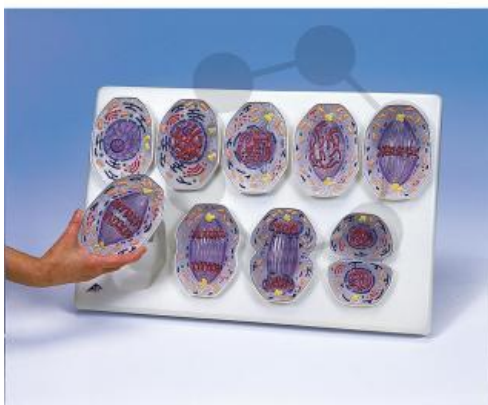


Model mitózy

Kat. číslo 103.7491



Mitóza

Mitóza, nazývaná také nepřímé jaderné dělení nebo ekvační dělení, je nejvíce rozšířená forma rozmnožování buněk. Buňka (mateřská buňka) se přitom rozdělí na 2 dceřiné buňky s identickou DNA (= geny s dědičnou substancí) a stejný počet chromozómů. Mitóza je základem pro růst a zachování všech živých organizmů.

Lidský organizmus se skládá z cca 10^{15} až 10^{16} buněk. V rychle rostoucí tkáni (např. střevním epitelu) se buňky dělí pomocí mitózy zhruba každých 12–35 hodin, v pomaleji rostoucích tkáních (např. šlachách) jen každých 3–6 měsíců.

Cyklus buňky v zásadě rozlišujeme na **interfázi**, která představuje období mezi dvěma buněčnými děleními, a vlastní fázi dělení, **fázi mitózy**.

Mimo tento cyklus existuje ještě další fáze, G_0 fáze. To je fáze růstu nebo diferenciaci buňky bez přípravy dělení. V této fázi může buňka nevratně ztratit svoji schopnost dělení (např. svalové buňky), nebo naopak vstupuje po různě dlouhé G_0 fázi opětovně do cyklu buňky, která začíná G_1 fází.

Interfáze se rozděluje na 3 stádia:

- **G_1 fáze (presyntetická fáze)**
V této fázi se začíná buňka připravovat na budoucí mitózu. Aktivuje se růst veškerých složek buňky a centrioly se zdvojnásobí. Tato fáze trvá u rychle rostoucích buněk cca 3 hodiny.
- **S fáze (syntetická fáze)**
Zde se zdvojnásobuje množství DNA replikací jako další příprava na budoucí buněčné dělení. Tato fáze trvá u rychle rostoucích buněk cca 8 hodin.
- **G_2 fáze (postsyntetická fáze)**
V této fázi probíhají poslední přípravy na zahájení mitózy. Chromozómy se zhušťují a probíhá „korektura“ DNA. Na konci této fáze uvolní buňky v lidské/zvířecí tkáni buněčné kontakty se sousedními buňkami, zaoblí se a často zvětší svůj objem v důsledku pohlcování kapaliny. Tato fáze trvá u rychle rostoucích buněk cca 4 hodiny.

Fáze mitózy se rozdělují na následující stádia:

- **Profáze**
- **Raná prometafáze**
- **Pozdní prometafáze**
- **Metafáze**
- **Raná anafáze**
- **Pozdní anafáze**
- **Telofáze**
- **Cytokineze**

Doba trvání všech stádií u rychle rostoucích buněk: cca 1 hodina

Modely mitózy řady 3B Scientific® (číslo výrobku R01) a nástěnná mapa mitózy (V2049M, V2049U) ukazuje typickou buňku savce v cca 10 000násobném zvětšení. Ve spodní třetině modelů/obrázků jsou znázorněny otevřené buněčné organely.

Modely mitózy řady 3B Scientific® dodáváme v úložném systému, který je vybaven závěsným zařízením. Modely této řady tak můžete také snadno a skladně zavěsit na zeď. Modely jsou na zadní straně opatřeny magnety a dají se pro vyučování umístit na magnetické tabule ve třídě.

Na konci tohoto popisu najdete obrázky 9 vyobrazených stádií, které můžete použít jako kopírovací předlohu pro Vaše vyučování. Vymalováním, popsáním a správným seřazením jednotlivých stádií si mohou Vaši žáci osvojit a prohloubit naučenou látku.

