Biologia Celular

1 Compartimentalização celular e a membrana plasmática
Origem e significado da Compartimentalização da Célula Eucariótica

I. Iniciando a conversa

Objetivos

- Diferenciar as células procarióticas e eucarióticas;
- Identificar as principais características estruturais do núcleo das células eucarióticas;
- Reconhecer e perceber as principais vantagens evolutivas da compartimentalização do citoplasma de uma célula eucariótica
- Discutir a origem das organelas das células eucarióticas

Antes de iniciarmos os estudos sobre este tópico, responda à seguinte questão:

"O que é célula?"

Anote sua resposta para analisá-la novamente ao final da disciplina. Será que sua resposta será mantida, complementada ou mesmo alterada?

Quando realizamos uma reflexão mais cuidadosa sobre a questão proposta, percebemos que, embora aparentemente simples, ela pode se tornar muito complexa. Isso depende do nível de detalhamento que utilizarmos na resposta, bem como do enfoque. Por exemplo, podemos apresentar uma definição geral ou incluir aspectos relacionados à forma e função das partes constituintes das células. Também podemos diferenciar os tipos de célula, ressaltando as características específicas de cada um deles, ou tentar abordar o que todos os tipos de celula apresentam em comum.

A presente disciplina trata dos diferentes enfoques que envolvem a Biologia Celular. Espera-se que você possa ampliar sua visão sobre a célula entendendo seus principais processos e componentes.

1. A célula como unidade morfofuncional de todos os seres vivos

A célula, como unidade morfofuncional de todos os seres vivos é, em geral, muito pequena para ser observada a olho nu. Seu estudo depende da utilização de instrumentos ópticos de aumento - o microscópio de luz - que surgiu e se aprimorou nos séculos XVI e XVII. Assim, acredita-se que o nascimento da Biologia Celular se tenha dado em pleno século XVII, quando Robert Hooke observou um corte de cortiça ao recém-inventado microscópio (Fig. 1.1), mostrando, aos membros da Royal Society of London, que esse material orgânico era formado por inúmeras câmaras de pequeno tamanho, às quais ele deu o nome de "células". Embora essa descrição correspondesse apenas às paredes celulares de células mortas do tecido vegetal, Hooke e outros pesquisadores da época foram capazes de observar o mesmo tipo de estrutura em tecidos vivos. Essas observações levaram, posteriormente, à famosa Teoria Celular, proposta por Schleiden e Schwann, no século XIX, de que o corpo de todos os organismos é formado por células ou por seus produtos.

