

MORFOLOGIA E CITOLOGIA BACTERIANA

META

Introduzir alguns conceitos sobre morfologia incluídos tamanho, forma e arranjos das bactérias, e conceitos sobre citologia bacteriana como os componentes internos e externos que fazem parte da estrutura da célula.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá definir, descrever e interpretar os principais aspectos associados morfologia bacteriana, através do estudo da forma fundamental das bactérias, suas variações e dimensões; definir, descrever, identificar e classificar os principais aspectos da citologia bacteriana, através do estudo da forma fundamental das bactérias, suas variações e funções.

PRÉ-REQUISITOS

Para acompanhar esta aula, o aluno deverá rever conceitos de biologia estudados no ensino médio.



Bactéria *Escherichia coli*.
(Fonte: <http://imprensamarela.files.wordpress.com>)

INTRODUÇÃO

As células bacterianas são caracterizadas morfológicamente pelo seu tamanho, forma e arranjo. Quanto ao tamanho elas variam de 0,3 por 0,8 μm até 10 por 25 μm . As espécies de maior interesse médico medem entre 0,5 a 1,0 μm por 2 a 5 μm .

Quanto a sua forma e arranjo podem ter forma de cocos (esféricas) ou bastonetes (Figura 1).

Cocos: grupo mais homogêneo em relação a tamanho sendo células menores (0,8-1,0 μm) de forma esférica. Os cocos tomam denominações diferentes de acordo com o seu arranjo: diplococos (cocos agrupados aos pares. Ex: *Neisseria meningitidis*), tétrades (agrupamentos de quatro cocos), sarcina (agrupamentos de oito cocos em forma cúbica. Ex: *Sarcina*), estreptococos (cocos agrupados em cadeias. Ex: *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus pneumoniae* (pneumococo) e *Streptococcus mutans*), estafilococos (cocos em grupos irregulares, lembrando cachos de uva. Ex: *Staphylococcus aureus*), micrococos (cocos que se separam completamente após a divisão celular).

Bastonete: são células cilíndricas, em forma de bastonetes que apresentam grande variação na forma e tamanho entre gêneros e espécies. Dentro da mesma espécie os bastonetes são relativamente constantes sob condições normais de crescimento, podendo variar em tamanho e espessura (longos e delgados, pequenos e grossos, extremidade reta, convexa ou arredondada). Quanto ao arranjo podem variar em: diplobacilo (bastonetes agrupados aos pares), estreptobacilos (bastonetes agrupados em cadeias), paliçada (bastonetes alinhados lado a lado como palitos de fósforo. Ex: bacilo da difteria), tricomas (similares a cadeias de bastonetes, mas com uma área de contato muito maior entre as células adjacentes. Ex: espécies *Beggiatoa* e *Saprospira*).

Formas helicoidais ou espiraladas: constituem o terceiro grupo morfológico sendo caracterizada por células de forma espiral que se dividem em: espirilos (possuem corpo rígido e se movem às custas de flagelos externos, dando uma ou mais voltas espirais em torno do próprio eixo. Ex: *Aquaspirillum*), espiroquetas (são flexíveis e locomovem-se provavelmente às custas de contrações do citoplasma, podendo dar várias voltas completas em torno do próprio eixo. Ex: *Treponema pallidum* (sífilis), *Leptospira*).

Além desses três tipos morfológicos, existem algumas formas de transição. Quando os bacilos são muito curtos, podem se assemelhar aos cocos, sendo então chamados de cocobacilos (Ex: *Brucella*). Quando as formas espiraladas são muito curtas, assumindo a forma de vírgula, eles são chamados de vibrião (Ex: *Vibrio cholerae*).

