



VICE-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO E CORPO DISCENTE

COORDENAÇÃO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

CITOLOGIA

Rio de Janeiro / 2007

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS À

UNIVERSIDADE CASTELO BRANCO

Copyright © 2006 Universidade Castelo Branco - UCB

Todos os direitos reservados à Universidade Castelo Branco - UCB

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, armazenada ou transmitida de qualquer forma ou por quaisquer meios - eletrônico, mecânico, fotocópia ou gravação, sem autorização da Universidade Castelo Branco - UCB.

Un3p Universidade Castelo Branco.

Citologia. – Rio de Janeiro: UCB, 2007.

60 p.

ISBN

1. Ensino a Distância. I. Título.

CDD – 371.39

Universidade Castelo Branco - UCB

Avenida Santa Cruz, 1.631

Rio de Janeiro - RJ

21710-250

Tel. (21) 2406-7700 Fax (21) 2401-9696

www.castelobranco.br

Chanceler

Prof.^a Vera Costa Gissoni

Reitor

Prof. Paulo Alcantara Gomes

Vice-Reitor de Ensino de Graduação e Corpo Discente

Prof. Marcelo Hauaji de Sá Pacheco

Vice-Reitor de Planejamento e Finanças

Sergio França Freire Filho

Vice-Reitor de Gestão Administrativa e Desenvolvimento

Marcelo Costa Gissoni

Vice-Reitor de Ensino de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

Prof. Samuel Cruz dos Santos

Coordenadora de Educação a Distância

Prof.^a Ziléa Baptista Nespoli

Coordenadores dos Cursos de Graduação

Ana Cristina Nogueira - Pedagogia

Denilson P. Matos - Letras

Maurício Magalhães - Ciências Biológicas

Sonia Albuquerque - Matemática

Responsáveis Pela Produção do Material Instrucional

Coordenadora de Educação a Distância - CEAD

Prof.^a Ziléa Baptista Nespoli

Supervisor do Centro Editorial – CEDI

Joselmo Botelho

Conteudista

Eli Deolindo da Cruz

Atualizado por

Ana Cristina Casagrande Vianna

Apresentação

Prezado(a) Aluno(a):

É com grande satisfação que o(a) recebemos como integrante do corpo discente de nossos cursos de graduação, na certeza de estarmos contribuindo para sua formação acadêmica e, conseqüentemente, propiciando oportunidade para melhoria de seu desempenho profissional. Nossos funcionários e nosso corpo docente esperam retribuir a sua escolha, reafirmando o compromisso desta Instituição com a qualidade, por meio de uma estrutura aberta e criativa, centrada nos princípios de melhoria contínua.

Esperamos que este instrucional seja-lhe de grande ajuda e contribua para ampliar o horizonte do seu conhecimento teórico e para o aperfeiçoamento da sua prática pedagógica.

Seja bem-vindo(a)!
Paulo Alcantara Gomes
Reitor

Orientações para o Auto-Estudo

O presente instrucional está dividido em oito unidades programáticas, cada uma com objetivos definidos e conteúdos selecionados criteriosamente pelos Professores Conteudistas para que os referidos objetivos sejam atingidos com êxito.

Os conteúdos programáticos das unidades são apresentados sob a forma de leituras, tarefas e atividades complementares.

As Unidades 1, 2, 3 e 4 correspondem aos conteúdos que serão avaliados em A1.

Na A2 poderão ser objeto de avaliação os conteúdos das oito unidades.

Havendo a necessidade de uma avaliação extra (A3 ou A4), esta obrigatoriamente será composta por todos os conteúdos das Unidades Programáticas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

A carga horária do material instrucional para o auto-estudo que você está recebendo agora, juntamente com os horários destinados aos encontros com o Professor Orientador da disciplina, equivale a 60 horas-aula, que você administrará de acordo com a sua disponibilidade, respeitando-se, naturalmente, as datas dos encontros presenciais programados pelo Professor Orientador e as datas das avaliações do seu curso.

Bons Estudos!

Dicas para o Auto-Estudo

- 1 - Você terá total autonomia para escolher a melhor hora para estudar. Porém, seja disciplinado. Procure reservar sempre os mesmos horários para o estudo.
- 2 - Organize seu ambiente de estudo. Reserve todo o material necessário. Evite interrupções.
- 3 - Não deixe para estudar na última hora.
- 4 - Não acumule dúvidas. Anote-as e entre em contato com seu monitor.
- 5 - Não pule etapas.
- 6 - Faça todas as tarefas propostas.
- 7 - Não falte aos encontros presenciais. Eles são importantes para o melhor aproveitamento da disciplina.
- 8 - Não relegue a um segundo plano as atividades complementares e a auto-avaliação.
- 9 - Não hesite em começar de novo.

SUMÁRIO

Quadro-síntese do conteúdo programático.....	11
Contextualização da disciplina.....	13

UNIDADE I

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA BIOLOGIA CELULAR

1.1– Métodos e técnicas de estudo das células.....	15
1.2– Composição molecular das células	16
1.3– Organização geral das células.....	21

UNIDADE II

ASPECTOS DA MORFOFUNCIONALIDADE DA MEMBRANA CELULAR

2.1– Organização estrutural da membrana celular.....	24
2.2– Funções da membrana celular	25
2.3 – Especializações da superfície celular.....	29

UNIDADE III

SISTEMA ESQUELÉTICO DAS CÉLULAS

3.1– Citoesqueleto.....	32
3.2 – Biologia molecular do músculo.....	33

UNIDADE IV

SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS E SÍNTESE DE PROTEÍNAS

4.1– Retículo endoplasmático.....	35
4.2– Complexo de Golgi	36
4.3 – Lisossomos e digestão intracelular	36
4.4 – Peroxissomos - Glioxissomos.....	37
4.5 – Síntese de proteínas	37

UNIDADE V

TRANSFORMAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.
MITOCÔNDRIAS E CLOROPLASTOS

5.1– Mitocôndrias, cloroplasto e processos de obtenção de energia..... **39**

UNIDADE VI

NÚCLEO

6.1– Núcleo..... **42**

UNIDADE VII

CICLOCELULAR

7.1– Mitose e meiose..... **44**

UNIDADE VIII

DIFERENCIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO CELULAR

8.1– Diferenciação e desenvolvimento..... **47**

Glossário..... **50**

Gabarito..... **53**

Referências bibliográficas..... **59**

Quadro-síntese do conteúdo programático

UNIDADES DO PROGRAMA	OBJETIVOS
<p>1 - INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA BIOLOGIA CELULAR</p> <p>1.1 - Métodos e técnicas de estudo das células 1.2 - Composição molecular das células 1.3 - Organização geral das células</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer e evidenciar a importância do aperfeiçoamento de métodos de estudo das células; • Conhecer os principais átomos que constituem as moléculas celulares, bem como, reconhecer as ligações químicas entre os átomos; • Identificar as principais moléculas que compõem as células; • Relacionar os componentes moleculares com suas funções nas células; • Discutir as principais teorias sobre a origem das células; • Conhecer a organização estrutural das células; • Diferenciar células procariontes de eucariontes; • Reconhecer os principais componentes estruturais das células e relacionar com as suas funções.
<p>2 - ASPECTOS DA MORFOFUNCIONALIDADE DA MEMBRANA CELULAR</p> <p>2.1 - Organização estrutural da membrana celular 2.2 - Funções da membrana celular 2.3 - Especializações da superfície celular</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer a estrutura da membrana celular e relacionar com as suas funções; • Caracterizar as diferentes funções desempenhadas pela membrana celular; • Identificar, localizar e compreender as diferentes funções das especializações da superfície celular.
<p>3 - SISTEMA ESQUELÉTICO DAS CÉLULAS</p> <p>3.1 - Citoesqueleto 3.2 - Biologia molecular do músculo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer as funções e os constituintes do citoesqueleto; • Conhecer as estruturas envolvidas com o mecanismo da contração muscular.
<p>4 - SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS E SÍNTESE DE PROTEÍNAS</p> <p>4.1 - Retículo endoplasmático 4.2 - Complexo de Golgi 4.3 - Lisossomos e digestão intracelular 4.4 - Peroxissomos - Glioxissomos 4.5 - Síntese de proteínas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer a estrutura e as funções do retículo endoplasmático; • Conhecer a morfologia e as transformações químicas desenvolvidas pelo complexo de Golgi; • Conhecer os diferentes tipos de lisossomos e a importância do processo de digestão intracelular; • Identificar a organização e as funções dos peroxissomos e glioxissomos; • Conhecer os mecanismos celulares que levam à produção de proteínas.

<p>5 - TRANSFORMAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA: MITOCÔNDRIAS E CLOROPLASTOS</p> <p>5.1 - Mitocôndrias, cloroplastos e processos de obtenção de energia</p>	<ul style="list-style-type: none">• Identificar a estrutura e os processos funcionais em mitocôndrias e cloroplastos.
<p>6 - NÚCLEO</p> <p>6.1 - Núcleo</p>	<ul style="list-style-type: none">• Identificar os constituintes e a organização funcional do núcleo interfásico.
<p>7 - CICLO CELULAR</p> <p>7.1 - Mitose e meiose</p>	<ul style="list-style-type: none">• Identificar as diferenças e a importância de cada processo de divisão celular.
<p>8 - DIFERENCIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO CELULAR</p> <p>8.1 - Diferenciação e desenvolvimento</p>	<ul style="list-style-type: none">• Analisar a evolução e a importância do processo de diferenciação celular.

Contextualização da Disciplina

Este material instrucional tem como finalidade oferecer subsídios para o desenvolvimento de seus estudos em Biologia Celular.

A Biologia Celular é uma área das ciências que tem por objeto de estudo a compreensão da organização estrutural e funcional das células. Como disciplina, é básica para as áreas biológicas e da saúde. Através dela, você vai adquirir um instrumental teórico e metodológico importante para a compreensão dos inúmeros processos vitais. O envolvimento gradual com os eixos temáticos vai lhe possibilitar desenvolver a capacidade de relacionar os conceitos teóricos e suas aplicações práticas em outras áreas da biologia e das ciências médicas.

Nos últimos anos, a Biologia Celular apresentou extraordinários avanços que constituíram os pilares básicos para o conhecimento nas áreas das ciências biológica e médica.

O estudo das células como unidade estrutural e funcional de todos os organismos ampliou-se graças ao implemento que os novos recursos tecnológicos trouxeram para o conhecimento da ultra-estrutura e da composição molecular das células no último século.

Tendo em vista o exposto, é necessário que você compreenda que a conquista das ciências é uma tarefa interminável. No momento, possuímos apenas uma visão parcial de toda a complexidade da organização celular.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA BIOLOGIA CELULAR

Nesta unidade, você irá perceber que nem sempre as estruturas celulares foram vistas da mesma forma. Em consequência desta condição, vários conceitos sobre a organização celular se alternaram ao longo do último século de ciência.

O objetivo dessa unidade é introduzi-lo no estudo da biologia celular, fazendo-o compreender a evolução do conhecimento da organização celular, à medida em que o aperfeiçoamento de técnicas de manipulação e de observação de material biológico for progredindo. Diante dos

sucessivos pro-gressos tecnológicos e da abrangência de sua utilização, tornou-se necessária a seleção de alguns métodos de estudo que serão apresentados a seguir.

Iniciando cada unidade ou lição, faremos apenas uma apresentação introdutória do assunto, sendo necessário que você realize uma leitura cuidadosa dos capítulos indicados na bibliografia básica ou na leitura complementar.

Um bom estudo para você!

1.1 – Métodos e Técnicas de Estudo das Células

Todos os organismos vivos são constituídos por células. Muitos são unicelulares, como as bactérias, outros são multicelulares, como os animais e as plantas. Apesar de algumas diferenças, a estrutura fundamental da célula é bastante semelhante em todos os níveis de organização. Por esse motivo, consideramos a célula como a unidade biológica.

Cada célula tem cerca de 5 a 20 micrômetros de diâmetro e, mesmo assim, possui um admirável arranjo na disposição de componentes diferentes, que representam suas organelas. A célula desempenha importantes funções, como o determinismo genético, a síntese de proteínas, o armazenamento e produção de energia, a produção de substâncias que devem agir no meio extracelular controlando as funções do organismo e mantendo o seu equilíbrio fundamental à preservação da vida.

Os conhecimentos sobre a organização celular e seus diferentes padrões nos seres vivos surgiram gradativamente com o advento de novas metodologias para o trabalho de investigação científica. Esse progresso apresentado pela biologia celular e molecular deve-se, em parte, ao aperfeiçoamento dos métodos de estudo aplicados às células.

O surgimento de diferentes tipos de microscópios associados a uma elevação no nível de resolução de imagens biológicas possibilitou um surto amplificador no conhecimento da organização celular.

Vários tipos de microscópios foram desenvolvidos, tais como: microscópio óptico, microscópio de polarização, microscópio de contraste de fase, microscópio de fluorescência e os microscópios eletrônicos.

Antonie Van Leeuwenhoek e Zacharias Jansen, fabricantes de óculos, desenvolveram no século XVI os primeiros microscópios ópticos simples e compostos, respectivamente. Esses aparelhos utilizavam a luz refletida pelo objeto fortemente iluminado. Vários modelos foram a seguir construídos, entre os quais alguns de valor histórico, como o de Robert Hooke no século XVII, que possibilitou a visualização da célula pela primeira vez. Porém, foi necessário quase um século de sucessivos aperfeiçoamentos para que o microscópio óptico composto fosse capaz de permitir imagens de grande qualidade.

Apesar de atualmente estes instrumentos possuírem alguns componentes sofisticados, as propriedades da luz limitam a sutileza de detalhes que podem ser visualizados. Todavia, os microscópios ópticos são ainda os principais equipamentos para o biólogo celular.

Contudo, foram os microscópios eletrônicos, inventados por volta de 1930, que impulsionaram grande parte desse surto de conhecimento. Essa influência foi tão marcante que gerou uma revisão completa em alguns conceitos na área da biologia celular, de histologia, de parasitologia e em outras áreas da morfologia. Tais

microscópios ultrapassam os limites do microscópio óptico pelo uso de feixes de elétrons em vez de feixes de luz como fonte de iluminação, o que aumentou nossa habilidade de visualizar detalhes das células, bem como, algumas de suas grandes moléculas.

Normalmente as medidas em microscopia são indicadas no sistema métrico (Fig. 1). Dentre as unidades gerais que você encontrará em seus estudos de biologia, podemos incluir micrômetro (μm), nanômetro (nm) e angstrom (\AA).

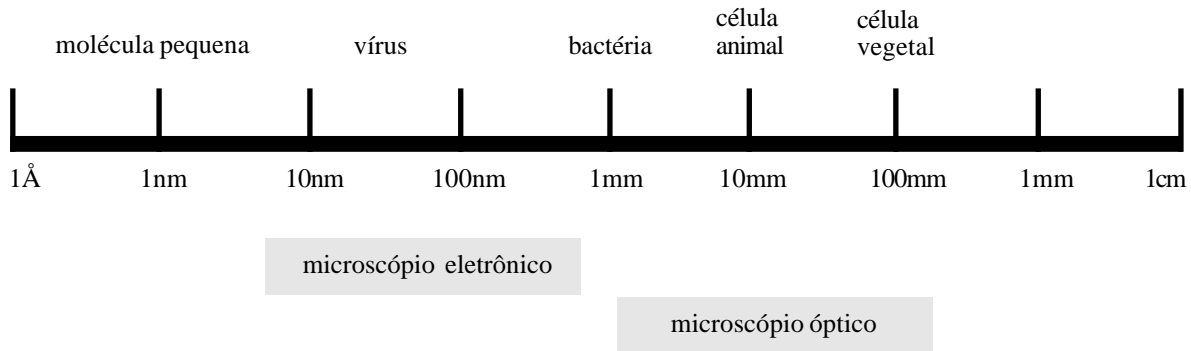


FIGURA 1. Escala logarítmica das dimensões microscópicas. Cada divisão representa um tamanho 10 vezes menor que a precedente.

$$\text{cm} = 10^{-2}\text{m}; \text{mm} = 10^{-3}\text{m}; \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}; \text{nm} = 10^{-9}\text{m}; \text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$$

Um outro eixo importante nessa revolução de conhecimentos foram as técnicas utilizadas nos estudos de materiais biológicos. Dentro dessa dimensão destacam-se: técnicas citoquímicas, fisiológicas, imunológicas e farmacológicas.

Como você vai identificar em sua leitura da bibliografia indicada, as técnicas citoquímicas foram as que permitiram um grande conhecimento da composição química de diversas estruturas celulares.

Atualmente, outras técnicas têm sido muito utilizadas como:

- Cultivo de células;
- Radioautografia;
- Imunomarcação;
- Eletroforese em gel e diversas outras.

1.2 – Composição Molecular das Células

A estrutura das células, visível aos microscópios ópticos (M.O.) e eletrônicos (M.E.), resulta de moléculas organizadas de modo muito preciso. Quando ainda se tinha muito a aprender, começaram a surgir os princípios gerais da organização molecular de diversas estruturas celulares. Dessa forma, pode-se compreender que a biologia celular é inseparável da biologia das moléculas porque, da mesma forma que as células são unidades básicas para construção de tecidos, as moléculas representam as unidades que constroem as células.

Ligações Químicas

As células vivas obedecem às mesmas leis físicas e químicas que regem as coisas inanimadas. todas as células são compostas por átomos, que são a menor

unidade de cada elemento químico. O átomo é constituído por um núcleo composto por prótons, que são carregados positivamente, e nêutrons, que não têm carga. o núcleo é rodeado por uma nuvem de elétrons carregados negativamente. O número de elétrons em um átomo é igual ao número de prótons no seu núcleo.

As propriedades químicas de um átomo são determinadas pelo número e pela organização dos seus elétrons. Um átomo é mais estável quando todos os seus elétrons estão no estado mais firmemente ligado, ou seja, quando ocupam as camadas mais internas, e quando todas as camadas estão completamente preenchidas com elétrons. A camada eletrônica que não está totalmente preenchida por elétrons é menos estável. Os

átomos com as camadas mais externas incompletas têm a tendência de interagir com outros átomos. Assim, formam-se ligações químicas entre átomos à medida que os elétrons movem-se para atingir uma organização mais estável. O conjunto entre dois ou mais átomos mantidos juntos por ligações químicas são conhecidos como moléculas.

