– włókienka o szerokości 30 nm (solenoid / zygzak)

– pętle (300 nm) odchodzące od białek rusztowania **macierzy jądra**

- **jednostka czynnościowa
jądra** – transkrypcja i
synteza DNA –
niezależnie od innych
pętli

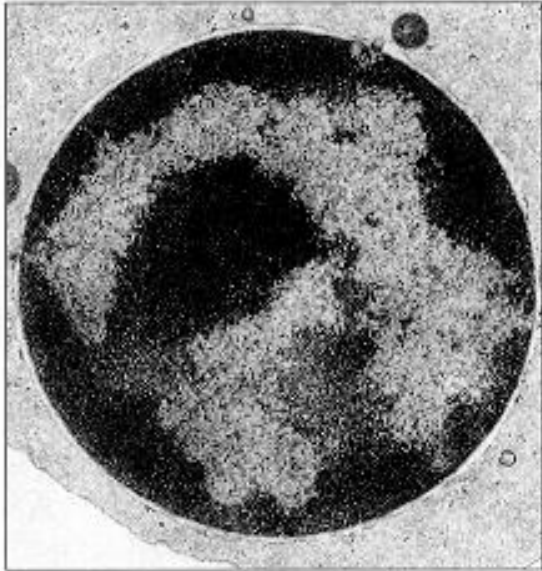
– ‘typowe’ chromosomy

- 700 – 1400 nm

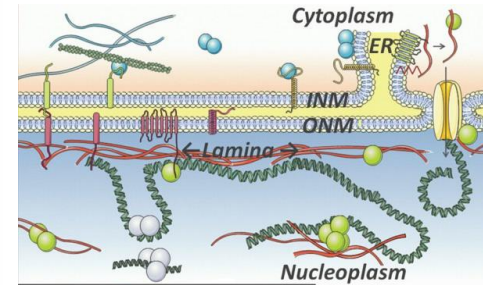


Euchromatyna i heterochromatyna

Rys.P5-13 Alberts i wsp., Podstawy Biologii Komórki, 2005



w interfazie!



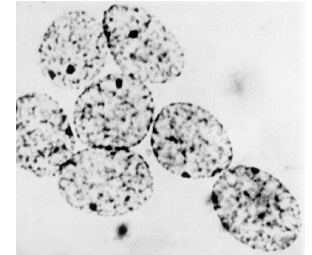
- **Heterochromatyna**

- ✓ najbardziej skondensowana forma chromatyny interfazowej – nieaktywna transkrypcyjnie
- ✓ stanowi ok. 10% chromosomu interfazowego; centromery, telomery, obszary bezgenowe lub nie podlegające ekspresji, dużo AT

- **Euchromatyna** (grec. *eu*, właściwa)

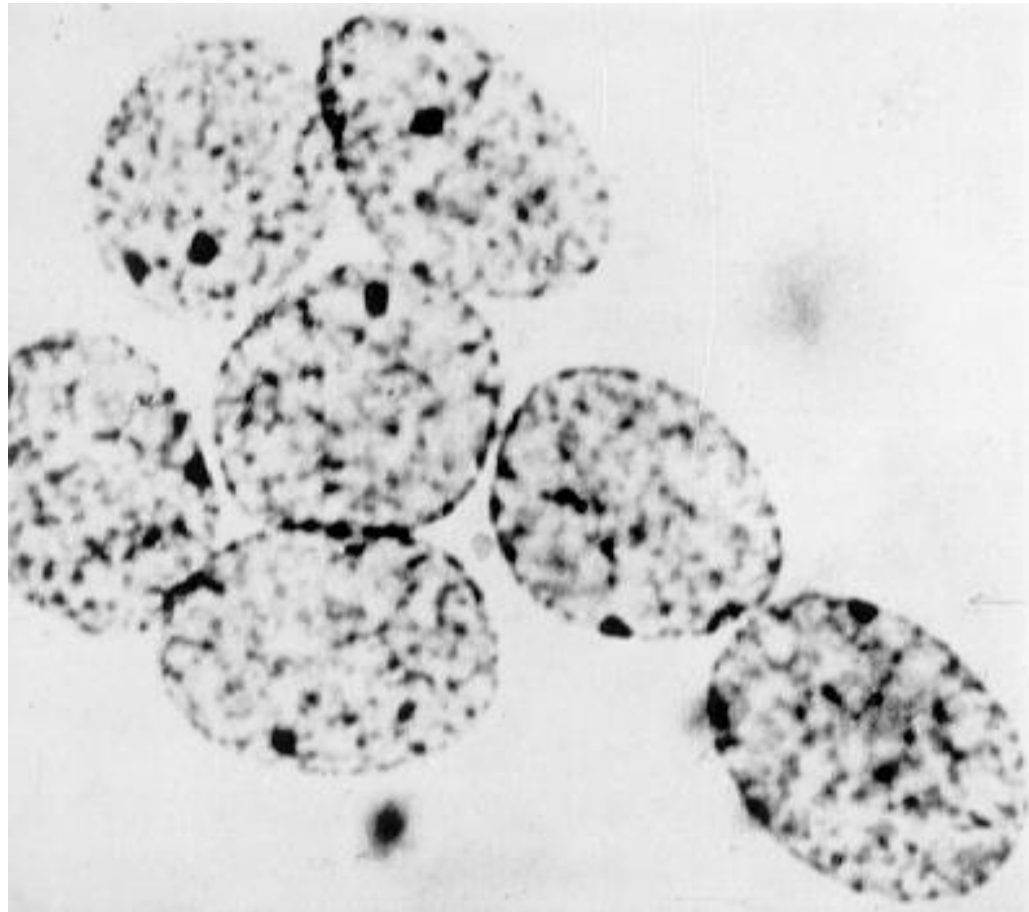
- ✓ różny stopień kondensacji chromatyny
- ✓ rozproszone obszary nieupakowanej chromatyny (często aktywnie transkrybowane)

Chromatyna płciowa

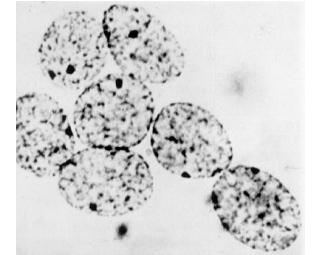


- inaktywowany losowo chromosom X
- = ciałko Barra
- wygląd - grudka chromatyny w jądrze interfazowym przy błonie jądrowej
- więcej niż jeden chromosom X /aneuploidia/
- materiał diagnostyczny - komórki nabłonkowe jamy ustnej
- wykorzystanie kliniczne
 - diagnostyka zaburzeń różnicowania płci
 - sprawdzanie płci u sportowców
 - ← badanie zastępowane przez badania kariotypu

Chromatyna płciowa



Chromatyna płciowa



- inaktywowany losowo chromosom X
- = ciało Barra
- wygląd - grudka chromatyny w jądrze interfazowym przy błonie jądrowej
- więcej niż jeden chromosom X /aneuploidia/
- materiał diagnostyczny - komórki nabłonkowe jamy ustnej
- wykorzystanie kliniczne
 - diagnostyka zaburzeń różnicowania płci
 - sprawdzanie płci u sportowców
 - ← badanie zastępowane przez badania kariotypu

• Upakowanie DNA

– nukleosomy ⇒ nukleofilament

- włókienka podobne do sznura koralu =
włókienka o szerokości
10 nm

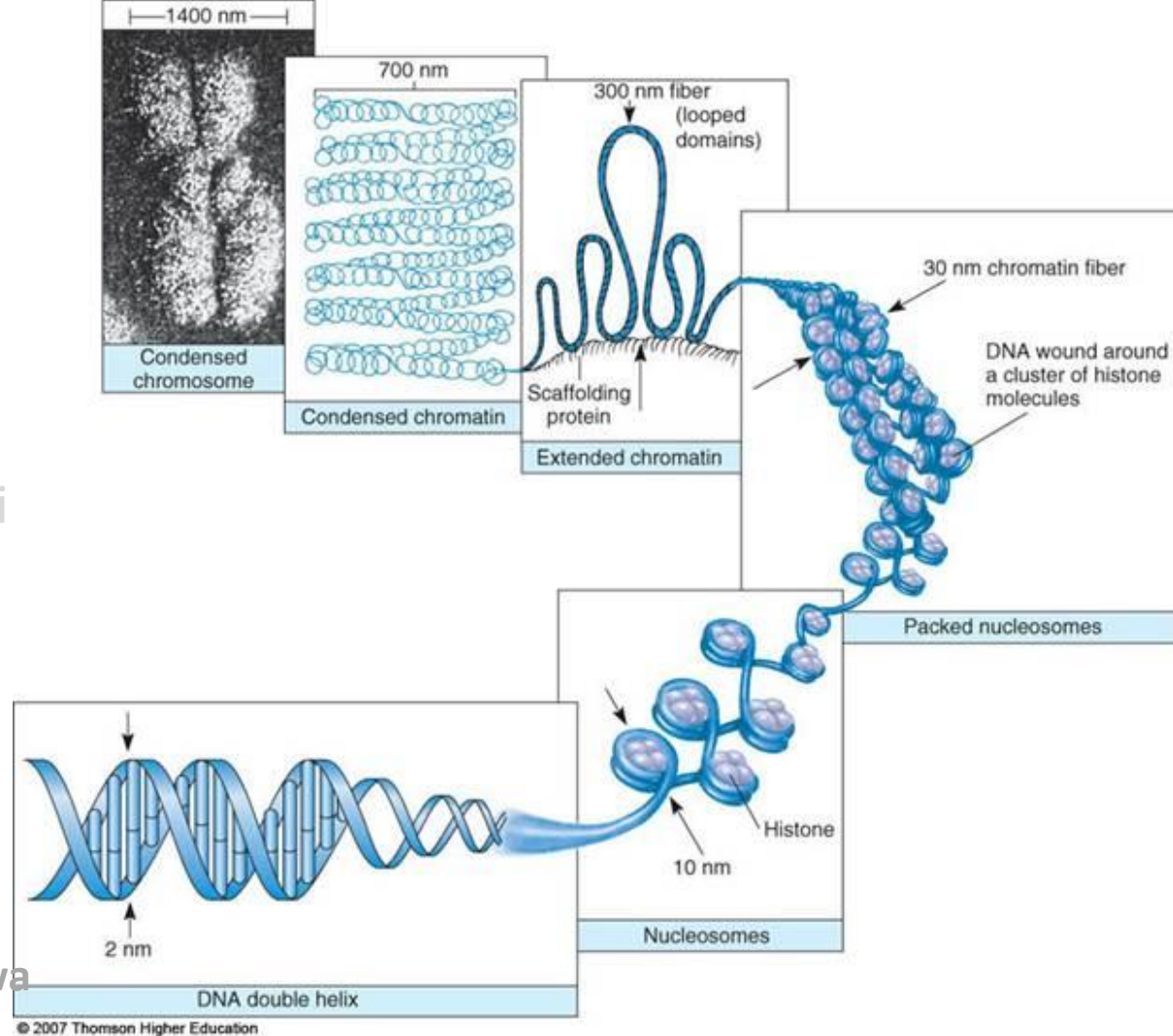
– włókienka o szerokości **30 nm** (solenoid / zygzak)

– pętle (**300 nm**) odchodzące od białek rusztowania **macierzy jądra**

- **jednostka czynnościowa
jądra** – transkrypcja i
synteza DNA –
niezależnie od innych
pętli

