**Plano de Aula**

**Área do Conhecimento:** Microbiologia

**Tema:** Morfologia e Ultra Estrutura de Bactérias

**Conhecimento prévio:** Biologia Celular

**Tempo previsto:** 2 horas

**Introdução**

 Existe uma grande diversidade de microrganismos bacterianos, eubactérias e arqueobactérias, embora todos apresentem o padrão celular procariótico. Morfologicamente, tais microrganismos podem ser bastante semelhantes, exigindo uma análise mais aprofundada de suas características ultra-estruturais, o que permitirá a observação de diferenças e o reconhecimento de distintos grupos bacterianos. Apresenta-se a seguir os objetivos bem como o conteúdo a ser abordado com um breve resumo. Ao final contempla-se a forma de avaliação.

**Objetivos**

1. Apresentar e discutir os principais aspectos morfológicos e ultra-estruturais dos microrganismos bacterianos.

2. Relacionar estrutura-função para os diferentes aspectos celulares.

3. Destacar as principais diferenças em termos estruturais entre Eubactérias e Arqueobactérias.

**Conteúdo**

**1. Forma e tamanho celular e a importância de ser pequeno.** Pretende-se discutir o reflexo do tamanho das células bacterianas em suas atividade metabólicas, destacando-se o cálculo da relação S/V (superfície/volume) tomando-se uma célula cocoide como exemplo, onde S=πr2 e V= 4/3.πr3. Desta forma, tal relação está diretamente relacionada a troca de nutrientes d por unidade de volume celular, afetando assim a eficiência metabólica do microrganismo.

**2. Diversidade morfológica de bactérias.** Serão apresentados os diferentes padrões morfológicos (forma) das células bacterianas tais como células esféricas (cocos), na forma de bastões (bacilos), espiraladas (espiroquetas), na forma de vírgulas (vibrios), bem como suas variações. Outro aspecto importante a ser abordado diz respeito aos arranjos como por exemplo os diplococos (duas células esféricas), diplobacilos (duas células na forma de bastão), streptococos (células esféricas organizadas em forma de colar de contas), tétrades (quatro células esféricas), sarcinas (oito células esféricas), estafilococos (células esféricas organizadas em forma de “cacho de uvas”). Formas celulares incomuns podem também ser encontradas como células estreladas e retangulares.

**3. Ultra estrutura de bactérias**

**3.1 Membrana plasmática e transporte.** As membranas plasmáticas, além de delimitarem o espaço intracelular, separando-o do meio extracelular, atua como uma importante barreira seletiva aos transporte de substâncias entre o interior e o exterior da célula. Estruturalmente está constituída por lipídeos e proteínas (integrais e periféricas). Contudo diferenças entre eubactérias e arqueobactérias podem ser observadas. Em arqueobactérias ocorre a ligação éter entre o glicerol e as cadeias laterais hidrofóbicas e não há presença de ácidos graxos, mas sim unidades repetidas de isopreno, um hidrocarboneto de 5 carbonos. Além disso, organização da membrana em monocamada ocorre em várias espécies de arqueobactérias, tendo o diacilglicerol tetra éter como unidade básica, enquanto que em eubactérias apenas bicamadas são observadas. No que diz respeito ao transporte de substâncias, este pode ocorrer de diferentes modos, destacando-se três modos básicos: o transporte simples através de proteínas carreadoras, o transporte via translocação de grupo como observado para o sistema fostransferase pelo qual a glicose é fosforilada a glicose-6-fosfato durante sua captação e o sistema d etranporte ABC (ATP binding cassete), no qual observa-se presença de uma proteína ligadora de substrato (a ser transportado), uma proteína transportadora e uma proteína com atividade ATPasica (hidrólise de ATP). Canais iônicos estão também presentes.