As ligações químicas entre os átomos podem ser de dois tipos:

- a) ligações não-covalentes ou ligações fracas
 - ligação iônica;
 - forças de van der waals;
 - pontes de hidrogênio;
 - interações hidrofóbicas.
- b) ligações covalentes ou ligações fortes
 - ligação simples (ligação peptídica);
 - ligação dupla;
 - ligação polar.

As ligações não-covalentes são individualmente muito fracas, porém, podem se somar para criar uma atração forte entre duas moléculas. Ligações desse tipo são a base de toda catálise biológica, possibilitando às proteínas funcionarem como enzimas.

• **Ligação iônica:** ocorre quando os elétrons são doados de um átomo para outro (ex. cloreto de sódio).

• **Força de van der waals:** dois átomos mantidos a distâncias muito curtas apresentam uma interação fraca devido às suas cargas elétricas flutuantes.

• **Pontes de hidrogênio:** ocorrem quando um átomo de hidrogênio é colocado entre dois átomos que atraem elétrons (oxigênio ou nitrogênio).

• **Interações hidrofóbicas:** ocorrem quando grupos hidrofóbicos unem-se para minimizar o efeito que esses grupos têm em romper pontes de hidrogênio da rede de água, sendo que esse tipo de interação é efetivamente causada por repulsão pela água.

As ligações covalentes ocorrem quando dois átomos compartilham um par de elétrons (ex. hidrogênio) ou mais. São ligações fortes, que consomem altas quantidades de energia para sua realização.

• **Ligação simples:** ocorre quando há o compartilhamento de dois elétrons, sendo que cada um dos átomos participantes fornece um elétron.

• **Ligação dupla:** ocorre quando há o compartilhamento de quatro elétrons, dois provenientes de cada um dos átomos participantes; são mais curtas e mais fortes que as ligações simples.

• **Ligação polar:** ocorre quando os dois átomos que são unidos por uma ligação covalente simples são de elementos diferentes. Eles geralmente atraem, em graus diferentes, os elétrons que são compartilhados. Por definição, uma estrutura polar é aquela na qual a carga positiva está concentrada em uma das extremidades (pólo positivo) e a carga negativa está concentrada na outra extremidade (pólo negativo). Ligações covalentes polares são de grande importância biológica porque permitem que as moléculas interajam por ligações iônicas não-covalentes.

As células vivas são feitas de um número limitado de elementos: carbono (c), hidrogênio (h), oxigênio (o), nitrogênio (n), fósforo (p) e enxofre (s), os quais perfazem mais de 99% da sua massa.

Esses elementos, geralmente, compartilham elétrons e conseguem completar a camada eletrônica mais externa de elétrons pela formação de várias ligações covalentes.

A importância biológica das interações e ligações de baixa energia reside no fato de que elas permitem à célula alterar, montar e desmontar estruturas supramoleculares, como por exemplo, os microtúbulos e microfilamentos, aumentando assim a sua versatilidade e eficiência funcional, sem grande gasto energético. Se as interações das macromoléculas fossem realizadas apenas com ligações fortes, a estrutura celular seria estável e as modificações dessa estrutura implicariam um gasto de energia tão alto que a atividade celular seria impossível.

Principais Componentes Moleculares

As células são compostas por água, proteínas, carboidratos, ácidos nucleicos (dna e rna), lipídios, sais minerais e vitaminas.

As proteínas, os carboidratos e os ácidos nucleicos são moléculas de alto peso molecular, sendo chamadas de macromoléculas, as quais são polímeros constituídos pela repetição de unidades menores chamadas monômeros.

• Água

As primeiras células surgiram na massa líquida que cobria a maior parte da superfície terrestre há bilhões de anos. Assim, a origem das células está associada à água, sendo esta a molécula mais abundante em todas as células, sem exceção.

A água não é uma molécula inerte, com a única função de preencher espaços; ao contrário, a água e seus íons influem na configuração e nas propriedades biológicas das macromoléculas.

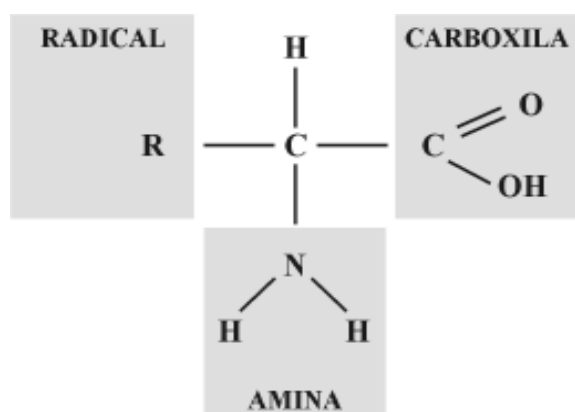
A molécula da água é um dipolo, sendo positiva no lado dos hidrogênios e negativa no lado do oxigênio. Devido à sua natureza dipolar, a molécula de água é um dos melhores solventes conhecidos.

O grau de afinidade pela água tem papel muito importante nas propriedades biológicas das macromoléculas. Os polímeros celulares contêm em sua estrutura grupamentos químicos que apresentam afinidade pela água – grupamentos polares – ou que não apresentam afinidade pela água – grupamentos apolares, repelindo-a. São exemplos de grupamentos polares: carboxila, hidroxila, aldeído, sulfato e fosfato. Moléculas com alto teor de grupamentos polares são solúveis em água e são chamadas de hidrofílicas. A maioria dos carboidratos, dos ácidos nucleicos e de muitas proteínas são hidrofílicas. Por outro lado, existem moléculas sem ou com poucos grupamentos polares, logo, são insolúveis em água e são chamadas de hidrofóbicas. Como exemplo, temos os lipídios.

Existem, também, macromoléculas, geralmente alongadas, que apresentam uma região hidrofílica e outra hidrofóbica. Tais macromoléculas são chamadas de anfipáticas, as quais apresentam a capacidade de associar-se simultaneamente a água e a compostos hidrofílicos por uma de suas extremidades, e a compostos hidrofóbicos, pela outra extremidade. As moléculas anfipáticas exercem importantes funções biológicas, e estão presentes em todas as membranas biológicas.

• Proteínas

As proteínas são macromoléculas formadas por aminoácidos (polímeros de aminoácidos), os quais possuem na sua estrutura C, H, O, N, apresentada a seguir:



Na estrutura do aminoácido, encontramos um grupamento amina, um grupamento carboxila e um radical (R), que é responsável pela variabilidade estrutural dos aminoácidos.

As ligações entre os aminoácidos acontecem entre os grupamentos amina e carboxila, sendo chamadas de ligações peptídicas, que são ligações covalentes. As cadeias formadas pelas ligações peptídicas entre os aminoácidos são chamadas de cadeias polipeptídicas.

As proteínas podem ser classificadas em duas categorias: as proteínas simples, cujas moléculas são formadas exclusivamente de aminoácidos, e as proteínas conjugadas, que possuem uma porção não protéica, denominada grupo prostético. São exemplos de proteínas conjugadas: glicoproteínas (polisacarídeos), lipoproteínas (lipídios), fosfoproteínas (fósforo), entre outros.

Chama-se configuração nativa a forma tridimensional que uma molécula apresenta nas condições de pH e temperatura existentes nos organismos vivos. Do ponto de vista biológico, o conhecimento da forma tridimensional das moléculas protéicas em estado nativo é muito importante, pois é assim que, dentro da célula, as moléculas mostram atividade e reagem umas com as outras. Assim, a estrutura das moléculas protéicas é mantida pelos seguintes tipos de ligações e interações: ligação peptídica, interação hidrofóbica, pontes de hidrogênio e ligações dissulfeto.

Dessa forma, de acordo com o tipo de ligações e interações encontradas, a estrutura da proteína pode ser: estrutura primária, que é determinada pelo número e sequência dos resíduos de aminoácidos em uma cadeia polipeptídica. A estrutura primária é mantida por ligações peptídicas. Porém, se essas fossem as únicas ligações existentes, as moléculas das proteínas seriam dobradas ao acaso. No entanto, sabe-se que as cadeias polipeptídicas dobram-se de forma bastante regular e constante para cada tipo de proteína. Esse arranjo espacial definido e típico de cada proteína é conhecido como estrutura secundária. Um tipo de estrutura secundária muito frequente é a alfa-hélice, a qual deve-se à formação de pontes de hidrogênio entre aminoácidos de uma mesma cadeia, a qual assume a forma de um saca-rolha ou hélice.

A cadeia contendo a estrutura secundária pode se dobrar novamente sobre si mesma formando estruturas globosas ou alongadas, adquirindo assim, uma estrutura terciária.

Além disso, muitas proteínas são constituídas por várias cadeias polipeptídicas, que podem ser iguais ou diferentes. O modo específico pelo qual tais cadeias se juntam para formar a proteína tem o nome de estrutura quaternária da proteína. Essa estrutura é mantida por várias ligações químicas fracas, como as pontes de hidrogênio.

Algumas proteínas específicas denominadas enzimas são dotadas da propriedade de acelerar intensamente determinadas reações químicas, tanto no sentido da síntese, como no da degradação de moléculas. Logo, são catalisadores das reações químicas que ocorrem nas células.

O composto que sofre a ação de uma enzima chama-se substrato. A molécula da enzima possui um ou mais centros ativos, aos quais o substrato se combina para que seja exercida a ação enzimática. Dessa forma, a configuração tridimensional da enzima é importante para o desempenho da sua atividade, pois os centros ativos são regiões cuja conformação tridimensional é complementar à molécula de substrato (encaixe chave-fechadura). É através desse encaixe que a enzima reconhece e se prende com maior ou menor afinidade a seus substratos.

As proteínas são os componentes químicos mais diversificados da célula, devido ao fato de serem constituídas por 20 aminoácidos diferentes. Essa diversificação estrutural se reflete nas suas múltiplas funções biológicas, pois, os componentes macromoleculares das células, são dos mais multifuncionais. Além da atividade enzimática, as proteínas têm importante função estrutural, informacional, no movimento das células e, finalmente, uma pequena importância como fonte energética. A quase totalidade da energia consumida pelas células é fornecida pelas moléculas de lipídios e carboidratos.

• Carboidratos

Os carboidratos, também denominados polissacarídeos, são polímeros de monossacarídeos. Os polissacarídeos podem ser constituídos por moléculas lineares ou moléculas ramificadas.

A molécula de alguns polissacarídeos é constituída pela repetição de um único tipo de monossacarídeo, chamado de homopolímero, sendo que os exemplos mais comuns são o glicogênio e o amido. Os polissacarídeos heteropolímeros, constituídos por mais de um tipo de monossacarídeo, são menos frequentes nas células.

Existem polissacarídeos associados à superfície externa da membrana celular que desempenham papel estrutural e informacional, muitas vezes fazendo parte das moléculas dos receptores de membrana. São encontrados também como reserva nutritiva, que a célula utiliza quando há necessidade metabólica.

Os polissacarídeos de reserva são o glicogênio, nas células animais, e o amido, nas células vegetais. Ambos são polímeros de glicose.

Além dos polissacarídeos de reserva nutritiva, as células sintetizam outros polissacarídeos que fazem parte da superfície celular, onde participam do reconhecimento entre as células para constituir os tecidos, da constituição dos receptores celulares e das ligações estruturais entre citoplasma e matriz extracelular.

Os polissacarídeos têm funções energéticas, estruturais e informacionais.

• Lipídios

São compostos de carbono extraídos das células e tecidos por solventes orgânicos não-polares. De acordo com suas funções principais, os lipídios celulares podem ser divididos em duas categorias: lipídios de reserva nutritiva e lipídios estruturais. Os últimos têm papel relevante na manutenção da estrutura das membranas celulares.

As reservas nutritivas de natureza lipídica compõem-se de gorduras neutras, as quais são compostas por três resíduos de ácidos graxos, formando os chamados triglicerídeos. Esses depósitos ocorrem em quase todos os tipos de células, havendo células especializadas para o acúmulo de gorduras neutras, as células adiposas.

Os lipídios estruturais são componentes estruturais de todas as membranas celulares. Muitas propriedades dessas membranas decorrem das características físicas e químicas de seus lipídios. Os lipídios estruturais são moléculas longas e dotadas de uma extremidade polar e uma longa cadeia apolar. Os lipídios que exercem papel essencialmente estrutural, fazendo parte do sistema de membranas das células, são os fosfolipídios, glicolipídios e colesterol.

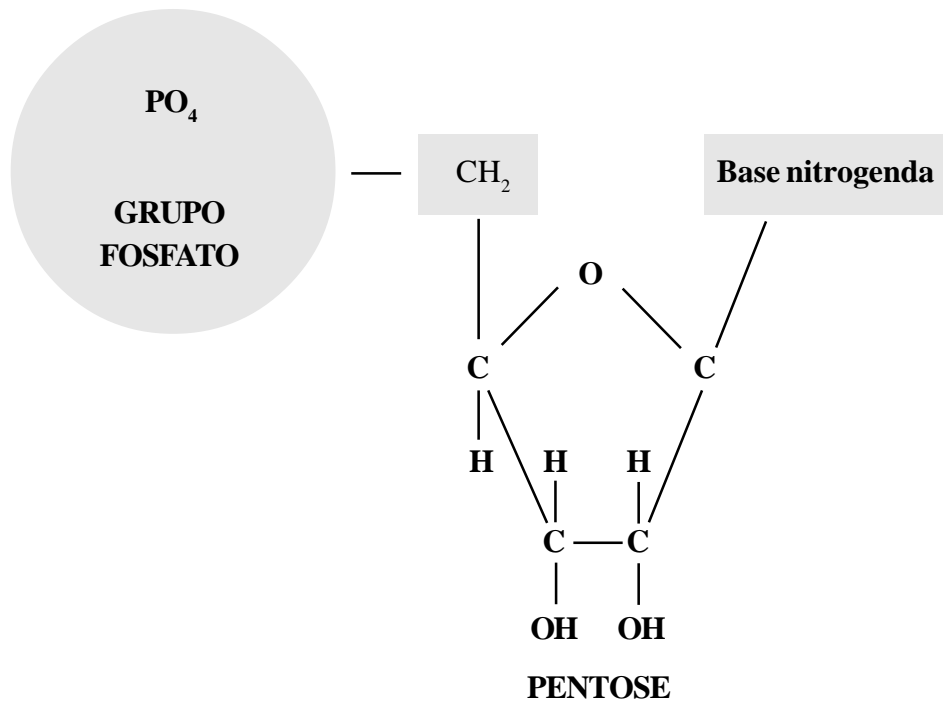
A presença de longas cadeias hidrofóbicas nos lipídios é de grande importância biológica, pois são elas que possibilitam a interação hidrofóbica responsável pela associação dos lipídios para formar a bicamada lipídica das membranas celulares. A fixação das proteínas integrais de membrana é devida à interação das porções hidrofóbicas das moléculas dessas proteínas com os lipídios das membranas. A interação hidrofóbica também é importante no transporte de lipídios no plasma.

Os lipídios têm menor diversidade funcional do que as proteínas e carboidratos. Têm principalmente função energética e estrutural. Sua atividade informacional é restrita a alguns hormônios esteróides.

• Ácidos Nucléicos

Os ácidos nucleicos são moléculas informacionais que controlam os processos básicos do metabolismo celular, a síntese de macromoléculas, a diferenciação celular e a transmissão da informação genética de uma célula para as suas descendentes.

São constituídos pela polimerização de unidades chamadas nucleotídeos. Cada nucleotídeo é composto por um açúcar de cinco carbonos (pentose), uma base nitrogenada púrica (adenina e guanina) ou pirimídica (timina, citosina e uracila) e um grupo fosfato, observe a figura abaixo.



Existem dois tipos de ácidos nucleicos: o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico

(RNA). As diferenças estruturais entre DNA e RNA podem ser observadas na tabela abaixo.

COMPONENTE	DNA	RNA
Pentose	Desoxirribose	Ribose
Base Púrica	Adenina e Guanina	Adenina e Guanina
Base Pirimídica	Timina e Citosina	Uracila e Citosina

O DNA é responsável pelo armazenamento e transmissão da informação genética. Nas células eucariontes, o DNA é encontrado principalmente no núcleo, na forma de cromossomos ou cromatina e, em pequenas quantidades, nas mitocôndrias (células animais) e cloroplastos (células vegetais).

A molécula de DNA é composta por duas cadeias antiparalelas e complementares de nucleotídeos formando uma dupla hélice. As bases púricas e pirimídicas situam-se dentro da dupla hélice, ocorrendo o pareamento entre timina e adenina (T–A), ou entre guanina e citosina (G–C), das cadeias complementares. Tais pares de bases estão unidos através de pontes de hidrogênio.

Neste modelo estrutural do DNA, o esqueleto açúcar-fosfato é formado por uma sequência alternante de desoxirribose e fosfato, unidos por ligações fosfodiéster 5'–3', seguindo uma trajetória helicoidal na parte exterior da molécula.

O RNA é um filamento único, raramente é encontrada sob a forma de filamentos duplos complementares. É o ácido nucleico mais abundante nas células eucarióticas. Do ponto de vista funcional e estrutural, são diferenciados três tipos de RNAs: RNA de transferência (tRNA), RNA mensageiro (mRNA) e RNA ribossômico (rRNA).

O mRNA é sintetizado nos cromossomos, representando a transcrição de um segmento de uma das cadeias da hélice de DNA. Para que isso ocorra, os filamentos de um segmento da molécula de DNA separam-se temporariamente.

No citoplasma, o mRNA será traduzido em uma proteína. É evidente que a molécula de mRNA é bem maior do que a da proteína formada, porque são necessários três nucleotídeos para codificar um aminoácido. Além disso, muitas proteínas são sintetizadas com um segmento extra, formado por vários aminoácidos que são removidos no acabamento final da proteína.

