

CITOPLASMA**CONCEITOS INICIAIS**

Os primeiros citologistas acreditavam que o interior da célula viva era preenchido por um fluido homogêneo e viscoso, no qual estava mergulhado o núcleo. Esse fluido recebeu o nome de **citoplasma**. O maior volume de uma célula eucariótica é representado pela região compreendida entre a membrana plasmática e a membrana nuclear. Nessa região, encontramos uma solução coloidal formada principalmente por água e proteínas. Trata-se do citoplasma ou matriz citoplasmática, onde estão mergulhados uma série de organelas, ribossomos e outras estruturas responsáveis por algumas funções importantes, tais como: digestão, respiração, secreção, síntese de proteínas. **As organelas membranosas dividem o citoplasma, mas também formam uma complexa rede de comunicação e transporte denominada sistema vacuolar citoplasmático (SVC)**, que compreende o envoltório nuclear, o retículo endoplasmático, o complexo de Golgi e os vacúolos. Pode-se encontrar também uma série de microtúbulos (compostos de tubulina), além de microfilamentos protéicos (actina e miosina), que contribuem para formar um citoesqueleto, auxiliando na manutenção da forma celular e apoiando o movimento das organelas citoplasmáticas.

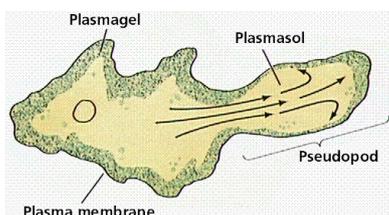
É principalmente no citoplasma que ocorrem as principais reações necessárias à manutenção da vida. Por ser a célula uma estrutura dinâmica, o seu **citoplasma não é estático**, pois apresenta alguns movimentos como aquele observado nas amebas para a emissão de pseudópodes.

CICLOSE

O citosol contém principalmente proteínas dissolvidas, eletrólitos, glicose, quantidades diminutas de compostos lipídicos e encontra-se em contínuo movimento, impulsionado pela contração rítmica de certos fios de proteínas presentes no citoplasma. Os fluxos de citosol constituem o que os biólogos denominam ciclose. **Sua velocidade aumenta com a elevação da temperatura e diminui em temperaturas baixas**, assim como na presença de anestésicos e na falta de oxigênio.

MOVIMENTO AMEBÓIDE

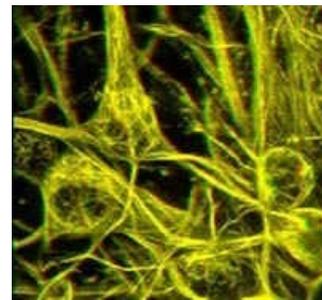
O movimento amebóide é a capacidade que alguns tipos de células têm de **alterar rapidamente a consistência de seu citosol**, gerando fluxos internos que permitem à célula mudar de forma e se movimentar. Podemos observar esse tipo de movimento em muitos protozoários e em alguns tipos de células de animais multicelulares.



Além da parte fluida, o citoplasma contém bolsas e canais membranosos e organelas ou orgânulos citoplasmáticos, que desempenham funções específicas no metabolismo da célula eucariote.

ECTOPLASMA E ENDOPLASMA

Na periferia do citoplasma, o citosol (líquido citoplasmático) é mais viscoso, tendo consistência de gelatina mole e é chamado de ectoplasma. Na parte mais central da célula situa-se o endoplasma de consistência mais fluida.

CITOPLASMA E ARQUITETURA CELULAR (CITOESQUELETO)

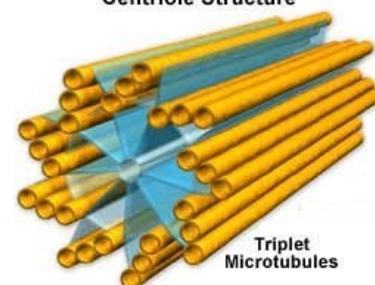
O conceito de que o citoplasma é apenas uma substância gelatinosa perdura por muito tempo e é ainda amplamente difundido nas aulas de Biologia Celular do ensino fundamental e médio. Está, porém, ultrapassado e nesse texto abordaremos o que há de mais recente sobre a constituição do citoplasma.

Já por volta de 1929 foi proposto que o citoplasma consistia de uma grande malha extremamente organizada que preenchia praticamente todos os espaços livres existentes no meio interno da célula, deixando pequenos compartimentos intracelulares. **Essa malha organizada recebeu a denominação de Citoesqueleto**, termo adotado pela comunidade científica internacional.

Com a utilização de Microscopia eletrônica e técnicas de Imunologia constatou-se que esse citoesqueleto é composto por três estruturas básicas: **Microtúbulos**, **Microfilamentos** e **Filamentos intermediários**, todos basicamente constituídos de proteínas. Essas estruturas geralmente encontram-se unidas, podendo agir de forma conjunta ou independente, dependendo das necessidades fisiológicas da célula.

MICROTÚBULOS

Centriole Structure



São estruturas que apresentam um diâmetro de 25nm, e como o próprio nome sugere são tubulares. Esses **microtúbulos são formados por uma proteína chamada tubulina**, que apresenta dois monômeros diferentes, alfa e beta. Os microtúbulos estão em constante reorganização, crescendo por uma de suas extremidades graças a polimerização local dos dímeros de tubulina, e diminuindo na outra extremidade, onde predomina a despolimerização. Como funções dos microtúbulos podemos citar:

Função mecânica: estão envolvidos na rigidez celular e na estruturação de algumas protuberâncias ou prolongamentos celulares. Um exemplo mais claro de tais tipos de estruturas são os axônios e os dendritos dos neurônios. Morfogênese: observa-se também a presença de microtúbulos na aquisição da forma da célula durante o processo de diferenciação celular.

Circulação e transporte: podem intervir também no transporte de macromoléculas no interior da célula. Para isso acredita-se que haja a formação de "canais" no citoplasma. Por exemplo, pode-se observar o movimento de melanina entre os canais criados na matriz citoplasmática pelos microtúbulos. Os microtúbulos estão também relacionados à motilidade celular, uma vez que eles entram na composição de organelas como **cílios** e **flagelos**.

Saiba Mais:

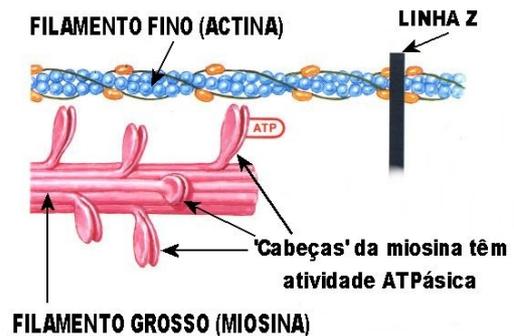
Diversas moléculas agem sobre os microtúbulos, interferindo com o papel dessas estruturas nos processos celulares dos quais elas participam. Na década de 30, observou-se que o alcaloide **colchicina paralisa a mitose na metáfase**, e, desde então, a colchicina tem sido usada nos estudos sobre os cromossomos e a divisão celular. Estudos posteriores mostraram que a colchicina se combina especificamente com os dímeros de tubulina e causa o **desaparecimento dos microtúbulos menos estáveis, como os do fuso mitótico**.

Outro alcalóide 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. Toda a tubulina do citoplasma se polimeriza em microtúbulos muito estáveis. Deste modo, não há tubulina disponível no citoplasma para formar os microtúbulos do fuso e a mitose não se processa. Assim, o taxol é empregado no tratamento de tumores malignos, por sua capacidade de impedir a formação do fuso mitótico, atuando como **poderoso antimitótico**.

MICROFILAMENTOS

São filamentos mais finos, estando seu diâmetro entre 6 e 8nm. São principalmente formados por **actina** ou **miosina** e estão basicamente envolvidos com sistemas contráteis da célula.