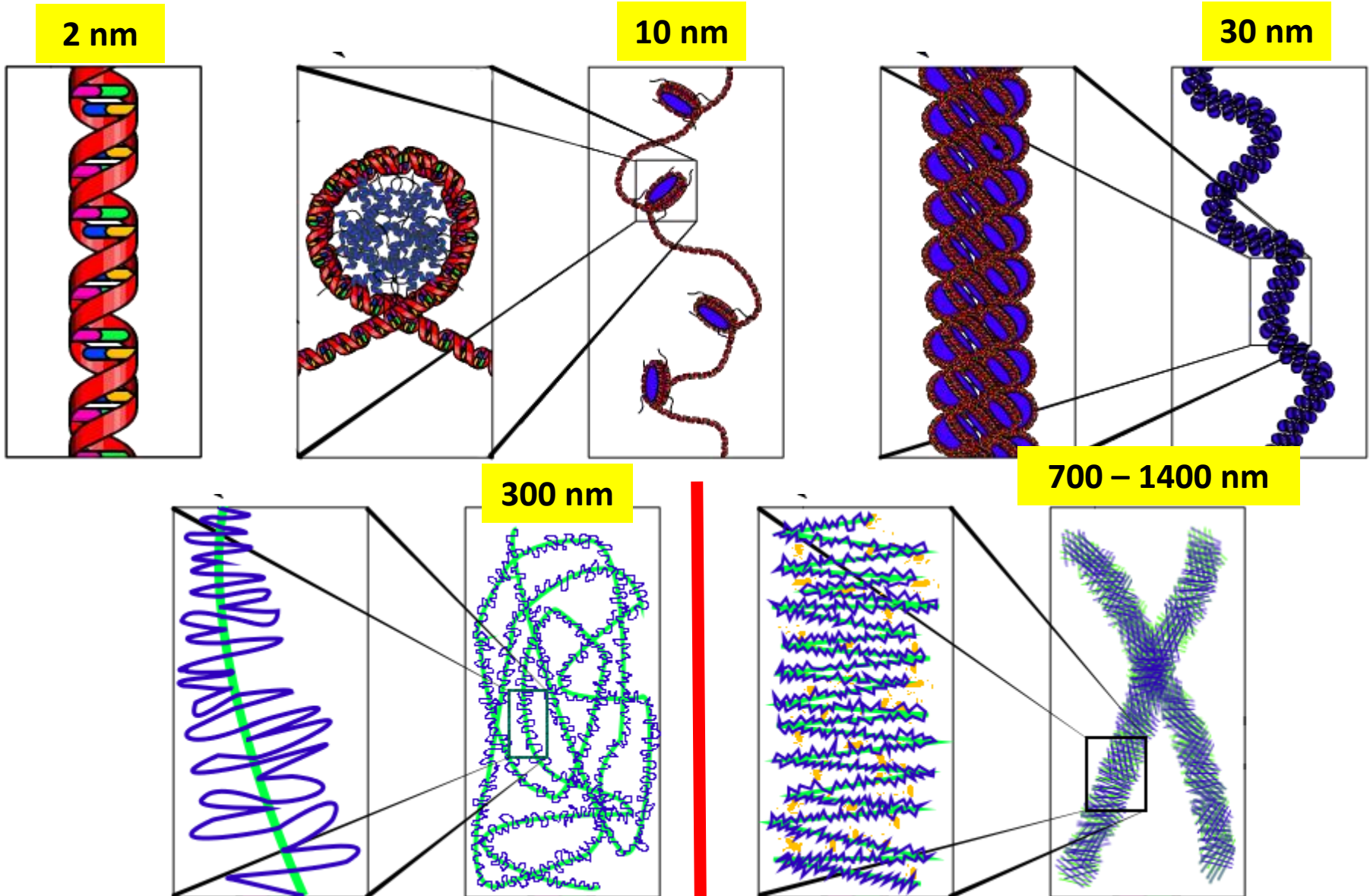
– **'typowe' chromosomy**

- **700 – 1400 nm**



Stopień upakowania DNA w chromosomach mitotycznych wynosi **1: 10 tys.**

Upakowanie DNA



Chromosomy

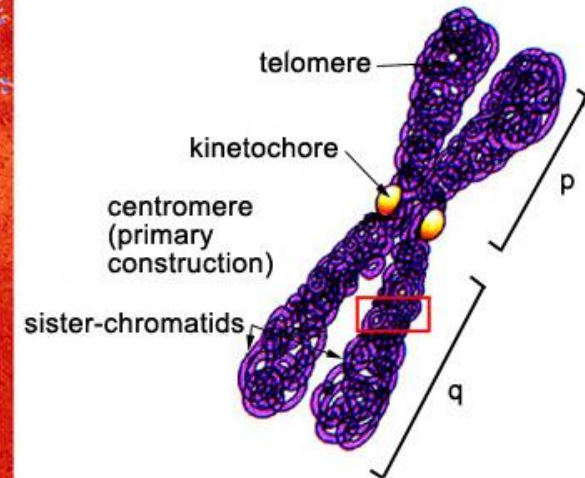
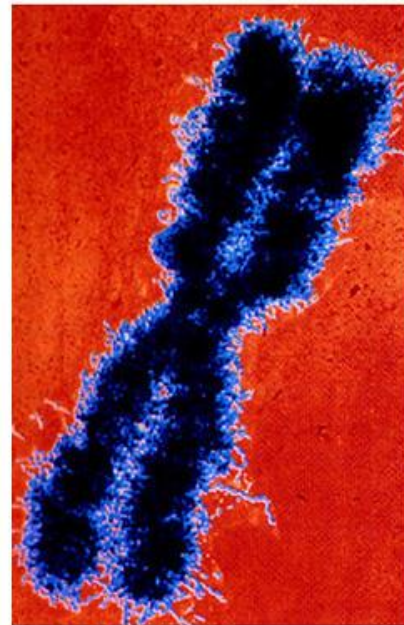
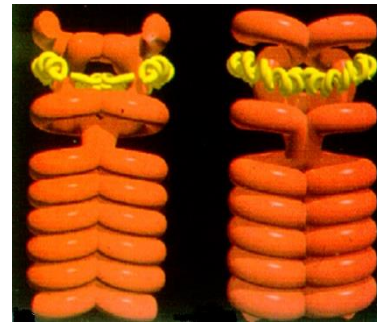
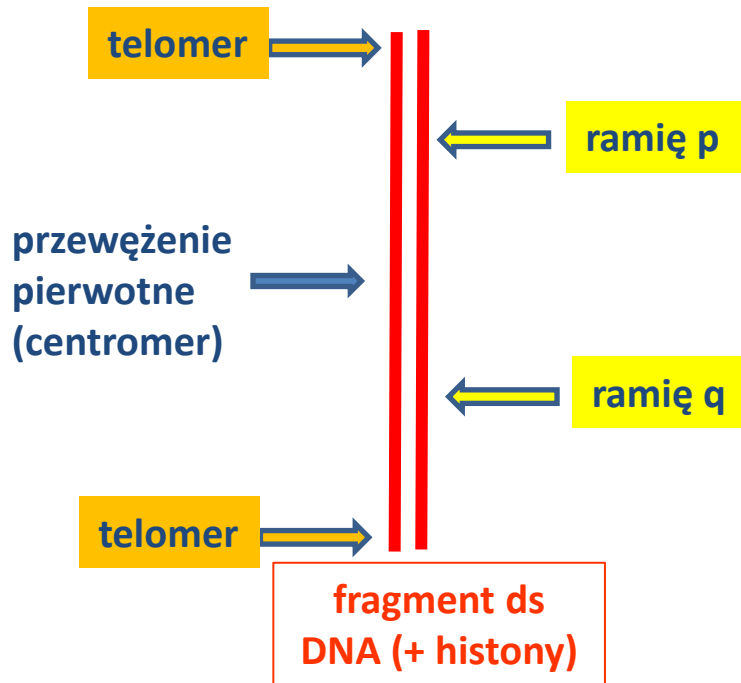
- rejony

- centromer

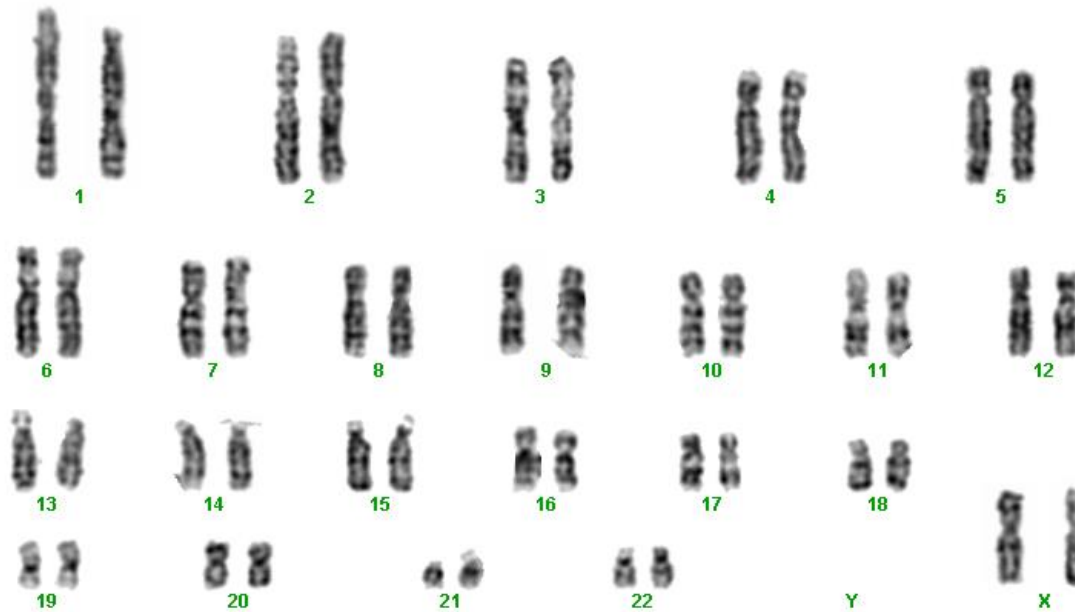
- przewężenie pierwotne
- miejsce tworzenia kinetochoru

- 2 odcinki („ramiona”)

- telomery

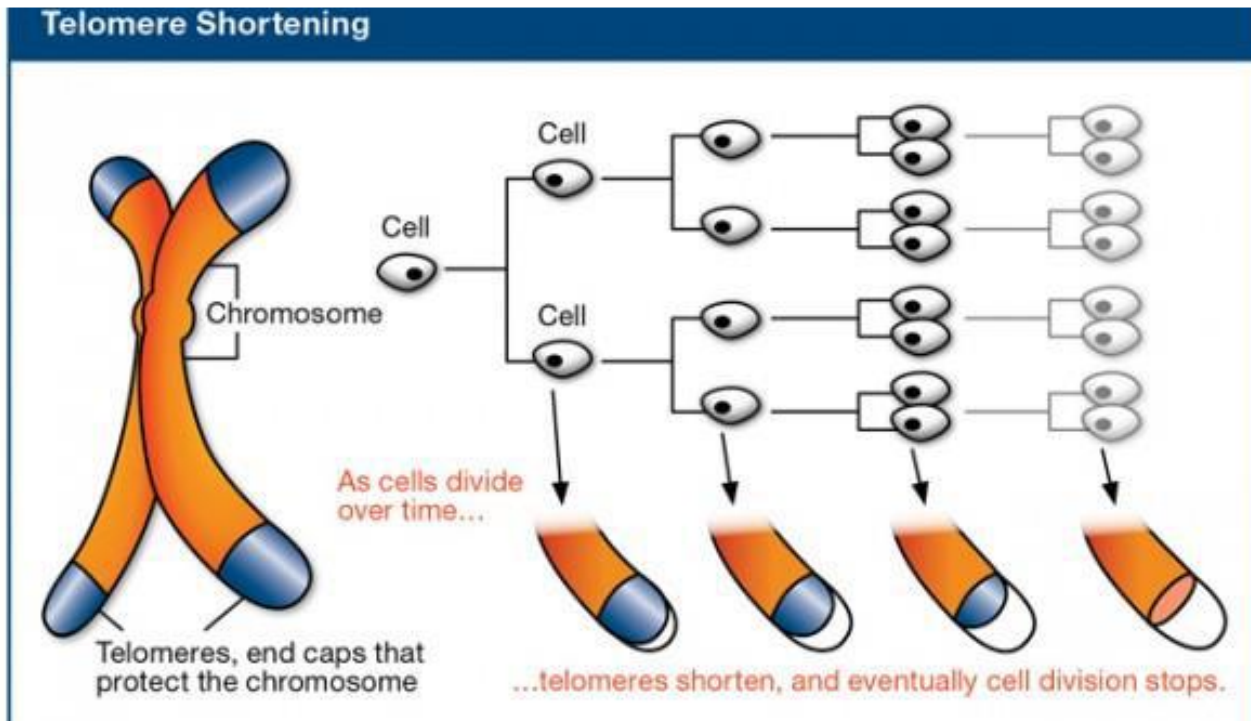


Kariotyp vs. Kariogram

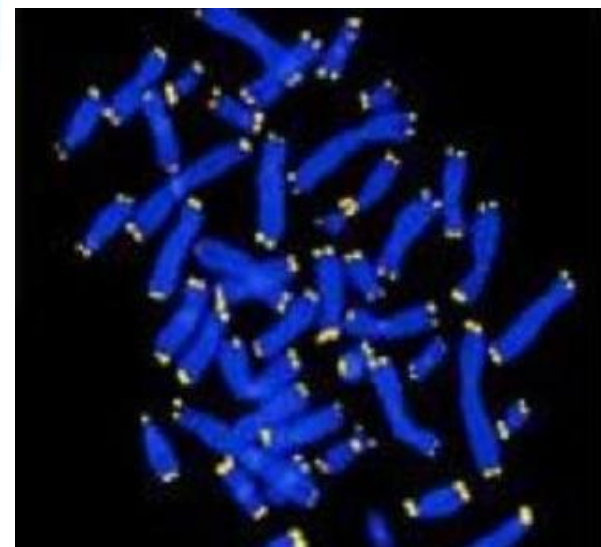


- **kariotyp (garnitur chromosomowy)** – kompletny zestaw chromosomów komórki somatycznej organizmu
- **kariogram - kariotyp przedstawiony w postaci graficznej**
→ powyżej: zdjęcie ułożonych w kolejności chromosomów metafazowych danego osobnika płci żeńskiej
- w zależności od położenia centromeru - chromosomy metacentryczne, submetacentryczne, akrocentryczne
- barwienie pozwala uwidocznic prążki na chromosomach