O RNA ribossômico é o tipo de RNA mais abundante, constituindo 80% do RNA celular. Existe combinado com proteínas, formando partículas denominadas ribossomos. Quando presos a filamentos de mRNA, os ribossomos formam polirribossomos, local onde ocorre a síntese de proteínas.

Os ribossomos são formados por duas subunidades, uma maior e outra menor, com características funcionais e estruturais diferentes. Essas subunidades se prendem de modo reversível no início da síntese proteica, separando-se quando a proteína está terminada.

O RNA de transferência ou transportador apresenta a função de transferir os aminoácidos para as posições corretas nas cadeias polipeptídicas em formação nos complexos de ribossomos e RNA mensageiro. Para isso, o tRNA possui a propriedade de se combinar com os aminoácidos e é capaz de reconhecer determinados locais da molécula de mRNA constituídos por uma sequência de três bases. Cada aminoácido apresenta uma sequência típica de três bases que são denominadas de códon. Por sua vez, a sequência de três bases no tRNA e que reconhece o códon chama-se anticódon. Para cada aminoácido existe pelo menos um tRNA.

A representação plana, esquemática, da molécula de tRNA tem o aspecto de uma folha de trevo, a qual mostra o anticódon em um de seus lados.

Os tRNAs são inicialmente sintetizados sobre os filamentos de DNA, como moléculas maiores que passam por um processamento tornando-se menores, antes de migrarem para o citoplasma. Esse processamento do tRNA consiste na remoção de determinados pedaços da molécula maior e soldagem dos fragmentos que vão constituir a molécula final do tRNA.

Para saber mais a respeito das células e da sua composição molecular, leia a bibliografia básica.

1.3 - Organização Geral das Células

Células são unidades envolvidas por membrana e preenchidas por uma solução aquosa, possuem a capacidade de se reproduzirem através do crescimento e posterior divisão. Existem formas de vida bastante simples, como os organismos unicelulares, bem como, organismos mais complexos, constituídos por comunidades celulares derivadas de uma única célula, através do processo de divisão celular. São seres multicelulares, nos quais, os diferentes tipos celulares realizam funções específicas e são coordenados por sistemas de comunicação.

Os vírus contêm alguns tipos de moléculas celulares, porém são incapazes de se reproduzirem por si mesmos. Necessitam invadir e utilizar a maquinaria celular dos seus organismos hospedeiros, sendo considerados parasitas intracelulares obrigatórios.

Células Procarióticas

São as células atuais mais simples e menores, temos como exemplo desse grupo, as bactérias.

São tipicamente esféricas, em forma de bastonetes ou espiraladas. Possuem uma camada protetora rígida,

denominada parede celular, por dentro da qual está a membrana plasmática, que delimita um compartimento simples contendo o citoplasma, que inclui o DNA.

Ao microscópio eletrônico, não se observa nenhuma organização óbvia das estruturas internas. Reproduzem-se rapidamente por fissão.

Devido ao grande número e às altas taxas de crescimento, as bactérias podem evoluir rapidamente adquirindo a habilidade de usar novas fontes de alimento ou de resistir a uma nova droga antimicrobiana.

São os seres vivos mais numerosos e são encontrados em diversos nichos ecológicos, de lama quente de origem vulcânica ao interior de outros organismos vivos.

Podem ser aeróbicos ou anaeróbicos, podendo utilizar como alimento qualquer matéria orgânica. Notavelmente, algumas classes de bactérias podem fazer uso exclusivamente de matéria inorgânica.

Muitas das informações conhecidas a respeito dos mecanismos celulares fundamentais, foram obtidas a

partir do estudo da *Escherichia coli*, e investigações científicas confirmam que esses princípios básicos ocorrem essencialmente da mesma forma nas células eucarióticas.

Células Eucarióticas

Os seres eucariotos são divididos nos reinos Protista, Plantae, Fungi e Animalia.

Os protistas são seres unicelulares bastante diversos, podendo ser fotossintéticos ou carnívoros, móveis ou sedentários.

Os fungos são eucariotos que podem ser unicelulares ou com o corpo formado por filamentos, chamados de hifas, que se agrupam formando um micélio. A célula-modelo desse grupo é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, utilizada na produção de cervejas, pães e vinhos; é um fungo unicelular, possui uma rígida parede celular, possui mitocôndrias, mas não cloroplastos, alimenta-se de açúcares e eliminam álcool e gás carbônico.

As plantas e os animais são seres eucariotos multicelulares, autotróficos e heterotróficos, respectivamente.

A principal diferença entre as células procarióticas e eucarióticas é a presença do núcleo e do desenvolvimento de um sistema de endomembranas, compartimentalizando o citoplasma e as funções celulares.

O núcleo é uma organela delimitada por duas membranas, o envelope nuclear (ou carioteca), onde estão contidas as moléculas de DNA, ou seja, a informação genética.

As mitocôndrias estão presentes na maioria das células eucarióticas, exceto na *Giardia*; são geradores de energia química. Sugere-se que as mitocôndrias são originárias de bactérias que foram fagocitadas por uma célula eucariótica ancestral, que sobreviveu no seu interior, vivendo em simbiose com seu hospedeiro.

Os cloroplastos são encontrados apenas em células de plantas e de algas, são organelas grandes, contendo

um pigmento verde, a clorofila. Realizam a fotossíntese, através da conversão da energia da luz solar em açúcares, liberando oxigênio. Originaram-se da fagocitose de bactérias fotossintéticas por células eucarióticas que já possuíam mitocôndrias.

Tanto as mitocôndrias quanto os cloroplastos possuem DNA próprio.

Outros exemplos de organelas delimitadas por membrana são: retículo endoplasmático liso e granular, aparelho de Golgi, lisossomos e peroxissomos.

O compartimento intracelular restante é o citosol, que é uma mistura aquosa de moléculas grandes e pequenas que realizam muitos dos processos bioquímicos. É observado no citosol das células eucarióticas um sistema de filamentos protéicos, chamado de citoesqueleto, responsável por controlar a forma e os movimentos celulares.

Vírus

São parasitas intracelulares obrigatórios, causadores de doenças no homem e em todos os outros seres vivos.

Basicamente, são formados por uma cápsula protéica, chamada de capsídio, que contém em seu interior uma molécula de ácido nucléico, DNA ou RNA, nunca ambos.

Não possuem as proteínas necessárias para a duplicação do ácido nucléico nem o equipamento necessário para a síntese da nova cápsula, por isso, é um parasita intracelular obrigatório e só pode se multiplicar no interior de outra célula viva.

Cada vírus ataca apenas um tipo de célula, essa especificidade está relacionada com a ligação das proteínas da cápsula com receptores da membrana plasmática da célula hospedeira.

Exercícios de Fixação

1 - Explique porque a resolução do microscópio eletrônico é maior do que a do microscópio óptico.

2 - Em 1668, Francisco Redi colocou, dentro de recipientes, substâncias orgânicas em decomposição. Alguns dos recipientes foram cobertos com gaze e outros deixados descobertos. Ficou demonstrado que das larvas de carne podre se desenvolveram ovos de moscas e não da transformação da carne. Os resultados desse experimento fortaleceram a teoria sobre a origem da vida denominada de:

3 - Discuta as diferentes teorias para explicar a origem da vida.

4 - Relacione os principais átomos encontrados na composição das moléculas celulares.

5 - Diferencie ligações fortes de ligações fracas e explique porque as moléculas que compõem as nossas células são constituídas por uma mistura desses dois tipos de ligações químicas.

6 - Conceitue:

- a) hidrofília;
- b) hidrofobia e;
- c) anfipatia.

7 - Com relação às proteínas explique:

- a) estrutura primária;
- b) estrutura secundária;
- c) estrutura terciária e;
- d) estrutura quaternária.

8 - Diferencie DNA de RNA considerando a estrutura química e as funções de cada uma dessas moléculas.

9 - Qual(is) estrutura(s) podemos encontrar tanto nas células procariontes como nas eucariontes?

10 - Faça um quadro comparativo entre células procariontes, eucariontes e vírus.

Atividades Complementares

1 - Descreva as principais diferenças entre a microscopia óptica e a microscopia eletrônica.

2 - Pesquisa bibliográfica: Grandes nomes da Citologia.

Faça um levantamento de cinco cientistas que desenvolveram pesquisas importantes na área de Citologia. Pesquisar as seguintes informações de cada um deles: nome; nacionalidade; formação (onde e com quem estudou); época em que atuou; resumo de suas realizações científicas e; acontecimentos importantes em outras áreas, ocorridos na mesma época em que o cientista atuou.

3 - Faça uma tabela dos principais componentes moleculares das células contendo a estrutura química e as funções de cada uma das moléculas.

4 - Faça um resumo sobre as principais estruturas da célula eucariótica: membrana plasmática, sistema de endomembranas, citosol, citoesqueleto e núcleo.

ASPECTOS DA MORFOFUNCIONALIDADE DA MEMBRANA CELULAR

Na primeira unidade, você conheceu o contexto em que surgiram os diversos conceitos da Biologia Celular. Agora, você deve iniciar o estudo da

organização celular, através dos aspectos morfofuncionais da membrana celular.

2.1 - Organização Estrutural da Membrana Celular

As células delimitam o seu território através da membrana celular, cuja espessura é da ordem de 8 a 11 nm. Quando observada ao microscópio eletrônico, exibe um aspecto trilaminar, que, entretanto, não corresponde ao modelo preciso de sua composição molecular.

No plano estrutural, a membrana celular vista ao M.E. apresenta-se como um folheto constituído de uma dupla camada bimolecular dotada de assimetria em sua organização.

A composição molecular exibida pela membrana é complexa e heterogênea. Os lipídeos, proteínas e carboidratos são moléculas estruturais da membrana que conferem também certas propriedades à sua superfície.

Todas as membranas celulares apresentam a mesma organização básica, sendo constituídas por duas camadas lipídicas fluidas e contínuas, onde estão inseridas moléculas protéicas, constituindo um mosaico fluido.

Os lipídeos das membranas são moléculas longas com uma extremidade hidrofílica (solúvel em meio aquoso) e uma cadeia hidrofóbica (insolúvel em água), sendo chamadas de moléculas anfipáticas.

Entre os lipídeos frequentes nas membranas celulares animais encontram-se os fosfolipídeos e o colesterol. O colesterol é um tipo de esterol que influencia a fluidez da membrana, quanto maior a concentração de esteróis, menos fluida será a membrana.

As moléculas da dupla camada lipídica estão organizadas com as suas cadeias hidrofóbicas voltadas para o interior da membrana, enquanto que as cabeças hidrofílicas ficam voltadas para o meio extracelular ou para o citoplasma, que são meios aquosos. Essas duas camadas lipídicas estão associadas devido à interação hidrofóbica entre suas cadeias apolares.

As proteínas da membrana possuem também resíduos hidrofílicos e hidrofóbicos, e ficam mergulhadas na bicamada lipídica, de tal forma que os resíduos hidrofóbicos das proteínas estão no mesmo nível das cadeias hidrofóbicas dos lipídeos e os resíduos hidrofílicos das proteínas ficam na altura dos resíduos polares dos lipídeos, em contato com o meio extracelular ou com o citoplasma.

Portanto, a membrana é constituída por uma camada hidrofóbica média e duas camadas hidrofílicas, uma interna (citoplasmática) e outra externa (extracelular).

Embora existam diferenças entre os lipídeos, as quais influenciam nas propriedades das diversas membranas, a atividade metabólica das membranas depende principalmente das proteínas.

As proteínas encontradas nas membranas celulares podem ser divididas em dois grandes grupos: proteínas integrais ou intrínsecas, e proteínas periféricas ou extrínsecas, dependendo da facilidade de extraí-las da bicamada lipídica.

As proteínas integrais estão firmemente associadas aos lipídeos e só podem ser separadas da fração lipídica através de técnicas drásticas, como o emprego de detergentes. Cerca de 70% das proteínas da membrana plasmática são integrais, incluindo a maioria das enzimas de membrana, proteínas transportadoras, receptores para hormônios, drogas e lectina.

As moléculas das proteínas integrais apresentam zonas hidrofóbicas situadas na sua superfície e se prendem aos lipídeos da membrana por interação hidrofóbica, deixando expostas ao meio aquoso apenas suas partes hidrofílicas. Algumas dessas moléculas protéicas atravessam toda a bicamada lipídica, sendo denominadas proteínas transmembrana. Algumas podem atravessar mais de uma vez a bicamada lipídica, recebendo o nome de proteínas transmembrana de passagem múltipla.

As proteínas periféricas podem ser extraídas facilmente, pelo emprego de soluções salinas. Essas proteínas se prendem às superfícies interna e/ou externa da membrana celular através de vários mecanismos.

Além da presença de lipídios e proteínas, são encontrados, na membrana celular, carboidratos associados às proteínas e aos lipídios. São as glicoproteínas e glicolipídios que, por exemplo, determinam os grupos sanguíneos. A região rica em carboidratos ligados a proteínas ou a lipídios da superfície externa da membrana plasmática é denominada glicocálice.

Em sua maior parte, o glicocálice é uma extensão da própria membrana e não uma camada separada, sendo constituído por: 1) porções glicídicas das moléculas de glicolipídios da membrana plasmática, que fazem saliência na superfície da membrana; 2) glicoproteínas integrais da membrana ou adsorvidas após a secreção; 3) proteoglicanas secretadas e adsorvidas pela superfície celular.

O glicocálice ajuda a proteger a superfície celular contra lesões químicas e mecânicas. Como os açúcares no glicocálice adsorvem água, eles conferem à célula uma superfície lisa, isso auxilia células móveis, tais como os leucócitos a abrir caminho através de espaços estreitos. Também impede que as células sanguíneas grudem umas às outras ou à parede dos vasos sanguíneos.

O glicocálice também desempenha importante papel no reconhecimento e na adesão celular.

Outra característica que deve ser lembrada é a forte assimetria entre as duas faces da membrana plasmática, relacionada com a diferente composição de lipídios, proteínas e glicídios.

Esses constituintes moleculares associam-se segundo suas propriedades químicas e definem padrões funcionais para a membrana celular.

2.2 - Funções da Membrana Celular

A membrana plasmática ou celular separa o meio intracelular do extracelular e é a principal responsável pelo controle da entrada e saída de substâncias da célula. Dessa forma, a membrana plasmática participa de numerosas funções celulares, tais como:

- manutenção da constância do meio intracelular, que é diferente do meio extracelular, ou seja, a membrana plasmática controla o que entra ou sai da célula;
- tem a capacidade de reconhecer outras células e diversos tipos de moléculas, por exemplo, os hormônios, graças à presença de receptores de membrana;
- adesão entre células vizinhas, através de especializações de membrana;
- comunicação entre células vizinhas;
- divide a célula em diversos compartimentos (sistema de endomembranas).

Reconhecimento Celular

Numerosas evidências demonstram que a superfície celular é dotada de especificidade que permite às células se reconhecerem mutuamente e estabelecerem certos tipos de relacionamentos.

As proteínas da membrana, como acontece com as macromoléculas em geral, são imunogênicas, isto é,

promovem uma resposta imunitária quando penetram num organismo estranho. Por exemplo, o transplante de tecidos de um animal para outro estimula o animal receptor a produzir células e anticorpos que atacam as proteínas da membrana plasmática das células transplantadas.

Em humanos e em outros mamíferos, o mecanismo para distinguir o que é próprio do organismo (*self*) daquilo que é estranho (*non-self*) está na dependência de um grupo de moléculas glicoprotéicas da membrana, que fazem saliência na superfície externa e são chamadas de complexo principal de histocompatibilidade ou MHC. Há duas classes de MHC, denominadas MHC I e MHC II. Todas as células do organismo, exceto as células do sistema imunitário, contêm na superfície MHC I. As células do sistema imunitário, responsáveis pela resposta imune, apresentam o complexo MHC II em suas superfícies.

Os dois tipos de MHC são glicoproteínas cujas moléculas têm uma parte constante e uma parte variável. A porção variável difere muito, na sequência de aminoácidos, de pessoa para pessoa, de tal maneira que não existe a possibilidade de mais de uma pessoa apresentar MHC idênticos. A única exceção é o caso dos gêmeos univitelinos, por serem provenientes do mesmo óvulo e do mesmo espermatozóide, possuem células geneticamente iguais e, nesses gêmeos, as proteínas celulares são idênticas.

Assim, para minimizar a resposta imunitária, que é a causa da rejeição dos transplantes, procuram-se

doadores cujos complexos MHC sejam o mais semelhante possível com aos do receptor.

Os grupos sanguíneos A-B-O são também exemplos da capacidade de reconhecimento da membrana plasmática. Tais grupos estão na dependência de pequenas variações na estrutura dos carboidratos presentes nos glicolipídios e glicoproteínas da membrana dos eritrócitos.

As pessoas com o sangue tipo A apresentam a N-acetilgalactosamina, numa determinada posição das moléculas de carboidrato da superfície. As pessoas com o sangue tipo B possuem, na mesma posição, a molécula de galactose. O tipo AB é caracterizado pela presença dos dois tipos de açúcares na mesma posição. No sangue tipo O, a mesma posição se apresenta desocupada, não apresentando nenhum dos açúcares mencionados.

Adesão Celular

Várias glicoproteínas fazem parte do glicocálice, como a fibronectina, a vinculina, a laminina entre outras. Tais macromoléculas funcionam como um elo de união funcional entre o citoesqueleto de uma célula e a superfície de outras células ou a matriz extracelular dos tecidos.

As células encontram-se unidas umas às outras e à matriz extracelular devido a estruturas juncionais, que podem ser divididas em três grupos: 1) estruturas cuja função principal é unir fortemente as células umas às outras ou à matriz extracelular (desmossomos e zônula de adesão); 2) estrutura que promove a vedação entre as células (zônula de oclusão) e 3) estrutura que estabelece a comunicação entre uma célula e outra (junção comunicante ou *gap junction*).

