

# Meióza

**Meióza** (zrací dělení) je proces redukčního dělení buňky, který probíhá ve dvou po sobě následujících děleních a jehož výsledkem jsou buňky s haploidním počtem chromozomů. Meiotickým dělením vznikají pohlavní buňky (gamety). Význam meiózy spočívá v **náhodném** rozdělení otcovských a mateřských chromozomů do pohlavních buněk a tím umožněné **genetické variabilitě**. Ta je zvýšená mechanismem crossing-overu.

Dvě odlišná dělení se označují:

- **Meióza I** – redukční (heterotypické) dělení. Dochází k redukci počtu chromozomů na polovinu, z rodičovské diploidní buňky vznikají dvě dceřiné haploidní.
- **Meióza II** – ekvační (homeotypické) dělení. Sesterské chromatidy jsou rozděleny do dvou dceřiných buněk.

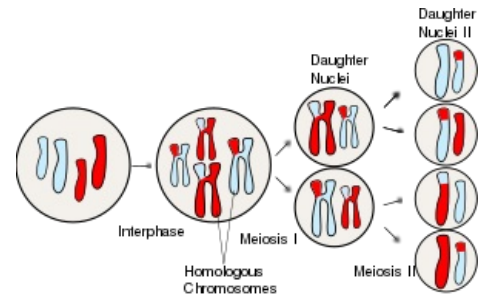


Schéma meiózy

## Meióza I

Redukční dělení pohlavních buněk můžeme stejně jako dělení somatických buněk (mitózu) rozdělit do čtyř fází:

### Profáze I

Dle kondenzace a vzájemného chování zdvojených homologních chromozomů rozlišujeme v profázi I celkem 5 stadií:

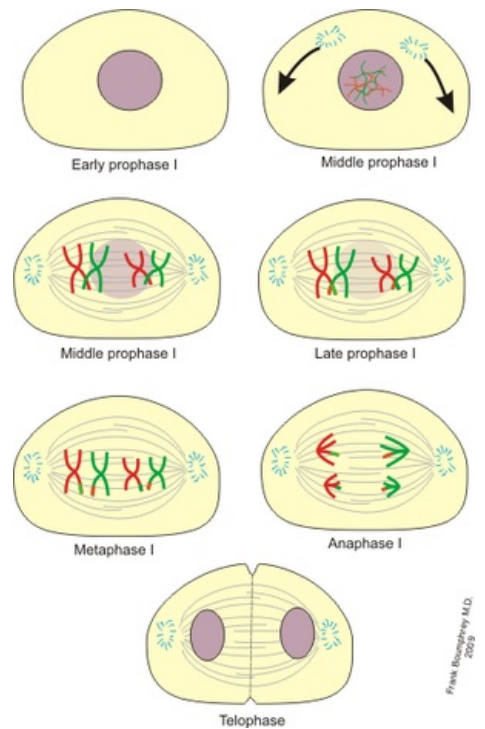
#### Leptotén

Vyznačuje se nízkým stupněm kondenzace chromozomů uchycených oběma svými konci k vnitřní straně jaderného obalu (úponová destička). Sesterské chromatidy jsou přiloženy těsně k sobě.

#### Zygotén

Synapse homologních chromozomů jsou lokalizovány v místě jejich blízkého úponu. Vytváří se tzv. **synaptonemální komplex**, který zipovým způsobem spojuje oba homology. Příslušné lokusy se párují vždy vedle sebe. Na konci jsou spárovány všechny homology – **bivalenty** (u člověka 23).

- homologní chromosomy se navzájem **vyhledají** zatím neznámým mechanismem
- začínají se **párovat** a postupně k sobě přiléhají po celé délce, těsné spojení homologních chromozomů se nazývá **synapse**
- odpovídající úseky DNA se k sobě přikládají obvykle **lineárně** a vytváří se tak struktura zvaná **bivalent**
- výjimkou jsou u člověka **chromosomy X a Y**, které nepředstavují klasický **homologní pár**, přesto mezi nimi dochází k **synapsi**
- v časně fázi se párují homologní segmenty v tzv. **pseudoautosomálních oblastech**, jež se vyskytují na obou koncích chromozomů X i Y
- v pozdější fázi se párují i určité **přilehlé oblasti**, většina délky X a Y však zůstává nespárována
- proces tvorby synapse je **komplikovanější** také v případě chromosomálních **strukturních aberací**, kdy jsou při párování homologních oblastí vytvářeny struktury odlišných tvarů
- v přítomnosti **inverze** způsobuje synapse vznik inverzní **smyčky**, u reciproké translokace vzniká **tetravalent** a u Robertsonovy translokace **trivalent** apod