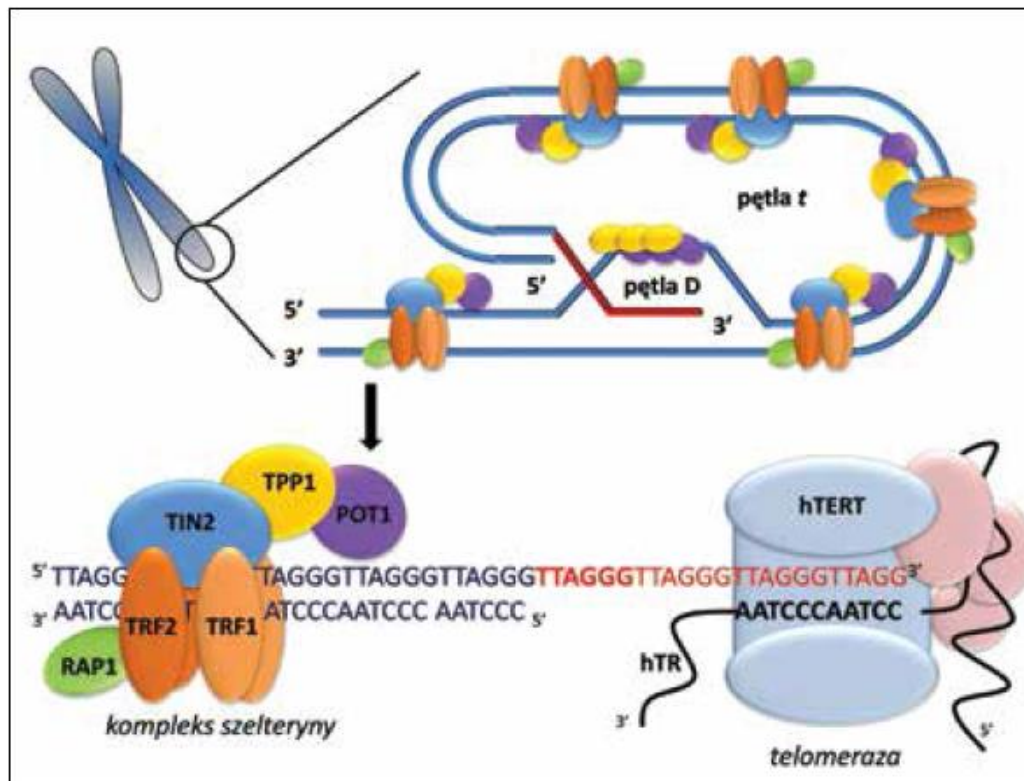
Telomery



- Heksameryczne powtórzenia DNA [(TTAGGG) na końcach chromosomów, chronią chromosomy przed degradacją i sklejanem
- Replikacyjne skracanie telomerów to główna przyczyna starzenia się człowieka i chorób związanych ze starzeniem się



Telomery



Telomeraza rozwiązuje problem niekompletnej syntezy nici opóźnionej

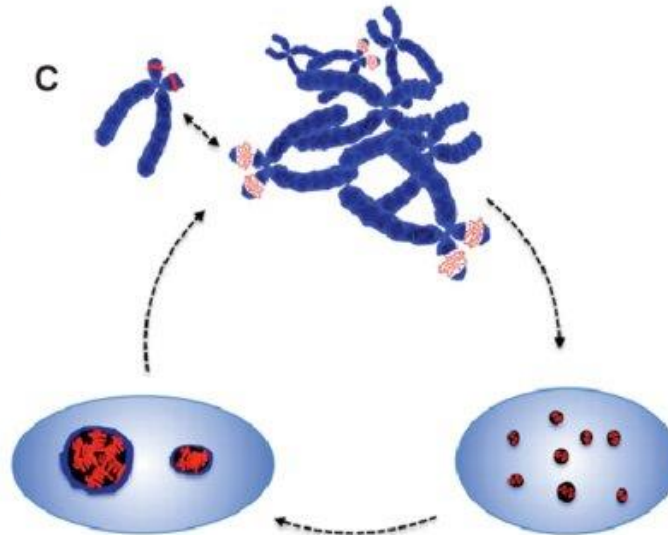
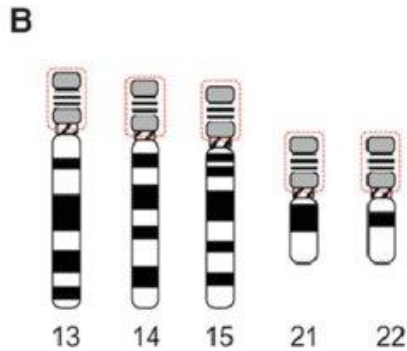
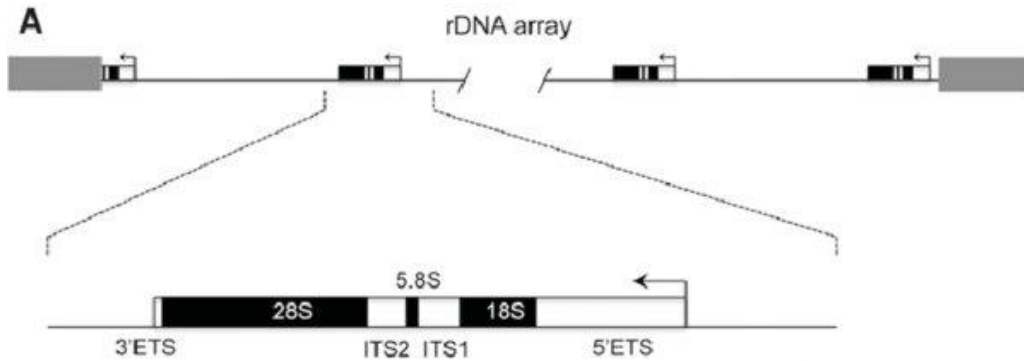
szeltryna = szelteryna

Telomery zbudowane są z powtórzonej ok. 150 – 2000 razy sekwencji 5'-TTAGGG-3' połączonej z białkami towarzyszącymi TBP (z ang. *telomere binding proteins*). Klasyczny model budowy telomeru zakłada jego liniową budowę, zakończoną sekwencją bogatą w nukleotydy guaninowe zwaną kwadrupleksem G. Model przestrzenny składa się z dwóch pętli: mniejszej D i większej t, utworzonych przez białka kompleksu szelteryny. Telomeraza wiąże się z bogatym w guaninę końcem 3' nici i dobudowuje do niego sekwencję terminalną.

Jąderko

- → chromatyna jąderkowa
- 1 – 5 jąderek w jądrze
- tworzone przez **końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary**
- geny rybosomowe (**rDNA**): rRNA, tRNA, snoRNA, 5SRNA
- morfologicznie: 3 główne składniki: FC, DFC, GC
- białka: ok. 700 – nukleolina, B23, fibrylaryna

NOR – regiony organizujące jąderko



- przewężenia wtórne →
- końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary
- odtwarzanie jąderek w telofazie

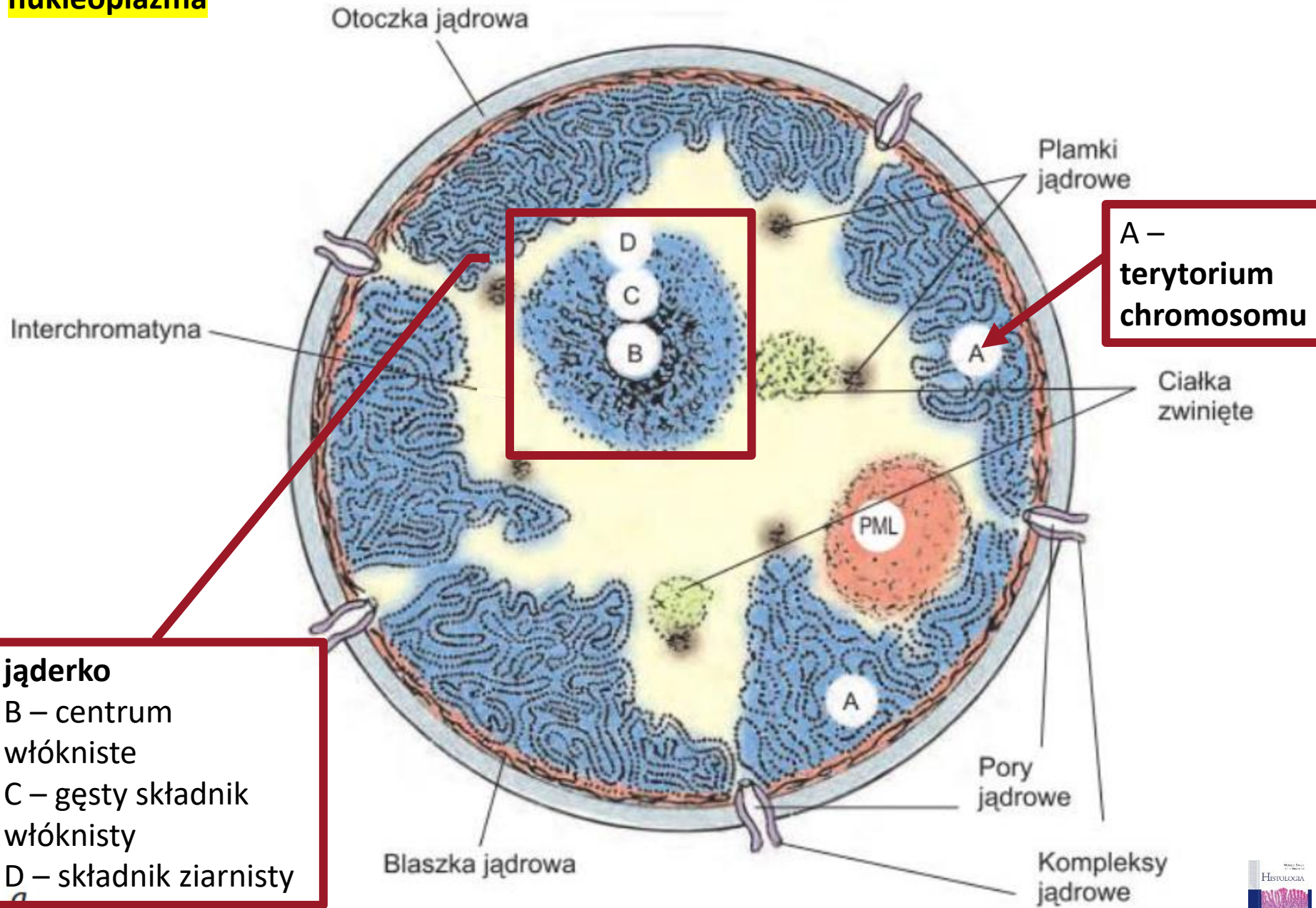
Jąderko

- → chromatyna jąderkowa
- 1 – 5 jąderek w jądrze
- tworzone przez **końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary**
- **geny rybosomowe (rDNA): rRNA, tRNA, snoRNA, 5SRNA**
- morfologicznie: 3 główne składniki: FC, DFC, GC
- białka: ok. 700 – nukleolina, B23, fibrylaryna