• Desmossomos

O desmossomo tem a forma de uma placa arredondada e é constituído pelas membranas de duas células vizinhas. Na face citoplasmática da membrana das células, observa-se uma camada amorfa, chamada placa do desmossomo. Nessa placa, se inserem filamentos intermediários. Dessa forma, os desmossomos são locais onde o citoesqueleto se prende à membrana celular e, como as células aderem umas às outras, forma-se um elo de ligação do citoesqueleto de células vizinhas.

A capacidade dos desmossomos para prender células vizinhas depende da presença de caderinas nessas membranas. Por isso, o desmossomo só tem poder de fixar as células quando a concentração de cálcio no espaço extracelular é normal.

Os desmossomos são muito frequentes nas células submetidas a trações, como as da epiderme, do revestimento da língua e do esôfago e nas células do músculo estriado cardíaco.

Existe um grupo de doenças da pele humana, onde aparecem bolhas, denominadas genericamente de pênfigo. Em certos tipos de pênfigo, detectou-se no sangue dos pacientes anticorpos contra as caderinas dos desmossomos. Nesses casos, a desorganização dos desmossomos causa o afastamento das células da epiderme e a penetração de líquido vindo do tecido conjuntivo subjacente. Os desmossomos de outros tecidos não mostram alterações nesses doentes, sugerindo que existem diferenças nas proteínas que constituem os desmossomos de células diferentes.

• Zônula de adesão

É uma formação encontrada em diversos tecidos, nos quais circunda a parte apical das células, como um cinto contínuo, sendo particularmente desenvolvida no epitélio colunar simples da mucosa intestinal.

No local da zônula de adesão, o espaço intercelular, entre as duas membranas das células vizinhas, é constante e preenchido por um material granuloso, o qual é composto por uma substância de adesão sensível aos níveis de cálcio. Na face citoplasmática de cada membrana celular, existe a deposição de material amorfo, formando placas, onde se inserem filamentos de actina que fazem parte do citoesqueleto e são contráteis.

Essa zônula promove a adesão entre as células e oferece um local de apoio para os filamentos que penetram nos microvilos.

• Zônula oclusiva

É uma faixa contínua em torno da porção apical de certas células epiteliais, na qual as membranas plasmáticas das células vizinhas encontram-se fundidas, vedando o trânsito de íons e moléculas por entre as células. Desse modo, as substâncias que passam pela camada epitelial o fazem através das células.

• Complexo juncional

Está presente em vários epitélios próximo à extremidade celular livre, sendo constituído por: zônula oclusiva, zônula de adesão e desmossomos. Dessa forma, é uma estrutura de adesão e vedação.

• Junção comunicante

É observada entre as células epiteliais de revestimento, epiteliais glandulares, musculares lisas, musculares cardíacas e nervosas. Trata-se de uma estrutura cuja função principal é estabelecer comunicação entre as células, permitindo que grupos celulares funcionem de modo coordenado e harmônico, formando um conjunto funcional.

A junção comunicante é formada por um conjunto de tubos protéicos paralelos que atravessam a

membrana plasmática das duas células. Essas junções podem passar de um estado de pouca permeabilidade a um estado de grande permeabilidade e, desse modo, abrem ou fecham a comunicação entre as células.

Comunicação Celular

A troca de informações por meio de moléculas, que são sinais ou mensageiros químicos, começa na vida embrionária e constitui, durante toda a vida, o principal meio de comunicação entre as células. Os mensageiros químicos influenciam a formação dos órgãos e tecidos, o metabolismo, a multiplicação celular, a secreção, a fagocitose, a produção de anticorpos, a contração e muitas outras atividades celulares.

O sistema de comunicação entre as células usa moléculas sinalizadoras ou ligantes, que se prendem a locais específicos das moléculas receptoras ou receptores de membrana. Para ser um receptor, uma molécula deve ser capaz de reconhecer especificamente outra molécula (ligante) e de desencadear uma resposta celular quando unida a seu respectivo ligante. Para efeitos didáticos, distinguem-se três tipos de comunicação: comunicação hormonal, comunicação parácrina e comunicação por neurotransmissores.

A comunicação hormonal ocorre pela secreção de moléculas denominadas hormônios, que normalmente, são secretados pelas glândulas endócrinas. Os hormônios são lançados no espaço extracelular, penetram nos capilares sanguíneos e se distribuem por todo corpo, indo atuar a distância, nas chamadas células-alvo, que são células que possuem receptor para o hormônio.

Cerca de 80% dos hormônios são moléculas hidrossolúveis (proteínas) e se ligam a receptores que são proteínas integrais da membrana das células-alvo. Os receptores, combinados a seus hormônios acionam os mecanismos intracelulares que aumentam a concentração de Ca^{2+} ou de cAMP (adenosina monofosfato cíclico), que são mediadores ou mensageiros intracelulares.

Por exemplo, quando as células musculares ou hepáticas são expostas ao hormônio adrenalina, há um aumento no teor intracelular de cAMP que ativa a enzima fosforilase glicogênica, enzima que promove a hidrólise do glicogênio armazenado nas células, formando-se glicose.

A concentração de íons cálcio na matriz citoplasmática é muito baixa, enquanto que a concentração desse íon é alta no meio extracelular e nos compartimentos intracelulares que armazenam Ca^{2+} (retículo endoplasmático liso). Quando os hormônios se ligam a certos receptores, ocorre a abertura dos

canais de Ca^{2+} , aumentando a sua concentração na matriz citoplasmática e ativando os mecanismos intracelulares sensíveis ao cálcio. Foi demonstrado que o cálcio funciona como um mensageiro intracelular em muitas respostas celulares, como a secreção celular e a proliferação mitótica.

Os hormônios lipossolúveis, como os hormônios esteróides da adrenal, os estrógenos, a progesterona, a testosterona e hormônios da tireóide (T3 e T4), atravessam facilmente a membrana celular e penetram na célula indo agir sobre receptores específicos localizados no citoplasma e no núcleo. Dessa forma, hormônios lipossolúveis atuam sobre receptores intracelulares. Muitos aspectos de desenvolvimento intra-uterino e pós-natal, e das funções de muitos órgãos, são regulados pelos hormônios esteróides. Ao atravessarem a célula-alvo, esses hormônios se ligam a receptores específicos e causam modificações na conformação espacial desses receptores, que se chama ativação do receptor. Essa modificação aumenta a afinidade do receptor para determinadas sequências nucleotídicas do DNA, com as quais se combinam de modo reversível. Essa combinação altera a atividade dos genes próximos, que passam, geralmente, a produzir maior quantidade de RNA mensageiro (RNAm). Porém, algumas vezes, pode haver a diminuição e não o aumento da transcrição.

Na comunicação parácrina, as moléculas sinalizadoras atuam nas proximidades do local onde foram secretadas, isto é, atuam nas células vizinhas. O mais comum, é que a molécula secretada por um tipo celular atue sobre células de outro tipo. Porém, algumas vezes, a molécula sinalizadora produzida por um tipo celular age sobre células do mesmo tipo que estão próximas, atingindo também a própria célula que a produziu. A secreção que atua sobre o mesmo tipo de célula chama-se secreção autócrina.

Como exemplo de comunicação parácrina, pode ser citada a histamina produzida pelos mastócitos, substância que tem ação sobre as células musculares lisas, células endoteliais dos capilares sanguíneos e outras. Muitas outras células podem produzir diversos mediadores com ação local, na inflamação, na proliferação celular, na contração da musculatura lisa dos vasos sanguíneos, tubo digestivo e brônquios e na secreção celular. As prostaglandinas são exemplos muito comuns de mediadores químicos, sendo produzidas praticamente por todas as células do organismo.

A comunicação por neurotransmissores ocorre nas sinapses nervosas, que são locais onde os neurônios, através de seus numerosos prolongamentos, estabelecem contato com outros neurônios ou com fibras musculares ou com células secretoras. Os neurotransmissores atravessam um espaço muito pequeno, entre o terminal do prolongamento nervoso (axônio) e a outra célula. Esse espaço é chamado de fenda sináptica.

Os neurotransmissores são de ação rápida, de breve duração e participam das funções cerebrais superiores, do controle da contração muscular e da secreção das glândulas endócrinas e exócrinas. Os receptores para os neurotransmissores estão sempre localizados na membrana da célula receptora, nos locais das sinapses.

Transporte Através da Membrana Plasmática

Diversas substâncias são transportadas através da membrana celular, com o objetivo de atender às demandas metabólicas. Para entender como os processos ocorrem faz-se necessário o conhecimento dos padrões estruturais e moleculares da membrana.

Existe uma relação direta entre a solubilidade das substâncias nos lipídios e sua capacidade de penetração nas células. De modo geral, compostos hidrofóbicos, solúveis nos lipídios, atravessam facilmente a membrana, tais como: ácidos graxos, hormônios esteróides e anestésicos. Compostos hidrofílicos (insolúveis nos lipídios) penetram com dificuldade nas células e sua entrada depende do tamanho da molécula e de suas características químicas.

O transporte de substâncias através da membrana ocorre basicamente por dois processos, muito embora exista uma grande variedade de mecanismos nesses processos:

- transporte passivo;
- transporte ativo.

• Transporte passivo

É um processo físico de difusão que ocorre a favor do gradiente de concentração, ou seja, do local de maior concentração de uma determinada substância para o local de menor concentração. Por exemplo, se uma determinada molécula está mais concentrada no meio extracelular, ela poderá atravessar a membrana plasmática e entrar na célula por difusão.

A difusão é um processo de transporte que é realizado com a utilização da própria energia intrínseca do conjunto de moléculas e íons existentes nos líquidos orgânicos. As substâncias que estão dissolvidas nesses fluidos orgânicos encontram-se em constante movimento e podem atravessar a espessura da membrana celular. A composição molecular da substância, o diâmetro e suas propriedades elétricas, determinam a modalidade de difusão.

O transporte passivo é classificado em: difusão simples e difusão facilitada. As duas modalidades de transporte passivo ocorrem a favor do gradiente de

concentração, porém, na difusão facilitada, determinadas substâncias como a glicose e alguns aminoácidos, são transportados através da membrana plasmática em uma velocidade maior do que na difusão simples. Na difusão facilitada a substância a ser transportada se combina com uma molécula transportadora ou permease presente na membrana plasmática, a qual abre um canal para a sua passagem. Quando todas as moléculas transportadoras estão ocupadas, a velocidade de difusão não pode aumentar.

• Transporte ativo

É o transporte de substâncias através da membrana plasmática que ocorre contra o gradiente de concentração, ou seja, do local de menor concentração de uma determinada molécula para o local de maior concentração.

Existem duas modalidades principais de transporte ativo: transporte impulsionado por ATP e transporte impulsionado por gradientes iônicos.

O principal exemplo de transporte impulsionado por ATP é a bomba de sódio e potássio. Nesse caso, proteínas carreadoras atuam como bombas para transportar um soluto contra o seu gradiente de concentração usando a energia fornecida pela quebra do ATP.

A bomba de sódio e potássio da membrana plasmática das células animais é uma ATPase que transporta ativamente sódio para fora da célula e potássio para dentro, mantendo o forte gradiente de sódio através da membrana, que é usado para impulsionar outros processos de transporte ativo.

No transporte impulsionado por gradientes iônicos, a célula utiliza a energia potencial de gradientes iônicos, geralmente o sódio, para transportar moléculas e íons através da membrana, contra um gradiente.

A absorção de glicose pelas células intestinais é o melhor exemplo para a compreensão desse tipo de transporte contra um gradiente. Nesse caso, a absorção de glicose ocorre concomitantemente com a penetração de sódio. Trata-se de um co-transporte, realizado com gasto de energia fornecida pelo gradiente de sódio. A concentração de sódio no citoplasma das células é muito baixa, porque este é transportado para fora da célula através da bomba de sódio (transporte ativo). Como a concentração de sódio é alta na luz do intestino, esses íons penetram constantemente na célula. A energia do movimento dos íons sódio para dentro da célula é utilizada para realizar o co-transporte de glicose para dentro da célula contra um gradiente de glicose.

Quando o co-transporte movimentar íons e moléculas na mesma direção, chama-se simporte. Nesses casos de co-

transporte, a proteína transportadora capta tanto sódio como glicose no meio extracelular e leva para o citoplasma. A liberação do sódio no citoplasma causa uma modificação na forma da proteína transportadora, que perde sua afinidade pela glicose, sendo então liberada no citoplasma.

Existem casos de co-transporte nos quais o íon que fornece energia e a molécula a ser transportada, que se movem em direções opostas, que são denominados de antiporte.

• Transporte em quantidade

Pelos processos descritos acima, moléculas pequenas e íons atravessam a membrana plasmática e entram no citoplasma ou dele saem.

Porém, macromoléculas (proteínas, polissacarídeos e polinucleotídeos) e partículas visíveis ao microscópio óptico, como bactérias, podem também ser transferidas para o interior da célula. O transporte em quantidade para dentro da célula é também chamado de endocitose, e depende de alterações morfológicas da superfície celular onde se formam dobras que englobam o material a ser introduzido no interior da célula.

A endocitose é feita por dois processos denominados fagocitose e pinocitose, os quais apresentam princípios básicos comuns. Quando ocorre a transferência de macromoléculas do citoplasma para o meio extracelular, o processo recebe o nome genérico de exocitose. Por exemplo, as células secretoras de proteínas acumulam seu produto de secreção em vesículas citoplasmáticas revestidas por membrana, que se fundem com a membrana plasmática e se abrem para o exterior da célula, eliminando, por exocitose, as macromoléculas secretadas.

Fagocitose é o processo pelo qual a célula engloba no seu citoplasma, através da formação de pseudópodos, partículas sólidas que são visíveis ao microscópio óptico. A fagocitose ocorre quando a partícula se fixa a receptores específicos da membrana plasmática, capazes de desencadear uma resposta da qual participa o citoesqueleto para formar os pseudópodos que envolvem a partícula, formando-

se, assim, um fagossomo, que é puxado pela atividade motora do citoesqueleto para a profundidade do citoplasma. Esse fagossomo funde-se com lisossomos, ocorrendo a digestão do material fagocitado pelas enzimas hidrolíticas dos lisossomos.

Nos protozoários, a fagocitose é um processo de alimentação. Nos animais, representa um mecanismo de defesa, através do qual células especializadas, chamadas de fagocitárias, englobam e destroem partículas estranhas. Nos mamíferos, a fagocitose é feita principalmente pelos neutrófilos e macrófagos. Porém, vários microrganismos desenvolveram, durante a evolução, diversos mecanismos para escapar da morte intracelular após serem fagocitados. O bacilo da tuberculose, por exemplo, secreta uma substância que impede a fusão dos lisossomos com os fagossomos. Já o bacilo da hanseníase (lepra) se defende desenvolvendo uma cápsula resistente e impermeável às enzimas lisossômicas. O *Trypanosoma cruzi*, ao ser fagocitado, rapidamente digere a membrana que o envolve (membrana do fagossomo), tornando-se livre no citoplasma.

Pinocitose foi o termo usado inicialmente para designar o englobamento de gotículas de líquido. Atualmente, sabe-se que a pinocitose é o processo pelo qual a célula engloba proteínas e outras substâncias solúveis. Em alguns casos, como nas células endoteliais dos capilares sanguíneos, as vesículas de pinocitose formadas num lado da célula atravessam o citoplasma e lançam seu conteúdo no outro lado da célula, servindo como transportadoras.

Existem dois tipos de pinocitose: a não seletiva, quando as vesículas englobam todos os solutos que estiverem presentes no fluido extracelular; e a seletiva, que ocorrem na maioria das células, sendo realizada em duas etapas. Primeiro, a substância a ser incorporada adere a receptores da superfície celular, depois a membrana se afunda e o material a ela aderido passa para uma vesícula, que se destaca da superfície celular e penetra no citoplasma.

2.3 - Especializações da Superfície Celular

A superfície celular é dotada de complexos adaptativos, que conferem uma função particular a certas áreas da membrana. Essas diferenciações são denominadas: especializações da superfície celular.

Na constituição de uma especialização encontramos a participação de constituintes da membrana celular e do citoplasma submembranoso.

As funções das especializações são muito variadas e essa diversidade funcional encontra-se em conformidade com os padrões estruturais das especializações.

As especializações podem ser encontradas na superfície livre das células, como os microvilos, estereocílios, cílios e flagelos e na superfície baso-lateral, superfície contígua entre células ou em contato com a membrana basal, onde encontramos as interdigitações.

Microvilos ou Microvilosidades

Os microvilos são projeções digitiformes do citoplasma apical, recobertas por membrana plasmática, contendo numerosos microfilamentos de actina responsáveis pela manutenção da forma dos microvilos. Apresentam glicocálice mais desenvolvido do que no resto da célula.

Os microvilos são mais numerosos em células especializadas na absorção de substâncias diversas, por exemplo, as células intestinais e as células dos rins. Nessas células, a função dos microvilos é aumentar a área de absorção da membrana. Além disso, alguns microvilos possuem membranas que contêm moléculas especiais. Por exemplo, algumas enzimas da membrana das células intestinais só existem nos microvilos, como as dissacaridases e as dipeptidases, responsáveis pela etapa final da digestão dos carboidratos e proteínas, respectivamente.

Estereocílios

São expansões longas e filiformes da superfície livre de certas células epiteliais. São estruturalmente semelhantes aos microvilos.

Os estereocílios aumentam muito a superfície das células, facilitando o transporte de água e outras moléculas. São encontrados apenas em algumas células epiteliais, como as que revestem o epidídimo e outros dutos do aparelho genital masculino.

Cílios e Flagelos

Os cílios são estruturas com aspecto de pequenos pêlos, constituídos por um feixe de microtúbulos dispostos paralelamente e envoltos por uma membrana. Os cílios são curtos, múltiplos e situam-se sempre na superfície apical das células epiteliais.

As células ciliares, presentes no organismo humano no sistema respiratório e nas tubas uterinas, encontram-se associadas a células que secretam muco e têm como função o transporte unidirecional do material existente em sua superfície.