RedeFor

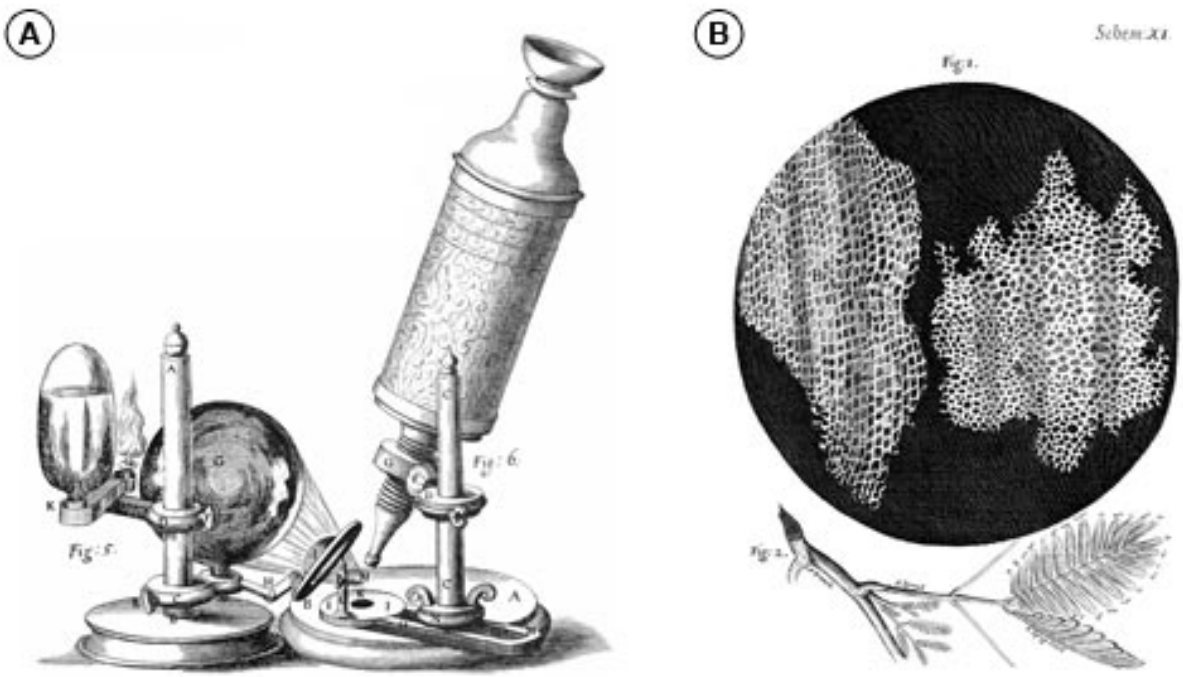

Fig. 1.1: Microscópio utilizado por Robert Hooke (A) na observação de um corte de cortiça (B).

2. As duas grandes categorias de células

De uma maneira geral, as células podem ser divididas em duas grandes categorias: as células procarióticas e as células eucarióticas. As células procarióticas, representadas basicamente pelas bactérias (Fig. 1.2), são células, em geral, de menor tamanho e de estruturação relativamente simples. As células eucarióticas (Fig. 1.3) são, geralmente, maiores e bem mais complexas, sendo encontradas nos animais e plantas superiores.

Um marco muito importante na evolução da vida no planeta ocorreu há cerca de 1,5 bilhão de anos, quando surgiram as primeiras células eucarióticas a partir de ancestrais procarióticos. O nome eucarioto tem uma raiz grega, a partir de *eu* (verdadeiro) e *karyon* (núcleo), ou seja, eucariotos são células que exibem um núcleo celular, compartimento membranoso onde a maior parte de seu material genético, o DNA, está confinada (Fig. 1.3). Em contraste, os procariotos (Fig. 1.2) (*pro* significa "antes") não apresentam um núcleo celular, estando seu material genético livre no interior da célula.