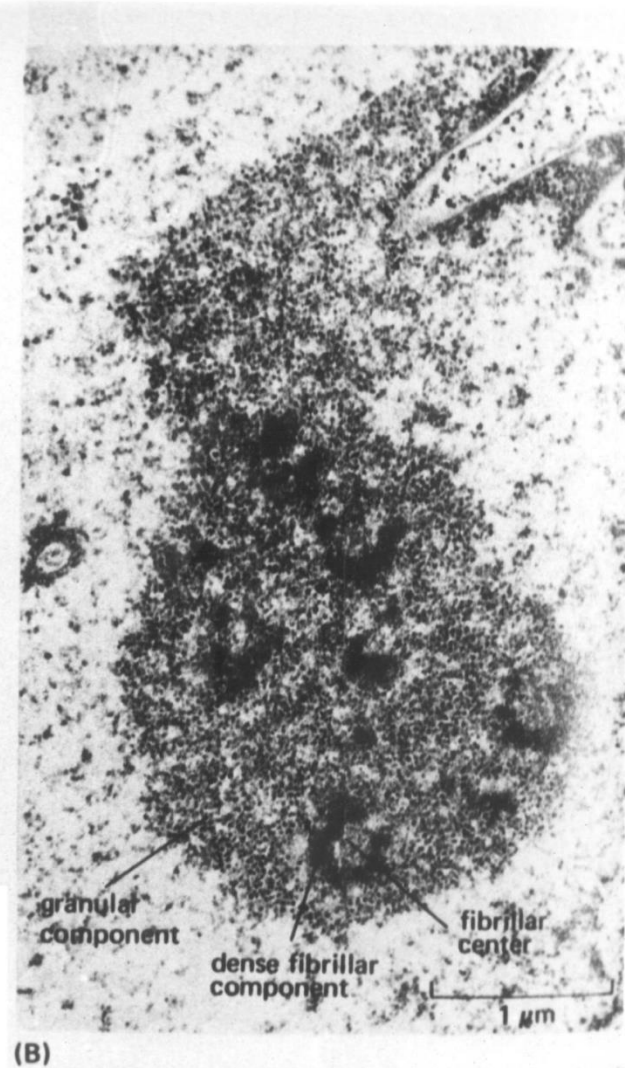
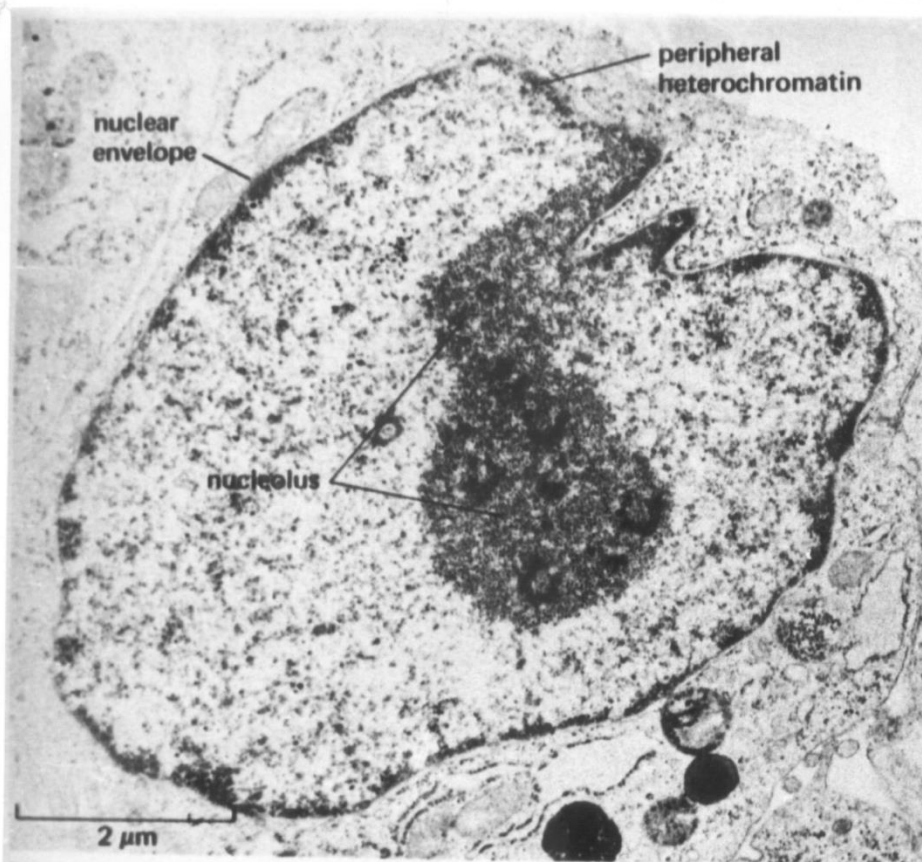
Jąderko

- → chromatyna jąderkowa
- 1 – 5 jąderek w jądrze
- tworzone przez **końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary**
- geny rybosomowe (**rDNA**): rRNA, tRNA, snoRNA, 5SRNA
- morfologicznie: 3 główne składniki
 - centrum włókniste (**FC**)
 - gęsty składnik włóknisty (**DFC**) – pre rRNA
 - składnik ziarnisty (**GC**) – rybonukleoproteiny (rRNA+białka)
- białka: ok. 700 – **nukleolina, B23, fibrylaryna**

nukleoplazma



Jądro i jąderko (EM52)



3 główne składniki

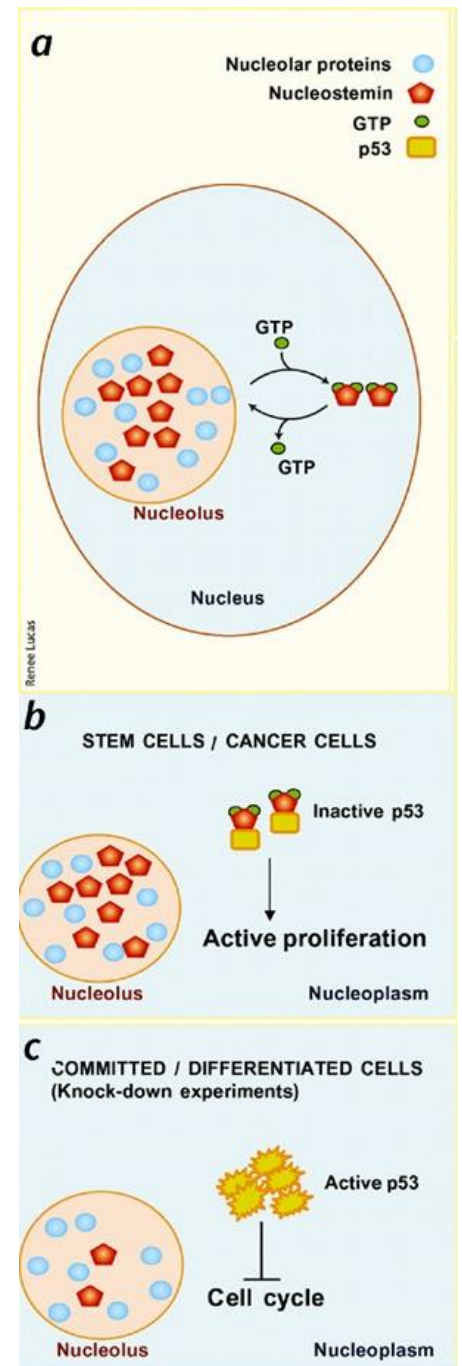
1. centrum włókniste (FC)
2. gęsty składnik włóknisty (DFC) – pre rRNA
3. składnik ziarnisty (GC) –
rybonukleoproteiny (rRNA+białka)

Jąderko cd.

- → chromatyna jąderkowa
- 1 – 5 jąderek w jądrze
- tworzone przez końcowe odcinki chromosomów (NORs, trabanty, satelity) 13., 14., 15., 21. i 22. pary
- geny rybosomowe (rDNA): rRNA, tRNA, snoRNA, 5SRNA
- morfologicznie: 3 główne składniki: FC, DFC, GC
- **białka: ok. 700**
 - **nukleolina** – ulega fosforylacji w profazie → rozproszenie jąderka
 - **B23 (Ag-NOR)** – udział w transporcie prekursorów rybosomów do cytoplazmy
 - **fibrylaryna** – udział w obróbce prekursorowego RNA

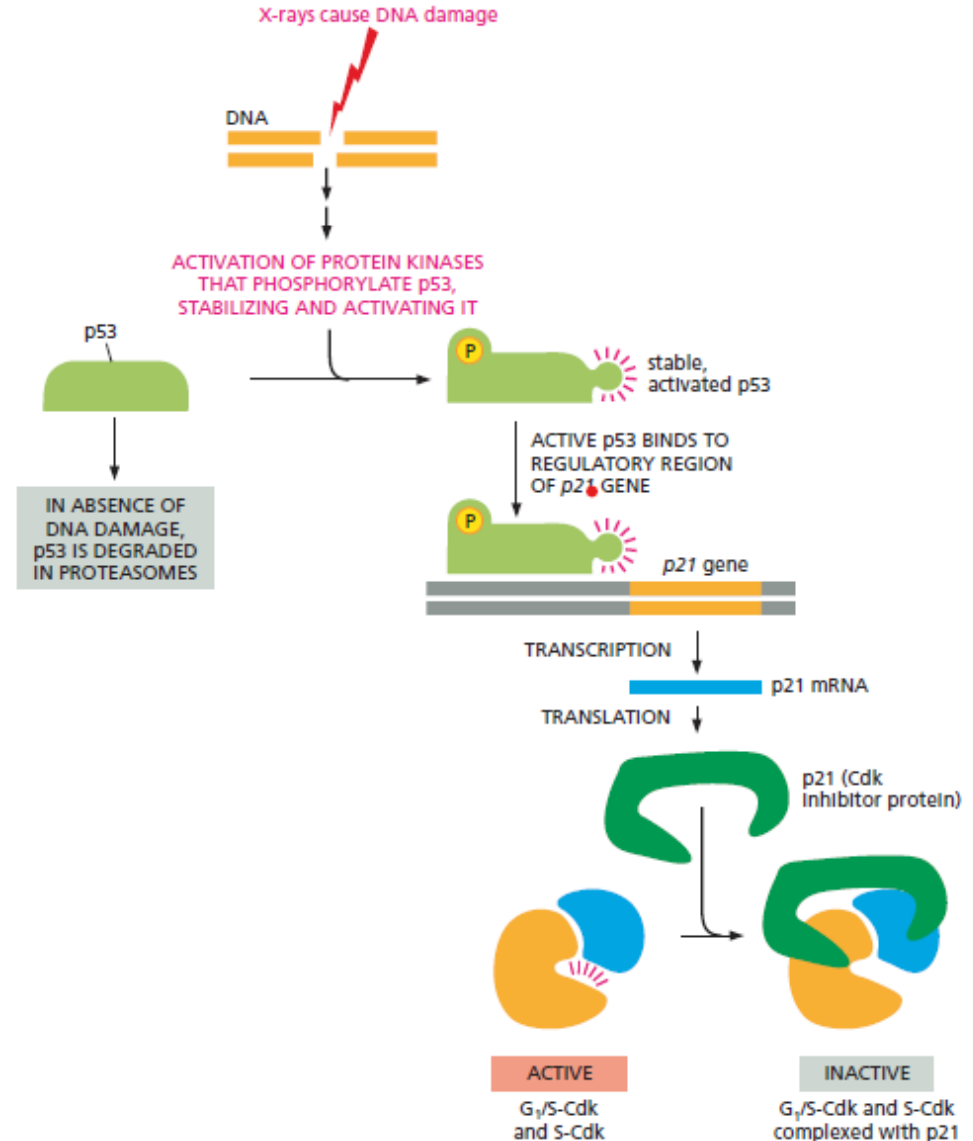
Jąderko cd.

- funkcje:
 - transkrypcja (PolRNA I) i modyfikacja rRNA
 - składanie prekursorów rybosomów (z rRNA i białek)
 - przejściowe wiązanie i uwalnianie wielu białek jądrowych np.:
 - ADAR
 - telomeraza
 - nukleostemina (wiąże białko p53)
 - składanie SRP (cząstki rozpoznające sygnał)
 - RNA+białko → synteza białek w RER
 - rola w:
 - powstawaniu niejąderkowych rybonukleoprotein
 - obróbce mRNA
 - regulacji cyklu komórkowego



3 funkcje białka p53: Cycle

1. po uszkodzeniu DNA blokując aktywność CDK2 hamuje cykl komórkowy w fazie G1/S ;
2. pobudza reperację DNA
3. w przypadku braku możliwości naprawy włącza program samobójczej śmierci komórki



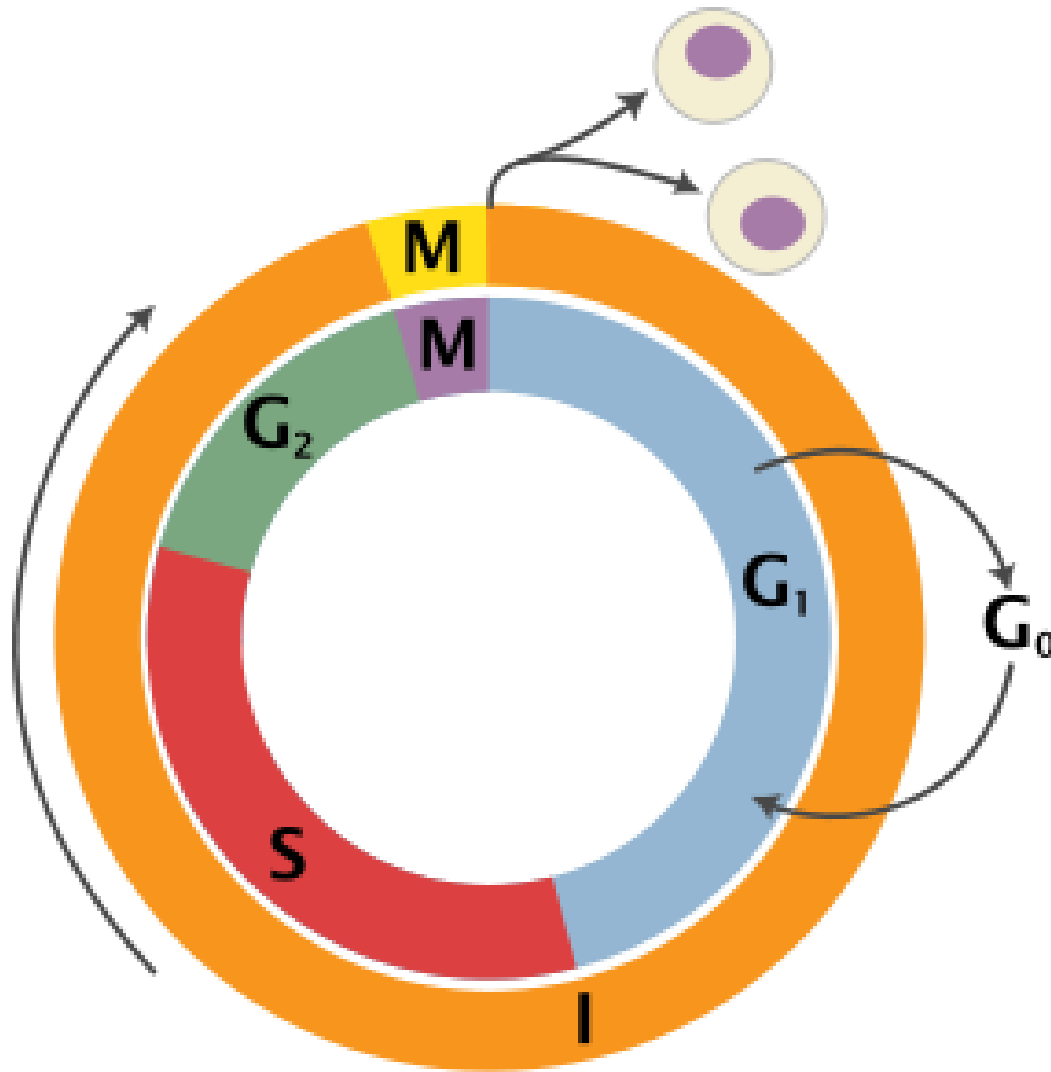
Jąderko cd.

