



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Fakulta riadenia a informatiky

Semestrálna práca

Základy teoretickej medicíny 5IB201

2021/2022

Adam Lány

5ZIB11

Linda Blahová

5ZIB11

Model procesu delenia eukaryotickej bunky (mitóza)

Cieľom semestrálnej práce bolo vytvoriť model delenia eukaryotickej bunky taktiež nazývaný aj mitóza. Tento proces pozostáva zo štyroch základných fáz, ktoré budú popísané nižšie v dokumentácii. Základných princípom procesu je vytvorenie dvoch nových dcérskych buniek z pôvodnej materskej bunky.

Pre vytvorenie modelu mitózy a aj samotnej animácie bol použitý open source nástroj Blender vo verzii 2.93. Proces tvorby modelu a animácie bude popísaný ďalej v jadre dokumentácie semestrálnej práce.

Motivácia

Tému delenia eukariotickej bunky sme vybrali pre jej zaujímavosť a rozvoj našich vedomostí. Hoci základné informácie o bunke a jej životnom cykle sme nadobudli na prednáškach, pre čo najvernejšie zobrazenie modelu a animácie bolo potrebné aj samoštúdium. Informácie sme čerpali z rôznych zdrojov, pričom sme sa snažili porovnávať kvalitu spracovania a tiež ako veľmi do hĺbky je daná téma rozobraná. Zdroje, ktoré boli pre nás najprínosnejšie, sme nakoniec vybrali ako predlohu pre našu prácu. Týmito zdrojmi boli hlavne

<https://www.britannica.com/science/cell-biology/Cell-division-and-growth> a
<https://biopedia.sk/bunka>.

Eukaryotická bunka

Bunky vieme rozdeliť do dvoch hlavných typov: Prokaryotickej a eukaryotickej bunky. Zatiaľ čo prokaryotická bunka tvorí základnú stavebnú jednotku iba jednobunkových organizmov ako napríklad baktérií alebo siníc, tak eukaryotická bunka má omnoho zložitejšiu stavbu a prebiehajúce procesy a tvorí mnohobunkové organizmy. Táto bunka je typická svojou vnútrobunkovou kompartmentáciou t.j. vo svojom vnútri má vytvorené viaceré oblasti, ktoré sú ohraničené membránami. Jadro je tu odelené od cytoplazmy jadrovou membránou. Tvar eukaryotickej bunky môže byť v organizme rôzny. Pre účel tejto semestrálnej práce bol vybraný základný guľovitý (sférický) tvar bunky. Organely, ktoré pri procese delenia bunky nezohrávajú významnú úlohu, pre prehľadnosť nie sú v modeli zobrazené.

Modelovaná bunka obsahuje nasledovné štruktúry, resp. organely:

1. Chromatín
2. Chromozómy
3. Centrozóm
4. Mikrotubuly
5. Jadierko (nucleolus)
6. Jadro (nucleus)
7. Bunková stena

Mitóza (mitosis)

Každá bunka má svoj životný cyklus, ktorý sa nazýva aj bunkovým cyklom. Tento cyklus predstavuje obdobie života bunky od jej vzniku, delení bunkových organel, až po samotné rozdelenie bunky. Bunkový cyklus možno rozdeliť do viacerých fáz, v ktorých sa bunka nachádza v inom stave alebo v nej prebiehajú rozličné procesy. Po príprave bunky na delenie jadra a aj samotnej bunky, kedy prebieha syntetizácia bielkovým a enzýmov pre replikáciu DNA prebehne zdvojnásobenie genetického materiálu (replikácia DNA). Táto časť je zahrnutá vo fázach **G1**, **S** a **G2**.

Proces mitózy bunky je zahrnutý v **M-fáze** životného cyklu bunky, ktorý nasleduje ihneď po **G2** fáze.. Súvisí so zmenami a rozdelením jadra bunky a následne rozdelením materskej bunky na dve geneticky identické dcérske bunky. Mitóza zabezpečuje rovnomerné rozdelenie chromozómov do dcérskych buniek. Prebieha v štyroch fázach, ktoré sú znázornené vo finálnej animácii modelu:

1. Profáza

Počiatkom profázy je rozdelenie centrozómu na dve časti. Jadro eukaryotickej bunky sa začína meniť. Z chromatínu, ktorý sa nachádza v jadre bunky sa kondenzovaním začínajú tvoriť hrubšie vlákňité chromozómy. Každý chromozóm pozostáva z dvoch

geneticky identických sesterských chromatíd spojených v oblasti centroméry proteínom kohezinom. V tejto fáze mizne jadierko bunky. Z centrozómov sa postupne začnú rozchádzať vlákna mikrotubulov. Tieto centrozómy sa pri tom začnú posúvať ku protipólom bunky.