O flagelo tem estrutura semelhante aos cílios, porém é uma estrutura longa e pouco numerosa. No homem, a única célula flagelada é o espermatozóide.

Exercícios de Fixação

1 - Complete as frases abaixo:

- As moléculas lipídicas nas membranas biológicas encontram-se dispostas em uma _____ camada contínua e fluída.
- A fluidez apresentada pela membrana celular surge em consequência do elevado teor de _____ existentes na composição da membrana.
- Todos os lipídeos encontrados na organização da membrana celular são moléculas _____ pois apresentam regiões hidrófilas e hidrófobas.

2 - Indique falso (F) ou verdadeiro (V) nas seguintes afirmativas:

- _____ A bicamada lipídica é um componente fundamental na estrutura das membranas celulares.
- _____ Os glicolipídeos não são encontrados na superfície externa da membrana celular.
- _____ As proteínas integrais abundantes nas membranas celulares são responsáveis em parte pela fluidez dessa estrutura celular.
- _____ As proteínas integrais encontram-se ligadas firmemente à estrutura da membrana celular. Sua remoção exige tratamentos drásticos realizados com detergentes.

3 - Diferencie:

- transporte passivo X transporte ativo
- difusão simples X difusão facilitada
- transporte impulsionado por ATP X transporte impulsionado por gradientes iônicos

- 4 - Qual a importância dos receptores de membrana na comunicação celular?
- 5 - Descreva resumidamente os tipos de especializações da superfície celular apresentadas no capítulo.

Atividades Complementares

- 1 - Faça um desenho esquemático que represente a estrutura da membrana plasmática. Não se esqueça de indicar no desenho todos os seus componentes.
- 2 - Faça uma relação das funções da membrana plasmática.
- 3 - Faça um desenho esquemático, com legenda, que represente as modalidades de adesão celular.
- 4 - Faça desenhos esquemáticos legendados dos principais tipos de especializações da membrana celular.

SISTEMA ESQUELÉTICO DAS CÉLULAS

Nesta unidade, você irá perceber que o citoplasma, durante muito tempo, foi visto como um material apenas coloidal, que preenchia um grande espaço na estrutura da organização celular. Porém, com o advento de técnicas de imuno-marcação e de microscópica eletrônica, pôde-se revelar a existência de uma exuberante rede

microtrabecular formada por um complexo de estruturas filiformes de organização e composição muito variadas.

Como inicialmente pensava-se que intervia apenas na estruturação das células, esse complexo foi batizado como citoesqueleto celular.

3.1 - Citoesqueleto

A idéia de citoesqueleto é do início do século XX, quando pode ser vista a existência de uma estrutura filamentosa permeando o citoplasma das células.

As células apresentam, por vezes, formas muito distintas, existindo em algumas, como os neurônios, numerosos prolongamentos finos e longos. Além desse aspecto, observamos que existe uma segregação dos constituintes celulares em compartimentos funcionais definidos no citoplasma, conforme o tipo celular. Estas observações levaram os biólogos celulares a reconhecerem a existência de uma estrutura dotada de plasticidade, que desempenharia um papel no suporte mecânico das células, na distribuição das estruturas celulares e nos processos de movimentação celular.

microtúbulos; filamentos de actina; filamentos intermediários e diversas proteínas motoras.

Apenas os filamentos intermediários são estáveis, desempenhando somente a função de sustentação, sem participar dos movimentos celulares.

Os deslocamentos intracelulares são devidos às proteínas motoras, que são divididas em dois grandes grupos: dineínas e cinesinas, que causam deslocamentos em associação com microtúbulos e; miosinas, que podem formar filamentos e atuam em associação com os filamentos de actina.

A estrutura esquelética apresentada pelas células intervém na organização celular, assim como os processos de movimentação.

Microtúbulos

São estruturas cilíndricas, muito delgadas e longas. Cada microtúbulo é formado pela associação de dímeros protéicos dispostos em hélice. Esses dímeros protéicos são constituídos por duas cadeias polipeptídicas de estruturas semelhantes, mas não iguais, chamadas tubulinas alfa e beta, que se unem para formar os dímeros.

O transporte de vesículas de secreção, a movimentação dos cromossomos na divisão celular, os movimentos ciliares, a citodierese e os movimentos morfogênicos, entre outros, são conseqüências de alterações estruturais do citoesqueleto.

Os microtúbulos estão em constante reorganização, crescendo em uma das suas extremidades graças à polimerização (extremidade mais), e diminuindo na outra extremidade, onde ocorre a despolarização (extremidade menos). A polimerização desses dímeros de tubulina para formar o microtúbulo é regulada pela concentração de íons cálcio e pelas proteínas associadas aos microtúbulos (MAPs).

Na observação do citoesqueleto sob microscopia eletrônica, encontramos uma complexa rede de organóides citoplasmáticos filiformes que se distribuem no citoplasma. Essa rede microtrabecular apresenta-se constituída por microtúbulos e por diversos filamentos.

Os microtúbulos participam da movimentação de cílios e flagelos, transporte intracelular de partículas, deslocamentos dos cromossomos na mitose, estabelecimento e manutenção da forma das células.

Dessa forma, o citoesqueleto mantém a forma das células, é responsável pela contração celular, pelos movimentos da célula e pelo deslocamento de organelas, vesículas e partículas no citosol. É composto por

Diversas moléculas agem sobre os microtúbulos, por exemplo, a colchicina se combina especificamente com dímeros de tubulina e causa o desaparecimento

dos microtúbulos menos estáveis, como os do fuso mitótico. Quando o complexo colchicina-tubulina é integrado no microtúbulo, impede a adição de novas moléculas de tubulina na extremidade (+) do microtúbulo, como a despolimerização na extremidade (-) não cessa, o microtúbulo se desintegra.

Outra substância que interfere com os microtúbulos é o taxol, porém seu efeito molecular é contrário ao da colchicina. O taxol acelera a formação de microtúbulos e os estabiliza, interrompendo a despolimerização, assim, toda a tubulina do citoplasma se polimeriza em microtúbulos estáveis, não havendo tubulina livre para formar os microtúbulos do fuso e a mitose não se processa.

O taxol é empregado no tratamento de tumores malignos, por sua capacidade de impedir a formação do fuso mitótico, atuando como um poderoso antimitótico.

A vincristina e a vimblastina, que agem de modo semelhante à colchicina, são drogas também usadas no tratamento de tumores malignos, porque impedem a formação dos microtúbulos do fuso mitótico, interrompendo a divisão celular.

Filamentos de Actina

Os filamentos de actina são formados por duas cadeias em espiral de monômeros globosos da proteína actina G que se polimerizam, lembrando dois colares de pérolas enrolados, formando uma estrutura quaternária fibrosa (actina F).

São muito abundantes no músculo, porém são encontrados em menor quantidade no citoplasma de todas as células.

Os filamentos de actina participam da formação de uma camada situada imediatamente por dentro da membrana plasmática, chamada córtex celular, o qual é importante para reforçar a membrana

plasmática, que é muito frágil, e participa dos movimentos celulares, como os movimentos amebóides e a fagocitose.

Diversas drogas influem sobre a estrutura dos filamentos de actina, como as citocalasinas e as faloidinas (extraídas de fungos). Essas drogas impedem os movimentos celulares dependentes de actina.

Filamentos Intermediários

Esses filamentos são mais estáveis que os filamentos de actina e microtúbulos, e não são constituídos por monômeros precursores que constantemente se agregam e se separam.

Os filamentos intermediários não têm participação direta na contração celular, nem nos movimentos de organelas, sendo elementos estruturais. São abundantes nas células que sofrem atrito, como as da epiderme. Também são frequentes nos axônios e em todos os tipos de células musculares. As células que se multiplicam muito frequentemente são desprovidas de filamentos intermediários.

Todos os filamentos intermediários têm a mesma estrutura, sendo constituídos pela agregação de moléculas alongadas, cada uma formada por três cadeias polipeptídicas enroladas em hélice. As proteínas fibrosas que compõem os filamentos intermediários são: queratina, vimentina, proteína ácida fibrilar da glia, desmina, laminina e proteínas dos neurofilamentos.

Os filamentos intermediários são específicos para os diversos tecidos, o que tem sido utilizado para caracterizar, nas biopsias de tumores e suas metástases, os tecidos de origem, informação importante para orientar o tratamento. Por exemplo, a detecção de queratina indica que o tumor é de origem epitelial.

3.2 – Biologia Molecular do Músculo

O filamento de actina associa-se com a proteína motora miosina para formar estruturas contráteis. A molécula de miosina é grande, tem forma de bastão sendo formada por dois peptídios enrolados em hélice. Numa de suas extremidades a miosina apresenta uma saliência globular, a cabeça, que possui locais específicos para combinação com ATP e é dotada de atividade atpásica, participando diretamente na transdução da energia química em energia mecânica, durante a contração muscular.

O mecanismo da contração muscular depende da interação da miosina com o filamento de actina. No músculo em repouso, a miosina não pode se associar a actina, porque o sítio de ligação da actina com a miosina está encoberto pelo complexo troponina-tropomiosina. Porém, quando a célula muscular é estimulada, ocorre a entrada de cálcio no citoplasma. Esse cálcio estava armazenado nas vesículas do retículo sarcoplasmático. Quando há disponibilidade de íons Ca^{2+} , estes se combinam com a troponina, isso

empurra a molécula de tropomiosina mais para dentro do sulco da actina F; em consequência, ficam expostos os locais de ligação dos componentes globulares da actina, que fica livre para interagir com as cabeças das moléculas de miosina. Dessa forma, ocorre a interação da miosina com a actina, a qual é dependente de energia (ATP), ocorrendo também, o dobramento da cabeça móvel da miosina (também

dependente de ATP). Como a actina está associada à miosina, o movimento da cabeça da miosina empurra o filamento da actina, promovendo o seu deslizamento sobre a miosina. À medida que as cabeças da miosina movimentam a actina, novos locais para a formação das pontes actina-miosina aparecem, promovendo assim o encurtamento do sarcômero, o que leva à contração muscular.

Exercícios de Fixação

1 - Complete:

- a) O complexo de proteínas filamentosas que se estende através do citoplasma é chamado de _____.
- b) Em muitas células a estabilidade dos microtúbulos é determinada por _____.
- c) Nos movimentos intracelulares e na determinação da morfologia celular, destacam-se: _____ e os _____.

2 - Indique falso (F) ou verdadeiro (V) nas seguintes afirmativas:

- a) _____ Filamentos de actina, microtúbulos e filamentos intermediários possuem diferentes arranjos e composição nas células.
- b) _____ Microtúbulos são estruturas altamente dinâmicas.
- c) _____ A distribuição dos organóides citoplasmáticos é influenciada pela organização dos elementos do citoesqueleto.
- d) _____ O citoesqueleto exerce forças e movimentos de uma forma geral sem, contudo, ocorrerem transformações químicas estruturais.

3 - Identifique os filamentos intermediários típicos de células:

- a) epiteliais: _____
- b) conjuntivas: _____
- c) neurônios: _____
- d) células gliais: _____

4 - Explique como os microtúbulos estão relacionados com a divisão celular.

5 - Cite:

- a) proteínas motoras que se associam com os microtúbulos:
- b) proteínas motoras que se associam com os filamentos de actina:

Atividades Complementares

- 1 - Descreva e faça um desenho esquemático dos componentes do citoesqueleto no citoplasma das células animais.
- 2 - Faça uma relação das funções do citoesqueleto.
- 3 - Realize uma pesquisa sobre a unidade contrátil das células musculares estriadas, em seguida, faça um desenho esquemático e explique como ocorre a contração muscular.

SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS E SÍNTESE DE PROTEÍNAS

O citoplasma, antes do advento da microscopia eletrônica, era considerado como carente de qualquer estrutura. Porém, com o surgimento dessa forma de microscopia, pôde-se comprovar a existência de um amplo sistema de membranas, denominado de sistema de endomembranas. Dentre suas inúmeras funções encontram-se processos vitais relevantes para as células.

O Sistema de Endomembranas é um dos maiores compartimentos celulares. É composto por cisternas, sáculos e túbulos que se comunicam através de vesículas transportadoras. Uma vesícula transportadora brota da membrana da organela doadora, trafega pelo

citoplasma e se funde na membrana da organela receptora; deste modo, não só o conteúdo da vesícula, mas também, a sua membrana, é transferida à organela receptora.

As organelas que compõem o Sistema de Endomembranas são formadas por membranas bilipídicas similares à Membrana Plasmática. São elas: retículo endoplasmático granular (REg), retículo endoplasmático liso (REL), complexo de Golgi, endossomos e peroxissomos. A parte externa da membrana de cada organela, relacionada com o Citosol, é chamada face citosólica e a interna, face luminal.

4.1 - Retículo Endoplasmático

O retículo endoplasmático é uma organela membranosa, com um padrão heterogêneo em diversos tipos celulares. O seu reconhecimento só foi possível com o surgimento da microscopia eletrônica, que revelou uma rede constituída por túbulos e vesículas, permeando o citoplasma, e que passou a ser identificada como retículo endoplasmático.

Todas as membranas do retículo endoplasmático são formadas por uma bicamada de lipoproteínas, com um padrão de organização semelhante ao da membrana plasmática, sendo porém mais delgada. Essas membranas possuem faces que estabelecem contatos com domínios diferentes. A face citoplasmática entra em contato com os constituintes do citoplasma; a face luminal é voltada para o interior das unidades formadoras do retículo endoplasmático.

O retículo endoplasmático pode ser constituído por cisternas achatadas, interconectadas, associadas a ribossomos, como também pode se apresentar como um sistema de túbulos anastomosados permeando o citoplasma.

Esses padrões morfológicos definem dois tipos de retículo endoplasmático. O retículo endoplasmático granular (Reg) formado por cisternas associadas a ribossomos e o retículo endoplasmático liso (Rel) constituído por um sistema tubular intensamente anastomosado.

As funções dos retículos diferem em consequência do conteúdo enzimático que cada tipo apresenta.

O retículo endoplasmático granular é sítio de síntese de proteínas para exportação, glicosilação e outros processos químicos.

O retículo endoplasmático liso, por apresentar um complemento enzimático heterogêneo em diversos tipos celulares, desenvolve um maior número de funções, possuindo, contudo, uma distribuição mais restrita. Entre suas diversas funções destacam-se:

- Detoxificação;
- Síntese de hormônios esteróides;
- Síntese de lipídeos;
- Síntese de ácido clorídrico;
- Armazenamento de cálcio;
- Glicogenólise.

Os ribossomos são organelas não-membranosas constituídas por ribonucleoproteínas, e podem ser encontrados em qualquer tipo celular, livres ou associados ao retículo endoplasmático granular, através de ligações com proteínas receptoras (riboforinas) existentes neste tipo de retículo. Essas organelas asseguram sítios citoplasmáticos para síntese proteica, graças à associação de aminoácidos através de ligações peptídicas.

4.2 - Complexo de Golgi

A identificação do complexo de Golgi foi inicialmente realizada com o uso de microscópios ópticos, através de pesquisas realizadas no final do século passado por Camilo Golgi, sendo posteriormente sua estrutura revelada através da microscopia eletrônica.

O complexo de Golgi é um sistema membranoso altamente especializado e localizado de forma temporal no curso do processo de secreção celular.

A localização espacial dessa estrutura na célula permite que venha a participar de processos de transportes e transformações dos produtos de secreção celular.

Em células animais e vegetais as unidades formadoras são constituídas por grupos de cisternas achatadas, com formato discoidal, que se empilham originando os dictiossomos que, encontram-se interligados por um complexo sistema tubular, o que possibilita diferentes caminhos para o produto de secreção nessa organela celular. A morfologia do

complexo pode apresentar variações de célula para célula, da mesma forma que pode variar segundo o estado funcional da célula.

Cada pilha de cisterna constitui uma unidade polarizada do complexo de Golgi, apresentando uma face de formação (CIS), que recebe o produto processado pelo retículo, através de vesículas de transição e uma face de maturação (TRANS), onde brotam os produtos de secreção transformados quimicamente nos dictiossomos, na forma de vesículas de secreção.

Funcionalmente, cada dictiossomo apresenta compartimentos com funções químicas muito diferenciadas, capazes de promover glicosilação, sulfatação e fosforilação.

Associada à *face trans* dos dictiossomos, encontra-se um compartimento membranoso denominado GERL, que representa um centro secundário de triagem para produtos processados no retículo e no complexo de Golgi, e que se caracteriza pelo alto teor de fosfatase ácida.

4.3 - Lisossomos e Digestão Intracelular

Os lisossomos são organelas membranosas de ocorrência natural em células animais, vegetais e em protozoários. Essas organelas apresentam um número elevado de enzimas hidrolíticas, que participam do processo de digestão intracelular, assim como de mecanismo de remoção de áreas celulares não funcionantes.

Atualmente, são conhecidas mais de cinco dezenas de hidrolases lisossômicas. Essas enzimas atuam em meio ácido, mantido por um mecanismo de transporte de H^+ através das membranas lisossômicas.

Os lisossomos são caracterizados pelo notável polimorfismo, que é consequência dos seus diversos estágios funcionais. Os lisossomos primários são considerados produtos de secreção da célula e brotam normalmente do GERL ou da *face trans* dos dictiossomos; os lisossomos secundários resultam da fusão de um ou mais lisossomos primários com produtos particulados no citoplasma, oriundo de processo de endocitose

(fagocitose, pinocitose e endocitose mediada por receptor) ou de processos autofágicos. A autofagia é um processo de digestão de material celular pelas próprias enzimas lisossômicas.

Como responsáveis pela digestão intracelular, os lisossomos apresentam um elevado teor de enzimas digestivas para quase todas as macromoléculas celulares. Entretanto, a complexidade enzimática dos lisossomos é variável de acordo com o tipo celular, a especialização e o grau de diferenciação.

Após a atividade das enzimas lisossômicas, algumas vezes permanecem depósitos de materiais que resistem à ação enzimática, resultando nos chamados corpos residuais que podem ou não ser exocitados pelas células.