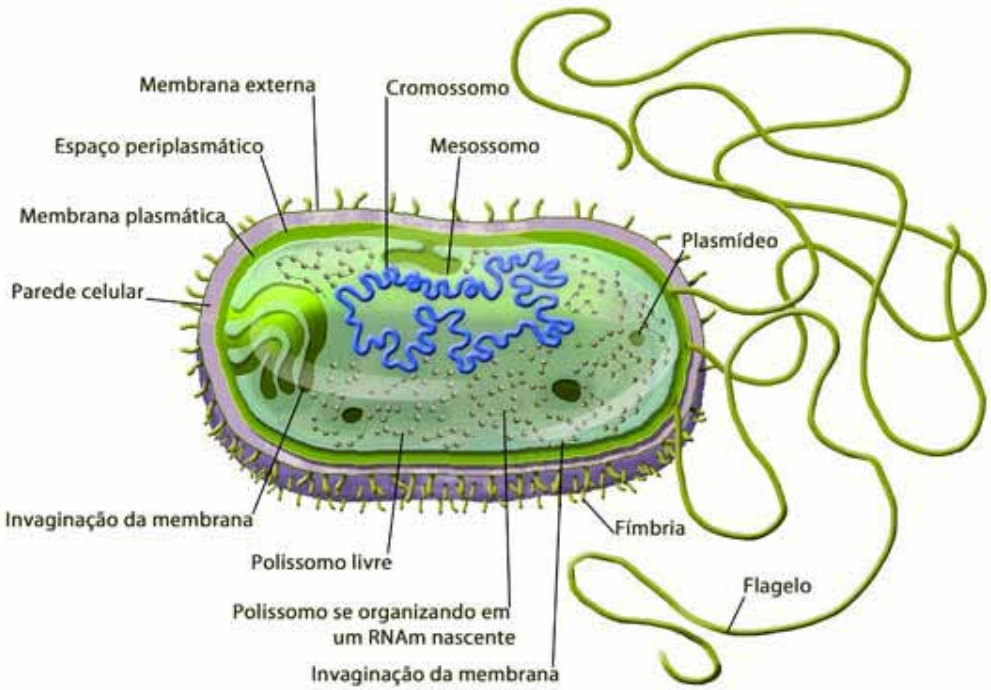

Fig. 1.2: Esquema de uma célula procariótica (bactéria). Note a ausência de compartimentos internos limitados por membranas e o DNA disperso em seu interior.

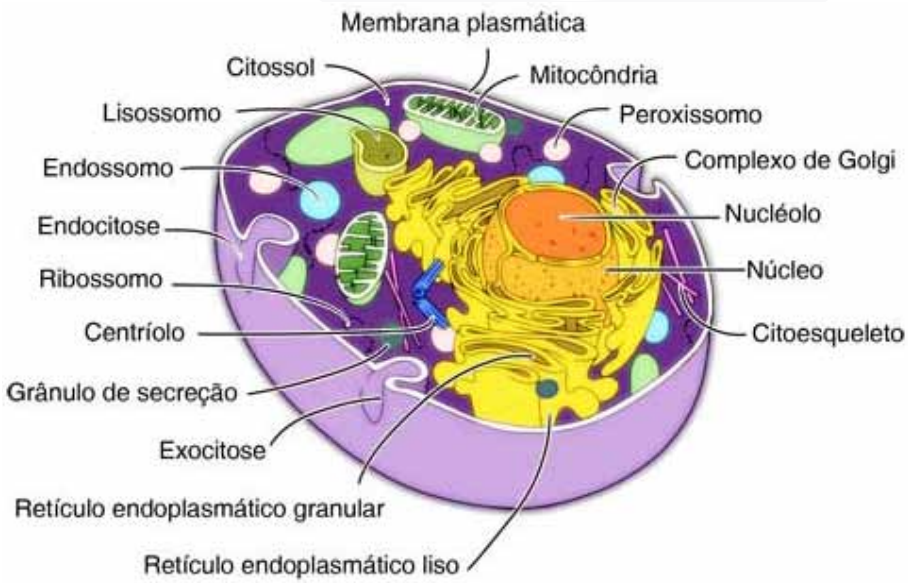

Fig. 1.3: Esquema tridimensional de uma célula eucariótica animal. Note a presença de diversos compartimentos internos limitados por membranas, como por exemplo, o núcleo, que isola o DNA, altamente compactado e complexado com proteínas, do restante da célula.

3. As principais características estruturais do núcleo das células eucarióticas

Em termos de organização estrutural, a célula eucariótica (Fig. 1.3) é formada basicamente pelo núcleo celular, compartimento limitado por uma dupla membrana - o envoltório nuclear (ou carioteca) - em cujo interior se encontra, a maior parte do DNA da célula. O envoltório nuclear apresenta uma série de poros, a que denominados complexos poro-nucleares (Fig. 1.4) e que controlam a entrada e a saída de substâncias do interior desse compartimento para o restante da célula. O DNA existente no interior do núcleo está altamente organizado em unidades distintas denominadas cromossomos, formados por complexos de DNA e proteínas específicas, com papéis estruturais e/ou funcionais. Em contraste, as células procarióticas apresentam, como vimos, uma ou mais moléculas de DNA circular, não compartimentalizado ou complexado com proteínas.

4. Compartimentalização do citoplasma de uma célula eucariótica

A característica mais marcante da célula eucariótica é a existência de compartimentos limitados por membranas em seu interior (Fig. 1.3). Ao contrário da célula procariótica, que apresenta apenas uma única membrana, que é a membrana plasmática que estabelece os limites da célula e a isola seletivamente do meio circundante, a célula eucariótica possui vários compartimentos membranosos, morfológica e funcionalmente distintos.