V neskoršej časti profázy dochádza k rozrušovaniu membrány jadra a do jadra sa dostávajú mikrotubuly deliaceho vretienka, ktoré asociujú so vznikajúcimi kinetochórmami v oblasti centroméry chromozómov. Každý chromozóm má dva kinetochóry. Chromozómy sa postupne špiralizujú a usporiadávajú sa.

2. Metafáza

Bunka sa do metafázy dostáva vtedy, keď sú chromozómy maximálne špiralizované. Táto fáza končí následne po usporiadaní chromozómov do tzv. ekvatoriálnej roviny, ktorá sa nachádza v strede bunky.

3. Anafáza

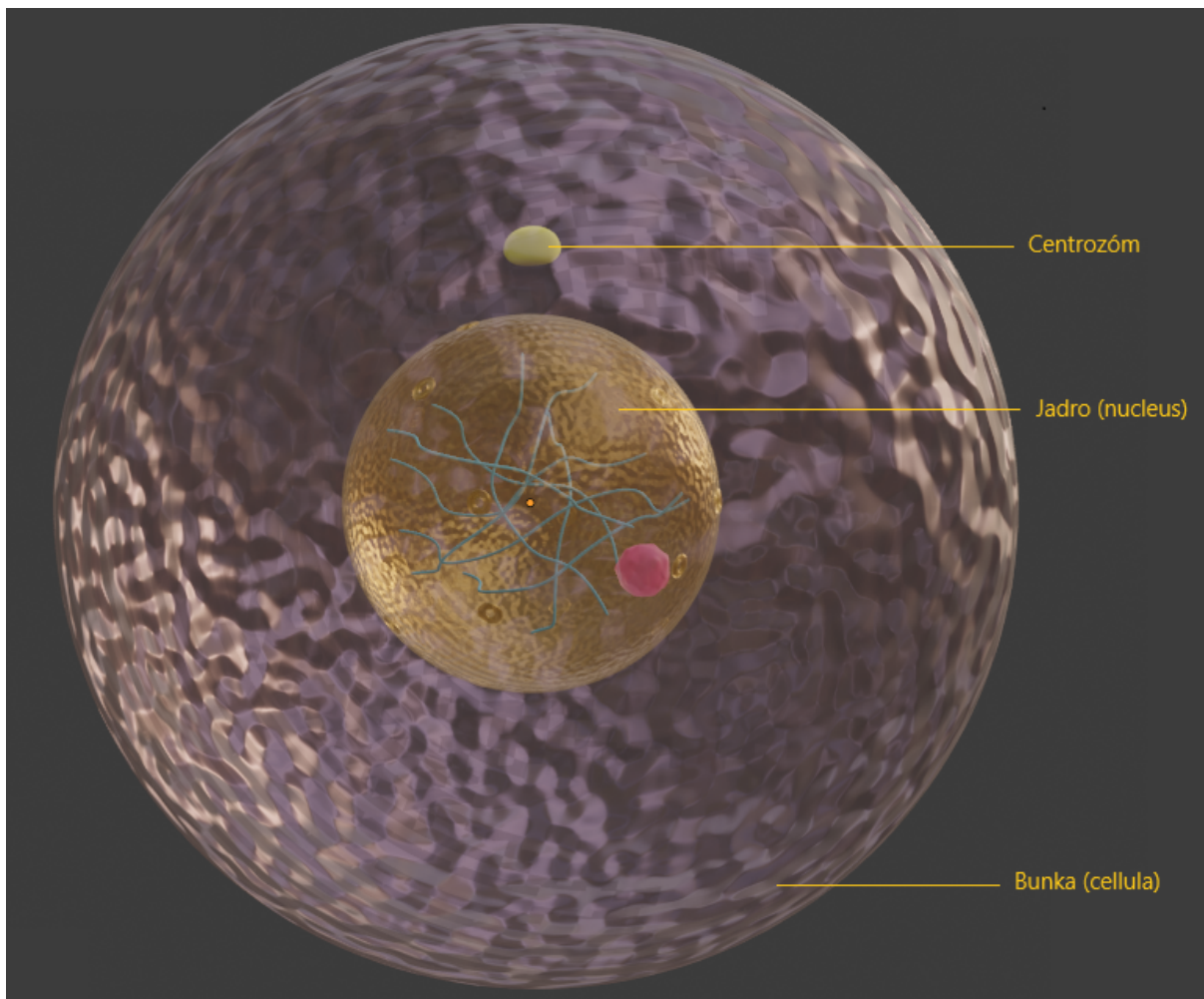
Bod, v ktorom sa bunka dostáva do anafázy je po úplné pripojenie mikrotubulov na všetky chromozómy. Tu tiež začína rozchádzanie sa chromatíd. Počas tejto fázy prebieha aj odbúravanie bielkoviny kohenzínu, ktoré drží pokope sesterské chromatídy v oblasti centromér. Spolu s odbúraním kohenzínu začína skracovanie mikrotubulov, čo má za následok odťahovanie chromatíd od seba. Tieto chromatídy (teraz už dcérske chromozómy) sa dostávajú ku opačným pólom bunky.