Meióza I

### Pachytén

Začíná kompletizací bivalentů – sesterské chromatidy jsou patrné jako tzv. **tetrády**. Rekombinační uzlíky (chiasmata) jsou místa překřížení nesesterských chromatid. Následně dochází ke **crossing-overům** – rekombinace částí homologů.

- proces párování homologů **dokončen**
- chromosomy těsně spojení pomocí speciální **proteinové struktury** – **synaptonemální komplex**
- komplex tvoří dva **laterální elementy** a centrální žebříčkovitý element uprostřed
- každý **laterální komplex** představuje proteinovou osu jednoho **homologního chromosomu** a je podélně přiložen k oběma **sesterským chromatidům**
- z **laterálního elementu** radiálně vybíhají smyčky chromatinových vláken a **centrální element** je s

- laterálními propojen transverzálními filamenti
- v tomto stavu přetrvávají i **několik dní**
- základním účelem **synaptonemálního komplexu** je zajištění přesného párování odpovídajících úseků DNA, čímž se podílí na **bezchybné rekombinaci**
- spiralizace chromosomů** pokračuje, mají nyní vzhled hrubších vláken s nerovnoměrně barvitelnými oblastmi
- začíná být pozorovatelné **dvouchromatidové složení** jednotlivých chromosomů
- v tomto stádiu také probíhá **rekombinace DNA** mezi nesesterskými chromatidami homologních chromosomů – **crossing over** (překřížení a výměna chromosomálních segmentů)
- vlastní **výměna úseků DNA** může nastat i mezi chromatidami sesterskými, ale v tom případě se nejedná o **rekombinaci** v pravém slova smyslu, protože vyměněné úseky nesou **identickou genetickou výbavu**
- pravděpodobné místo, kde probíhá proces **crossing overu** odpovídá místu výskytu tzv. **rekombinačního uzlíku** (nodulu)

## Diplotén

Je zahájen desynapsí homologních chromozomů. Dochází v něm k rozrušení synaptonemálních komplexů. Bivalenty zůstávají spojeny v jednom nebo více místech (**chiasmatech**).

- homologní chromosomy** se začínají oddělovat, synaptonemální komplex se odbourává (desynapse)
- v místech **crossing overu** zůstávají chromosomy navzájem spojené, tato místa jsou tzv. **chiasmata**
- rozložení chiasmata není pravidelné, mohou se vyskytovat **kdekoli** na chromosomu
- existují ale místa, kde dochází ke crossing overu častěji – **rekombinační „hotspots“** a naopak i místa s málo pravděpodobným výskytem (např. pericentromerická oblast)
- je možno vypočítávat i jev **interference chiasmata**, tzn. snížení pravděpodobnosti vzniku chiasmatu v blízkosti výskytu jiného (mechanismus zatím nejasný)
- u člověka obvykle nacházíme **1-3 chiasmata** na každém homologním páru (podle velikosti chromosomů), celkově nacházíme **40-50 chiasmata** v jedné buňce
- pro zajištění **správné segregace** v dalším průběhu prvního meiotického dělení se i na nejmenším chromosomu vyskytuje alespoň **jedno chiasma**
- v každém **bivalentu** jsou již zřetelně rozpoznatelné **čtyři chromatidy**, celou strukturu homologního páru chromosomů označujeme **tetráda**

## Diakinéza

Diakinéza je přechod do metafáze. Probíhá zde silná kondenzace chromatid, jejich dělení a uvolnění jejich koncových částí od jaderného obalu. Sesterské chromatidy jsou spojeny v oddálených centromerách obou původních homologních chromozomů. Jaderný obal se rozpadá.

