**Meióza**

**Delenie buniek - meióza**

* + redukčné delenie
  + redukcia genetického materiálu na polovicu
  + vznik buniek s haploidným počtom chromozómov (1n)

**Meióza**

* z jednej diploidnej bunky môžu vzniknúť v priebehu dvoch zrecích delení (deliacich cyklov) 4 haploidné bunky
* **prvopohlavná bunka – gonocyt** – 46 chromozomov – **2n4C** (diploidná chromozóova sada, 4 chromatidy)
* **prvé zrecie delenie** – dve bunky (1n2C)
* **druhé zrecie delenie** – celkom 4 bunky (1n1C)
* platí pre mužské pohlavné bunky – spermatogenéza
* ženské pohlavné bunky – oogenéza:
  + 1. zrecie delenie – oocyt + pólové teliesko (1n2C)
  + 2. zrecie delenie – zrelé vajíčko + pólové teliesko (1n1C)

**1. zrecie delenie**

* párovanie homologických chromozómov
* výmena segmentov DNA medzi nesesterskými chromatídami homologických chromozómov, **crossing-over**
* oddelenie homologických chromozómov – sesterské chromatídy ostávajú pokope a putujú k pólu deliaceho vretienka

**2. zrecie delenie**

* neprechádza mu duplikácia DNA
* kroky identické s mitózou
* oddelenie sesterských chromatíd

**Prvé zrecie delenie**

* **profáza I**
  + jadrový obal ostáva zachovaný
  + chromozómy svojimi koncami prichytené k vnútornej jadrovej membráne
  + sesterské chromatídy sú spojene kohezínom po celej dĺžke
  + **leptoténne, zygoténne, pachyténne, diploténne, diakinéza**

*v ktorom štádiu prebieha crossing over*

* + **leptoténne (leptos – jemný)**
    - kondenzácia chromatínových vláken – chromozómy
    - prvé zlomy DNA
  + **zygoténne (zyg – zjednotiť)**
    - párovanie homológnych chromozómových párov
    - prikladajú sa jeden vedľa druhého – **synaptonémový komplex**
  + **pachyténne (pachys – tlstý)**
    - chromozómy po celej dĺžke spojené synaptonémovým komplexom – javia sa ako tlsté útvary
    - oprava DNA zlomov a výmena homologických segmentov otcovských a materských chromatíd – **rekombinácia – crossing-over** – na jednom alebo na viacerých miestach
  + **diploténne (diplos – dvojitý, zdvojený)**
    - mizne synaptonémový komplex
    - miesta rekombinácie sú viditeľné ako prekríženia **– chiazmy**
    - sesterské chromatídy každého chromozómu ešte spojené kohezínom
    - určité úseky chromozómov sú dekondenzované – možná expresia proteínov
  + **diakinéza**
    - replikácia centrozómu a jeho rozdeľovanie
    - tvorba meiotického vretienka
    - začiatok rozpadu jadrového obalu
* **metafáza I**
  + chromatídy chromozómu sa pripájajú k mikrotubulom
  + chiazmy sa posúvajú ku koncom chromozómov
* **anafáza I**
  + oddelenie homologických chromozómov
  + k pólom bunky putujú obidve sesterské chromatídy
* **telofáza I a cytokinéza I**
  + **vznik dvoch buniek**, v ktorých každý chromozóm pozostáva z dvoch chromatíd (1n2C)

**Druhé zrecie delenie**

* odpovedá mitotickému deleniu
* dvojchromatídové chromozómy sa zoraďujú v rovníkovej rovine
* pripojenie mikrotubulov meiotického vretienka
* po anafáze II sa uvoľňujú kohézie medzi centromérami sesterských chromatíd
* chromatídy sa rozdelia a putujú každá k opačnému pólu bunky
* vznik 4 buniek s haploidným počtom chromozómov (1n1C)