Esses compartimentos situam-se entre o núcleo celular (que é um dos compartimentos) e a membrana plasmática, que constitui o limite mais externo da célula. Esse espaço situado entre o núcleo e a membrana plasmática é denominado citoplasma. Os compartimentos do citoplasma são conhecidos como organelas citoplasmáticas.

Existem, na célula animal, basicamente 6 tipos de organelas (Fig. 1.3): assim, além do próprio núcleo celular, temos o retículo endoplasmático, o complexo de Golgi, a mitocôndria, o peroxissomo, o lisossomo e organelas correlatas, e o citossol. Este último, que corresponde ao espaço entre as organelas, é o maior compartimento da célula eucariótica animal.

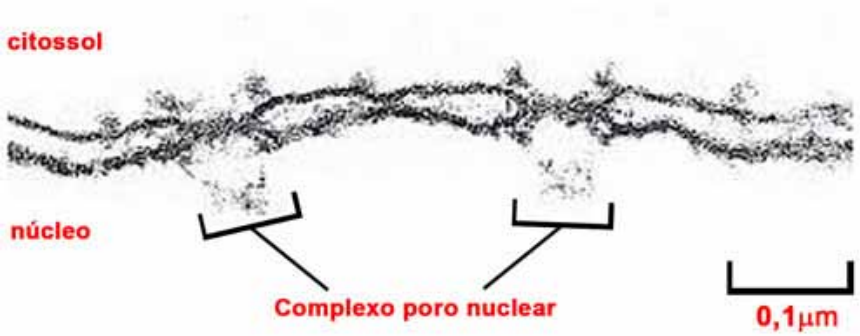

Fig. 1.4: Detalhe do envoltório nuclear visto ao microscópio eletrônico. Note que este envoltório é formado por uma dupla membrana que apresenta aberturas denominadas complexos poro-nucleares.

Na célula eucariótica vegetal (Fig. 1.5), por outro lado, não temos lisossomos, mas verifica-se a presença de dois compartimentos não existentes na célula animal: o vacúolo e os vários tipos de plastos, dos quais o mais importante é o cloroplasto. Um outro aspecto que caracteriza a célula vegetal é a presença de uma parede celular rígida, situada externamente à membrana plasmática e que foi vista, inicialmente, por Hooke em suas observações pioneiras da célula.

5. As principais vantagens evolutivas da organização estrutural de uma célula eucariótica

A compartimentalização interna trouxe vantagens evolutivas muito grandes, pois apenas as células eucarióticas conseguiram alcançar níveis de complexidade morfológica e, principalmente, funcional, incomparáveis quando comparadas com os procariotos. Mas que vantagens seriam essas?

6. Separação espacial e temporal dos processos de transcrição e tradução

Podemos começar com o núcleo celular, para tentar responder a essa pergunta. Entre outras consequências, a existência de um envoltório nuclear, isolando o conteúdo do núcleo do restante da célula, leva a uma separação espacial e temporal entre os fenômenos da transcrição do DNA em RNA mensageiro (RNAm), que ocorrem no interior do núcleo, e o fenômeno da tradução desse RNAm em proteína, que acontece no citoplasma, em estruturas denominadas ribossomos.

Em contraposição, na célula procariótica, a síntese de RNA e sua tradução em proteína ocorrem concomitantemente (Fig. 1.2): os ribossomos iniciam a tradução pela extremidade 5′ de uma molécula de RNA emergente, enquanto esta ainda está sendo transcrita na extremidade oposta 3′. Existe, neste caso, pouca oportunidade para que o RNA transcrito