- funkcje:
 - transkrypcja (PolRNA I) i modyfikacja rRNA
 - składanie prekursorów rybosomów (z rRNA i białek)
 - przejściowe wiązanie i uwalnianie wielu białek jądrowych
np.:
 - ADAR
 - telomeraza
 - nukleostemina (wiąże białko p53)
 - **składanie SRP (cząstki rozpoznające sygnał)** – RNA+białko → synteza białek w RER
 - rola w:
 - powstawaniu niejądrowych rybonukleoprotein
 - obróbce mRNA
 - regulacji cyklu komórkowego

PODZIAŁ KOMÓRKI



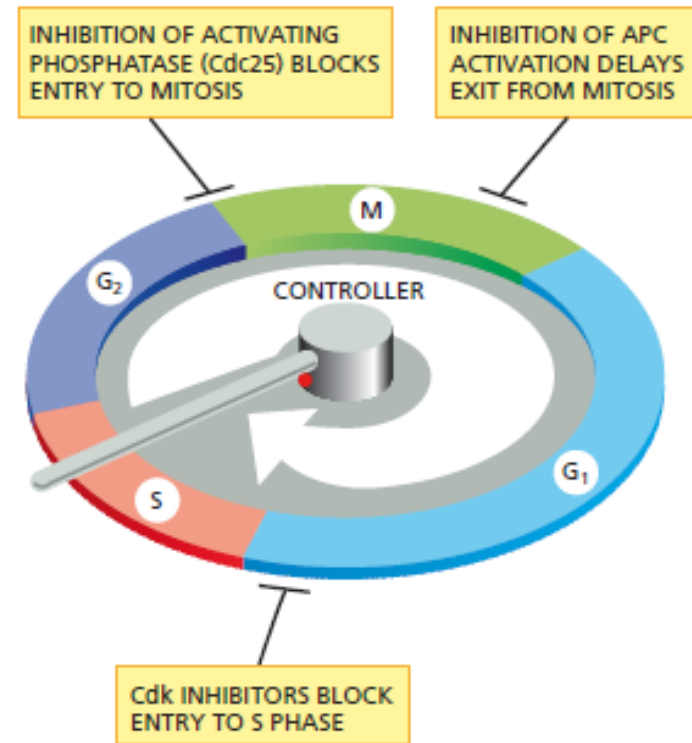
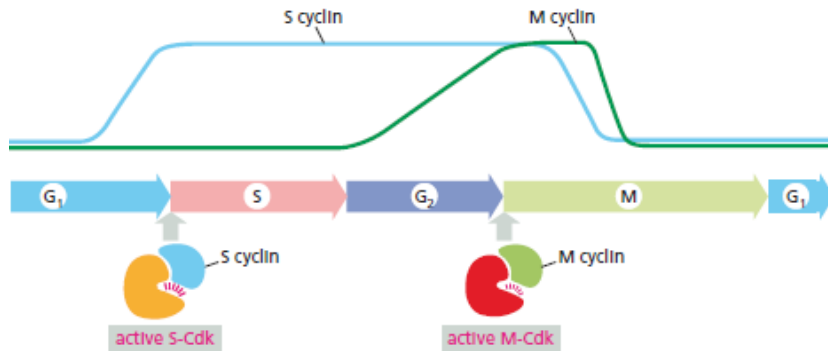
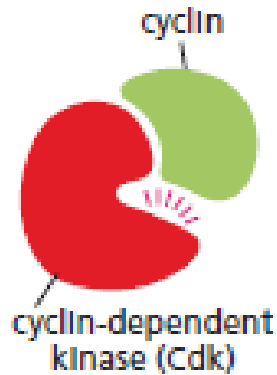
Cykl komórkowy



interfaza

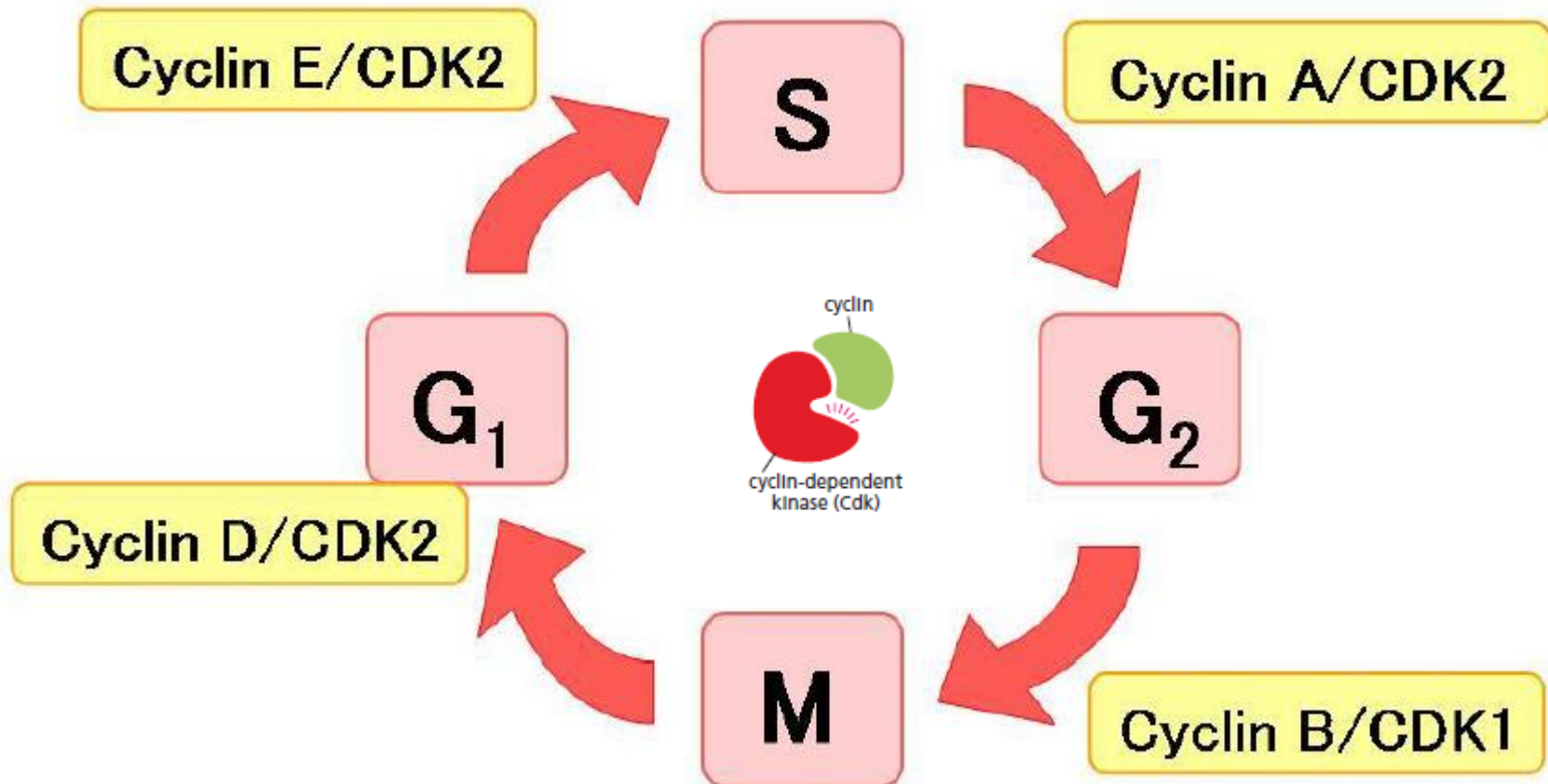
podział

Cykl komórkowy – złożony system kontroli



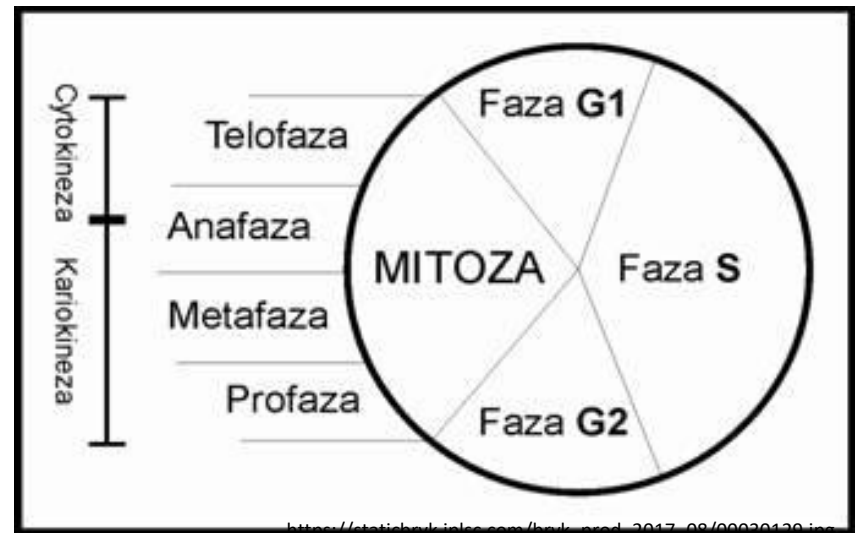
2 kluczowe klasy cząsteczek regulatorowych, (1) cykliny i (2) kinazy zależne od cyklin (CDK), określają postęp komórki w cyklu komórkowym.

Cell Cycle and Cyclin-CDK complex

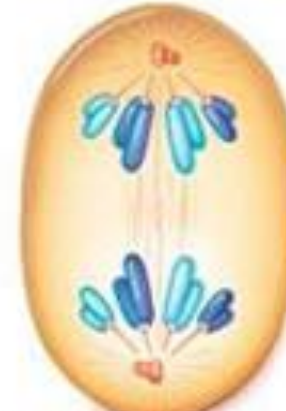
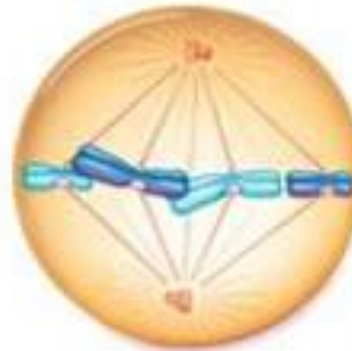
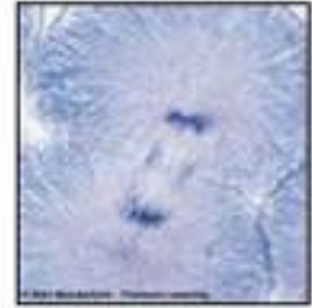
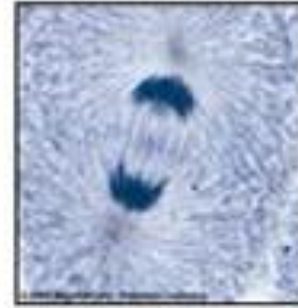
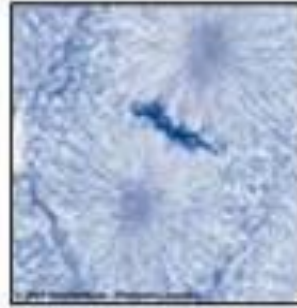
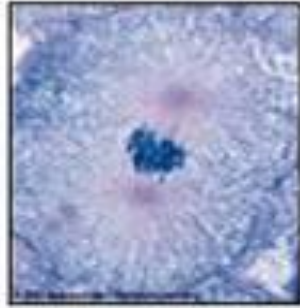


Mitoza

- podział jądra komórkowego (**kariokineza**), w wyniku którego dochodzi również do podziału cytoplazmy (**cytokineza**) i powstają komórki potomne o jądrach zawierających taką samą liczbę chromosomów jak jądro komórki macierzystej.



Mitoza cd.



© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

© 2007 Brooks/Cole - Thomson Learning

Prophase:
Chromosomes Condense

Premetaphase:
Chromosomes Attach

Metaphase:
Chromosomes align

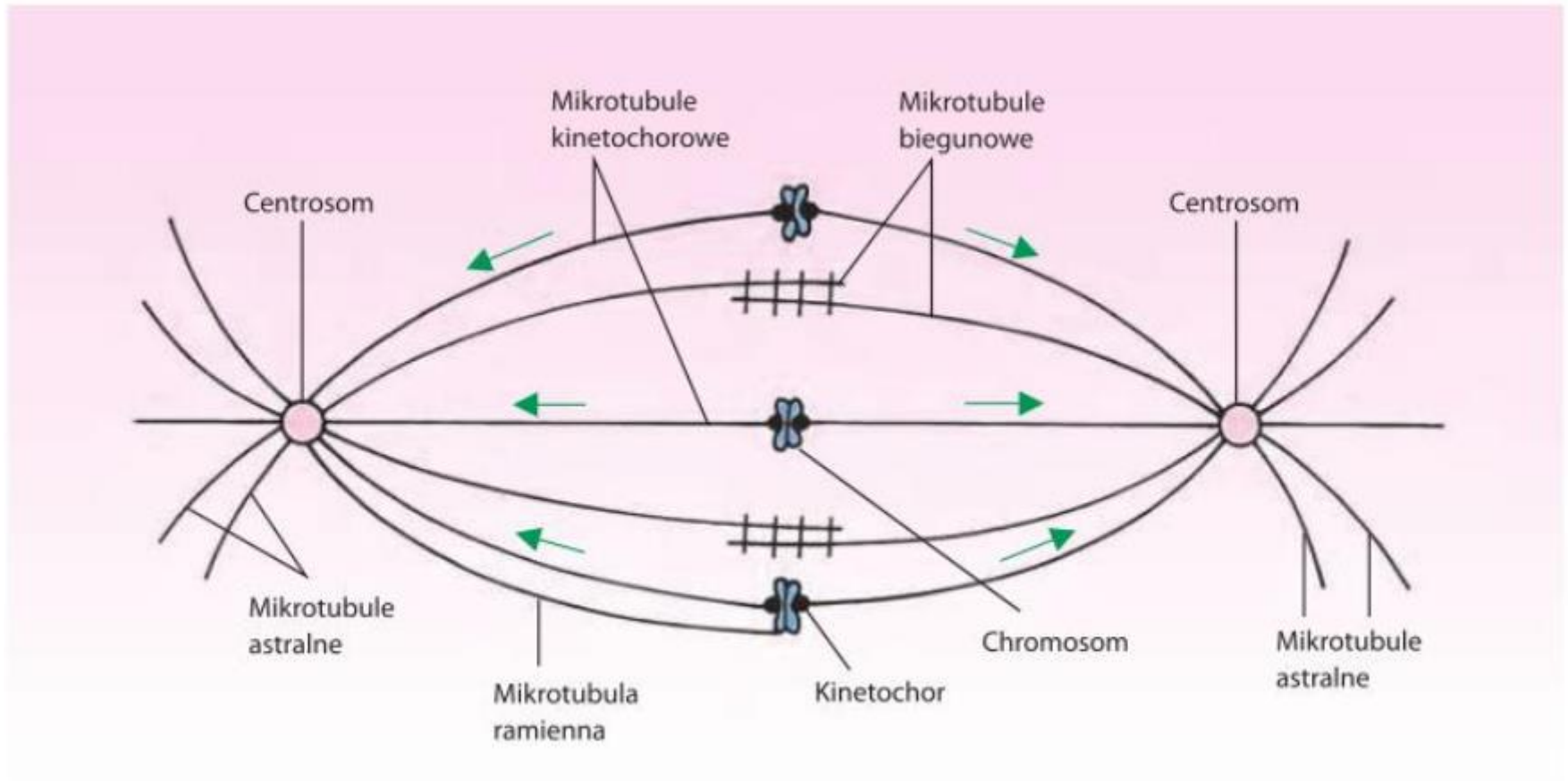
Anaphase:
Chromosomes separate

Telophase:
Chromosomes relax

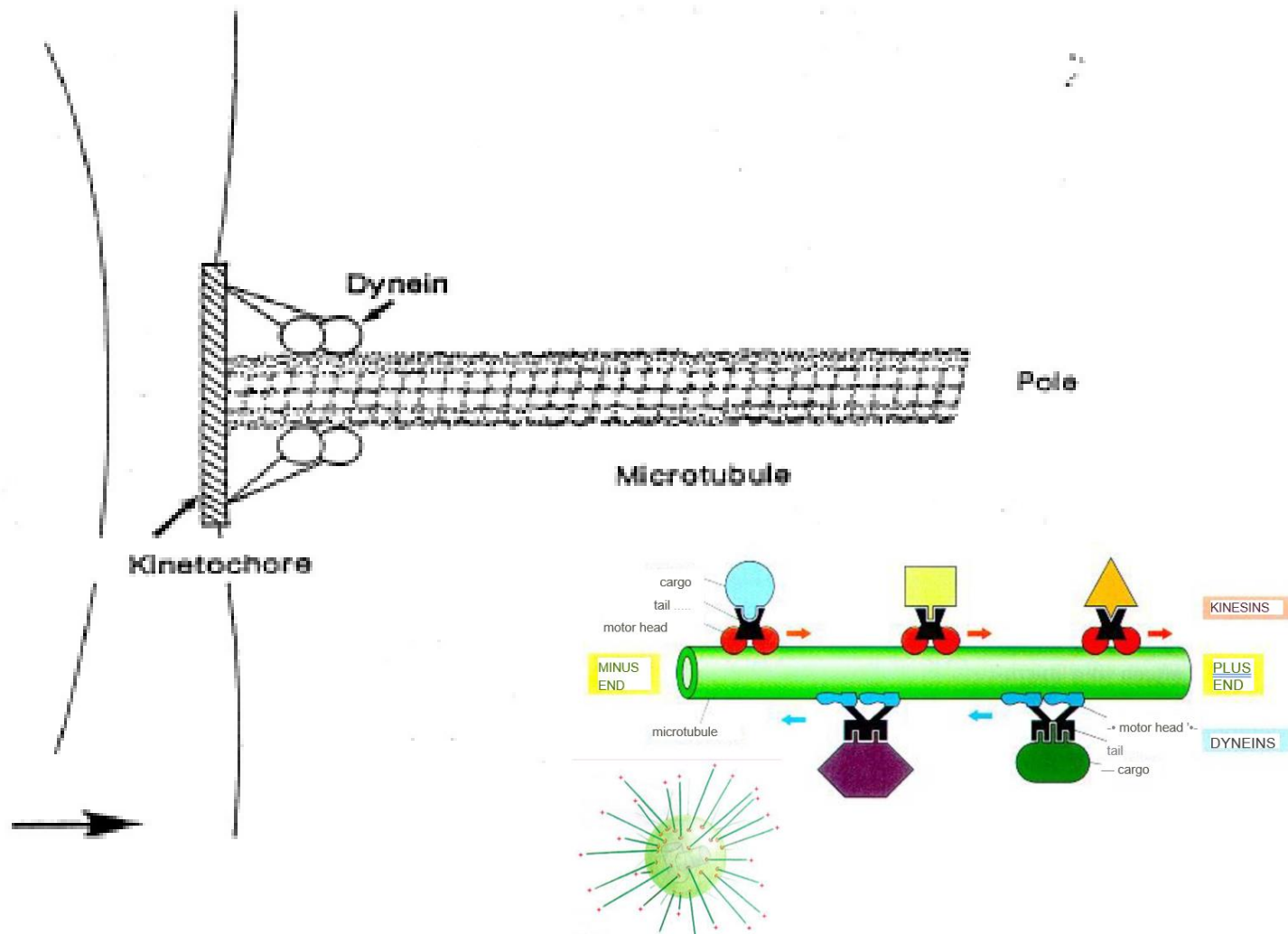
<https://guymonsbiology.weebly.com/mitosis-and-cytokinesis.html>

Gwiazda macierzysta
i płytka równikowa (metafazowa) → terminy opisujące układ
chromosomów w **metafazie**

Budowa wrzeczona podziałowego



Hipotetytyczny mechanizm ruchu chromosomów w czasie anafazy



Mejoza

- podział jądra komórkowego (**kariokineza**), podczas którego następuje **redukcja liczby chromosomów**.
- Podczas mejozy zachodzą **dwa sprzężone ze sobą podziały**:
 - I (pierwszy) podział mejotyczny, zwany redukcyjnym;
 - II (drugi) podział mejotyczny o przebiegu podobnym do mitozy, stąd zwany też mitotycznym.

INTERPHASE

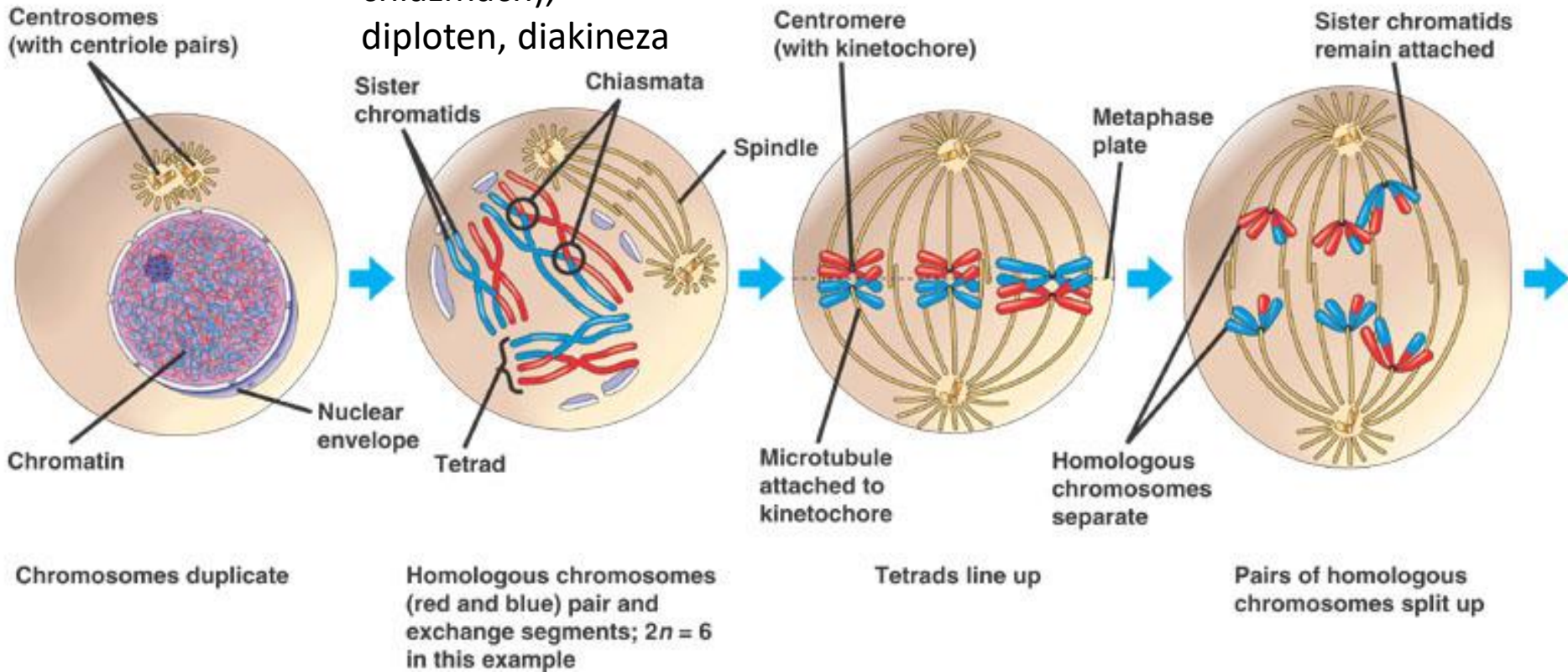
MEIOSIS I: Separates homologous chromosomes

PROPHASE I

METAPHASE I

ANAPHASE I

leptoten, zygoten (biwalenty-tetrad), pachyten (CR w chiasmach), diploten, diakineza