**3.2 Parede celular.** Será discutida a composição e estrutura da parede celular de eubactérias, com destaque para as diferenças entre bactérias gram-positivas e negativas, assim como estrutura da parede celular das bactérias álcool ácido resistentes. Características específicas da parede celular de arqueobactérias serão também apresentadas. De forma geral, a parede celular bacteriana apresenta basicamente o peptídeoglicano, o qual é constituído por unidades de ácido N-acetil glicosamina (NAG) e ácido N-acetil murâmico (NAM). Em gram-positivas o peptídeoglicano é espesso ao passo que nas gram negativas é reduzido. A ligação entre as diferentes camadas de peptideoglicano é feita através de tetrapeptideos, os quais também estão interconectados através de pontes intrapeptídeos. Nas gram-negativas observa-se também a presença de uma membrana externa (LPS), encontrando-se o lipídeo A, no qual está ligado um polissacarídeo cerne e neste o polissacarídeo O-específico, este último constituído principalmente por hexoses. Entre a membrana externa e a membrana plasmática encontra-se o periplasma, contendo proteínas diversas, tais como quimiorreceptoras e hidrolases, entre outras. Quando considerada as arqueobactérias, ocorre a presença de pseudomureína onde as unidades repetitivas são o ácido N-acetil glicosamina e o ácido N-acetil talosaminurônico, ligados através de ligações β-1,3. Além da pseudomureína, algumas espécies possuem a camada S (proteínas e glicoproteínas). Já na parede das bactérias ácool ácido resistentes encontra-se o ácido micólico além do peptídeoglicano.

**3.3 Estrutura de fímbrias e pilli.** Fímbrias e pilli são estruturas filamentosas constituídas por proteínas, sendo as primeiras importantes nos processos de adesão das células bacterianas em superfícies e a segunda, mais longas, associadas a recombinação do material genético entre uma célula doadora e uma receptora (pillus sexual).

**3.4 Inclusões celulares e vesículas de gás.** Será abordada a importância e a estruturas de diferentes inclusões celulares tais como polímeros de armazenamento de carbono (ácido poli-β-hidroxibutírico – PHB; poli-β-hidroxialcanoato – PHA, considerando a variação de C4 até C18 para estes polímeros), polifosfatos e enxofre, e magnetossomos, constituídos de magnetita (Fe3O4), permitindo que as células que os contenham respondam a campos elétricos. As vesículas de gás conferem a capacidade de flutuabilidade às células microbianas que vivem em ambientes aquáticos, como as cianobactérias. Tais vesículas são estruturalmente constituídas por duas proteínas, a GvpA (97%) e a GvpC (reforçando a estrutura de GvpA).

**3.5 Flagelos e filamentos axiais.** Os flagelos são importantes estruturas associadas a motilidade de diferentes espécies bacterianas. De forma geral, além do filamento flagelar propriamente dito, constituído por unidades proteicas de flagelina (uma única em eubactérias e diferentes flagelinas para arqueobactérias), observa-se a presença do gancho, conectando o filamento flagelar na célula. Ocorrem ainda a presença dos anéis L (membrana externa), P (peptideoglicano), MS (membrana plasmática) e C (citoplasma) em bactérias gram negativas. Em gram positivas apenas os anéis MS e C. Juntos doas anéis MS e C encontram-se as proteínas Mot (através da qual ocorre o transporte de H+) e Fli, responsável pela reversão do movimento do flagelo mediante a determinados estímulos, os quais desencadeiam uma cascata de sinalização intracelular que culmina com a rotação do flagelo. A rotação do flagelo pode ocorrer no sentido horário ou anti-horário, determina-se assim a direção do movimento do microrganismo. Além disso, a inserção e presença dos falagelos varia de uma espécie para outra, sendo observados os padrões lofotríquio, anfitríquio e periqtríquio. Os flagelos estão ausentes várias espécies (atríquias). Os filamentos axiais, também chamados de endoflagelos, conferem torções características às células espiraladas, permitindo um movimento em forma de saca-rolhas, como observado para diferentes espécies patogênicas.

**3.6 Material genético.** Será apresentado a organização estrutural do DNA das células bacterianas, destacando-se a importância do DNA cromossomal e do DNA plasmidial. Detalhes a respeito do material genético deverão ser abordados em aula própria de genética de microrganismos.

**3.7 Risossomos.** Será discutida a estrutura do ribossomo bacteriano, constituído pela subunidade maior 50S e a menor 30S, ambas contendo RNA ribossomal e proteínas.