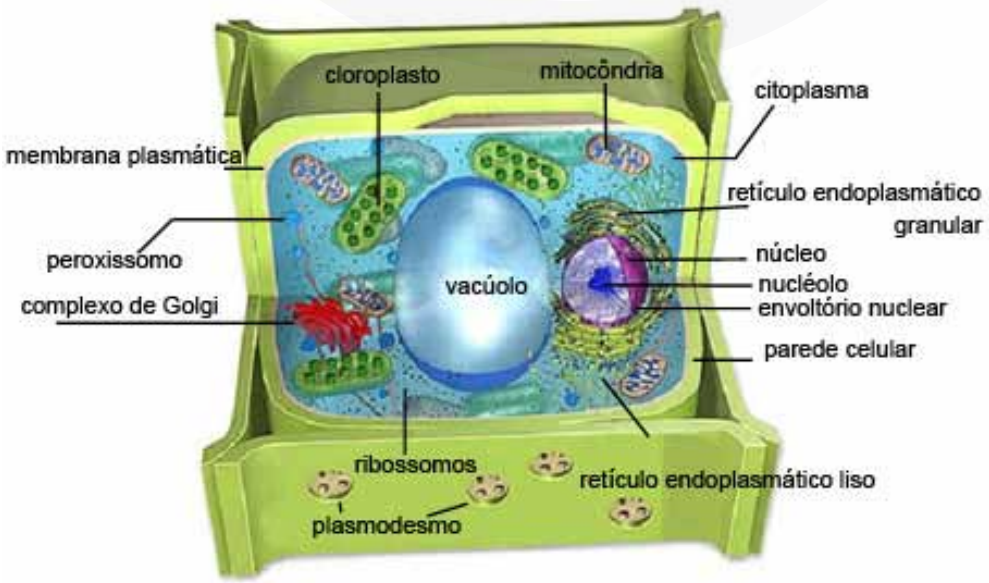

Fig. 1.5: Esquema de uma célula eucariótica vegetal, que se diferencia, basicamente, da animal pela presença de uma parede celular externa, de cloroplastos, responsáveis pela realização da fotossíntese e de um vacúolo, que exerce diversas funções.

sofra qualquer tipo de alteração antes de ser traduzido em proteína. Nas células eucarióticas, ao contrário, o RNAm pode ser extensivamente modificado no núcleo antes de seu transporte para o citoplasma onde ocorrerá sua tradução. Entre essas modificações está a retirada eventual de determinadas sequências não codificantes, denominadas introns, o que resulta em moléculas de RNAm funcionais de tamanhos bem menores que as originalmente transcritas. Este processamento do RNAm, seguido por um transporte seletivo para o citoplasma, comum entre os eucariotos, representa um passo intermediário de extrema importância na transferência de informações genéticas entre o DNA e a proteína final, com consequências notáveis não só em termos de fisiologia celular, como também do ponto de vista evolutivo.

E com relação à compartimentalização do próprio citoplasma?

7. Possível origem das organelas das células eucarióticas

Muitos processos bioquímicos vitais, como a fotossíntese e a fosforilação oxidativa, ocorrem em membranas. Nos procariotos, estas e muitas outras funções estão normalmente associadas à membrana plasmática que, em geral, é a única membrana presente. Durante a evolução da célula eucariótica, a partir de um presumível ancestral procariótico, houve, basicamente, um considerável aumento de tamanho e complexidade funcional. Para que isso pudesse ocorrer, houve necessidade de um aumento proporcional de superfície de membrana disponível, assim como de uma distribuição espacial das diferentes funções celulares a ela ligadas direta ou indiretamente. O resultado foi o aparecimento de um complexo sistema de membranas intracelulares, na forma de organelas citoplasmáticas, que executam funções tão diversas como a digestão intracelular e as diferentes etapas do metabolismo respiratório. Admite-se que a maioria das membranas limitantes de organelas citoplasmáticas se tenha originado a partir de invaginações e diferenciações da membrana plasmática de ancestrais procarióticos, ou já protoeucarióticos, sendo que nos eucariotos atuais elas são, na realidade, muito diferentes entre si do ponto de vista bioquímico (Fig. 1.6).