Motilidade celular: a motilidade proporcionada pelos microfilamentos ocorre tanto em células musculares como em células de diferentes características.



Movimento amebóide: esse movimento é observado em certos protozoários (as amebas, das quais recebeu o nome) e em algumas células animais, como os macrófagos. Caracteriza-se pelo fato de a célula emitir prolongamentos citoplasmáticos. Esses prolongamentos ainda conferem adesão da célula em um suporte sólido. Os microfilamentos **atuam também na organização do citoesqueleto** juntamente com os microtúbulos.

FILAMENTOS INTERMEDIÁRIOS

Recebem esse nome por possuírem diâmetro intermediário (10nm) entre os microtúbulos e os microtúbulos. São compostos por diferentes tipos de proteínas e também possuem funções heterogêneas. Alguns exemplos:

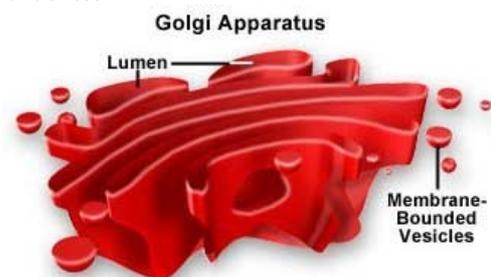
Filamentos de queratina: são proteínas fibrosas sintetizadas nas células das camadas vivas da epiderme e formam a maior parte do produto do descamamento da epiderme. Neurofilamentos: também estão envolvidos na estrutura dos neurônios e axônios.

SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS – ORGANELAS MEMBRANOSAS

COMPLEXO DE GOLGI

O complexo de Golgi está presente em todas as células eucariontes e ausentes em células procarióticas, sendo em geral é **formado por quatro ou mais camadas empilhadas de delgadas vesículas achatadas chamadas de dictiossomo**, que se situam próximas ao núcleo.

Em células vegetais e de animais invertebrados, o complexo de golgi é formado de dictiossomas isolados e espalhados pelo citoplasma. Em animais vertebrados, entretanto, as vesículas de dictiossomas reúnem-se em pilhas correspondentes.



Funções do Complexo de Golgi:

Secreção de Enzimas Digestivas: As enzimas digestivas do pâncreas são exemplos de enzimas produzidas no RER e levadas até as bolsas do complexo de Golgi, onde são empacotadas em pequenas bolsas (vesículas de secreção), que se desprendem dos dictiossomas e se acumulam em um dos pólos da célula pancreática. A produção de enzimas digestivas pelo pâncreas é apenas um entre muitos exemplos do papel do complexo de Golgi nos processos de secreção celular, realizado por exocitose.

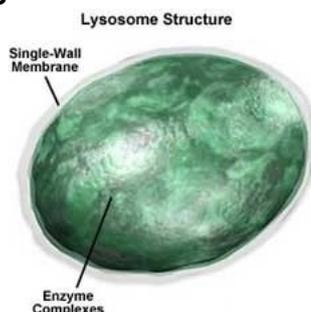
Armazenamento e acondicionamento: O complexo de golgi recebe vesículas com substâncias produzidas pelo RE. Além de armazenar, o complexo altera as substâncias por ação de enzimas próprias, o que é muitas vezes chamado acondicionamento ou empacotamento.

Síntese de polissacarídeos: O complexo de golgi forma diversos polissacarídeos, muitos deles importantes formadores de glicoproteínas e proteoglicanas, importantes formadores dos tecidos conjuntivos animais, como o ácido hialurônico e o ácido condroitinossulfúrico.

Formação do Acrossomo do Espermatozóide: O acrossomo é uma bolsa de enzimas digestivas do espermatozóide maduro, que irão perfurar as membranas do óvulo (zona pelúcida e corona radiata) e permitir a fecundação. Em sua porção mais anterior, o

acrossomo, possui a bolsa diferenciada a partir do complexo de golgi, rico nas enzimas hialuronidase e espermolisina.

Formação da Lamela Média em Células Vegetais: A lamela média é a primeira membrana que separa duas células recém originadas da divisão celular. Os dictiossomas acumulam o polissacarídeo pectina, que é eliminado entre as células – irmãs recém-formadas, constituindo a primeira separação entre elas e, mais tarde, a lâmina que as mantém unidas.

LISOSSOMOS

Os lisossomos são bolsas circundadas por típica membrana de bicamada lipídica e cheias com grande número de pequenos grânulos, que são agregados protéicos de enzimas hidrolíticas (digestivas) capazes de digerir diversas substâncias orgânicas. São originados no complexo de Golgi e estão presentes em praticamente todas as células eucariontes. O seu interior é ácido e as hidrolases têm atividade máxima em pH baixo (~ 4,5). Essas enzimas são sintetizadas pelos polirribossomos que se prendem ao retículo endoplasmático rugoso. Na membrana do lisossomo existe uma enzima que utiliza energia liberada de ATP para bombear prótons (H⁺) para dentro dos lisossomos, estabelecendo assim, o pH ácido ideal para ação das hidrolases mencionadas. Algumas vezes permanecem, nos lisossomos, depósitos de material que resistiu ao processo digestivo, formando-se os corpos residuais, que se acumulam, com o decorrer do tempo, nas células de vida longa.

Saiba Mais:

"Sob certas condições anômalas ou patológicas, a membrana do lisossomo pode perder sua estabilidade, romper-se e liberar as enzimas para o restante da célula, com conseqüências catastróficas. É o que ocorre, por exemplo, em uma doença denominada silicose ou doença de depósito, que aparece frequentemente em indivíduos que trabalham em minas ou com britadeiras, trabalho durante o qual inspiram grande quantidade de pó de sílica. Esta destrói os lisossomos das células pulmonares, havendo liberação de enzimas digestivas no interior do citoplasma. Isto causa sérios danos às células, por prejuízos, fundamentalmente no "turnover" celular, prejudicando seus processos vitais e podendo levar até à morte". Outras vezes, o acúmulo de material nos corpos residuais é conseqüência de um defeito hereditário dos lisossomos. Nesses casos falta uma ou várias das enzimas que normalmente existem nos lisossomos. Por exemplo, na doença de Pompe, cujo aparecimento se verifica nos primeiros anos de vida, todas as células, sobretudo as hepáticas e musculares, se carregam de grande quantidade de glicogênio. Nessa doença, os lisossomos são deficientes na enzima glicosidase, que degrada o glicogênio.

Tipos de Lisossomos:

Lisossomo Primário: É o lisossomo propriamente dito, ou seja, a vesícula possuindo no seu interior as enzimas digestivas.

Lisossomo Secundário: Denomina-se também de vacúolo digestivo e resulta da fusão do lisossomo primário com a partícula englobada.

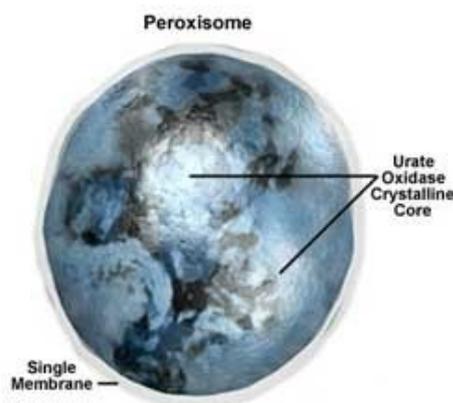
Corpúsculo Residual: É a vesícula lisossômica que por exocitose elimina na periferia celular o material não assimilado.

Vacúolo Autofágico: É quando a vesícula lisossômica digere uma partícula pertencente à própria célula. A autofagia é uma atividade indispensável à sobrevivência da célula.