4. Telofáza

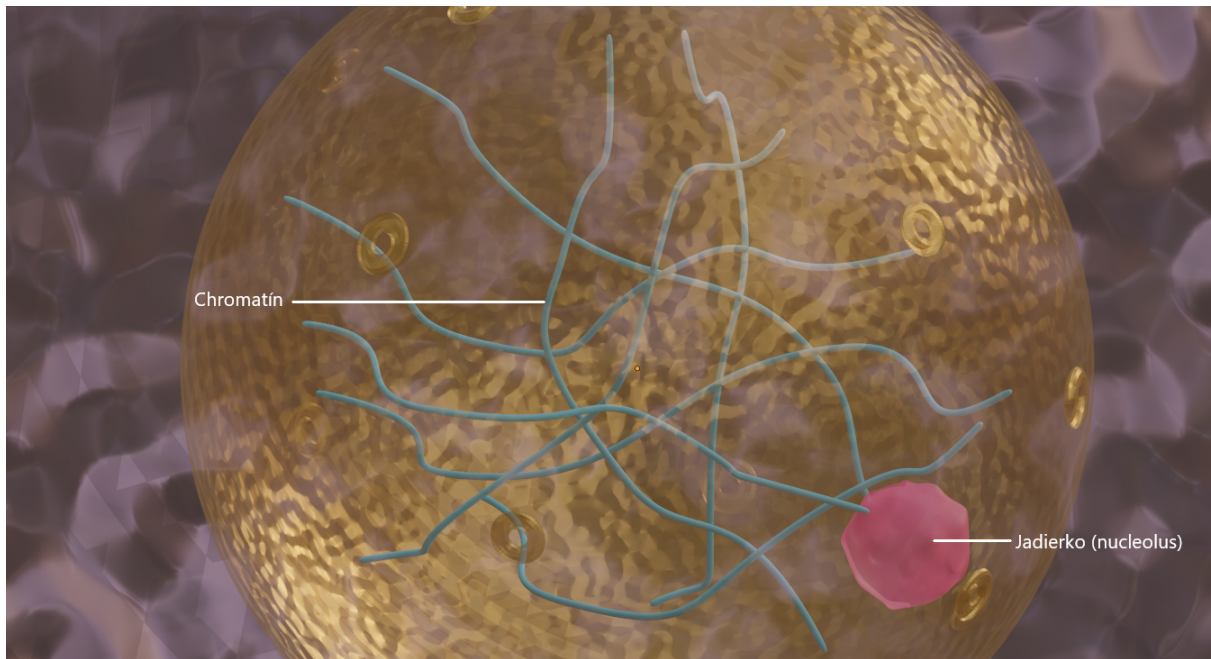
V poslednej fáze dochádza v podstate ku opačným procesom ako pri predchádzajúcich troch fázach. V telofáze sa celá bunka začína predlžovať a okolo chromozómu na obidvoch póloch sa diferencuje jadrová membrána. Chromozómy postupne dekondezujú na stav chromatínu aký mali pred začiatkom profázy. Taktiež sa v tejto fáze vytvára jadierko.

Po poslednej fáze mitózy nastáva tzv. cytokinéza, ktorá predstavuje samotné rozdelenie bunky na dve nové, dcérske bunky.