**Mitochondrie**

* 1850 – Altmann
* 1902 – Benda
* guľovitý, vajcovitý – vláknitý
* hrúbka 0.1-3 mikrom; dĺžka 1-10mikrom
* všetky bunky okrem baktérií
* počet variabilný (1-100 000) – väčšinou 200-300/bunku
* dynamická štruktúra – rast, delenie, splývanie, pohyb
* s mikrotubulmi cytoskeletu vytvárajú dlhé pohybujúce sa reťazce
* v miestach vysokej spotreby ATP statické
* 2 separátne membránové systémy
* **vonkajší obal**
* **vnútorný systém výbežkov**
  + cristae mitochondriales – kristy (ploché výbežky – lamely)
  + tubulárne výbežky (rúrkovité)
  + sakulárne výbežky (mechúrikovité)
  + prizmatické výbežky (trojuholníkovité)
* poprehýbanie vnútornej membrány zvyšuje plochu povrchu a rozdeľuje vnútro mitochondríí na **2 kompartmenty**
* **intermembránový priestor** (vonkajšia komora) a priestor v kristách
  + bezštruktúrne
  + veľmi ľaho priepustné pre elektróny
* **matrix** (vnútorná komora)
  + tmavšia ako okolitá extramitochondrická cytoplazma
  + **tmavé granuly** (granuly fosfolipidov, nerozpustné soli fosforečnanu vápenatého a horečnatého) – niekoľkonásobne väčšie ako ribozómy
  + **mitoribozómy** – menšie ako v cytoplazme – výskyt vo veľkom počte
  + v časti kde nezasahujú kristy – roztrúsené tenké vlákna - **DNA** (podobná bakteriálnej) – nižšia Mr ako jadrové DNA
  + kryštály proteínov, depozity glykogénu
* kompletné mechanizmy pre transkripciu a transláciu genetickej informácie (DNA-, RNA-polymeráza, ribozómy, aktivačné enzýmy)
* iba málo proteínov sa syntetizuje v mitochondriách
* pojdednotky komplexov katalýzy, oxidatívnej fosforylácie – **vnútorná mitochondriálna membrána**
* väčšina proteínov syntetizovaná v cytoplazme

**Mitochondriálne membrány**

* + tenšie ako cytoplazmatická membrána (hlavne vnútorná)
  + výraznejšia granulárna stavba – tmavšie (proteíny dýchacieho reťazca) a svetlejšie oblasti (lipidová zložka)
  + jedinečn.... nestihla som ☹
  + **vonkajšia membrána**
    - poríny, kanály, pumpy
    - membrána priepustná pre molekuly až do 5 kDa, vrátane malých proteínov
    - malé enzymatické vybavenie (enzýmy aktivujúce mastné kyseliny)
    - **neobsahuje** enzýmy Krebsovho cyklu a ani elektróntransportný systém
  + **vnútorná membrána**
    - nepriepustná pre ióny a väčšinu malých molekúl – prechod len cez transportné proteíny
    - obsah matrix je vysoko špecializovaný
    - **miesto prenosu elektrónov, čerpania protónov, ATP syntetáza**
    - **časti elektróntransportného reťazca** pre oxidatívnu fosforyláciu
    - transportné proteíny – pyruvát, mastné kyseliny
    - kristy zväčšujú povrch vnútornej membrány mitochondrie – syntéza ATP

**Vznik mitochondrií**

* + rozdelením už existujúcich mitochondrií
    - prítomnosť DNA
    - pozorovanie živých rozdeľujúcich sa mitochondrií
    - synchronizované delenie jadra a mitochondrie (1 mitochondria riasy)
    - promitochondrie (kvasinky)
    - vyššie živočíchy a rastliny – počet mitochondrií sa zvyšuje v interfáze (mitóza – náhodná distribúcia do dcérskych buniek)

**Funkcie mitochondrií**

* + Krebsov cyklus (cyklus kyseliny citrónovej)
  + oxidácie mastných kyselín, aminokyselín
  + tvorba ATP – uvoľňovanie energie
  + akumulácia a transport vody a elektrolytov
    - schopnosť rýchle sa relaxovať a kontrahovať mechanizmom aktín-myozín (vonkajšia mitochondriálna membrána)
  + produkcia reaktívnych foriem kyslíka (ROS) – toxické vedľajšie produkty metabolizmu
  + špecializované systémy na likvidáciu ROS
  + kľúčová mašinéria pre programovanú bunkovú smrť

**Získavanie enerigie**

* + energia chemických väzieb v molekulách potravy
  + cukry (rastliny – fotosyntéza; živočíchy – potrava)
  + uvoľňovanie energie pri oxidácii cukrov za vzniku CO2 a H2O
  + molekuly aktivovaných nosičov (ATP, NADH, FADH2)
    - prenos balíčka energie alebo potrebných chemických skupín
  + **jednostupňová oxidácia** 
    - uvoľňovanie veľkého množstva energie (nadbytok uvoľnený vo forme tepla)
  + **regulovaná viacstupňová oxidácia** 
    - postupné odbúravanie glukózy a odovzdávanie energie aktivovaným prenášačom molekulám – **ukladanie energie**