**3.8 Capsulas e camadas limosas.** Será dado destaque a importância e função das capsulas e camadas limosas para as espécies que as possuem. As capsulas estão mais fortemente aderidas a parede celular, enquanto que as camadas limosas interagem mais fracamente com as paredes celulares. Contudo ambas podem ser formadas por polissacarídeos e proteínas, conferindo proteção a célula.

**4. Endósporos.** Algumas espécies bacterinas são capazes de formar esporos, conhecidos como endóporos, sob condições adversas. Trata-se de uma forma de resistência. Os estão estruturalmente organizados em quatro partes, a saber: exosporium (mais externo), capa proteica, córtex e cerne. No cerne encontra-se o material genético e outras estruturas celulares embebidos em um material viscoso. Tal viscosidade deve-se a intensa desidratação durante a formação do endósporo. Além disso, encontra-se o ácido dipicolínico associado ao cálcio, formando o dipicolinato de cálcio, importante para conferir resistência ao endósporo. Pequena proteínas ácidas (PPAs) estão associadas ao DNA contido no cerne, conferindo proteção ao material genético. Em condições adequadas e favoráveis o esporo poderá germinar originando uma nova célula vegetativa.

Célula vegetativa Endósporo Célula Vegetativa

**Desenvolvimento**

 Inicialmente será verificado o conhecimento prévio dos alunos com relação a organização celular e características gerais dos organismos vivos através de questionamentos dirigidos. Desta forma é possível relembrar conceitos básicos de biologia celular que facilitarão a compreensão do tema a ser abordado. Tempo previsto para esta parte: 10-15 minutos.

 Em seguida, serão projetadas figuras de diferentes tipos celulares encontrados para bactérias, destacando-se diferenças de tamanho e morfologia entre as mesmas. Este será o ponto de início para apresentação dos tópicos enumerado e resumidos anteriormente. Tempo previsto para esta parte: 5 minutos.

A aula ocorrerá de modo expositivo-interativo, com questionamentos sendo direcionados aos alunos. Questionamentos estes que deverão contextualizar os aspectos discutidos ações práticas como, por exemplo, associação com metabolismo microbiano, identificação de microrganismos bacterianos, ecologia microbiana, interação patógeno-hospedeiro, entre outros, uma vez que morfologia e ultra-estrutura não devem ser desvinculadas adas atividades microbianas. Tempo previsto para esta parte: 70 minutos.

 Como última etapa, os alunos serão orientados a elaborar um mapa de conceitos referentes ao tema abordado. Mapas de conceito são importantes para integrar os diferentes conhecimentos e dar uma visão ampla de modo contextualizado. Além disso, permite a fundamentação e absorção dos conceitos apresentados e discutidos. Para esta fase, os alunos serão organizados em grupos, permitindo assim discussão e reflexão sobre o tema. Tempo previsto para esta parte: 30 minutos.

**Materiais necessários:** Multimídia (computador e projetor) e modelos de mapas de conceito.

**Avaliação e Resultado Esperado**

 A avaliação será realizada através da participação efetiva dos alunos na discussão a respeito de cada tópico abordado. Ao final da aula, será buscada a percepção final dos alunos com relação a integração do conhecimento adquirido em um contexto mais amplo da Microbiologia, com interpolação dos fenômenos observados no dia a dia e com o avanço do conhecimento. Espera-se que os alunos desenvolvam habilidades no estudo dos microrganismos e estejam aptos a reconhecer os diferentes padrões morfológicos bacterianos e as diferenças que permitem a separação dos diferentes grupos, destacando-se a importância de cada um deles em termos básicos e aplicados.

**Referências Bibliográficas**

Madigan M.T. et al. Microbiologia de Brock. 12ª Edição, ArtMed, Porto Alegre, 2010.

Tortora G.J. et al. Microbiologia. 10ª Edição, ArtMed, Porto Alegre, 2012.

Black G.B. Microbiologia – Fundamentos e Perspectivas. 4ª Edição, Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 2002.

Campbell et al. Biologia. 8ª Edição, ArtMed, Porto Alegre, 2010.