1. Interfáze, stádium G₁ fáze

Uvnitř buňky můžete vidět buněčné jádro s nukleolem (jadérkem) (1) a obalem jádra (2). V buněčném jádru se nachází dosud despiralizovaná DNA (3) s genetickou informací.

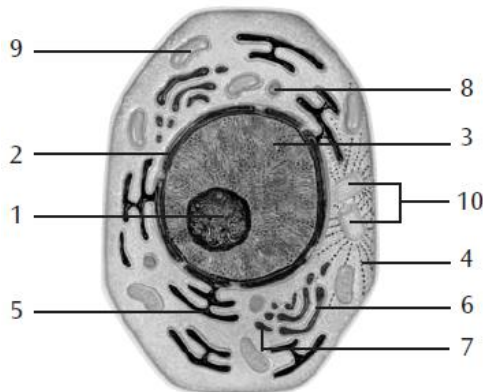
Stabilitu a tvar samotné buňky zajišťují velmi tenké trubičky, takzvané mikrotubuly (4), které protkávají buněčnou plazmu. Mikrotubuly řídí mimo jiné pohyb buňky a vnitrobuněčné transportní procesy.

V buněčné plazmě lze rozeznat endoplazmatické retikulum (5). Je to propletený systém trubic, který slouží převážně k syntéze lipidů a vnitrobuněčné přepravě iontů. Na membráně drsného endoplazmatického retikula se nacházejí ribozomy, které zajišťují produkci proteinů.

Golgiho aparát (6) se označuje také jako „buněčná žláza“. Je to soustava na sobě navrstvených dutých tělísek (Golgiho cisteren), které se nafukují do malých váčků a odštěpují se (Golgiho vezikuly) (7). Endoplazmatické retikulum dodává do Golgiho aparátu stavební prvky membrány a enzymy. Hlavním úkolem Golgiho aparátu je shromažďování, balení a transport sekretů a tvorba lyzozomů (trávicích vakuol) (8).

Hlavním úkolem lyzozomů je odbourávání buněčných složek. To se může dít buď z buňky směrem ven (= exocytóza), nebo uvnitř buňky (= vnitrobuněčné trávení). Získávání energie u buněk zajišťují mitochondrie (9).

Úkolem centriol (10) je vybudovat dělicí vřeténko. Jsou to duté válce, které jsou vytvořeny



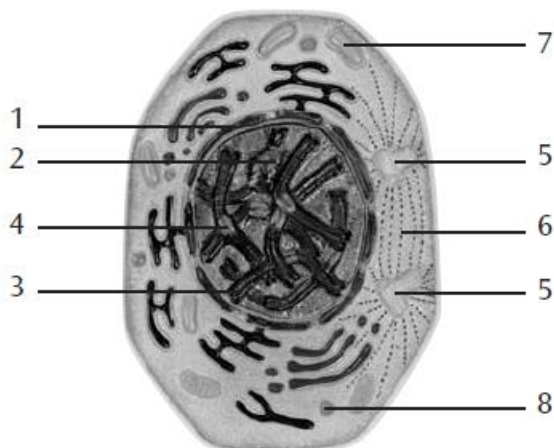
z podélných trubic (mikrotubulů).

2. Profáze

Buňka se připravuje na dělení a omezuje svoje specifické funkce pro organizmus. Cytoskelet se mění, takže se cytoplazma stává pohyblivou. Propustnost povrchu buňky se zvětšuje, aby buňka mohla pohltnout kapalinu z okolí. Mikrotubulární aparát cytoskeletu se přeskupí.

Obal jádra (1) a nukleolus (2) se rovněž začnou odlučovat. V buněčném jádru začíná kondenzovat DNA a tvoří se definované chromozómy. Každý chromozóm se replikoval v předcházející S fázi a nyní se skládá vždy ze dvou sesterských chromatid (3). Každá z těchto sesterských chromatid obsahuje určitou sekvenci DNA, takzvaný centomer (4), který je nezbytný pro dělení dceřiných buněk.

Páry centriol (5), které se v interfázi zdvojnásobily, začínají putovat pryč od sebe ve směru k oběma pólům buňky. Vytvářejí mezi sebou takzvané dělicí vřeténko (6), které sestává z mnoha mikrotubulů. Mitochondrie (7) leží v této oblasti a lyzozomy (8) jsou vypuzovány ke stranám.