Funções dos Lisossomos:

Digestão Intracelular: A digestão ocorrerá no interior dos vacúolos digestivos, que são bolsas originadas pela fusão do lisossomo com o fagossomo ou pinossomo e contêm partículas capturadas do meio externo. A digestão intracelular pode ser classificada em: **Autofagia** – quando os lisossomos digerem uma partícula pertencente à própria célula e **Heterofagia** – quando a partícula digerida pelos lisossomos é proveniente do meio extracelular.

Autólise: Em algumas condições, a membrana do lisossomo se rompe e suas enzimas se espalham pelo citoplasma, digerindo e matando a célula inteira. Para que as hidrolases possam digerir o citoplasma, **este tem que estar ácido**. A autólise é fisiológica em algumas situações, ocorrendo de acordo com o programa genético da célula. **Algumas células passam por um processo denominado apoptose, o suicídio celular programado.** São células que se matam para promover a remodelação corporal nos indivíduos. É o caso da regressão da Cauda do Girino que se dá pela autodestruição de células pelas enzimas lisossômicas. O material resultante da autodigestão da cauda entra na circulação sanguínea e é reutilizado. Ou na regressão do útero pós-parto (o útero em mulheres não grávidas pesa cerca de 50g, mas cresce para poder abrigar o embrião, chegando a pesar cerca de 2Kg após a gravidez; através da apoptose, as células da parede do útero se suicidam para este volte a seu tamanho normal após a gestação).

PEROXISSOMOS

Os **peroxissomos** são, em termos físicos, semelhantes aos lisossomos, mas diferem em dois aspectos importantes:

Primeiro acredita-se que sejam formados por auto – replicação (ou talvez por brotamento do REL) e não pelo complexo de Golgi;

Segundo que eles **contêm oxidases e não hidrolases**. Além de conterem enzimas que degradam gorduras e aminoácidos, têm também grandes quantidades da enzima

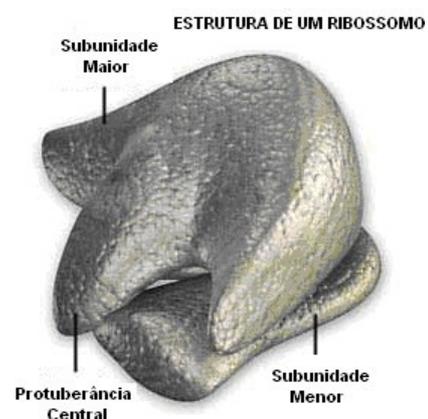
catalase, que converte o peróxido de hidrogênio (água oxigenada) em água e gás oxigênio.

Os peroxissomos estão presentes em grandes quantidades nas células de defesa como os macrófagos e também existem nas células vegetais, onde participam do processo da fotorrespiração.

A função dos peroxissomos no metabolismo celular ainda é pouco conhecida, mas acredita-se que participem dos processos de desintoxicação da célula.

SAIBA MAIS:

A adrenoleucodistrofia (doença que ganhou repercussão, por acometer um garoto no filme 'Óleo de Lorenzo') um exemplo de deficiência em apenas uma enzima dos peroxissomos. Trata-se de uma mutação no cromossomo X que, geralmente, se manifesta nos meninos antes da puberdade, quando aparecem sintomas de deficiência na secreção da glândula adrenal e disfunções neurológicas. Os defeitos resultam do acúmulo nos tecidos de numerosas moléculas de ácidos graxos saturados de cadeia muito longa, por que os peroxissomos desses doentes não oxidam os ácidos graxos saturados de cadeia muito longa. Por se tratar de um defeito em um único gene, que já foi isolado, é possível que se chegue a um tratamento por meio de técnicas de DNA recombinante (engenharia genética).

RIBOSSOMOS

Ribossomos são os locais de **síntese de proteína**. Eles *não são limitados por membranas* e, portanto, ocorrem **tanto em procariontes quanto em eucariontes**. Os Ribossomos de eucariontes são ligeiramente maiores que os de procariontes. Estruturalmente, o ribossomo consiste em uma subunidade pequena e outra maior. Bioquimicamente o ribossomo consiste em **RNA ribossômico (RNAr) e umas 50 proteínas estruturais**. Frequentemente os ribossomos crescem em cachos no retículo de endoplasmático, eles se assemelham a uma série de fábricas que juntam formando algo parecido com uma via férrea, chamando-se de polirribossomos.

RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

É uma rede de **estruturas tubulares e vesiculares achatadas, sendo que os túbulos e as vesículas são interconectados uns aos outros**. Por outro lado, suas paredes são formadas por membranas de bicamadas lipídicas, contendo grandes quantidades de proteínas, de forma semelhante à membrana celular. Podemos distinguir dois tipos de retículo endoplasmático: **o retículo endoplasmático rugoso ou granular (RER) e o retículo endoplasmático liso ou agranular (REL)**.

O RER também é chamado de ergastoplasma e é formado por sacos achatados, cujas membranas têm aspecto rugoso devido à presença de grânulos (ribossomos) aderidos à sua superfície externa, voltada para o citosol. O REL é formado por estruturas

membranosas tubulares, sem ribossomos aderidos e, portanto, desuperfície lisa.

Todas as células eucarióticas possuem retículo endoplasmático, portanto, estando ausente em células procarióticas.

FUNÇÕES GERAIS DO RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

Síntese de Lipídios: A lecitina e o colesterol são exemplos de componentes lipídicos que existem em todas as membranas celulares e são produzidas no REL. Outros tipos de lipídios produzidos são os hormônios esteróides, dentre os quais estão a testosterona e o estrógeno (hormônios sexuais produzidos nas células das gônadas de animais vertebrados);

Desintoxicação: O REL participa dos processos de desintoxicação do organismo, sendo que nas células do fígado as substâncias tóxicas são absorvidas e posteriormente são modificadas ou destruídas, de modo a não causarem danos ao organismo. A atuação do retículo das células hepáticas permite eliminar parte do álcool, medicamentos e outras substâncias potencialmente nocivas que ingerimos.

Armazenamento de Substâncias: Os vacúolos das células vegetais são exemplos de bolsas membranosas derivadas do REL que crescem pelo acúmulo de soluções aquosas ali armazenadas.

Síntese de Proteínas: As proteínas fabricadas no RER (devido à presença dos ribossomos) penetram nas bolsas e se deslocam em direção ao aparelho de Golgi, passando pelos estreitos e tortuosos canais do REL.

Suporte Mecânico: O retículo endoplasmático, juntamente com o sistema de microtúbulos e microfilamentos já descritos, participa do citoesqueleto. Transporte de Substâncias.

RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO RUGOSO (RER)

No **retículo endoplasmático rugoso ou ergastoplasma**, os ribossomos associam-se às membranas do retículo na forma de polirribossomos, ou seja, quando estão unidos através de uma molécula de RNAm e, portanto, encontram-se em plena atividade de síntese de proteínas.

Encontraremos também, no citosol, a presença de **polirribossomos livres**, estes são responsáveis pela síntese de proteínas que permanecerão no **citoplasma fundamental ou serão incorporadas no núcleo, mitocôndrias, cloroplastos ou peroxissomos**. A hemácia (eritrócito) é um exemplo de células que sintetizam proteínas a serem utilizadas no citosol, no caso, a hemoglobina. Células que se reproduzem em ritmo acelerado, como células embrionárias ou de tumores de crescimento rápido, apresentam o citoplasma repleto de polirribossomos, que sintetizam proteínas para o crescimento do citoplasma e do núcleo das células-filhas, após cada ciclo mitótico.