MEIOSIS II: Separates sister chromatids

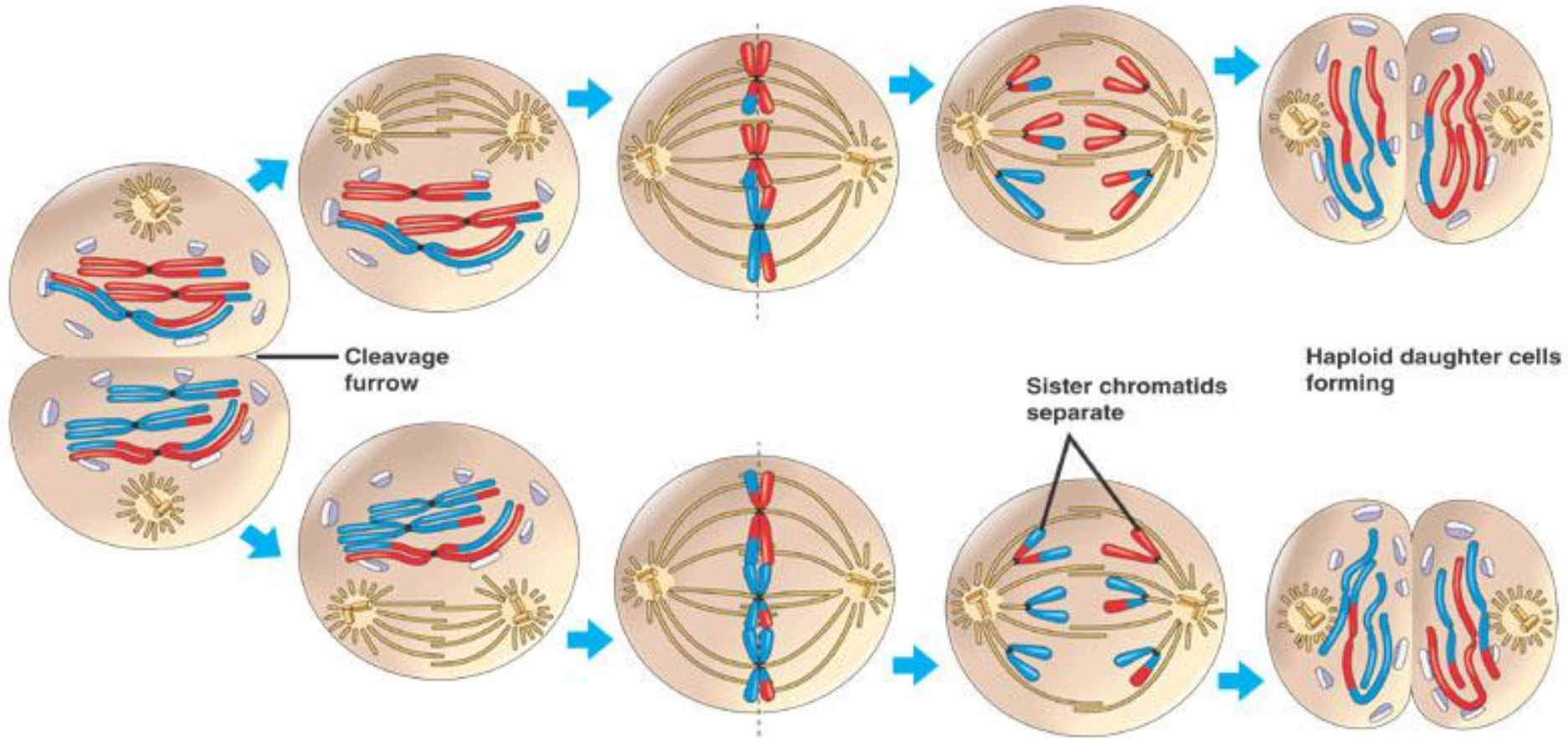
TELOPHASE I AND
CYTOKINESIS

PROPHASE II

METAPHASE II

ANAPHASE II

TELOPHASE II AND
CYTOKINESIS



Cleavage
furrow

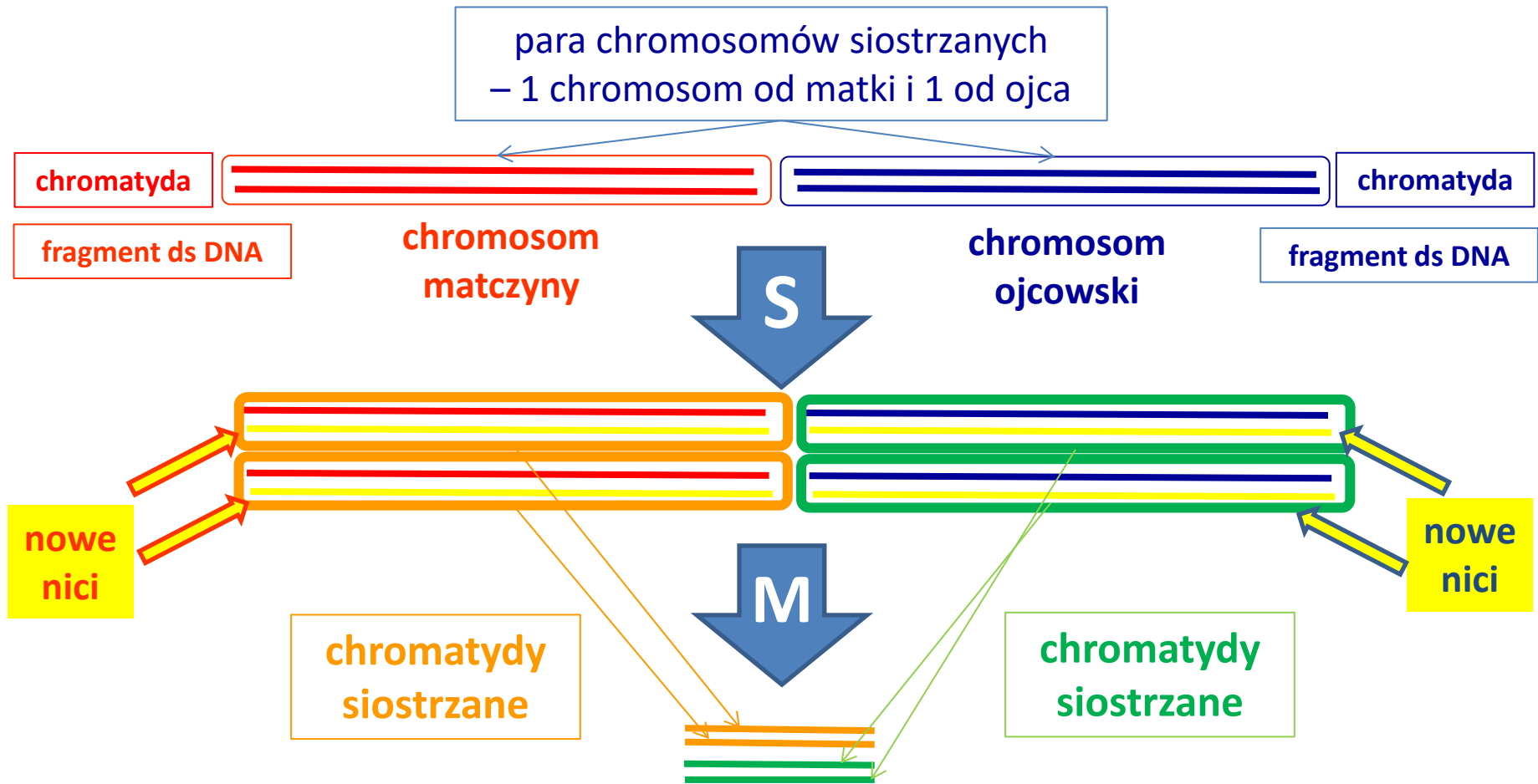
Sister chromatids
separate

Haploid daughter cells
forming

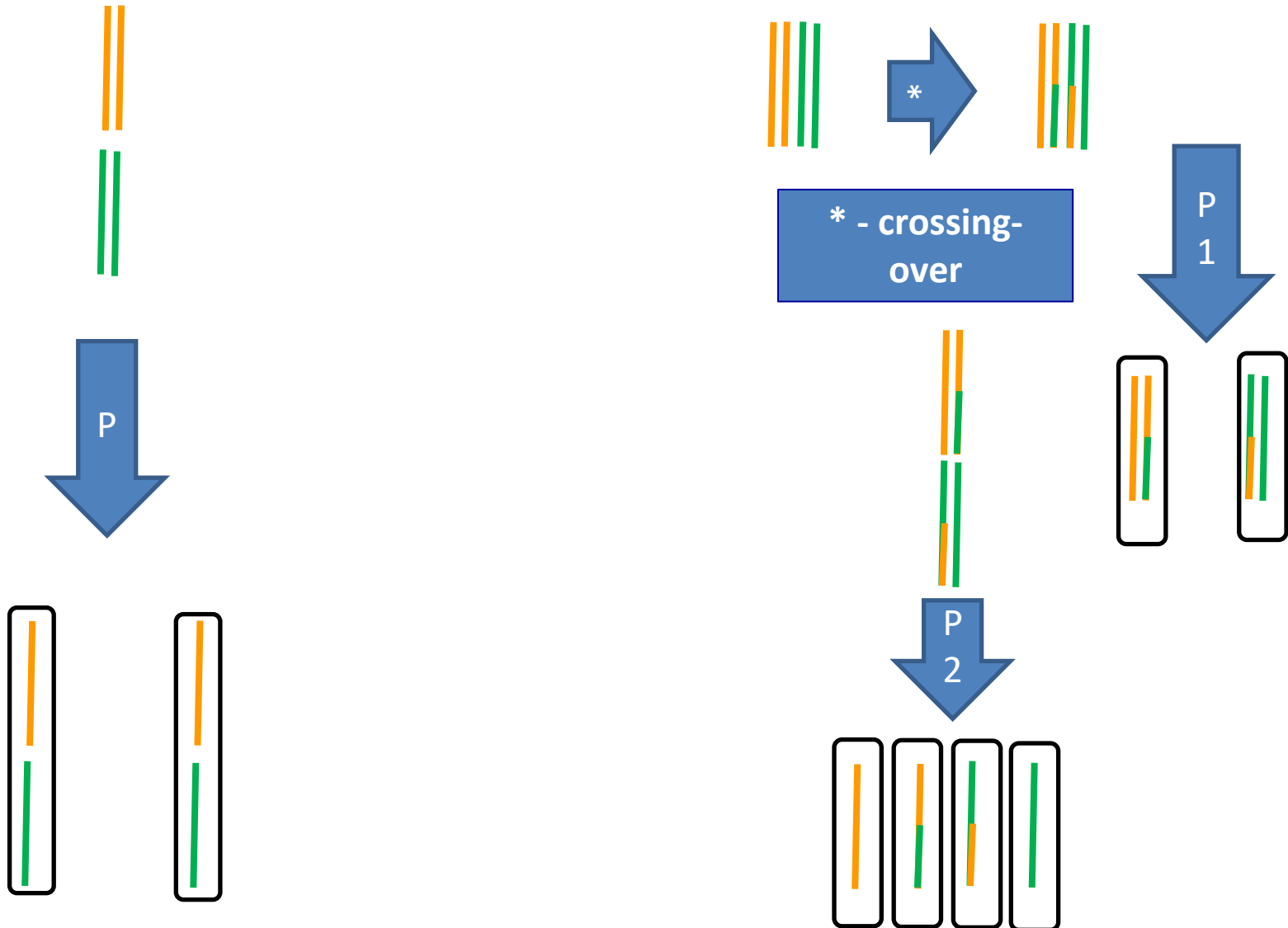
Two haploid cells
form; chromosomes
are still double

During another round of cell division, the sister chromatids finally separate;
four haploid daughter cells result, containing single chromosomes

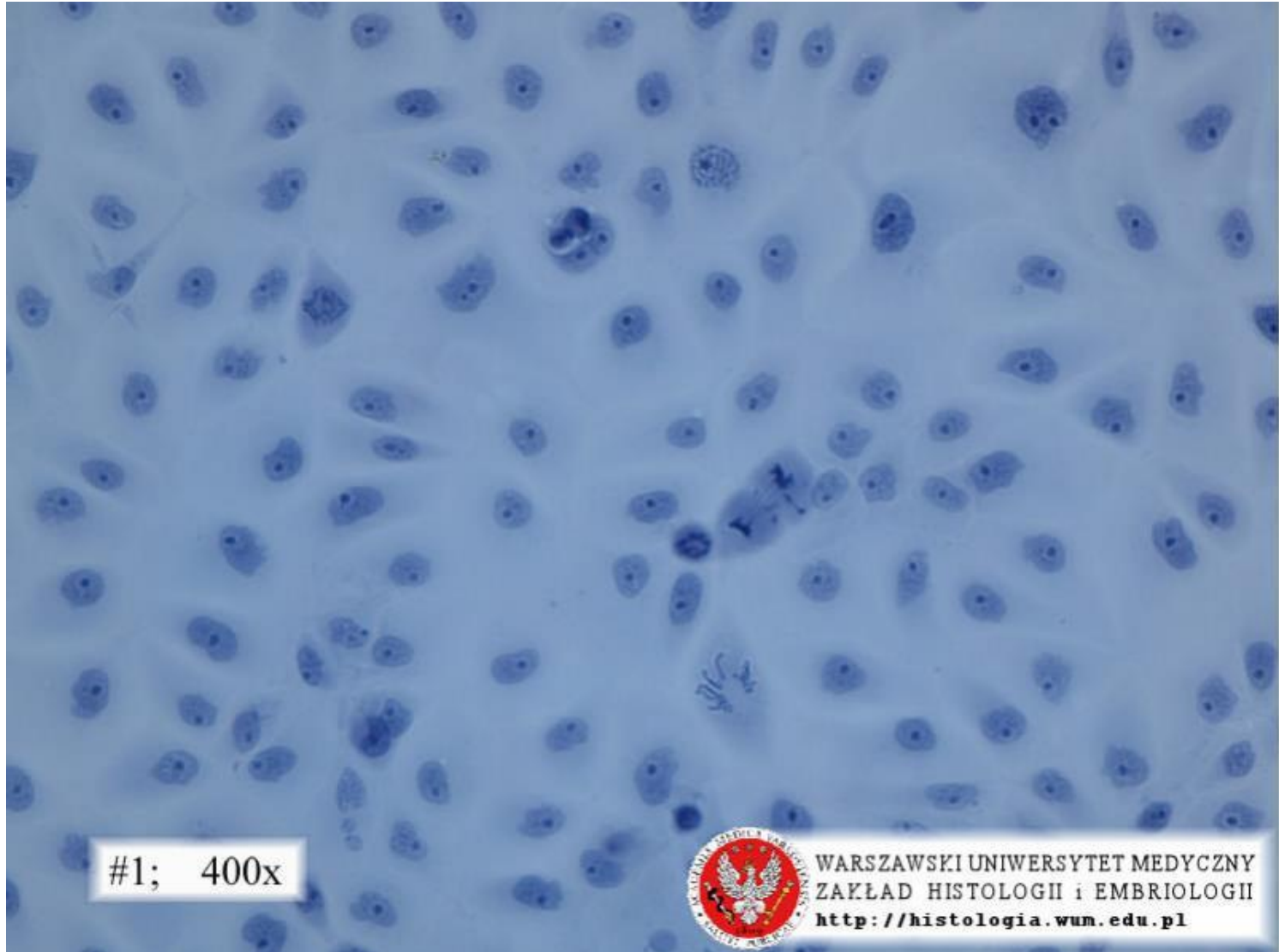
Losy chromosomów homologicznych



Mitoza vs. Mejoza



Mitoza w komórkach nabłonka hodowanych in vitro [#1]