O processo de digestão intracelular pode estar relacionado à alimentação, à eliminação de constituintes celulares envelhecidos, neutralização da ação de elementos estranhos, à diferenciação celular e à remodelação tecidual.

4.4 - Peroxissomos - Glioxissomos

Os peroxissomos são estruturas citoplasmáticas de células animais e vegetais. Vistas exclusivamente à microscopia eletrônica, são limitadas por uma membrana de constituição semelhante à membrana plasmática e que confina em seu interior um elevado número de enzimas. Essas estruturas celulares encontram-se envolvidas no metabolismo do peróxido de hidrogênio.

Os glioxissomos são estruturas semelhantes aos peroxissomos, porém são de ocorrência específica de células vegetais, participando do metabolismo de triglicérides e da conversão de lipídeos em hidratos de carbono.

No citoplasma, ainda podem ser observados, inclusões ou pigmentos, conforme o tipo celular estudado e o seu estado funcional, caracterizando-se como acúmulo de substâncias. Para ser classificada como um pigmento, uma substância tem que possuir alguma cor própria em seu estado natural.

Os pigmentos podem ser classificados como exógenos, quando organizados fora do corpo e introjetados para as células, através de processos de endocitose e endógenos, quando gerados no interior do próprio organismo, a partir de um precursor não pigmentado.

4.5 - Síntese de Proteínas

Ocorre nos polirribossomos aderidos à membrana do REg, ou nos polirribossomos livres no citoplasma. Nos polirribossomos livres, ocorre a síntese de proteínas que devem permanecer no citoplasma ou serem incorporadas pelo núcleo, mitocôndrias, cloroplastos ou peroxissomos. Nos polirribossomos aderidos à membrana do REg, ocorre a síntese de proteínas que devem permanecer no próprio retículo, ser transportadas para o aparelho de Golgi, formar lisossomos, compor a membrana plasmática ou ser secretadas da célula.

A sequência primária das proteínas é determinada pela sequência de nucleotídeos do RNAm que irá codificá-la. Essas proteínas sintetizadas são marcadas com uma sequência de cerca de 20 aminoácidos, chamada sequência sinal.

No interior das cisternas do REg, as proteínas adquirem sua configuração tridimensional com auxílio

das proteínas chaperones. No REg, inicia-se a glicosilação da cadeia polipeptídica (adição de açúcar).

Essas proteínas são exportadas em vesículas de transição para o aparelho de Golgi, onde ocorre a glicosilação terminal, que é responsável por parte da especificidade dos vários tipos de glicoproteínas e, também, pelo destino final desses compostos.

Outros processos que podem ocorrer no aparelho de Golgi são sulfatação e fosforilação das proteínas.

Os níveis intracelulares de proteínas são mantidos tanto pela síntese quanto pela degradação dessas moléculas. Moléculas que não sejam mais necessárias, sintetizadas com defeito ou alteradas pelo uso, são marcadas pela proteína ubiquitina para serem degradadas. Essa degradação é realizada nos proteossomos, que são acúmulos citoplasmáticos de enzimas proteolíticas.

Exercícios de Fixação

1- Indique falso (F) ou verdadeiro (V) nas seguintes afirmativas:

- a) ____ O retículo endoplasmático liso apresenta um elevado teor de riboforina em suas membranas.
- b) ____ O retículo endoplasmático granular é sede de segregação de proteínas e realiza inúmeros processos de modificação química sobre proteínas.
- c) ____ Toda célula que sintetiza e segrega proteínas apresenta um retículo endoplasmático granular extensamente desenvolvido.
- d) ____ Os ribossomos livres participam do processo de síntese de proteínas essencialmente hidrófilas.

- e) ____ A morfologia das unidades formadoras do retículo endoplasmático granular apresenta forma variável, podendo ser constituído por vesículas ou cisternas achatadas.
- f) ____ No complexo de Golgi ocorre o empacotamento e o endereçamento dos produtos de secreção celular.
- g) ____ A sulfatação e a fosforilação são processos químicos desenvolvidos nos compartimentos funcionais do complexo de Golgi.
- h) ____ A transferência de produtos segregados pelo retículo endoplasmático para o complexo de Golgi se desenvolve através de vesículas intermediárias.
- i) ____ Ao conjunto de cisternas golgianas empilhadas chamamos de dictiossomo.
- j) ____ As unidades funcionais com complexo de Golgi caracterizam-se por apresentarem polarização funcional.
- k) ____ Os lisossomos são organelas ricas em hidrolases ácidas que podem digerir quase todas as macromoléculas celulares.
- l) ____ Na membrana dos lisossomos existem proteínas funcionais que utilizam a energia liberada pela hidrólise do ATP para bombear H^+ para o seu interior.
- m) ____ Os corpos residuais são depósitos de materiais resistentes ao processo de digestão intracelular.
- n) ____ Apenas as células animais apresentam em sua organização celular lisossomos.
- o) ____ A autofagia é um processo celular típico, existente apenas em células animais.
- p) ____ Nos neurônios, todos os corpos residuais formados durante a digestão intracelular são eliminados por exocitose.

Atividades Complementares

- 1 - Faça um desenho legendado da célula eucarionte, indicando no seu interior os componentes estudados nessa unidade.
- 2 - Relacione as funções de cada organela estudada nessa unidade.
- 3 - Descreva, resumidamente, o mecanismo de síntese protéica.

TRANSFORMAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA. MITOCÔNDRIAS E CLOROPLASTOS

Nesta unidade, você encontrará os diferentes processos de transformação que as células utilizam para obterem energia que atenda às demandas metabólicas.

Qualquer que seja o nível de atividade metabólica de uma célula, ela precisa de energia para realizar trabalho.

5.1 - Mitocôndrias, Cloroplasto e Processos de Obtenção de Energia

Para realização de suas atividades, as células utilizam a energia da quebra das ligações covalentes das moléculas de nutrientes. Células autotróficas, como as células vegetais e algumas bactérias, sintetizam moléculas orgânicas, a partir de moléculas inorgânicas e da energia solar. As demais células são chamadas heterotróficas e não são capazes de sintetizar moléculas orgânicas usando como substrato moléculas inorgânicas, dependendo do alimento sintetizado pelas células autotróficas.

Nas células heterotróficas, a energia dos nutrientes é liberada gradativamente e é parcialmente transferida para as moléculas de ATP (adenosina-trifosfato), que contém ligações ricas em energia. A outra parte é dissipada na forma de calor usado para manter a temperatura do organismo.

As moléculas energéticas mais usadas pelas células são os ácidos graxos e a glicose.

Nas células animais, o ATP pode ser produzido de duas formas: respiração aeróbica e respiração anaeróbica.

Mitocôndria e Produção de Energia

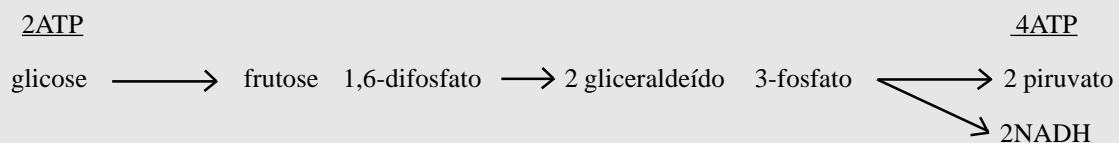
As mitocôndrias são organelas arredondadas ou alongadas, presentes em locais que precisam de muita energia. São constituídas por duas membranas:

membrana externa, que é lisa e muito permeável; e membrana interna, que é seletiva e controla o trânsito de moléculas nos dois sentidos. Esta membrana apresenta muitas pregas, denominadas cristas mitocondriais, que aumentam a área para o sistema transportador de elétrons. Nas cristas mitocondriais, são encontradas estruturas denominadas corpúsculos elementares. O espaço entre a membrana interna e a externa é chamado de espaço intermembranoso. O interior da organela, limitado pela membrana interna, contém a matriz mitocondrial, onde estão as enzimas do ciclo do ácido cítrico, outras enzimas, DNA e vários tipos de RNA.

Respiração Celular Anaeróbica

Processo de produção de energia, também chamado de glicólise, no qual ocorre a degradação de glicose para a produção de ATP sem envolvimento de O_2 . A respiração anaeróbica ocorre no citoplasma da maioria das células.

Durante a glicólise, uma molécula de glicose (com seis carbonos) é convertida em duas moléculas de piruvato (com três carbonos cada). Duas moléculas de ATP são hidrolisadas para fornecer a energia necessária nas etapas iniciais, porém quatro moléculas de ATP são produzidas nas etapas finais. A via glicolítica é representada pela fórmula geral abaixo:



A glicólise envolve uma seqüência de dez reações enzimáticas, cada uma delas produzindo um açúcar intermediário diferente e catalisadas por uma enzima diferente.

A natureza, em etapas desse processo, permite que a energia da oxidação seja liberada em pequenas quantidades. A maior parte dessa energia pode, então, ser armazenada em moléculas transportadoras, em vez de ser totalmente liberada na forma de calor.

Parte da energia liberada na oxidação é utilizada diretamente na síntese de moléculas de ATP a partir de ADP+Pi e, parte é retida nos elétrons sob a forma dos transportadores de elétrons de alta energia, o NADH. Duas moléculas de NADH são formadas pela oxidação de uma molécula de glicose durante a glicólise. Nos organismos aeróbicos essas moléculas doam os seus elétrons à cadeia transportadora de elétrons da membrana mitocondrial interna. Estes elétrons passam por essa cadeia até o O_2 , formando H_2O , e o NAD^+ formado é usado novamente na glicólise.

Na maioria das células animais e vegetais, a glicólise é apenas um prelúdio para o estágio final da oxidação total das moléculas energéticas, assim, o piruvato formado durante a glicólise é transportado para as mitocôndrias, onde é convertido em CO_2 e H_2O .

Para os organismos anaeróbicos, que não utilizam o O_2 , a glicólise é a principal fonte de ATP. Em anaerobiose, o piruvato e os elétrons do NADH permanecem no citosol. O piruvato é convertido em produtos que são excretados pela célula através de dois processos principais: fermentação alcoólica e fermentação láctica.

Na fermentação alcoólica, os piruvatos são convertidos em álcool etílico. Na fermentação láctica, os piruvatos são convertidos em ácido láctico.

Durante o esforço muscular prolongado o O_2 que chega ao músculo não basta para fornecer a energia necessária, dessa forma, as células musculares passam a realizar a fermentação láctica, havendo acúmulo de ácido láctico que produz dor, cansaço e câibras. Parte do ácido láctico é levada pela corrente sanguínea para o fígado, onde será convertida em glicose. Outra parte permanece no músculo, sendo oxidada aerobicamente durante o repouso, quando a célula volta a dispor de O_2 .

Além disso, no repouso a célula muscular produz um excesso de ATP, o qual passa sua energia para outro composto, a fosfocreatina, que fica armazenada na célula. Em caso de necessidade, a fosfocreatina cede energia para a produção de ATP e este é usado para o trabalho muscular.

Respiração Celular Aeróbica

A respiração aeróbia é o processo pelo qual a energia armazenada em moléculas orgânicas (glicose e ácidos graxos, principalmente) é liberada com a participação do oxigênio.

O processo de respiração aeróbia compreende três etapas básicas: glicólise, ciclo do ácido cítrico e cadeia respiratória.

a) Glicólise

Consiste na transformação da glicose (açúcar de seis carbonos) em duas moléculas de ácido pirúvico (piruvato), com três carbonos. Essa quebra da molécula ocorre no citoplasma e é necessária para que o composto possa penetrar na mitocôndria e dar continuidade ao processo.

Como já descrito anteriormente, para que ocorra a glicólise, são consumidos dois ATPs utilizados para a ativação da molécula. O processo, contudo, libera energia suficiente para que sejam produzidos quatro moléculas de ATP. Assim, no fim da etapa, há um saldo positivo de dois ATPs.

Após a quebra da glicose, há liberação de hidrogênios que serão captados por uma substância chamada de NAD (nicotinamida adenina dinucleotídeo), transformando-se em NADH₂.

b) Ciclo de Krebs ou ciclo do ácido cítrico

Antes de entrar no ciclo de Krebs, os piruvatos provenientes da glicólise sofrem perdas de hidrogênios e carbonos. Os hidrogênios são capturados pelo NAD e transformados em NADH₂ e os carbonos formam o gás carbônico (CO_2). Um outro composto resultante possui apenas dois carbonos e recebe o nome de ácido acético ou acetil. Em seguida, o acetil reage com a enzima coenzima A e passa a ser denominado acetil-coenzima A (acetil-CoA). Esse composto ingressa no ciclo de Krebs propriamente dito.

Inicialmente, o acetil-CoA une-se ao ácido oxalacético, formando o ácido cítrico e coenzima A, que permanece inalterada e, dessa maneira, está pronta para se unir a outro acetil. A partir daí, uma seqüência de reações químicas ocorre, com liberação de duas moléculas de gás carbônico e produção de 3NADH₂, 1FADH₂ e 1ATP.

Tal como NAD, o FAD - flavina-adenina-dinucleotídeo - é um transportador de hidrogênios muito importante no processo.

c) Cadeia respiratória

Através da cadeia respiratória, que ocorre nas cristas mitocondriais, há transferência de hidrogênios transportados pelo NAD e pelo FAD para o oxigênio,

formando água. Quando é transportado pelo NAD, o hidrogênio, inicialmente, é doado ao FAD, havendo liberação de energia. Nessas transferências de hidrogênios, há liberação de elétrons excitados, que, a partir do FAD, vão sendo captados por aceptores intermediários, denominados citocromos. Durante essas transferências, os elétrons perdem gradativamente energia, que será utilizada, em parte, para a formação de ATP.

Se a energia fosse liberada de uma só vez, a célula não poderia aproveitá-la, e o calor produzido poderia destruir a célula, por isso a produção de energia é feita em três etapas.

Na cadeia respiratória, cada NADH₂ tem energia suficiente para formar 3 ATP e cada FADH₂, para formar 2 ATP.

Considerando que uma molécula de glicose origina duas de ácido pirúvico, as etapas referentes à ativação do piruvato e ao ciclo de Krebs têm seu rendimento energético duplicado. Rendimento energético total obtido pela oxidação de uma molécula de glicose no processo de respiração aeróbia: 38 ATP.

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:

Do ponto de vista de aproveitamento de energia, a vantagem da mitocôndria é enorme. Sem ela, a célula obteria 2 mols de ATP por mol de glicose. Com a mitocôndria o rendimento é muito maior.

A energia liberada na cadeia transportadora de elétrons é utilizada para o transporte de prótons da matriz para o espaço intermembranoso, onde os prótons se acumulam. Esses prótons fluem de volta para a matriz. Através dos corpúsculos elementares, a energia desse fluxo é convertida em energia química devido à síntese do ATP a partir do ADP, no corpúsculo elementar.

Exercícios de Fixação

- 1 - Diferencie seres autotróficos de heterotróficos e dê exemplos de cada um deles.
- 2 - Quais são os principais componentes da mitocôndria?
- 3 - Quais são os principais componentes do cloroplasto?
- 4 - Explique como ocorre a respiração anaeróbica.
- 5 - Explique como ocorre a respiração aeróbica.
- 6 - Quais as vantagens e desvantagens da respiração anaeróbica? E da aeróbica?

Atividades Complementares

- 1 - Faça um desenho legendado da mitocôndria.
- 2 - Monte um quadro comparativo entre respiração anaeróbica e aeróbica.
- 3 - Faça um desenho esquemático do cloroplasto.
- 4 - Organize um texto mostrando as semelhanças e as diferenças existentes entre os cloroplastos e as mitocôndrias.

Os prótons também podem voltar à matriz, através de uma proteína denominada termogenina, através da qual, o fluxo de prótons dissipa 100% da sua energia como calor, sem síntese de ATP.

Cloroplastos

Cloroplastos são plastídeos encontrados nas folhas de plantas superiores, sendo de grande importância biológica, pela capacidade de realizar a fotossíntese, quando então produzem o oxigênio e a maior parte da energia química que é utilizada pelas células.

A estrutura dos cloroplastos é extremamente variável. Entretanto o seu número é regular para cada tipo celular. Nas células das folhas e vegetais superiores observamos entre 20 e 40 unidade por células. À luz da M.E., os cloroplastos apresentam uma dupla membrana que é o envoltório, através do qual ocorrem trocas gasosas, entre a estrutura celular e o citoplasma. A matriz é um gel, presente dentro do envoltório, e que possui a maior parte das proteínas do cloroplasto, além de ribossomos e DNA. Essa estrutura possui uma rede membranosa, formada pela associação de vesículas achatadas (tilacóides). Essas vesículas podem se empilhar originando os grammas ou podem formar uma rede tubular membranosa.

A membrana do tilacóides apresenta um padrão de organização molecular que lembra a membrana citoplasmática, porém contém numerosas moléculas de clorofila, que representam o pigmento fotossintetizador verde dos cloroplastos. Esses pigmentos combinam-se com facilidade às proteínas existentes na membrana dos tilacóides, originando complexos fotossintetizadores onde se desenvolvem reações fotoquímicas.

NÚCLEO

Enquanto que as divisões celulares já eram conhecidas desde os estudos com o M.O., a natureza do núcleo interfásico, em especial sua estrutura, só veio a ser conhecida com o uso do M.E. e de métodos bioquímicos.

A interfase é um período sem divisão, em que as células desempenham diferentes funções, com um alto nível de especialização.

Vamos conhecer a estrutura nuclear?

6.1 - Núcleo

A presença do núcleo é a principal característica das células eucariontes. O núcleo, geralmente, é único e sua forma acompanha a forma da célula. Também existem células com dois ou mais núcleos, como por exemplo, as células musculares estriadas esqueléticas.

A principal função do núcleo é armazenar a informação genética. A maior parte da informação genética da célula está acumulada no DNA do núcleo, existindo apenas uma pequena porção fora dele, nas mitocôndrias (células animais) e nos cloroplastos (células vegetais). Além de conter a informação genética da célula, o núcleo controla o metabolismo celular através da transcrição do DNA nos diferentes tipos de RNA. Os RNAs são traduzidos em proteínas, que são os efetores finais da informação genética. No núcleo, ocorre também a duplicação do DNA.