Por outro lado, as proteínas sintetizadas pelos polirribossomos aderidos à membrana do retículo endoplasmático são destinadas a **permanecer no próprio retículo, ser transportadas ao sistema golgiense, formar lisossomos, compor a membrana plasmática ou serem secretadas pela célula**. As células pancreáticas produtoras de enzimas, bem como as células caliciformes intestinais são exemplos de células que sintetizam proteínas para secreção.

Os polirribossomos sintetizam proteínas destinadas a permanecer na célula, enquanto os aderidos ao RE sintetizam as destinadas à secreção.

Além de polirribossomos, a disposição paralela das lâminas achatadas constitui uma diferença estrutural do RER em relação ao RE Liso. Suas cavidades podem apresentar-se mais ou menos dilatadas, de acordo com o estado funcional da célula.

Na maioria das células, o retículo endoplasmático localiza-se próximo ao núcleo.

FUNÇÃO ESPECÍFICA DO RER

Síntese de Proteínas para Exportação: Por apresentar ribossomos aderidos a sua estrutura de membrana, o RER, como já discutido, possui a capacidade de sintetizar proteínas que serão destinadas a participar da constituição da membrana plasmática e para serem exportadas de maneira vesiculada após passar pelo complexo de golgi.

RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO LISO (REL)

Nas membranas do retículo endoplasmático liso ocorre a **síntese de praticamente todos os lipídios que compõem as membranas celulares, incluindo os fosfoglicerídeos e o colesterol**. Alguns dos lipídios das membranas são inicialmente produzidos no REL e suas moléculas são **completadas no complexo de**

Golgi, como exemplo, citamos a esfingomiélin e os glicolípídios, cujas porções glicídicas dependem da atuação do sistema golgiense.

O REL E A DESINTOXICAÇÃO

O organismo tem a capacidade de converter substâncias tóxicas, como herbicidas, desfolhantes, conservantes, álcool, corantes alimentares, medicamentos e dejetos industriais, em substâncias inócuas ou de fácil excreção.

Esse processo, geralmente ocorre no fígado, podendo ocorrer também na pele, rins e pulmões. **A desintoxicação envolve, normalmente, reações de hidroxilação, nas quais o oxigênio molecular (O₂) é utilizado para gerar grupos hidroxila.** A hidroxilação de um composto tóxico aumenta sua solubilidade em água e, conseqüentemente, sua eliminação do corpo.

A ingestão de álcool e barbitúricos promovem o aumento acentuado de retículo endoplasmático liso nas células hepáticas, e até o RER pode perder os ribossomos acoplados às suas membranas para se transformar em REL. Análises bioquímicas dessas células demonstraram um aumento da atividade das enzimas que metabolizam os barbitúricos e o álcool, e também que essa atividade está localizada nas membranas do retículo liso. O aumento do REL, por ação de drogas, contribui para a redução do efeito de determinados medicamentos, após certo tempo de uso. Nesses casos, ocorre um aumento tal na atividade das enzimas do sistema de desintoxicação que há necessidade de doses maiores para promover o mesmo efeito obtido, no início, com doses pequenas, pois uma parte considerável da droga é destruída no fígado.

É também no retículo liso das células hepáticas que é solubilizado o pigmento da bile (bilirrubina), permitindo que a bilirrubina, na sua forma solúvel, seja secretada pelas células hepáticas, sendo eliminado do fígado pela bile. Na deficiência deste processo, os pacientes acumulam bilirrubina insolúvel no sangue e ficam icterícos. Na icterícia, uma doença que pode ser devida a diversas causas, existe um aumento de bilirrubina no sangue, com acúmulo desse pigmento na pele e em outros locais, ficando o doente com um aspecto amarelado.

O REL ARMAZENA E LIBERA ÍONS Ca²⁺

O **retículo endoplasmático liso é o principal reservatório de Ca²⁺ do citoplasma de células musculares e não-musculares.** Como sabemos o cálcio participa da regulação de inúmeros processos metabólicos que ocorrem nas células e que, portanto, elas desenvolveram um eficiente sistema de controle dos níveis intracelulares desse íon. Existem proteínas intrínsecas às membranas do REL que funcionam como canais, e outras como bombas de cálcio. Dependendo do estímulo recebido pela célula, essas

proteínas liberam cálcio para o citoplasma ou captam esses íons para dentro das cisternas do RE.

A concentração de cálcio no citoplasma de uma célula é muito baixa, sendo, porém aumentada em resposta ao estímulo fornecido por sinais químicos. Por exemplo, quando as células musculares estriadas são estimuladas pelos neurotransmissores liberados por placas motoras.

METABOLIZAÇÃO DO GLICOGÊNIO

Uma outra importante função do REL dos hepatócitos e de células renais é a **glicogenólise**, ou seja, a obtenção de glicose a partir do glicogênio. Esse processo ocorre pela ação consecutiva de quatro enzimas, das quais apenas uma está situada no REL, enquanto as demais etapas são citosólicas. A glicose-6-fosfatase é uma proteína intrínseca da membrana do retículo, que contém nove hélices transmembranosas, com seu sítio ativo voltado para a face luminal da membrana.

EXPORTAÇÃO DE LIPÍDIOS DO REL

As moléculas de fosfolípídios são distribuídas a partir do REL, por meio de vesículas transportadoras, para as membranas do complexo de golgi, dos lisossomos e para a membrana plasmática. Por outro lado, os fosfoglicerídeos que formarão as membranas das mitocôndrias, plastos e peroxissomos são exportados do REL por mecanismos especiais. No entanto, de toda forma estes lipídios são transportados do REL.

VACÚOLOS

Os **vacúolos correspondem a qualquer região no citoplasma delimitado por um pedaço de membrana lipoprotéica.**

Os vacúolos podem ser classificados em três categorias:

Vacúolos relacionados com os processos de digestão intracelular: vacúolo alimentar (fagossomo ou pinossomo), vacúolo digestivo (lisossomo secundário), vacúolo autofágico (lisossomo secundário) e vacúolo residual.

Vacúolos contráteis ou pulsáteis: ocorrem apenas em protistas de água doce, participando do controle osmótico desses organismos.

Vacúolos de suco celular ou vacúolos vegetais: são organelas citoplasmáticas exclusivas das células vegetais; são delimitados por uma membrana lipoprotéica denominada tonoplasto. Os vacúolos de suco celular desempenham basicamente duas importantes funções nas células vegetais: preenchimento de espaço e armazenamento.

Preenchimento de espaço

Grande parte do volume de uma **célula vegetal adulta é preenchido pelo vacúolo**. A maioria das células vegetais acumula água no vacúolo enquanto cresce, o que gera uma pressão hidrostática interna, denominada turgor. Essa pressão do vacúolo exercida sobre a parede celular ainda não espessada, provoca sua distensão, determinando o aumento de tamanho da célula, com baixo custo energético.

Armazenamento

Os vacúolos além de acumular grande quantidade de água, **armazenam em seu interior íons como o Na^+ , carboidratos, aminoácidos e proteínas**. O vacúolo atua como organela armazenadora de resíduos indesejáveis do metabolismo celular, particularmente substâncias que, se presentes livremente no citosol, são prejudiciais à célula. Os vacúolos podem ser incolores e opticamente transparentes, mas também podem conter pigmentos e são estes os responsáveis pela coloração das flores e de certas folhas.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

01. (UNP) No pâncreas, existem estruturas glandulares chamadas ácinos nas quais, a partir de aminoácidos, são produzidas as enzimas digestórias do suco pancreático. Em um experimento, utilizaram-se aminoácidos com isótopos radioativos para se verificar o trajeto desses aminoácidos nas células secretoras do pâncreas. Nas células dos ácinos, os aminoácidos constituintes das enzimas digestórias percorreram o seguinte trajeto:

- ergastoplasma, complexo golgiense, grãos de zimogênio.
- grãos de zimogênio, complexo golgiense, peroxissomos.
- citoplasma, retículo endoplasmático liso, complexo golgiense.
- retículo endoplasmático liso, complexo golgiense, grãos de zimogênio.