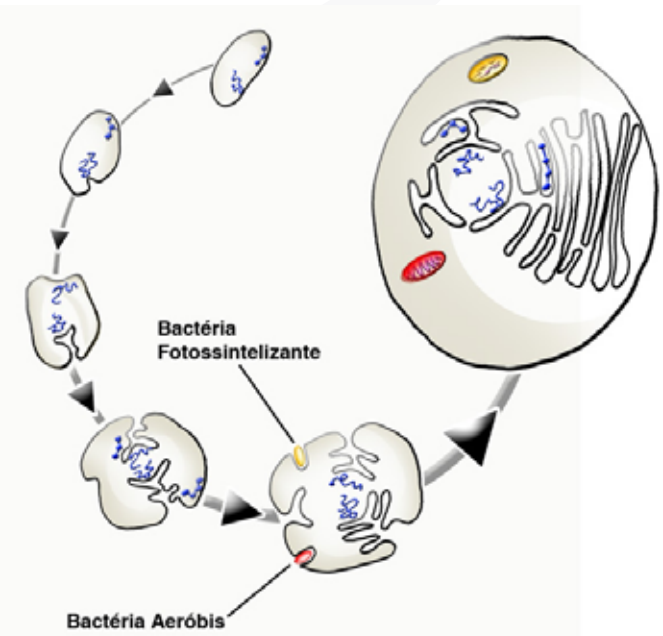

Fig. 1.6: Possível origem dos compartimentos membranosos da célula eucariótica a partir de invaginações e diferenciações da membrana plasmática, e por um fenômeno de endossimbiose com bactérias aeróbias e fotossintetizantes (dando origem, respectivamente, às mitocôndrias e plastídios).

É bastante provável que, em pelo menos dois tipos de organelas, as mitocôndrias e os plastos, estes últimos presentes apenas nas células vegetais e que incluem os cloroplastos, a origem não tenha sido a partir da membrana plasmática, mas sim através de um fenômeno de endossimbiose (Fig. 1.6). De fato, estas duas organelas possuem um genoma (DNA) próprio, embora muito limitado, e podem ter sido originalmente procariotos de vida livre (semelhantes às bactérias atuais), que foram incorporados às células eucarióticas ancestrais, dando origem, posteriormente, a essas duas organelas, graças às evidentes vantagens evolutivas dessa associação: alimento e proteção para a célula incorporada, fonte de energia extra para a célula hospedeira.

8. Comunicação entre os diversos compartimentos citoplasmáticos

Os diversos compartimentos citoplasmáticos comunicam-se entre si através de dois mecanismos principais. O primeiro deles envolve a troca de moléculas específicas entre eles, que podem ser de natureza estrutural e/ou funcional. O outro mecanismo baseia-se num transporte vesicular. Neste caso, brotam vesículas de uma organela citoplasmática, que são especificamente transportadas através do citoplasma, e se fundem com a membrana de uma outra organela (Fig. 1.7). A membrana plasmática também participa desse transporte, formando ou recebendo vesículas. Com isso, componentes de membrana e/ou o conteúdo dessas vesículas passam a fazer parte da organela-alvo.

Como veremos, existem, basicamente, duas rotas intracelulares mediadas por vesículas: a rota endocítica e a rota secretora ou de exportação.

9. O citoesqueleto

Um outro aspecto da célula eucariótica é a presença de um elaborado citoesqueleto localizado no citossol, formado por uma complexa rede altamente organizada de proteínas tubulares ou filamentosas (Fig.1.3). Esta rede é responsável pela manutenção da forma da célula e por vários movimentos, incluindo movimentos intracelulares ou da própria célula.