O núcleo é uma estrutura limitada por membrana, que contém componentes específicos relacionados com a sua atividade. Dessa forma, os componentes do núcleo são: envoltório nuclear, cromatina, nucleoplasma e nucléolo.

Envoltório Nuclear ou Carioteca

O envoltório nuclear separa o conteúdo do núcleo do citoplasma, sendo responsável pela manutenção do núcleo como um compartimento distinto.

O envoltório nuclear é constituído por duas membranas e um número variável de poros que controlam o trânsito de macromoléculas entre o núcleo e o citoplasma. Esses poros nucleares se formam pela fusão da membrana nuclear interna com a externa. Células com alta atividade de síntese protéica possuem maior quantidade de poros por unidade de área da superfície do envoltório nuclear. Por outro lado, células com baixa atividade metabólica, têm quantidade de poros significativamente menor.

Os poros não são orifícios que permitem o livre trânsito de macromoléculas, ou seja, o intercâmbio núcleo-citoplasma é seletivamente regulado, pois,

associadas a esses poros, existem estruturas compostas por cerca de 100 proteínas, denominadas de nucleoporinas, as quais constituem o complexo do poro. Dessa forma, moléculas com até 9nm de diâmetro atravessam rapidamente o complexo do poro nos dois sentidos. Tais moléculas se difundem passivamente através do complexo do poro. No entanto, a maioria das proteínas e RNAs são grandes demais para se difundirem por esses canais. Essas macromoléculas atravessam o complexo do poro por um processo que consome energia, no qual as proteínas e RNAs devem ser reconhecidos e, então, transportados seletivamente.

Nucleoplasma

O nucleoplasma é constituído por uma solução aquosa de proteínas, RNAs, nucleosídeos, nucleotídeos e íons, onde também são encontrados os nucléolos e a cromatina.

A maioria das proteínas encontradas no nucleoplasma são enzimas envolvidas com a duplicação e transcrição do DNA.

Cromatina

Nas células eucariontes, o DNA está complexado com proteínas específicas, constituindo o que chamamos de cromatina. Dessa forma, o material genético, nas células eucariontes, encontra-se na forma de cromatina.

A cromatina pode se apresentar condensada, quando classificada como heterocromatina ou pouco condensada, quando classificada como eucromatina.

No núcleo em divisão, a cromatina está altamente compactada, constituindo os cromossomos. Assim, a cromatina e os cromossomos representam dois aspectos morfológicos e fisiológicos da mesma estrutura.

Nucléolo

O nucléolo é o local de síntese do RNA ribossômico.

Os nucléolos são estruturas esféricas e não envolvidas por membrana. Podem ser observados ao microscópio de luz, apresentando tamanho variável, de acordo com o tipo celular e o estado funcional da célula. O tamanho dos nucléolos geralmente está relacionado com a

intensidade de síntese protéica que ocorre no citoplasma. As células que sintetizam proteínas ativamente têm nucléolos maiores que outros tipos celulares. O núcleo das células apresenta, geralmente, apenas um nucléolo.

A função primordial dos nucléolos é sintetizar os ácidos nucléicos existentes nas estruturas dos ribossomos.

Exercícios de Fixação

1 - Indique falso (F) ou verdadeiro (V), nas seguintes afirmativas:

- a) ____ Os complexos de poros são estruturas do envoltório, que regulam o intercâmbio entre núcleo e citoplasma.
- b) ____ A membrana externa do envoltório caracteriza-se por apresentar ribossomas aderidos.
- c) ____ A morfologia do núcleo em parte é determinada pelo arranjo da matriz nuclear.
- d) ____ Nos nucléolos ocorre a síntese e o processamento de ácidos nucleicos importantes para organização molecular dos ribossomos.

Atividades Complementares

- 1 - Faça um desenho da celular eucarionte, enfatizando o núcleo e indicando os seus componentes.
- 2 - Descreva os componentes do núcleo.

UNIDADE VII

CICLO CELULAR

Nesta unidade, você identificará as características dos processos de divisão celular e verá que é um fenômeno complexo que envolve a separação do material celular entre as células-filhas, e que todo fenômeno de transformações morfológicas inicia-se com transformações a nível molecular.

Dois processos de divisão celular podem ser vistos:

A mitose, processo de divisão característico das células somáticas, e a meiose, que é uma divisão celular especial que ocorre apenas com as células germinativas de certos organismos.

Ciclo celular é o período que compreende as modificações ocorridas em uma célula, desde a sua formação até a sua próxima divisão em duas células-filhas, sendo essencial para o desenvolvimento normal e para a reposição de células do indivíduo.

A proliferação celular, que ocorre por duplicação de células preexistentes é responsável pela reposição de células mortas e pela regeneração de partes danificadas de tecidos e órgãos. As células não morrem só como resultado de lesões, mas também por um processo fisiológico normal, chamado de apoptose, que é a morte celular programada. Por esse mecanismo, o organismo controla e mantém constante o número de células nos tecidos e órgãos, livra-se de células danificadas e elimina células indesejáveis e não permanentes de tecidos em desenvolvimento durante a morfogênese. Dessa forma, tanto o desenvolvimento, quanto a manutenção dos tecidos e órgãos no adulto, dependem de um balanço cuidadosamente regulado entre proliferação celular e apoptose.

Por outro lado, existem células cuja formação não se dá através do ciclo celular típico. A formação das células sexuais ou gametas dos organismos que se reproduzem sexuadamente não é cíclica. Tais células formam-se através de uma divisão celular reducional, denominada meiose.

7.1 - Mitose e Meiose

No transcorrer da divisão celular, todo o material nuclear sofre alterações morfológicas e funcionais significativas. O núcleo perde seu envoltório nuclear e toda a cromatina se mistura com os constituintes citoplasmáticos. Desenvolve-se um intenso processo de espiralação de toda cromatina que resulta na individualização dos cromossomos. Neste processo, participam proteínas reguladoras.

Os cromossomos passam a ser identificados facilmente em microscopia óptica, sendo constituídos por duas cromátides presas por um centrômero. Esta estrutura divide as cromátides em dois braços, propiciando uma classificação dos cromossomos segundo a localização do centrômero. Dessa forma podem ser classificados em: acrocêntrico, submetacêntrico e telocêntrico.

O ciclo de vida de uma célula é marcado pela alternância de períodos de divisão celular e por estágios em que as células não estão sofrendo divisão, esse período é chamado de interfase. Neste último estágio podemos identificar três fases G1 (gap 1), S (síntese) e G2 (gap 2).

Gap 1 (G1) é o período em que as células apresentam intensa atividade de síntese de RNA e de proteínas, nessa fase ocorre um aumento marcante do citoplasma nas células recém-formadas. G1 é a fase mais variável em duração.

No início da fase G1, em resposta a sinais externos, a célula pode continuar o ciclo celular, passando para a fase seguinte, ou pode assumir um estado quiescente, chamado G0. Essas células são desprovidas de fatores de crescimento e mantêm um metabolismo baixo. Desse estado, a célula pode voltar ao ciclo, mediante estímulo (hormônios de crescimento ou estímulo mecânico, como lesão). A célula retorna ao ciclo, em um ponto anterior ao ponto de restrição (R), que é um importante ponto de controle do ciclo celular que existe no final de G1. O ponto de restrição impede a progressão do ciclo em condições desfavoráveis ou insatisfatórias. Quando o ponto R é ultrapassado, a célula atravessa as demais fases do ciclo até que duas células-filhas idênticas sejam formadas ao final da mitose.

No período S, ocorre a duplicação do DNA. É um ponto de não retorno do ciclo, que leva necessariamente à mitose. A duplicação do DNA, que

acontece na fase S, ocorre de modo semiconservativo, isso é, as cadeias da dupla hélice de DNA se separam e, a partir de cada uma delas, é sintetizada uma nova cadeia, duplicando a molécula original.

Gap 2 (G2) é o período em que ocorrem os preparativos necessários para a próxima mitose, porém, nem todos são conhecidos. Ocorre discreta síntese de RNA e de proteínas que são essenciais para a mitose. Ocorre o acúmulo e ativação do fator promotor de maturação (MPF), considerado o regulador geral da transição de G2 para mitose, induzindo a entrada na célula em mitose e sendo responsável por quatro eventos: 1) condensação cromossômica; 2) ruptura do envoltório nuclear; 3) montagem do fuso mitótico e; 4) degradação da proteína ciclina.

Depois que a célula passa pelas três fases da interfase, o núcleo entra no processo de divisão ou mitose.

A mitose é um processo de divisão celular, marcado por etapas segundo as características morfológicas apresentadas pela célula.

De acordo com as principais alterações morfológicas e a movimentação dos cromossomos durante o processo de divisão, a mitose é dividida em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase.

A prófase é caracterizada pela condensação da cromatina, desorganização dos nucléolos, migração dos pares de centríolos para os pólos celulares, formação de alguns fusos e a fragmentação do envoltório nuclear. A metáfase caracteriza-se por mais condensação das cromátides, complementação da formação dos fusos do aparelho mitótico e pela localização dos cromossomos na porção média das células. Na anáfase ocorre a ruptura do centrômero e o início da migração dos cromossomos para os pólos

das células. A telófase marca a etapa final do processo de divisão mitótica, ocorrendo a reconstrução do envoltório nuclear, desespiralação das fibras cromatínicas, reorganização dos nucléolos e desestruturação do sistema microtubular mitótico.

Durante a telófase observamos diferentes aspectos morfológicos quando comparamos células animais e vegetais. Nas células animais, ocorre uma constrição a nível medial, em consequência da contração de um cinturão filamentosso existente nesta região. Nas células vegetais, durante a telófase, forma-se um agregado de vesículas na região mediana, oriundas do complexo de Golgi, que por um processo de fusão originam uma placa celular, responsável pela bipartição da célula.

A meiose é um processo de divisão celular que promove uma redução no número de cromossomas das células-filhas; neste aspecto difere fundamentalmente da mitose.

A divisão meiótica possui aspectos especiais, pois consiste em duas divisões sucessivas, que resultam em células germinativas com um padrão cromossomial que corresponde à metade da espécie.

A prófase da meiose é longa e marcada por permuta entre os cromossomos homólogos. Na anáfase, da primeira fase da divisão, não ocorre ruptura do centrômero, havendo apenas separação de cromossomos homólogos. Isto gera uma redução do número de cromossomos por células-filhas.

A interação entre as cromátides dos cromossomos homólogos, observadas durante a prófase da primeira divisão, gera uma troca de genes nos locais de permuta, aumentando a variabilidade genética dos indivíduos nas populações.

Exercícios de Fixação

1 - Complete as frases abaixo:

a) A prófase de um processo meiótico difere da prófase do processo mitótico, pois no primeiro caso caracteriza-se por apresentar o _____.

b) A proliferação celular que ocorre nos processos de reparação de tecidos desenvolve-se por _____.

c) Os movimentos apresentados pelos cromossomos são controlados pelos _____ cromossomiais.

2 - Indique falso (F) ou verdadeiro (V) nas seguintes afirmativas:

a) _____ Antes das células ingressarem em um processo de divisão celular, ocorre a duplicação dos centrômeros.

b) _____ No início da divisão celular ocorre a fragmentação do envoltório nuclear.

c) _____ Os cromossomos apresentam-se no máximo de sua espiralação, no início do processo de divisão celular.

d) _____ Os gametas, sendo células haplóides, são formadas através de processos mitóticos estabelecidos em órgãos gonadais.

Atividades Complementares

1 - Comente a importância do ciclo celular.

2 - Faça um esquema demonstrando as etapas do ciclo celular.

3 - Faça desenhos de uma célula animal se dividindo por mitose.

DIFERENCIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO CELULAR

Os diferentes tipos celulares evoluíram após sucessivas transformações, a partir dos três folhetos embrionários. Algumas questões surgem quando tentamos esclarecer esses processos. Como um elevado número de células com funções distintas puderam evoluir? Quais foram os mecanismos que propulsionaram essas transformações?

Com esses questionamentos, procure compreender como o autor apresenta algumas idéias acerca das transformações que as células sofrem durante o seu desenvolvimento.

8.1 - Diferenciação e Desenvolvimento

Iniciemos esta lição verificando que a grande diversidade no desenvolvimento dos seres vivos requer a participação de mecanismos de modulação do comportamento de grupos celulares. Isto nos permite entender porque a organogênese em alguns aspectos é espécie-específica. O desenvolvimento embrionário de diferentes espécies segue caminhos distintos. Algumas espécies apresentam no seu desenvolvimento uma fase larvar, que após um estágio transitório de metamorfose transforma essa primeira edição em um indivíduo adulto. Quando menciono larva, como uma primeira edição do ser, é porque neste estágio de desenvolvimento encontramos características estruturais e funcionais típicas, por vezes não observadas na forma adulta.

O desenvolvimento de um organismo multicelular requer inúmeros processos de ordem celular que podem gerar novas formas de expressão celular. A proliferação celular, a diferenciação celular, a migração, a apoptose e a morfogênese são alguns dos processos que vão intervir no desenvolvimento de organismos.

A divisão celular é um processo primordial para o desenvolvimento. Entretanto, requer a ação de vários agentes indutores: fatores de crescimento, fatores mitogênicos e a interferência de proteínas da matriz celular.

O desenvolvimento de cada tipo celular começa com células pluripotenciais, que vão se comprometendo a cada divisão com um tipo de linhagem celular. Esse comprometimento funcional, que as células vão adquirindo a cada seqüência de divisão celular, é chamado de diferenciação celular. Muitas hipóteses são formuladas para caracterizar tal processo. Todavia, a hipótese da expressão gênica é a mais adequada para explicar como ocorre a determinação do padrão de expressão metabólico das células. Dentro deste contexto, observamos vários processos, como a proliferação celular e a morte celular programada (apoptose).

No processo de diferenciação celular, por vezes, ocorre um novo padrão na configuração espacial das células (morfogênese); contudo, pouco se sabe ainda como os elementos indutores do processo atuam precisamente, da mesma forma que no desenvolvimento de inúmeros processos patológicos.

Exercícios de Fixação

1- Indique falso (F) ou verdadeiro (V) nas seguintes afirmativas:

- _____ A diferenciação celular nos organismos multicelulares começa após o desenvolvimento embrionário.
- _____ Diferenciação celular deve ser vista como um processo que capacita certos tipos celulares a originarem outros tipos.
- _____ Uma característica marcante das células muito diferenciadas é a grande potencialidade que apresentam para se dividir.
- _____ O processo de diferenciação celular é controlado por informações de ordem genética.

- e) ____ Os elementos que controlam a diferenciação celular podem ser de origem intra e extracelular.
- f) ____ A diferenciação celular normalmente resulta em um aumento da eficiência do trabalho celular.
- g) ____ O processo de diferenciação celular dos neurônios é extremamente instável.

Atividades Complementares

1 - Realize uma análise crítica sobre a importância do processo de diferenciação celular para o desenvolvimento dos seres multicelulares.

2 - Faça uma pesquisa sobre os mecanismos celulares responsáveis pela diferenciação celular.

Se você:

- 1) concluiu o estudo deste guia;**
- 2) participou dos encontros;**
- 3) fez contato com seu tutor;**
- 4) realizou as atividades previstas;**

Então, você está preparado para as avaliações.

Parabéns!

Glossário

Abiogênese - teoria de origem da vida baseada na geração espontânea, sendo que um ser não vivo se transformaria em um ser vivo através de um princípio ativo. Foi defendida por grandes cientistas como Aristóteles, Van Helmont, Newton, Harwey, Descartes e John Needham.

Ácido nucléico - ácido orgânico constituído por nucleotídeos. Os tipos principais são os ácidos desoxirribonucléico (DNA) e ribonucléico (RNA).

Adenosina trifosfato (ATP) - principal molécula energética utilizável no metabolismo celular. Composta de adenosina, ribose e três grupos fosfato. Por hidrólise, o ATP perde um dos grupos fosfato e um átomo de hidrogênio e torna-se adenosina difosfato (ADP) e, nesse processo, libera energia.

Átomo - a menor unidade na qual se pode dividir um elemento químico sem que se percam as propriedades características desse elemento.

Autótrofo - células capazes de sintetizar moléculas orgânicas a partir de moléculas inorgânicas e da energia solar.

Base nitrogenada - molécula nitrogenada com propriedades básicas (tendência a adquirir um íon H^+).

Biogênese - teoria baseada na origem de um ser vivo apenas oriundo de outro ser vivo. Defendida por Francisco Redi, Lázaro Spallanzani e Louis Pasteur.

Carboidrato - substância orgânica que consiste de uma cadeia de átomos de carbono aos quais estão ligados hidrogênio e oxigênio na proporção de dois pra um.

Célula - Unidade estrutural dos seres vivos.

Centrômero - região de constrição dos cromossomos, que mantém unidas cromátides-irmãs e que se liga às fibras do fuso.

Citocromo - proteína que contém heme. Funciona como portador de elétrons em uma cadeia de transporte de elétrons, está envolvida na respiração celular e na fotossíntese.

Clorofina - pigmento verde de células vegetais necessário à fotossíntese.

Cloroplasto - organela limitada por membrana, contendo clorofila; presente nas células vegetais; é o local onde ocorre a fotossíntese.

Coacervado - é um aglomerado de moléculas protéicas circundadas por uma camada de água; foram, possivelmente, as formas mais próximas dos primeiros seres vivos.

Código genético - sistema de trincas de pares de DNA; referido como código porque determina a seqüência de aminoácidos nas proteínas sintetizadas pelos organismos.

Códon - três nucleotídeos adjacentes em uma molécula de RNAm; forma o código para um aminoácido.

Cosmozoários - são os primeiros seres do planeta, vindos de outros planetas do Sistema Solar.

Criacionismo - teoria religiosa sobre a origem da vida, baseada na criação divina dos seres Adão e Eva.

Cromátide - um dos dois filamentos de um cromossomo duplicado; esses filamentos - filhos permanecem unidos por um único centrômero.