02. (UECE) Considere as afirmativas a seguir:

I. O diferencial, em relação ao retículo endoplasmático liso, o qual permite reconhecer o rugoso como fábrica de proteínas é a presença de ribossomos.

II. A eliminação de substâncias tóxicas é facilitada pelo retículo endoplasmático liso, pela adição de radicais metila a tais substâncias, tornando-as mais polares, sendo eliminadas, a partir do fígado, pelas gotas de gorduras suspensas em meio aquoso.

III. A lamela média que se forma durante a divisão celular, em células vegetais, é constituída a partir de substâncias produzidas no aparelho de Golgi.

São corretas as afirmativas:

- I e II.
- II e III.
- I e III.
- I, II e III.

03. (ENEM) Os sapos passam por uma metamorfose completa. Os girinos apresentam cauda e brânquias externas, mas não têm pernas. Com o crescimento e desenvolvimento do girino, as brânquias desaparecem, as pernas surgem e a cauda encolhe.

Posteriormente, a cauda desaparece por apoptose ou morte celular programada, regulada por genes, resultando num sapo adulto jovem. A organela citoplasmática envolvida diretamente no desaparecimento da cauda é o

- ribossomo.
- lisossomo.
- peroxissomo.
- complexo golgiense.
- retículo endoplasmático.

04. (UNICHRISTUS)**VOTORANTIM INDENIZARÁ METALÚRGICO
TERCEIRIZADO
VÍTIMA DE SILICOSE**

A Votorantim Metais e Zinco S.A. foi condenada subsidiariamente ao pagamento de indenização por dano moral, no valor de R\$ 10 mil, a um empregado da Manserv Montagem e Manutenção Ltda. acometido de silicose durante o período de prestação de serviços. A Votorantim tentou trazer o caso à discussão no Tribunal Superior do Trabalho, mas a Sétima Turma negou provimento ao seu agravo de instrumento. O trabalhador informou que seus problemas de saúde começaram em 2009, quando começou a sentir dor no peito e nas costas, cansaço, falta de ar, chiado e tosse. Ele acabou sendo considerado inapto para o trabalho em função da silicose, doença irreversível que provoca o endurecimento dos pulmões.

A doença citada no texto está relacionada com organelas citoplasmáticas denominadas

- plastos.
- lisossomos.
- mitocôndrias.
- centríolos.
- dictiossomos.

05. (FACID) Embora as células procariotas e eucariotas sejam diferentes em muitos aspectos, elas compartilham semelhanças em algumas estruturas celulares. Assinale a alternativa que traz corretamente os componentes celulares presentes em ambos os tipos de células.

- Mitocôndrias e ribossomos.
- Mitocôndrias e retículo endoplasmático.
- Membrana plasmática e mitocôndrias.
- Ribossomos e retículo endoplasmático.
- Ribossomos e membrana plasmática.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (COTUCA 2020) Diabetes mellitus é uma doença que apresenta como principal sintoma o aumento dos níveis de glicose no sangue, condição denominada hiperglicemia. Ocorre principalmente por erros na síntese ou secreção do hormônio insulina, um polipeptídeo produzido e secretado por células especializadas, localizadas no pâncreas. Caso um pesquisador iniciante desejasse realizar em laboratório um estudo sobre a organela diretamente relacionada com os erros na síntese da insulina, qual delas deveria ser o foco de suas pesquisas?

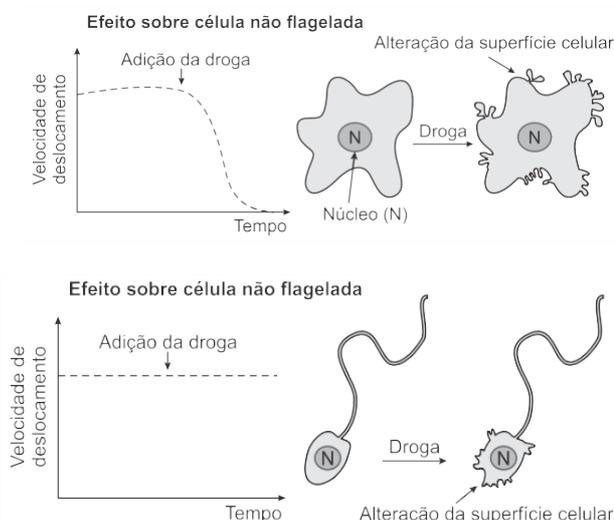
- a) Retículo endoplasmático rugoso
- b) Lisossomos
- c) Mitocôndrias
- d) Cloroplastos
- e) Centríolos

02. (UFRGS 2019) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Os peroxissomos são organelas enzimáticas de membrana única, cuja principal função é a de certas substâncias orgânicas nas células, em especial, _____. Nessa reação, surge um subproduto muito tóxico para a célula, a água oxigenada (peróxido de hidrogênio), que precisa ser rapidamente degradado por uma de suas principais enzimas, a _____.

- a) fluoretação – açúcares – amilase
- b) substituição – sais minerais – anidrase
- c) acetilação – celulose – fosfatase
- d) oxidação – ácidos graxos – catalase
- e) redução – nitritos – lipase

03. (ENEM PPL 2019) A ação de uma nova droga antitumoral sobre o citoesqueleto foi investigada. O pesquisador comparou o efeito da droga na velocidade de deslocamento celular e na integridade de filamentos do córtex celular e de flagelos, conforme apresentado na figura.



O pesquisador concluiu que a droga age sobre os

- a) microtúbulos apenas.
- b) filamentos de actina apenas.
- c) filamentos intermediários apenas.
- d) filamentos de actina e microtúbulos.
- e) filamentos de actina e filamentos intermediários

04. (UDESC 2019) O fígado, ao sofrer alguma lesão, apresenta uma regeneração geralmente bem organizada, exibindo um arranjo típico e sua função normalizada. No entanto, quando os hepatócitos são repetidamente agredidos durante um longo período, ocorre a formação de nódulos compostos por uma massa central de hepatócitos em arranjo desordenado, circundada por grande quantidade de tecido conjuntivo denso. Essa desorganização, denominada cirrose, é um processo progressivo e irreversível, levando à falência do órgão e, frequentemente, ao óbito.

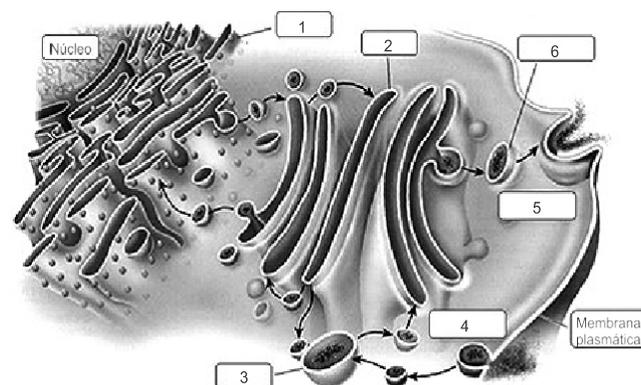
A cirrose pode ocorrer como consequência básica de injúrias progressivas e duradouras aos hepatócitos, produzidas por agentes variados como etanol, drogas, agentes químicos, hepatite viral, doença hepática autoimune e alguns parasitas intestinais como o *Schistosoma mansoni*.

JUNQUEIRA, Luiz C.; CARNEIRO, José. *Histologia Básica*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2008 p. 335. [adaptado]

Assinale a alternativa que corresponde à organela citoplasmática de um hepatócito responsável pela desintoxicação do etanol e de outras drogas.