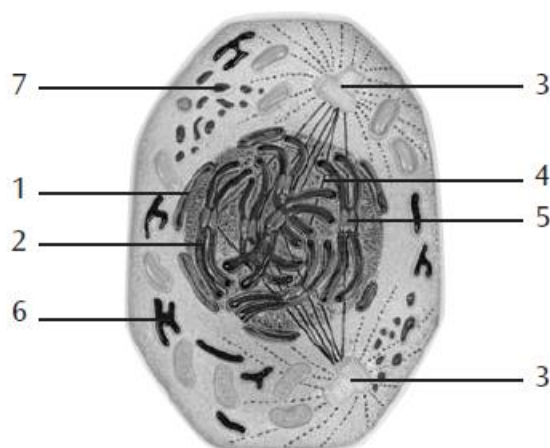


3. Raná prometafáze

V rané prometafázi se uvolní nukleolus a obal jádra se rozpadne na membránové vezikuly (1). Lze zřetelně rozeznat chromozómy (2) uvnitř buněčného jádra.

Obě centrioly (3) pokračují ve své cestě k pólu. Mikrotubuly (4) dělicího vřeténka, které dosud ležely mimo jádro, mohou nyní vnikat do oblasti jádra a uchycují se na středu každého zdvojeného chromozómu na kinetochorech (5). Kinetochory jsou proteinové komplexy, které se pro tento účel vytvořily na centromerech.

Endoplazmatické retikulum (7) a Golgiho aparát (8) se začnou odlučovat.

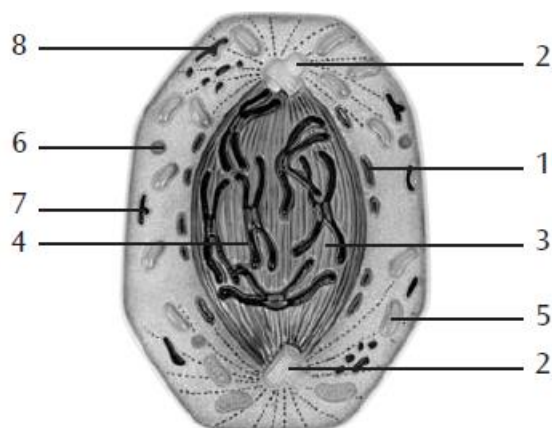


4. Pozdní prometafáze

Nyní se obal jádra (1) téměř zcela odloučil a páry centriol (2) doputovaly na oba protilehlé póly buňky, Mikrotubuly (3) dělicího vřeténka začínají uspořádávat chromozómy (4), které jsou s nimi spojené.

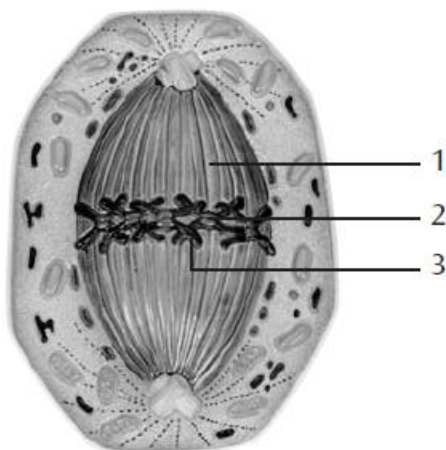
Mitochondrie (5) a lyzozomy (6) vypuzované ke straně se opět rovnoměrně formují v buněčné plazmě.

Endoplazmatické retikulum (7) a Golgiho aparát (8) jsou nyní téměř zcela odštěpené.



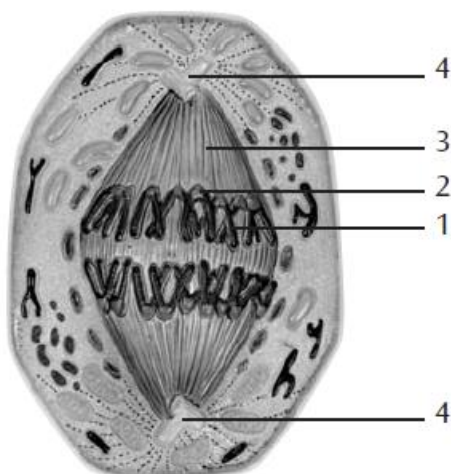
5. Metafáze

Mikrotubuly dělicího vřeténka (1) se nyní uchytily přesně na kinetochorech (2) každého zdvojeného chromozómu (3). V metafázi se chromozómy zkrátí a uspořádají přesně doprostřed mezi oba póly dělicího vřeténka. Vytvoří takzvanou metafázní desku. Při pohledu shora vypadají chromozómy jako hvězdicové útvary (monaster nebo „mateřská hvězda“).