Cromatina - complexo nucleoprotéico (DNA + histonas).

Cromossomo - cromatina altamente compactada.

Crossing over - troca de segmentos correspondentes de material genético entre cromátides de cromossomos homólogos durante a meiose.

Desenvolvimento - produção progressiva do fenótipo de um organismo.

Diferenciação - processo de desenvolvimento pelo qual tecido ou célula relativamente não especializado sofre modificação progressiva no sentido de se tornar mais especializado.

Digestão - conversão de alimentos complexos, geralmente insolúveis, em formas simples, geralmente solúveis, por ação enzimática.

Diplóide - estado em que cada tipo de cromossomo, exceto os cromossomos sexuais, está representado duas vezes (2n), em oposição à haplóide (n).

DNA (ácido desoxirribonucléico) - portador da informação genética nas células; é constituído por duas cadeias de fosfato, desoxirribose, purinas e pirimidinas; as cadeias se dispõem em dupla hélice; capaz de auto-replicação, assim como de reger síntese de RNA.

Elétron - partícula subatômica com carga elétrica negativa igual em magnitude à carga positiva do próton, mas com massa igual a 1/1.837 da massa do próton; está em órbita em torno do núcleo positivamente carregado.

Energia de ligação - energia necessária para quebrar uma ligação química.

Enzima - proteína que regula a velocidade de uma reação química; funciona como catalisador.

Eucarioto - célula que possui núcleo limitado por membrana, organelas limitadas por membranas e cromossomos múltiplos, nos quais o DNA está combinado com proteínas especiais; organismo constituído por tais células.

Fermentador - ser que realiza fermentação para obtenção de energia.

Fosforilação oxidativa - formação de moléculas de ATP com a energia proveniente de processos de oxidação.

Gene - unidade de hereditariedade, transmitida no cromossomo e que, por interação com os ambientes externo e interno, regula o desenvolvimento de uma característica. Em uma molécula de DNA é a seqüência de nucleotídeos que dita a seqüência de aminoácidos de uma proteína ou a seqüência de nucleotídeos de uma molécula de RNA.

Glicogênio - carboidrato complexo; uma das principais substâncias de reserva alimentar na maioria dos animais e fungos; é convertido em glicose por hidrólise.

Glicólise - processo pelo qual a molécula de glicose é convertida anaerobicamente em duas moléculas de piruvato, com liberação de pequena quantidade de energia útil; a reação ocorre no citoplasma.

Glicose - açúcar com seis carbonos ($C_6H_{12}O_6$). É o monossacarídeo mais comum nas células animais.

Haplóide - célula que possui apenas um cromossomo de cada tipo (n), em contraste com a diplóide (2n); característica das células sexuais.

Hereditariedade - transferência de características dos pais para seus descendentes pela transmissão de genes através dos gametas.

Heterótrofo - ser incapaz de sintetizar seu próprio alimento.

Hidrólise - quebra de uma molécula em duas pela adição de H^+ e OH^- , provenientes da água.

Hipertônico - solução que contém concentração de solutos suficientemente alta para ganhar água de outra solução através de uma membrana seletivamente permeável.

Hipotônico - solução que contém concentração de solutos suficientemente baixa para perder água para outra solução através de uma membrana seletivamente permeável.

Íon - átomo ou molécula que tenha perdido ou ganhado um ou mais elétrons. Por esse processo chamado ionização, o átomo torna-se eletricamente carregado.

Ligação covalente - ligação química formada entre átomos pela partilha de um par de elétrons.

Ligação peptídica - tipo de ligação formada quando dois aminoácidos se unem; o grupo ácido ($-COOH$) de um aminoácido é ligado ao grupo básico ($-NH_2$) do ácido seguinte e é removida uma molécula de água (H_2O).

Lisossomo - organela limitada por membrana na qual são segregadas enzimas hidrolíticas.

Macromolécula - molécula de peso molecular muito alto. Refere-se especificamente a proteínas, ácidos nucléicos, polissacarídeos e complexos dessas substâncias.

Organela - corpo dentro do citoplasma de uma célula.

Osmose - movimento de água entre suas soluções separadas por membrana, que permite a livre passagem da água e impede ou retarda a passagem do soluto; a água tende a mover-se do meio hipotônico para o hipertônico.

Oxidação - perda de um elétron por um átomo. A oxidação e a redução (que é o ganho de um elétron) ocorrem simultaneamente, pois o elétron perdido por um átomo é aceito por outro. As reações de oxiredução são meios importantes de transferência de energia nos seres vivos.

Panspermia cósmica - teoria de Arrhenius sobre a origem da vida, baseada no surgimento da vida em outro planeta, sendo que os cosmozoários teriam alcançado a Terra através de meteoritos.

pH - símbolo que denota a concentração relativa de íons hidrogênio em uma solução; quanto mais baixo for o valor do pH, mais ácida será a solução, isso é, mais íons hidrogênio conterà.

Poder de resolução - capacidade de uma lente para distinguir duas linhas como separadas.

Procarioto - célula que carece de núcleo limitado por membrana e de organelas membranosas.

Pseudópodo - projeção citoplasmática temporária de uma célula; funciona na locomoção e na fagocitose para alimentação ou defesa.

RNA (ácido ribonucléico) - ácido nucléico semelhante ao DNA em composição, exceto pelo açúcar que é uma ribose e pela uracila que está no lugar da timina.

Sarcômero - unidade estrutural e funcional da contração no músculo estriado.

Secreção - produto elaborado por qualquer célula, glândula ou tecido e que seja liberado através da membrana plasmática.

Síntese - formação de substância mais complexa a partir de substâncias mais simples.

Sítio ativo - parte da superfície de uma enzima na qual se ajusta a um substrato durante uma reação catalítica.

Solução - mistura (geralmente líquida) em que uma ou mais substâncias (os solutos) estão dispersas, na forma de moléculas ou íons separados.

Substrato - que sofre a ação de uma enzima.

Tradução - processo pelo qual a informação genética contida em um RNAm dita a seqüência de aminoácidos de uma molécula de proteína.

Transcrição - processo enzimático, que implica pareamento de bases, pelo qual a informação genética contida no DNA é utilizada para especificar uma seqüência complementar de bases em uma molécula de RNA.

Transportador de elétrons - proteínas especializadas, como o citocromo, que podem perder ou ganhar elétrons reversivelmente e que funcionam na transferência de elétrons dos nutrientes para o oxigênio.

Unicelular - ser constituído de uma única célula.

Vírus - partícula não celular, submicroscópica, constituída de ácido nucléico e capa protéica; são parasitas obrigatórios.

Unidade I

Exercícios de Fixação

1. A capacidade de resolução de qualquer microscópio é limitada pelo comprimento de onda da radiação empregada. A radiação visível, utilizada em microscopia óptica, permite distinguir detalhes de 0,2 micrômetros, porém a forma de objetos menores não é visível. Por outro lado, o M. E. emprega feixes de elétrons que, acelerados por uma diferença de potencial de 60.000 volts, têm um comprimento de onda de 0,005 nanômetros.

2. Biogênese.

3. Resposta pessoal.

4. Carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S).

5. As ligações fortes ou covalentes são resultantes da superposição das órbitas externas das moléculas e são uniões fortes e estáveis, que consomem altas quantidades de energia para sua realização. As ligações fracas são de natureza variada, que se formam com pequeno gasto energético. As principais ligações fracas são: pontes de hidrogênio, ligações eletrostáticas e interações hidrofóbicas.

A importância biológica dessas interações e ligações de baixa energia reside no fato de que elas permitem à célula alterar, montar e desmontar estruturas supramoleculares, como, os microtúbulos e microfilamentos, aumentando assim a sua versatilidade e eficiência funcional, sem grande gasto energético. Se as interações das macromoléculas fossem realizadas apenas com ligações fortes, a estrutura celular seria estável e as modificações dessa estrutura implicariam um gasto de energia tão alto que a atividade celular seria impossível.

6.

a) **HIDROFILIA**: moléculas com alto teor de grupamentos polares, são solúveis em água.

b) **HIDROFOBIA**: moléculas sem ou com poucos grupamentos polares, logo, são insolúveis em água.

c) **ANFIPATIA**: macromoléculas, geralmente alongadas, que apresentam uma região hidrofílica e outra hidrofóbica, dessa forma, apresentam a capacidade de associar-se simultaneamente a água e a compostos hidrofílicos por uma de suas extremidades, e a compostos hidrofóbicos, pela outra extremidade. As moléculas anfipáticas exercem importantes funções biológicas, e estão presentes em todas as membranas biológicas.

7.

a) **ESTRUTURA PRIMÁRIA**: é determinada pelo número e sequência dos resíduos de aminoácidos em uma cadeia polipeptídica. A estrutura primária é mantida por ligações peptídicas, porém, se essas fossem as únicas ligações existentes, as moléculas das proteínas seriam dobradas ao acaso.

b) **ESTRUTURA SECUNDÁRIA**: é o arranjo espacial definido e típico de cada proteína, no qual as cadeias polipeptídicas doam-se de forma bastante regular e constante para cada tipo de proteína. Um tipo de estrutura secundária muito freqüente é a alfa-hélice, a qual deve-se à formação de pontes de hidrogênio entre aminoácidos de uma mesma cadeia, a qual assume a forma de um saca-rolha ou hélice.

c) **ESTRUTURA TERCIÁRIA**: a cadeia contendo a estrutura secundária pode se dobrar novamente sobre si mesma formando estruturas globosas ou alongadas.

d) **ESTRUTURA QUATERNÁRIA**: muitas proteínas são constituídas por várias cadeias polipeptídicas, que podem ser iguais ou diferentes. Essa estrutura é mantida por várias ligações químicas fracas, como as pontes de hidrogênio.

8. Diferenças estruturais: o DNA é constituído pelo açúcar denominado desoxirribose, enquanto que o açúcar encontrado no RNA é uma ribose. a molécula de DNA é uma dupla hélice, enquanto que a de RNA é um filamento único. as bases nitrogenadas encontradas no DNA são adenina (A), guanina (G), timina (T) e citosina (C), enquanto que no RNA são: adenina (A), guanina (G), uracila (U) e citosina (C).

Diferenças funcionais: o DNA é responsável pelo armazenamento e transmissão da informação genética, enquanto que os três tipos de RNAs existentes nas células são responsáveis pela transcrição e tradução das informações contidas no DNA.

9. Membrana plasmática, citosol e material genético.

10.

	PROCARIOTES	EUCARIOTES	VÍRUS
MEMBRANA PLASMÁTICA	PRESENTE	PRESENTE	AUSENTE (CAPSÍDIO)
NÚCLEO VERDADEIRO	AUSENTE	PRESENTE	AUSENTE
MATERIAL GENÉTICO	DNA	DNA	DNA OU RNA
MAQUINARIA DE SÍNTESE	PRESENTE	PRESENTE	AUSENTE
CITOESQUELETO	AUSENTE	PRESENTE	AUSENTE
SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS	AUSENTE	PRESENTE	AUSENTE

Atividades Complementares

Exercício em sala de aula.

Unidade II

Exercícios de Fixação

1.

a) Dupla

b) Ácidos graxos insaturados

c) Anfipáticas

2.

a) V

b) F

c) F

d) V

3.

a) transporte passivo ocorre a favor do gradiente de concentração, enquanto o transporte ativo ocorre contra o gradiente de concentração.

b) ambas ocorrem a favor do gradiente de concentração, no entanto, na difusão facilitada existe a presença de uma proteína transmembrana denominada permease, que aumenta a velocidade de difusão.

c) ambos ocorrem contra o gradiente de concentração, porém, no primeiro caso, a energia para que ocorra o transporte é fornecida pela quebra da molécula de ATP, enquanto que no segundo, o transporte é impulsionado pela diferença de concentração de algum íon entre os meios intra e extracelulares.

4. Receptor é uma proteína de membrana capaz de reconhecer especificamente outra molécula (ligante ou sinalizador químico) e de desencadear uma resposta celular, quando unida a seu respectivo ligante. A comunicação

celular realizada através de mensageiros químicos ligados a receptores de membrana é importante porque influencia a formação dos órgãos e tecidos, o metabolismo, a multiplicação celular, a secreção, a fagocitose, a produção de anticorpos, a contração e muitas outras atividades celulares.

5. Nesse capítulo, foram estudadas as seguintes especializações de membrana: microvilos, estereocílios, cílios e flagelos.

MICROVILOS: são projeções digitiformes do citoplasma apical, recobertas por membrana plasmática, contendo numerosos microfilamentos de actina responsáveis pela manutenção da forma dos microvilos. Apresentam glicocálice mais desenvolvido do que no resto da célula.

ESTEREOCÍLIOS: são expansões longas e filiformes da superfície livre de certas células epiteliais. São estruturalmente semelhantes aos microvilos.

CÍLIOS: são estruturas com aspecto de pequenos pêlos, constituídos por um feixe de microtúbulos dispostos paralelamente e envoltos por uma membrana. Os cílios são curtos, múltiplos e situam-se sempre na superfície apical das células epiteliais.

FLAGELOS: têm estrutura semelhante aos cílios, porém é uma estrutura longa e pouco numerosa. No homem, a única célula flagelada é o espermatozóide.

Atividades Complementares

Exercício em sala de aula.

Unidade III

Exercícios de Fixação

1.

- a) Citoesqueleto
- b) Proteínas associadas aos microtúbulos (MAPs)
- c) Microtúbulos e filamentos intermediários

2.

- a) V
- b) V
- c) V
- d) V

3.

- a) Tonofilamentos
- b) Vimentina
- c) Neurofilamentos
- d) Filamentos gliais

4. São os microtúbulos que formam o fuso mitótico, que é a estrutura responsável pela migração dos cromossomos para os pólos opostos da célula em divisão.

5.

- a) Dineínas e cinesinas.
- b) Miosina I e miosina II

Atividades Complementares

Exercício em sala de aula.

Unidade IV

Exercícios de Fixação

1.

a) F

b) V

c) V

d) V

e) V

f) V

g) V

h) V

i) V

j) V

k) V

l) V

m) F

n) F

o) F

p) F

Atividades Complementares

Exercício em sala de aula.

Unidade V

Exercícios de Fixação

1. As células autotróficas, por exemplo, as células vegetais e algumas bactérias, sintetizam moléculas orgânicas a partir de moléculas inorgânicas e da energia solar. As células heterotróficas não são capazes de sintetizar moléculas orgânicas usando como substrato moléculas inorgânicas, dependendo do alimento sintetizado pelas células autotróficas.

2.

Membrana mitocondrial externa

Membrana mitocondrial interna, a qual apresenta numerosas dobras denominadas cristas mitoncondriais, onde encontramos a cadeia transportadora de prótons e elétrons e o corpúsculo elementar.

Espaço intermembranoso

Matriz mitocondrial, onde encontramos, principalmente, o DNA mitocondrial e as enzimas do ciclo do ácido cítrico.

3. Dupla membrana

Matriz, que possui a maior parte das proteínas dos cloroplastos, além de ribossomos e DNA. Tilacóides, que são vesículas achatadas contendo numerosas moléculas de clorofila.

4. Processo de produção de energia, também chamado de glicólise, que ocorre no citoplasma da maioria das células, no qual ocorre a degradação da glicose para produção de ATP sem envolvimento do oxigênio. Durante a glicólise, uma molécula de glicose é convertida em duas moléculas de piruvato. Esse processo envolve uma seqüência de 10 reações enzimáticas, nas quais duas moléculas de ATP são hidrolisadas para fornecer energia nas etapas iniciais, porém quatro moléculas de ATP são produzidas nas etapas finais, resultando num saldo final de duas moléculas de ATP.

5. Processo de produção de energia que ocorre na mitocôndria, com participação do oxigênio e que utiliza, como fonte de energia, moléculas orgânicas, como: glicose e ácidos graxos, principalmente. Esse processo compreende três etapas básicas: glicólise, ciclo do ácido cítrico e cadeia respiratória. Após essas etapas, o saldo energético final é de 36 a 38 moléculas de ATP.

6.

	RESPIRAÇÃO AERÓBICA	RESPIRAÇÃO ANAERÓBICA
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZA VÁRIAS FONTES DE ENERGIA. - MAIOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. 	<ul style="list-style-type: none"> - PRODUÇÃO DE ENERGIA MUITO RÁPIDA.
DESvantagens	<ul style="list-style-type: none"> - PRODUÇÃO DE ENERGIA MUITO LENTA. 	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZA APENAS GLICOSE COMO FONTE DE ENERGIA. - BAIXA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

Atividades Complementares

Exercício em sala de aula.

Unidade VI

Exercícios de Fixação

1.
 - a) V
 - b) V
 - c) V
 - d) V

Atividades Complementares

Exercício em sala de aula.

Unidade VII

Exercícios de Fixação

1.
 - a) Crossing over
 - b) Mitose
 - c) Fusos

2.
 - a) F
 - b) V
 - c) F
 - d) F

Atividades Complementares

Exercício em sala de aula.

Unidade VIII**Exercícios de Fixação**

1.
 - a) F
 - b) F
 - c) F
 - d) V
 - e) V
 - f) V
 - g) F

Atividades Complementares

Exercício em sala de aula.

Referências Bibliográficas

- ALBERTS, B. *Biologia Molecular da Célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- ALBERT, B.; BRAY, D.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K. e WALTER, P. *Fundamentos da Biologia Celular: uma introdução à biologia da célula*. 3. reimpressão. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- HOLTZMAN, E. e NOVIKOFF, A. B. *Células e estrutura celular*. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1985.
- JUNQUEIRA, L.C. e CARNEIRO, J. *Biologia celular e molecular*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- ROBERTS, E. D. P. de e ROBERTS, E. M. F de. *Bases da Biologia Celular e Molecular*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- THIBODEAU, G. A. e PATTON, K. T. *Estrutura e Funções do Corpo Humano*. 11. ed. São Paulo: Manole, 2002.
- VIEIRA, E. C., GAZZINELLI G. e MARES-GUIA, M. *Bioquímica celular e biologia molecular*. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 1991.