- a) Proteossomos
- b) Retículo endoplasmático granuloso
- c) Complexo golgiense
- d) Lisossomos
- e) Retículo endoplasmático não granuloso

05. (UPF 2018) Considere a figura abaixo, que representa o sistema de endomembranas de uma célula animal, e assinale a alternativa correta.



- a) O número 2 está indicando uma das cisternas do complexo de Golgi, que é a estrutura envolvida na transformação e na secreção de proteínas na célula.
- b) O número 6 está indicando uma vesícula de secreção originada da face cis do retículo endoplasmático liso.

- c) O número 1 está indicando o citoesqueleto, ao qual estão associados os ribossomos e cujas cisternas contêm enzimas responsáveis pela digestão intracelular.
 d) O número 3 está indicando uma mitocôndria, organela responsável pela produção de energia da célula.
 e) Os números 4 e 5 estão indicando os processos de autofagia e apoptose, respectivamente.

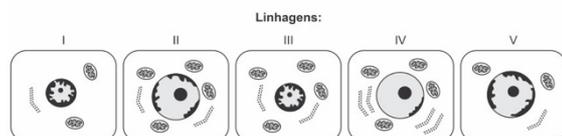
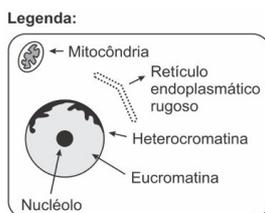
06. (UFJF 2018) Antigamente se dizia que os lisossomos faziam a digestão celular por um processo chamado autólise e que ela era consequência do rompimento das membranas lisossomais, difusão das suas enzimas digestivas para o citoplasma e posterior digestão das organelas celulares. Hoje sabemos que este mecanismo de digestão é a exceção e não a regra, porque

- a) é impossível as membranas dos lisossomos se romperem.
 b) antes de romperem, os lisossomos fazem a sua própria autofagia.
 c) o pH por volta de 7,2 do citoplasma inativa as enzimas lisossomais.
 d) as enzimas lisossomais não se difundem quando ocorre o rompimento de membranas.
 e) as bombas de prótons das membranas lisossomais são ativadas quando ocorre o rompimento.

07. (IFPE 2018) Na doença de Alzheimer, as alterações na proteína "tau" levam à desintegração dos "microtúbulos" existentes nas células do cérebro, destruindo o sistema de transporte dos neurônios, ou seja, inicialmente provoca disfunções na comunicação bioquímica entre os neurônios e, numa fase posterior, a morte destas células. Na divisão celular os "microtúbulos" são responsáveis

- a) pela organização do fuso mitótico.
 b) pela contração muscular.
 c) pela atividade de endocitose.
 d) pela atividade de exocitose.
 e) pelo estrangulamento da célula na citocinese.

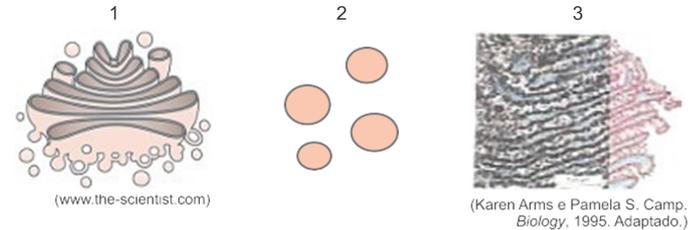
08. (ENEM 2018) O nível metabólico de uma célula pode ser determinado pela taxa de síntese de RNAs e proteínas, processos dependentes de energia. Essa diferença na taxa de síntese de biomoléculas é refletida na abundância e características morfológicas dos componentes celulares. Em uma empresa de produção de hormônios proteicos a partir do cultivo de células animais, um pesquisador deseja selecionar uma linhagem com o metabolismo de síntese mais elevado, dentre as cinco esquematizadas na figura.



Qual linhagem deve ser escolhida pelo pesquisador?

- a) I b) II c) III d) IV e) V

09. (FAMERP 2017) As imagens representam três organelas encontradas numa célula secretora de enzimas.



Considerando que a referida célula elimine enzimas digestivas, a sequência correta, do local de síntese até a saída de tais enzimas dessa célula, é:

- a) 1 → 2 → 3.
 b) 1 → 3 → 2.
 c) 2 → 1 → 3.
 d) 3 → 1 → 2.
 e) 2 → 3 → 1.

10. (USF 2017) A asparagina é um aminoácido não essencial produzido pelas células do organismo. Algumas células cancerígenas não conseguem sintetizar esse aminoácido mas precisam dele para o seu metabolismo. Caso a célula utilizasse asparagina para produzir um polipeptídeo de ação extracelular e desejássemos saber o trajeto da asparagina desde sua entrada na célula até sua saída, poderíamos marcá-la radioativamente. Nesse caso, ela seria detectada, em sequência, nas seguintes estruturas celulares:

- a) lisossomo primário, lisossomo secundário e corpo residual.
 b) retículo endoplasmático liso, complexo golgiense e vesícula de transferência.
 c) retículo endoplasmático rugoso, complexo golgiense e grânulo de secreção.
 d) retículo endoplasmático rugoso, gliossomo e complexo golgiense.
 e) complexo golgiense, lisossomo e retículo endoplasmático rugoso.

11. (IFSP 2017) No citoplasma celular, são encontradas as organelas, imprescindíveis ao funcionamento do organismo. Desse modo, correlacione as colunas, associando as organelas com suas respectivas funções.

- Coluna 1**
- Complexo de Golgi.
 - Lisossomo.
 - Peroxisomo.
 - Ribossomo.
 - Centríolo.

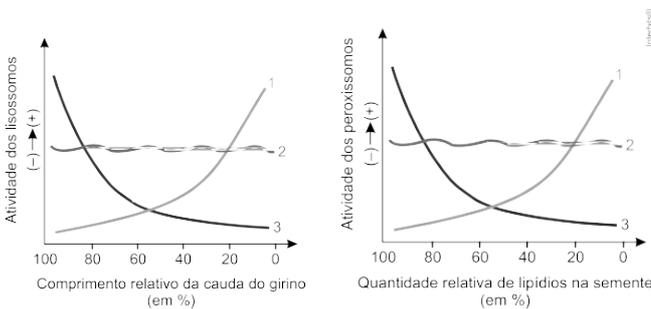
- Coluna 2**
- () Oxida álcool e decompõe peróxido de hidrogênio.
 () Síntese de proteínas.
 () Empacota e direciona compostos sintetizados no RER.

- () Vesícula com enzimas formadas pelo Complexo de Golgi.
() Forma os fusos durante as divisões celulares.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- a) 2 – 3 – 1 – 5 – 4
b) 2 – 1 – 3 – 4 – 5
c) 3 – 4 – 1 – 2 – 5
d) 1 – 3 – 2 – 4 – 5
e) 3 – 4 – 2 – 5 – 1

12. (UNESP 2017) Em cada um dos gráficos A e B, há três curvas, porém apenas uma delas, em cada gráfico, representa corretamente o fenômeno estudado.



No gráfico A, o fenômeno estudado é a atividade dos lisossomos na regressão da cauda de girinos na metamorfose. No gráfico B, o fenômeno estudado é a atividade dos peroxissomos na conversão dos lipídios em açúcares que serão consumidos durante a germinação das sementes.

A curva que representa corretamente o fenômeno descrito pelo gráfico A e a curva que representa corretamente o fenômeno descrito pelo gráfico B são, respectivamente,

- a) 1 e 1
b) 3 e 3
c) 3 e 1
d) 1 e 2
e) 2 e 2

13. (ENEM 2017) Uma das funções dos neutrófilos, um tipo de glóbulo branco, é fagocitar bactérias invasoras em nosso organismo. Em uma situação experimental, um cientista colocou em um mesmo meio neutrófilos e bactérias Gram positivas que apresentavam a parede celular fluorescente. Em seguida o cientista observou os neutrófilos ao microscópio de fluorescência e verificou a presença de fluorescência em seu interior

Em qual organela do neutrófilo foi recebida a fluorescência?