**3 fázy získavania energie**:

* **prvá fáza**
  + **trávenie** **(**črevá, lyzozómy)
  + odbúravanie polymérov na monoméry (aminokyseliny monomérne cukry, mastné kyseliny)
  + po natrávení – stup do cytozolu bunky – **postupná oxidácia**
* **druhá fáza** 
  + **glykolýza**
    - premena glukózy a ostatných cukrov na 2 molekuly kyseliny pyrohroznovej (pyruvát)
    - vznik ATP (fosforylácia na substrátovej úrovni) a NADH
    - bez účasti O2
    - v cytozole
    - spotreba 2 ATP, vznik 4 ATP = **čistý zisk 2 molekuly ATP**
    - NAD+ odstráni elektróny z glukózy = redukcia na NADH
    - energia z oxidácie – uloženie do nosičov molekúl (ATP) a elektrónov, ktoré prenáša NADH
    - vznik **2 NADH** = odovzdanie elektrónov dýchaciemu reťazcu
  + pyruvát a mastné kyseliny prechádzajú do matrix mitochondrií
  + oxidácia – **acetylová skupina,** ktorá sa spája s **koenzýmom A**za vzniku **acetylkoenzýmu A** (aktivovaný prenášač)
* **tretia fáza**
  + **Krebsov cyklus** – cyklus kyseiny citrónovej
    - oxidácia acetylovej skupiny v acetylkoenzýme A
    - vznik **CO2** a **NADH**
    - prenos vysokoenergetických elektrónov do vnútornej mitochondriálnej membrány – **vstup do dýchacieho reťazca**
  + NADH odovzdáva elektróny do elektróntransportného reťazca – oxiduje sa na NAD+
  + elektróny sú v reťazci predávané enzýmovými komplexami až ku O2 za vzniku H2O
  + energia uvoľnená pri prechode elektrónov sa využíva k čerpaniu protónov – protónový gradient poháňa syntézu ATP
  + v priebehu deja sa spotrebúva kyslík a fosforylová skupina sa pripája k ADP – **oxidatívna fosforylácia**
  + **Dýchací reťazec**
    - v mnohých kópiách vo vnútornej mitochondriálnej membráne
    - 3 veľké enzýmové dýchacie komplexy (mnoho proteínov – transmembránové proteíny)

**NADH-dehydrogenázový komplex**

**komplex cytochrómov b-c1**

**cytochromoxidázový komplex**

* + - kovové ióny a chemické skupiny – priechod elektrónov reťazcom
    - miesta čerpania protónov
    - (H-) z NADH = (H+) + 2e- (katalýza NADH dehydrogenázou)
    - prenos k ďalším prenášačom elektrónov
    - elektróny pri každom kroku reťazcom eletriu postupne strácajú
    - vstup elektrónov do cytochrómoxidázy, spojenie s O2 a protónmi za vzniku H2O (kyslík, ktorý dýchame)
  + **prenos elektrónov – vznik protónového gradientu**
  + transport elektrónov umiestnený do protónových púmp
  + energia z prenosu elektrónov sa spája s čerpaním protónu (H+ z H2O) v matrix
  + transport protónu cez membránu do medzimembránového priestoru
  + **aktívne čerpanie protónov**
    - **vytvára gradient koncentrácie (H+)**
    - gradient pH – pH matrix 8 je viac pH medzimembr. priestor 7
    - 10-násobný pokles koncentrácie (H+)
    - **vytvára membránový potenciál cez vnútornú mit membránu**
    - vnútorná strana vnútornej membrány je záporná, vonkajšia strana je kladná (výsledok toku H+ smerom von z matrix)
    - **syntézu ATP umožňuje gradient protónov a mem potenciál**
    - spätný strmý tok H+ do matrix – energeticky priaznivý
    - **ATP-syntáza –** enzým viazaný v membráne
    - hydrofilný priechod vnútornou membránou mitochondrií
    - tvorba viac než 100 molekúl ATP za sec.
    - na každú molekulu ATP – prechod cca 3 protónov

**Mitochondrie**

* pre evolúciu mnohobunkových živočíchov a rastlín nepostrádateľné
* bez nich – závislosť eukaryotických organizmov na pomerne neúčinnej glykolýze
* glykolýza – 1 molekula glukózy = 2 ATP
* Krebsov cyklus – 1 molekula glukózy = 2 ATP
* oxidatívna fosforylácia – 1 molekula glukózy = 34 ATP