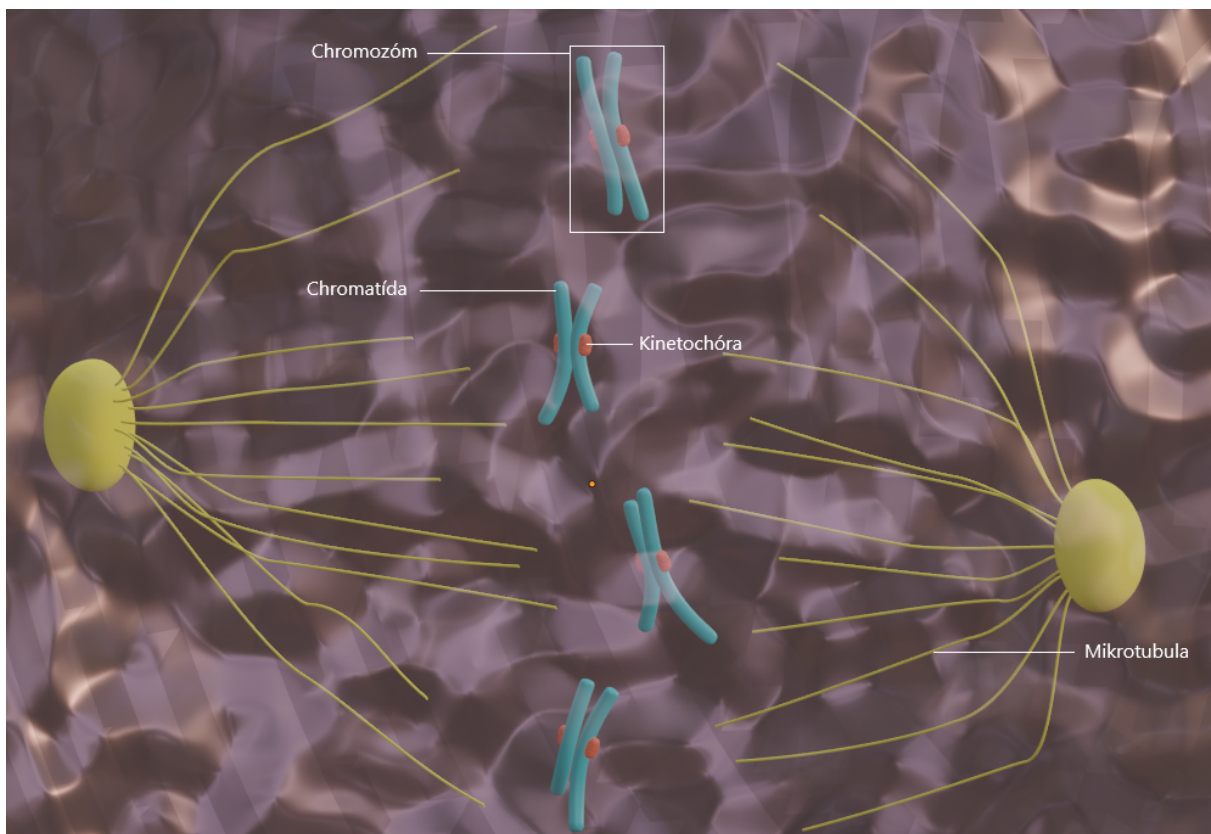
Model



Model bunky v Blenderi bol vytvorený na základe základného guľovitého modelu bunky. Obsahuje časti bunky, ktoré sú kľúčové pre proces mitózy. Na obrázku je zobrazená bunka na začiatku fázy M - mitózy.



Obrázok zobrazuje detail jadra bunky pred/po bunkovom delení, kedy je obsahom jadra jadierko a chromatín, obalený membránou jadra.



Bunka na obrázku je v stave metafázy, kedy je možné pozorovať zmiznutie jadra a jadierka bunky, chromozómy vytvorené špiralizáciou chromatínu, či mikrotubuly naťahujúce sa k centroméram chromozómov.

Spustenie animácie

Animáciu je možné spustiť priamov nástroji Blender a to po presunutí sa do módu Material Preview. Následne je možné animáciu spustiť v ktorejkoľvek časti nástroja.

Pre účely následného vyrenderovania animácie do podoby napríklad krátkeho videa boli do modelu pridané aj rôzne pohľady. Sú to pohľad na celú bunku zpredu, detail na bunkové jadro a detail na širšie bunkové jadro. Spolu s týmito pohľadmi bolo pridané do samotného medulu bunky aj pozadie s osvetlením. Pre spustenie animácie v blenderi je možné si tieto prvky vypnúť aby sa nezobrazovali a tak nerušili pri následnom ďalšom vývoji alebo sledovaní animácie. Stačí teda len vypnúť viditeľnosť scene collection s názvom Scene.