- a) Mitocôndria.
b) Peroxissomo.
c) Vacúolo digestivo.
d) Complexo golgiense.
e) Retículo endoplasmático liso.

14. (CFTRJ 2016) "Quanto mais enrugado, melhor." Por muito tempo, essa era a máxima que parecia valer quando falávamos da estrutura do cérebro. Mas um artigo publicado na revista Science por dois brasileiros parece derrubar essa teoria. O estudo mostra que as reentrâncias características da superfície do cérebro de alguns mamíferos não têm nada a ver com a quantidade de neurônios, como se cogitava - elas são, na verdade, pura física: resultam da maneira como o órgão se molda às pressões internas e externas em seu desenvolvimento e obedecem ao mesmo tipo de regra que uma folha de papel ao ser amassada..."

(<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2015/06/sobre-cerebros-papeis-e-dobraduras>).

Sabemos que nascemos com um número determinado de neurônios que são formados ainda na fase embrionária e que nunca são substituídos, porém as partes desgastadas são

substituídas a cada mês (com exceção de seus genes) por um processo denominado autofagia. A organela celular responsável por este processo é:

- a) Ribossomo.
b) Lisossomo.
c) Complexo de golgi.
d) Retículo endoplasmático rugoso.

15. (EBMSP 2016) Em 1665, o físico e biólogo Robert Hooke analisou fatias de cortiça em um microscópio composto, construído por ele, e observou compartimentos aos quais denominou células.

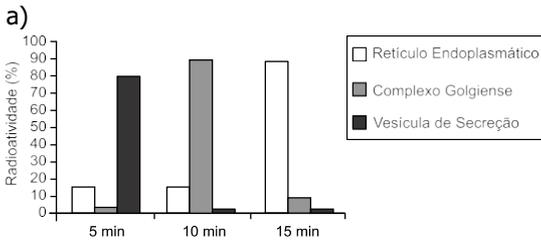
Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/livrodehisto>>. Acesso em: 15 out. 2015. Adaptado.

Com base nos conhecimentos sobre citologia, é correto afirmar:

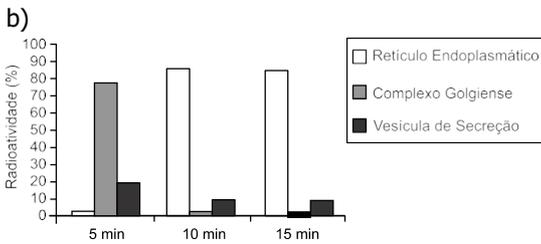
- a) O citoesqueleto, formado por um conjunto de fibras proteicas, é essencial para a adesão das bactérias com a matriz extracelular.
b) O aparelho de Golgi é fundamental para a síntese de lipídios.
c) O nucléolo é uma organela nuclear, delimitada por membrana, responsável pela formação do RNA mensageiro.
d) Em geral, as proteínas que são secretadas pelas células eucarióticas são formadas pelos ribossomos que se encontram livres no citoplasma.
e) As células de uma pessoa que consome bebida alcoólica diariamente tendem a ter o retículo endoplasmático liso mais desenvolvido do que as células de um abstêmio.

16. (ENEM 2015) Muitos estudos de síntese e endereçamento de proteínas utilizam aminoácidos marcados radioativamente para acompanhar as proteínas, desde fases iniciais de sua produção até seu destino final. Esses ensaios foram muito empregados para estudo e caracterização de células secretoras.

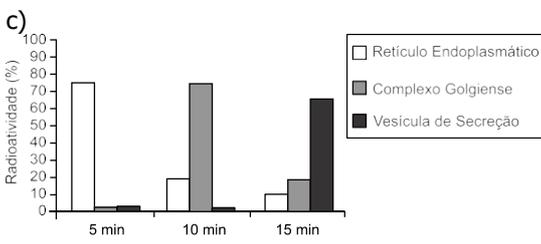
Após esses ensaios de radioatividade, qual gráfico representa a evolução temporal da produção de proteínas e sua localização em uma célula secretora?



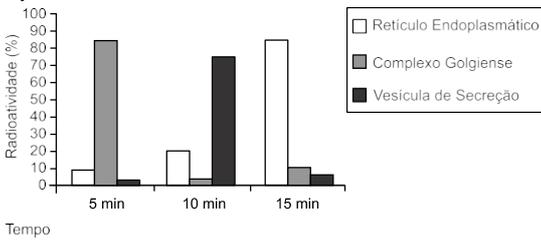
Tempo



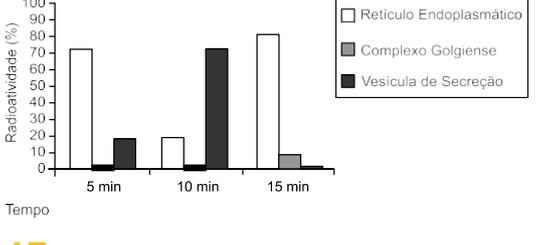
Tempo



Tempo



Tempo



Tempo

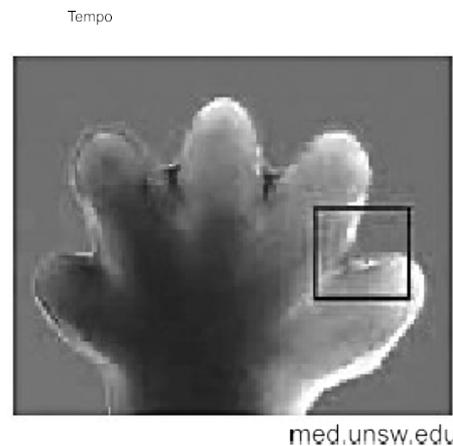
17. (FGV 2015) O pâncreas é uma glândula anfícina, ou seja, com dupla função, desempenhando um papel junto ao sistema digestório na produção de enzimas, tais como amilases e lipases, e também junto ao sistema endócrino, na produção de hormônios, tais como a insulina e o glucagon. Tendo em vista a composição bioquímica desses catalisadores pancreáticos, as organelas citoplasmáticas membranosas envolvidas diretamente na produção e no armazenamento dessas substâncias são, respectivamente, o

- a) retículo endoplasmático rugoso e o complexo golgiense.
- b) retículo endoplasmático liso e o lisossomo.
- c) ribossomo e o retículo endoplasmático rugoso.
- d) complexo golgiense e o lisossomo.
- e) lisossomo e o vacúolo digestivo.

18. (UEPA 2015) A unidade funcional e estrutural do ser vivo é a célula. Ela é caracterizada pela presença de um invólucro celular, organização estrutural complexa, e também por possuir um conjunto de organelas celulares. Sobre a palavra em destaque no enunciado acima, é correto afirmar que:

- a) os microtúbulos formam o esqueleto externo das células.
- b) nas células, a digestão de nutrientes ocorre nos lisossomos.
- c) o complexo de Golgi sintetiza lipídios da parede celular.
- d) os ribossomos representam os locais onde ocorre a síntese de lipídios.
- e) na célula animal os plastos auxiliam a síntese de proteínas.

19. (UERJ 2015) Em embriões de alguns vertebrados, conforme ilustra a imagem, pode-se observar a presença de uma membrana interdigital que não estará presente em filhotes de desenvolvimento normal por ocasião do nascimento.