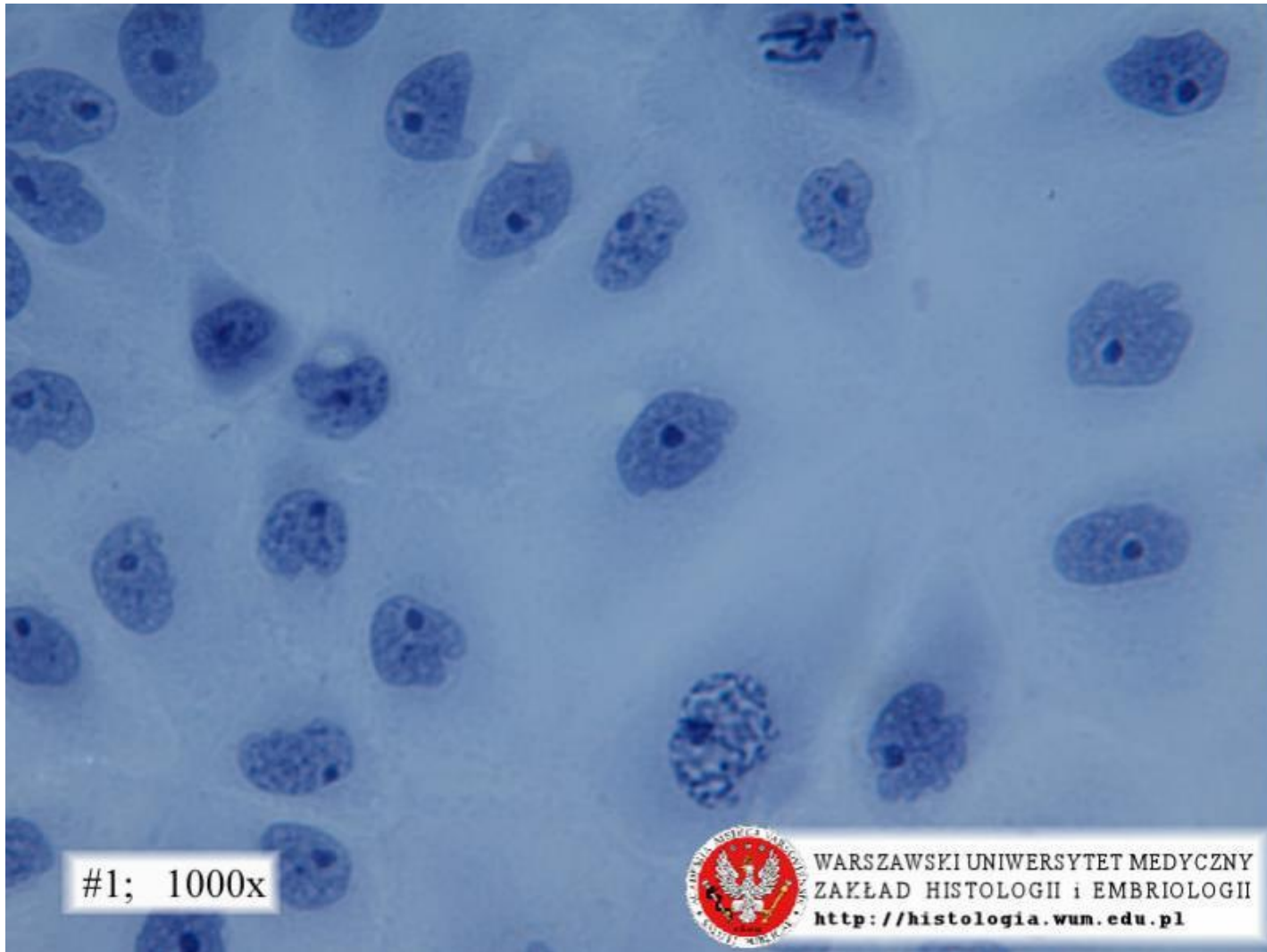


#1; 400x



WARSZAWSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY
ZAKŁAD HISTOLOGII i EMBRIOLOGII
<http://histologia.wum.edu.pl>

Mitoza w komórkach nabłonka hodowanych in vitro [#1]

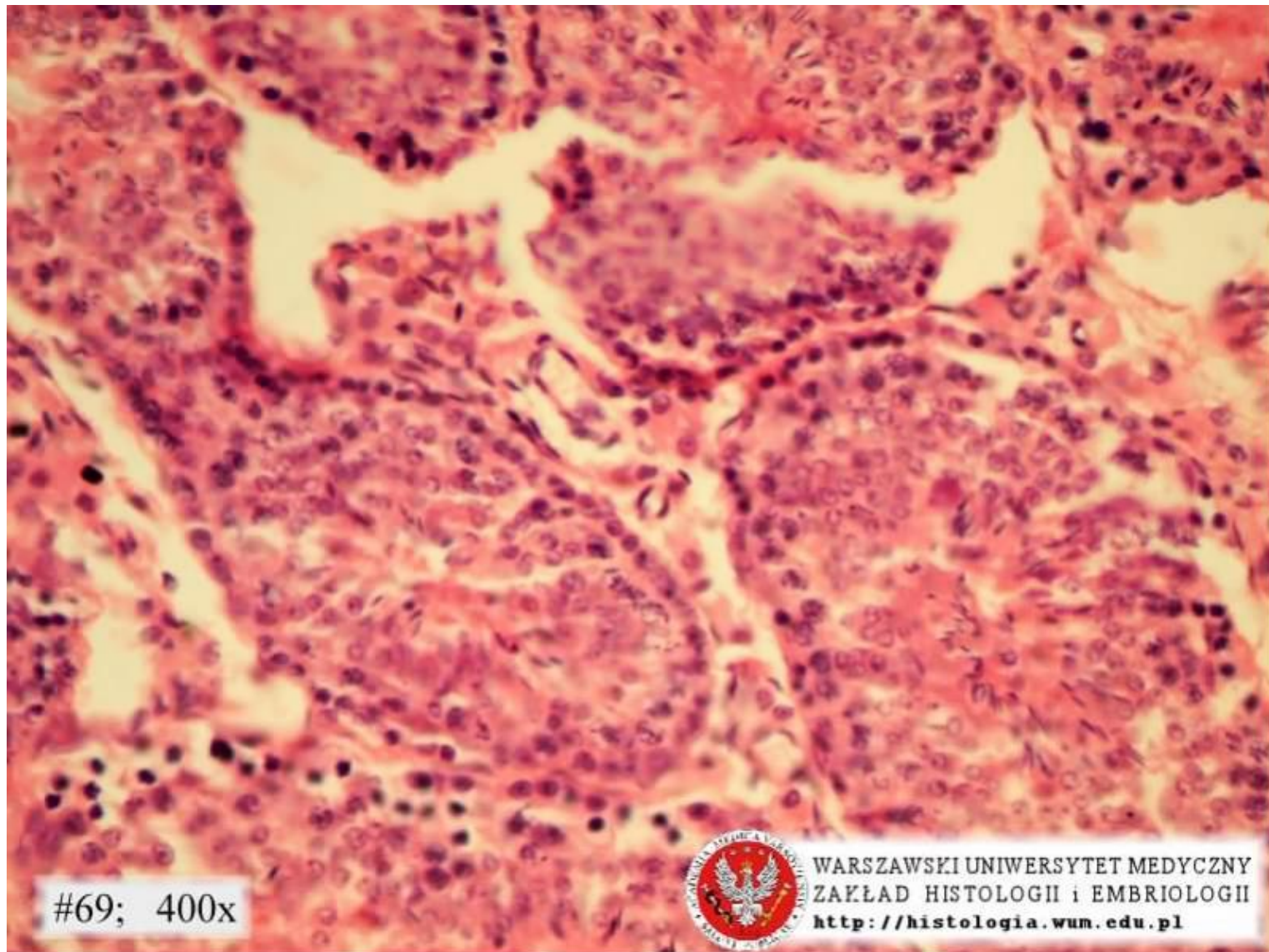


Podziały mitotyczne w zawiązku kończyny płodu myszy [#4]



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Embryonic_foot_of_mouse.jpg

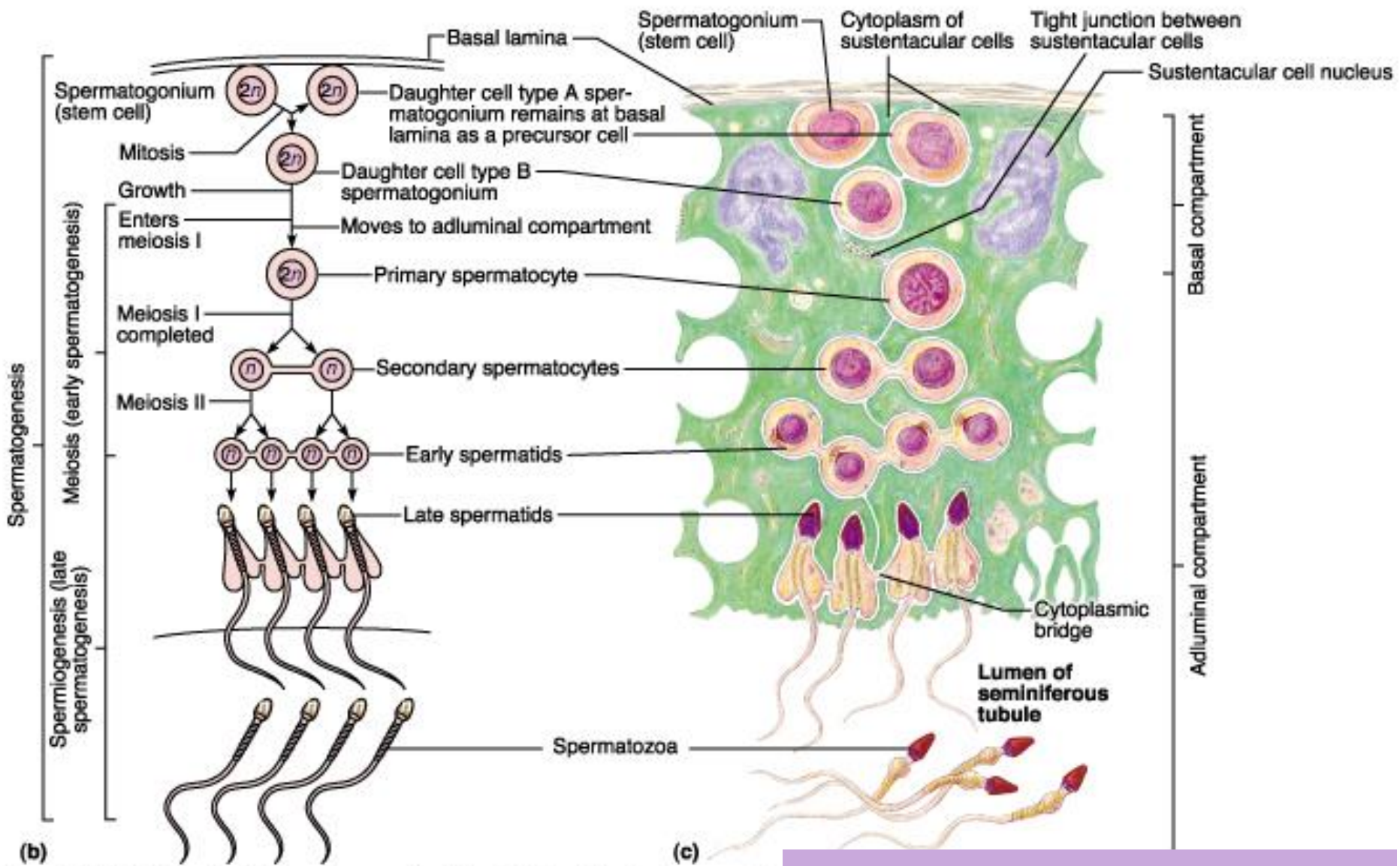
Podział mejotyczny [#69]



#69; 400x



WARSZAWSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY
ZAKŁAD HISTOLOGII i EMBRIOLOGII
<http://histologia.wum.edu.pl>



Leżące obok siebie helisy DNA w jądrze plemnika są łączone białkiem protaminą

Chromosomy w płytках metafazowych [#98]