## Metafáze I

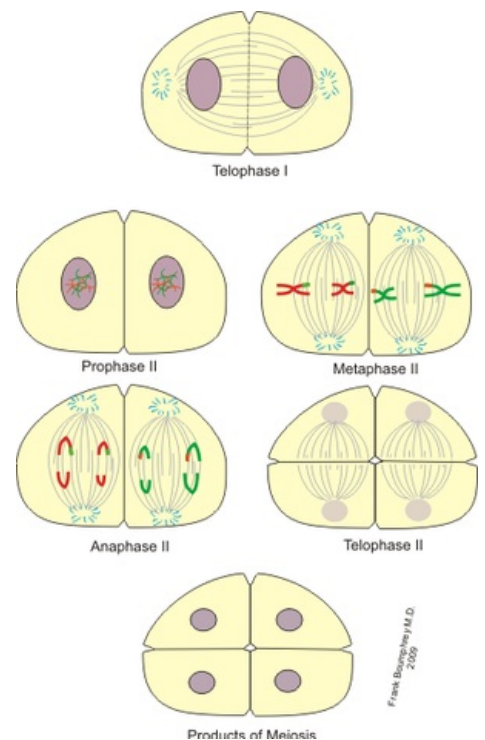
- neoddělené centromery a kinetochory;
- sesterské chromatidy tvoří diády – rozchodem homologních chromozomů.
- na začátku mizí **jaderný obal**, jako u mitosy
- tvoří se dělicí **vřeténko**
- páry homologních chromosomů jsou pomocí kinetochorů připojeny k mikrotubulům dělicího aparátu a řadí se v **ekvatoriální rovině** buňky
- chiasmata** udržují homologní chromosomy **pohromadě** až do začátku anafáze I
- nejdříve jsou chiasmata lokalizována v místě **crossing overu**, později dochází k jejich posunu směrem ke koncům chromatid (**terminalizace chiasmata**)

## Anafáze I

- homologní chromozomy se rozcházejí – princip redukčního dělení.
- po rozpojení chiasmata se homologní chromosomy **rozcházejí** k opačným pólům vřeténka, každý tvořený dvěma **sesterskými chromatidami**
- tento moment je klíčový pro celou meiosis – **diploidní počet** se redukuje na haploidní, polovinu
- rozchod chromosomů maternálního a paternálního původu **k pólům** probíhá zcela náhodně a nezávisle, jak odpovídá **Mendelovu zákonu** o nezávislé kombinovatelnosti vloh
- vzniká velký počet **různých kombinací**, u **člověka  $2^{23}$**  a při účasti crossing overu je počet kombinací ještě mnohem větší

## Telofáze I

- Oddělí se dvě buňky s různým zastoupením mateřských a otcovských chromozomů.
- haploidní sady chromosomů se shlukují na **pólech buňky**, vznikají dvě dceřiná jádra a po rozdělení cytoplazmy i dvě **dceřiné buňky**
- tato fáze je krátká, průběh velmi **variabilní**



Meióza 2

- následuje **interkineze** (analogie s mitotickou interfází, nedochází ale k replikaci DNA)
- chromosomy se dočasně **despiralizují**, interkineze je velmi krátká a u některých druhů úplně chybí
- buňka poté vstupuje do **II. zracího dělení**

## Meióza II

Nastupuje po krátké interfází, při které nedochází k replikaci DNA, pouze k dekonduzaci a syntéze RNA a histonů. Následné dělení je průběhem velmi podobné mitóze. V **profázi II** se rozejdou centrioly a vytvoří se mitotické vřeténko, v **metafázi II** se centromery a kinetochory sesterských chromatid orientují k protilehlým pólům dělicího vřeténka. V **anafázi II** pak dojde k separaci chromatid do dceřiných buněk.

## Odkazy

### Související články

- Mitóza
- Gametogeneze
- Crossing-over
- Fáze buněčného cyklu
- Chromozomy
- Poruchy meiózy

### Zdroj

- ŠTEFÁNEK, Jiří. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK* [online]. [cit. 11. 2. 2010]. <<https://www.stefajir.cz/>>.



### Článek neobsahuje vše, co by měl.

Můžete se přidat k jeho autorům (<https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Mei%C3%B3za&action=history>) a jej.

O vhodných změnách se lze poradit v diskusi.