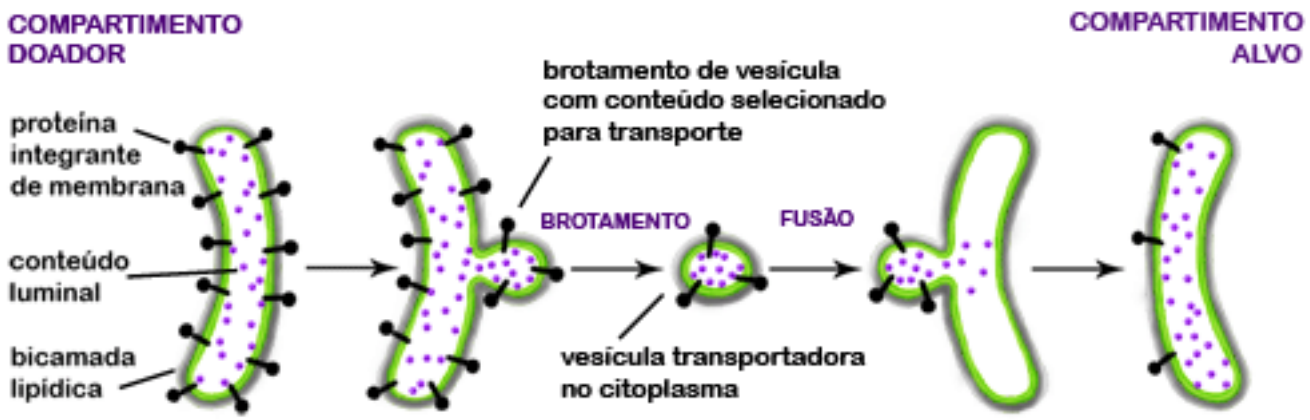

Fig. 1.7 Transporte vesicular entre compartimentos membranosos de uma célula eucariótica.

10. Os dois mecanismos de divisão celular

A complexidade no arranjo do DNA nuclear, combinado com proteínas específicas e distribuído em um número determinado de cromossomos, juntamente com a complexidade estrutural do próprio citoplasma levaram ainda a célula eucariótica a adquirir um sistema altamente complexo e eficiente de divisão celular. Tal sistema inclui não apenas o chamado aparelho mitótico, que é uma especialização do citoesqueleto, como também uma série de mecanismos, que possibilitam uma distribuição equitativa de cromossomos e organelas citoplasmáticas entre as células-filhas.

Um outro mecanismo de divisão celular, denominado meiose, leva à produção de gametas (óvulos e espermatozóides), onde se observa, normalmente, uma redução no número de cromossomos pela metade, juntamente com um fenômeno de recombinação gênica (permutação). Assim, durante o processo de reprodução das espécies, ocorre a fusão entre os gametas, num fenômeno denominado fecundação, onde o número de cromossomos da espécie é restabelecido, acarretando ainda uma grande variabilidade genética da progênie.

Ufa! Quanta coisa, não é? Esses assuntos são os mais básicos para poder acompanhar todo o restante do curso, pois vários são pré-requisitos ou até serão aprofundados nos próximos tópicos. Dessa forma, é muito importante solucionar agora as dúvidas que tenham aparecido. Para isso, entre em contato com seu tutor e esclareça qualquer ponto que não estiver claro para você.

Uma boa estratégia para acompanhar seu próprio aprendizado é fazer um pequeno resumo explicando os principais assuntos abordados neste tópico. Você pode tentar sumarizar cada assunto em um parágrafo e verificar se restou alguma dúvida sobre esses assuntos!

Bibliografia

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K. & WALTER, P. **Molecular Biology of the Cell**. 5th Edition. New York: Garland, 2008.

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K. & WALTER, P. **Molecular Biology of the Cell**. 4th Edition. New York: Garland, 2002.

BECKER, W.M. **The world of the cell** by Benjamin/Cummings, Menlo Park, California. 1986.

COOPER, G.M. & HAUSMAN, R.E. **A Célula**. Uma abordagem molecular. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2007.

COSTA, S.O.P. (coord.) **Genética Molecular e de Microorganismos**. São Paulo: Manole, 1987.

DE ROBERTIS, E.D.P.; DE ROBERTIS, E.M.F. Jr. **Cell and molecular biology**. 2nd Ed. Philadelphia: Saunders College, 1980.

FAWCETT, D.W. **The cell**. 2nd Ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1981.

KARP, G. **Cell molecular biology**. New York: J. Wiley, 1996.

Grupo Corporal - Corporal Clínica de Massoterapia. Penfigo. Acesso em 06 out. 2011.

Schools Wikipedia Selection. Lipid. Acesso em 06 out. 2011.

Atividades

Envio de Arquivo

Iniciamos com a leitura de alguns trechos extraídos de um artigo científico que aborda o processo de ensino-aprendizagem de importantes aspectos relacionados ao tema da disciplina que você está cursando: Biologia Celular. Após a leitura, responda as questões propostas.

RedeFor