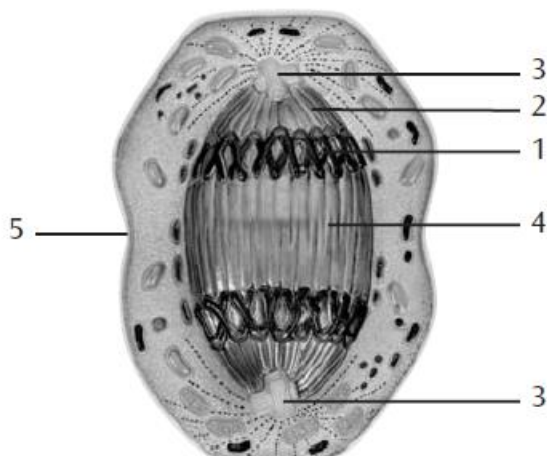
6. Raná anafáze

V rané anafázi se oddělují předtím zdvojené chromatidy (1). Vzájemně se oddělují sesterské chromatidy se stejnou genetickou informací, které vytvářejí samostatné chromatidy. Toto dělení začíná u párovitě uspořádaných kinetochorů (2), v místě uchycení tažných vláken dělicího vřeténka. Mikrotubuly (3), které se zkracují a vyvíjejí tím tah, odtud poté pomalu táhnou chromozómy k centriolám (4) ležícím na pólech buňky.



7. Pozdní anafáze

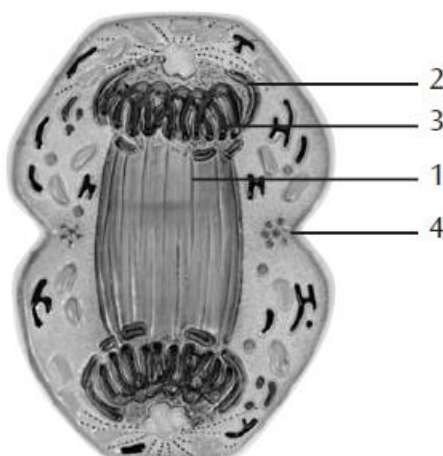
V pozdní anafázi dosáhly chromozómy (1) pólů buňky a vytvoří nyní dvě takzvané dceřiné hvězdy. Mikrotubuly (2), které jsou spojeny s kinetochory dělicích vřetének na obou protilehlých centriolách (3), zanikají a vzájemně se uvolňují. Mikrotubuly (4), které nejsou spojeny s chromozómy, se nyní prodlužují, takže se vzdálenost mezi centriolami zvětšuje a buňka se roztahuje do délky. V ekvatoriální rovině lze rozeznat náznak šňěrovací rýhy (5).



8. Telofáze

V telofázi se zcela uvolní mikrotubuly spojené s kinetochory. Zachovány zůstanou jen mikrotubuly (1), které spojují oba póly buňky. Okolo obou oddělených párů chromozómů na pólech buňky se začne tvořit nový obal jádra (2). Kondenzovaná DNA (3) se začne opět prodlužovat a vytváří se nový nukleolus.

Šňěrovací rýha v ekvatoriální rovině se zhuští a vytvoří takzvaný zářez (4), který aktivně stáhne cytoplazmu a vede k dalšímu dělení nově vytvářené buňky.



9. Cytokineze

Chromozómy (1) budou ještě tenčí a delší. Endoplazmatické retikulum (2) a Golgiho aparát (3) se opět vrátí do počáteční velikosti.

Tělo buňky se rozdělí přesně uprostřed, na zářezu (4) mezi oběma nově vznikajícími dceřinými jádry. Během cytokineze zůstane mezi dvěma nově vznikajícími buňkami často ještě zachován tenký cytoplazmatický můstek, který se nazývá střední tělísko. Teprve tehdy, jestliže se obě dceřiné buňky úplně od sebe oddělily, je cytokineze dokončena.

Obě nově vznikající dceřiné buňky jsou menší než mateřská buňka a dosahují své úplné velikosti teprve růstem. Dceřiné buňky přejdou opět do interfáze, než se opětovně zdvojnásobí mitotickým dělením.