A perda desse tecido ocorre a partir de determinada fase do desenvolvimento, quando as células da membrana liberam em seu citoplasma enzimas que digerem a si próprias. A principal organela participante desse processo de destruição celular é denominada:

- a) lisossomo
- b) peroxissomo
- c) complexo de Golgi
- d) retículo endoplasmático rugoso

20. (UFPR 2014) Os vertebrados possuem grupos de células bastante variados, com adaptações necessárias ao seu funcionamento. Essas adaptações refletem-se, muitas vezes, na própria estrutura celular, de modo que as células podem tornar-se especializadas em determinadas funções, como contração, transmissão de impulsos nervosos, "geração" de calor, síntese de proteínas e lipídios, secreção etc. Considere os resultados obtidos do estudo de duas células diferentes, apresentados na tabela.

Estrutura de duas células extraídas de tecidos diferentes, observadas ao microscópio.

	Célula A	Célula B
Filamentos de actina	+++	+
Microtúbulos	+	++
Reticulo endoplasmático liso	+++	++
Reticulo endoplasmático rugoso	+	+++
Mitocôndrias	+++	+++
Aparato de Golgi	+	+++
Núcleo	+++	+

+ poucos ou escassos; ++ intermediários; +++ muitos ou abundantes.

Considerando os resultados, que função poderia ser desempenhada pelas células A e B, respectivamente?

- Contração e secreção.
- Síntese de lipídios e contração.
- Geração de calor e síntese de lipídios.
- Síntese de proteínas e geração de calor.
- Transmissão de impulso nervoso e síntese de proteínas.

GABARITOS E PADRÕES DE RESPOSTAS**EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM**

- 01.
- 02.
- 03.
- 04.
- 05.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO**01. [A]**

O pesquisador deveria estudar o retículo endoplasmático rugoso das células-beta das ilhotas pancreáticas, pois essa organela é responsável, através dos ribossomos aderidos a sua membrana, pela síntese proteica, no caso, a insulina.

02. [D]

Os peroxissomos contêm enzimas oxidativas que participam da oxidação de ácidos graxos. Esse processo produz o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) que precisa ser degradado pela catalase, uma de suas principais enzimas.

03. [B]

A droga antitumoral age sobre os filamentos de actina que formam o citoesqueleto celular, porém não tem efeito sobre os microtúbulos de tubulina que formam os flagelos dos espermatozoides.

04. [E]

O retículo endoplasmático não granuloso (liso) é abundante nas células do fígado (hepatócitos) e possuem enzimas que alteram as moléculas de substâncias como o etanol e outras drogas, inativando-as e facilitando sua eliminação do corpo; o retículo também é responsável pela síntese de ácidos graxos, fosfolipídios e esteroides.

05. [A]

[A] Correta. O número 2 está indicando uma cisterna (membrana achatada) do complexo de Golgi, onde ocorre a modificação, separação e secreção de proteínas.

[B] Incorreta. O número 6 está indicando uma vesícula de secreção da face trans do complexo de Golgi, por onde as substâncias saem.

[C] Incorreta. O número 1 está indicando o retículo endoplasmático rugoso, com ribossomos aderidos às suas membranas, que atuam na produção de proteínas.

[D] Incorreta. O número 3 está indicando um lisossomo secundário, que se funde a um fagossomo ou pinossomo, atuando sobre substâncias capturadas, reduzindo-as a moléculas de menor tamanho, podendo ser reutilizadas nos processos celulares.

[E] Incorreta. O número 4 está indicando um processo de endocitose (fagocitose ou pinocitose) e o número 5 está indicando um processo de exocitose, onde as bolsas que contêm substâncias a serem eliminadas fundem-se à membrana, expelindo seu conteúdo.

06. [C]

As enzimas dos lisossomos possuem uma atividade ótima em pH baixo ou ácido, abaixo de 7,0; o interior dos lisossomos mantém um pH ácido em comparação com o citoplasma, que possui um pH alto, por volta de 7,2; (básico), para que se mantenha protegido contra eventuais ataques das enzimas lisossomais.

07. [A]

Durante os processos de divisão celular, os microtúbulos de tubulina são responsáveis pela organização do fuso mitótico.

08. [D]

O pesquisador deve escolher a linhagem IV. As células especializadas na produção de hormônios proteicos devem possuir grande quantidade de mitocôndrias, retículo endoplasmático rugoso abundante, além de nucléolo desenvolvido e eucromatina ativa.

09. [D]

A síntese de enzimas (proteínas) é feita no retículo endoplasmático rugoso (3), encaminhada para o complexo de Golgi, que receberá as enzimas para maturação (1), que serão secretadas em vesículas (2).

10. [C]

O aminoácido marcado seria detectado, primeiramente, no retículo endoplasmático rugoso onde seria incorporado ao polipeptídeo. Sequencialmente, a marcação radioativa é verificada no sistema golgiense onde ocorre a concentração e a formação das vesículas de secreção. Por fim, a radioatividade seria detectada nas vesículas secretoras.

11. [C]

[3] O peroxissomo oxida álcool e decompõe peróxido de hidrogênio em água e oxigênio.

[4] O ribossomo é responsável pela síntese de proteínas.

[1] O Complexo de Golgi empacota e encaminha os compostos sintetizados no Retículo Endoplasmático Rugoso (RER).

[2] O lisossomo é uma vesícula produzida pelo Complexo de Golgi e que possui enzimas.

[5] O centríolo forma os fusos durante as divisões celulares.

12. [A]

O aumento da atividade lisossômica causa a diminuição da cauda do girino pelo fenômeno da autólise. Da mesma forma, o aumento da atividade dos peroxissomos na conversão dos lipídios em açúcares provoca a redução dos lipídios durante a germinação das sementes.

13. [C]

A fluorescência presente na bactéria será verificada no interior do vacúolo digestivo do neutrófilo, uma vez que esse tipo de leucócito é especializado em realizar fagocitose e digestão intracelular de microrganismos patogênicos.

14. [B]

A digestão de organelas em desuso ou doentes, pelo processo de autofagia, é realizada pelas enzimas digestórias contidas nos lisossomos.

15. [E]

O citoesqueleto possui diversas funções, dentre elas, organização, movimentação e manutenção celular. O aparelho de Golgi atua no armazenamento, empacotamento e distribuição de substâncias na célula. O nucléolo é responsável pela produção de ribossomos. A maioria das proteínas é sintetizada por ribossomos aderidos ao retículo endoplasmático rugoso e, posteriormente, empacotadas em vesículas de secreção no aparelho de Golgi. O retículo endoplasmático liso aumenta nas células, principalmente do fígado, de pessoas que consomem bebidas alcoólicas diariamente, pois atua na degradação de substâncias tóxicas em produtos menos nocivos, no caso o etanol ingerido.

16. [C]

Os aminoácidos marcados radioativamente serão localizados aos 5 minutos no retículo endoplasmático rugoso onde serão incorporados em proteínas. As proteínas serão transportadas e processadas no sistema golgiense (10 minutos) e, posteriormente, concentradas e embaladas em vesículas de secreção (15 minutos).

17. [A] As organelas membranosas envolvidas na síntese e armazenamento das enzimas do suco pancreático são, respectivamente, o retículo endoplasmático rugoso (granuloso) e o complexo golgiense.

18. [B]

Os lisossomos são organelas citoplasmáticas responsáveis pela digestão intracelular.

19. [A]

As enzimas lisossômicas causam a morte celular programada (autólise), contribuindo decisivamente na formação dos contornos corretos dos dedos das patas da maioria dos vertebrados tetrápodes.

20. [A]

As células A e B podem estar diferenciadas para realizar as seguintes funções, respectivamente: contração e secreção. A célula A pode ser um miócito estriado esquelético, por apresentar abundância em filamentos de actina, REL desenvolvido, abundância em mitocôndrias e ser multinucleada. A célula B pode ser uma célula secretora de uma glândula exócrina, ou endócrina, por ser rica em RER, aparato de Golgi (sistema golgiense e mitocôndrias).