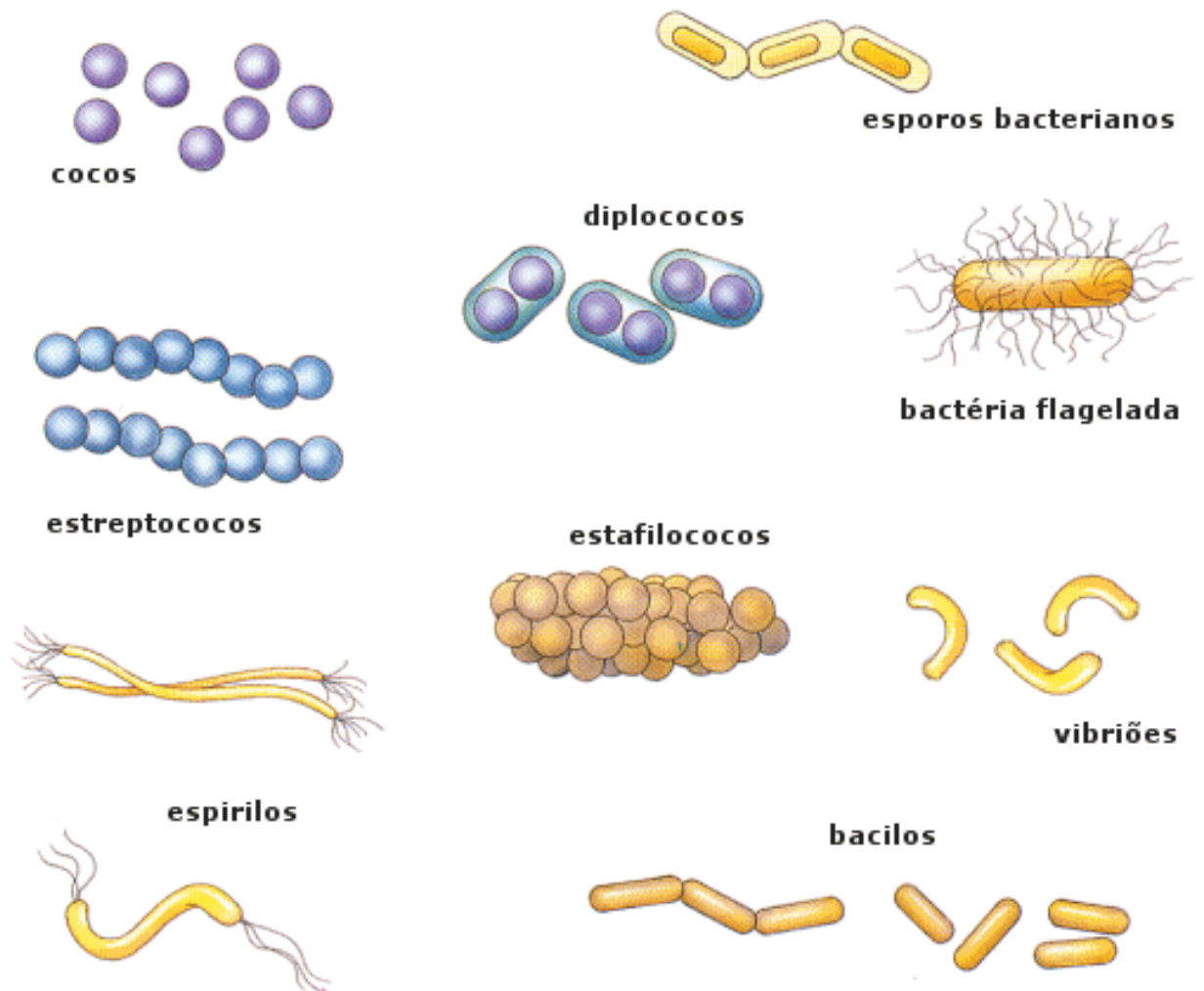


Figura 1

CITOLOGIA BACTERIANA

O tamanho, a forma e o arranjo das bactérias constituem sua morfologia grosseira, sua aparência externa; a observação interna das estruturas celulares dá-nos uma idéia de como a bactéria funciona no ambiente. Na figura 2 estão representadas esquematicamente diversas estruturas bacterianas que serão comentadas a seguir:

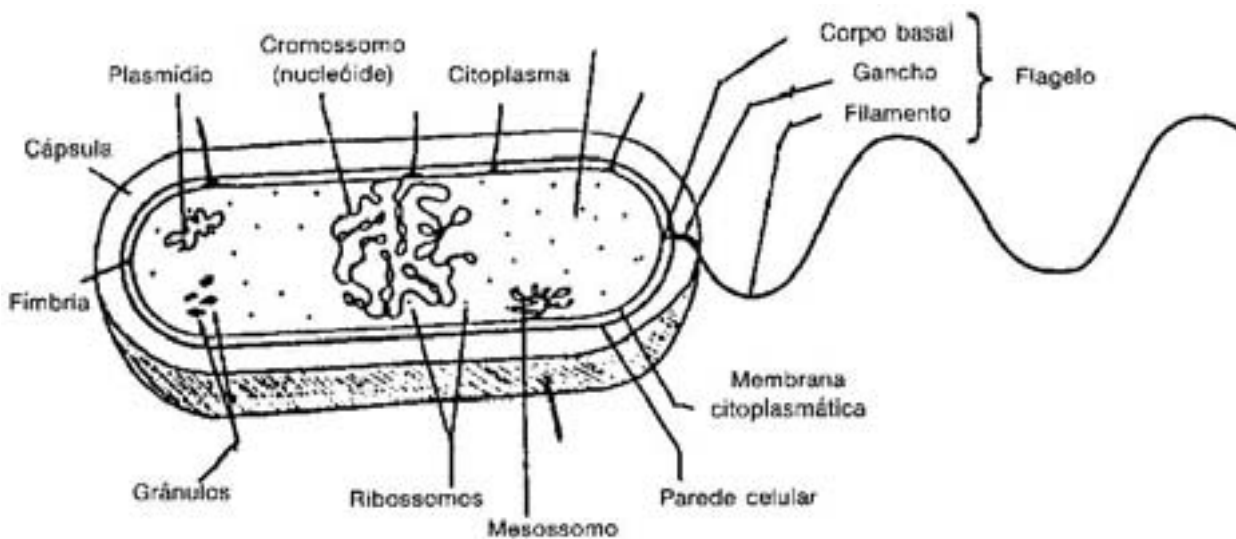


Figura 2

FLAGELOS

Flagelos são organelas especiais de locomoção, constituídas por uma estrutura protéica denominada flagelina, formando longos filamentos delgados e ondulados de 3-12 μ m que partem do corpo da bactéria e se estendem externamente à parede celular. Um flagelo tem três partes: o corpo basal (estrutura composta por vários anéis que ancora o flagelo à membrana citoplasmática), uma estrutura curta em forma de gancho e um longo filamento helicoidal. O flagelo propulsiona a bactéria através do líquido podendo chegar a 100 μ m por segundo (o equivalente a 3000 vezes o seu comprimento por minuto). O método exato do movimento é desconhecido (contração das cadeias protéicas - movimento ondulatório; movimento rotatório a partir da extremidade fixa - gancho) e aparentemente a energia vem da degradação de ligações energéticas de fosfato. Em geral a motilidade ocorre ao acaso embora as vezes esteja relacionado com quimiotaxia.

As bactérias recebem denominações especiais de acordo com a distribuição dos flagelos: atríquias (sem flagelo); monotríquias (um flagelo em uma das extremidades); anfitríquias (um flagelo em cada extremidade); lofoتریquias (tufo de flagelos em uma ou ambas as extremidades); e peritríquias (cercadas de flagelos).

FÍMBRIAS

As fimbrias ou "pili" são organelas filamentosas mais curtas e delicadas que os flagelos, constituídas por uma proteína chamada pilina e presentes em muitas bactérias (especialmente Gram negativas). Elas originam-se de corpúsculos basais na membrana citoplasmática e sua função parece estar

relacionada com a troca de material genético durante a conjugação bacteriana (fímbria sexual), e também com a aderência às superfícies mucosas. As fímbrias podem ser removidas sem comprometimento da viabilidade celular e regeneram rapidamente.

CÁPSULA

Muitas bactérias apresentam, externamente à parede celular, uma camada viscosa denominada cápsula que constitui uma forma de proteção da bactéria contra as condições externas desfavoráveis. Tal formação pode ser evidenciada com a ajuda de métodos especiais de coloração (nanquim). Geralmente as cápsulas são de natureza polissacarídea (homopolissacarídeas, composta por um único tipo de açúcar ou heteropolissacarídeas, composta por diferentes açúcares), embora também possam ser constituídas por polipeptídeos. A cápsula está relacionada com a virulência da bactéria pois confere resistência à fagocitose, de modo que, em uma mesma espécie, as amostras capsuladas são mais virulentas que as não capsuladas. Nas bactérias desprovidas de cápsula ocorre a formação de um envoltório viscoso delgado chamado de camada limosa (“slime layer”) ou por um material limoso mal delimitado (“loose slime”).

PAREDE CELULAR

A parede celular bacteriana é uma estrutura rígida que recobre a membrana citoplasmática e confere forma às bactérias. Ela é constituída por ácido diaminopimérico (DPA), ácido murâmico e ácido teicóico além de aminoácidos, carboidratos e lipídeos. Todos esses compostos estão reunidos para formar substâncias poliméricas complexas que por sua vez estruturam a parede celular. Uma macromolécula complexa denominada peptidoglicana (também chamada de mucopeptídeo ou mureína) forma a estrutura rígida da parede. Além disso, a parede celular protege a célula, mantém a pressão osmótica intrabacteriana, impedindo o rompimento da célula devido à entrada de água, e funciona como suporte de antígenos somáticos bacterianos.

A divisão das bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, de acordo com sua resposta à coloração de Gram é decorrente das diferenças na composição e estrutura da parede celular.

Gram Positivas: possuem uma quantidade maior de peptidoglicano em sua parede celular, o que torna a parede dessas bactérias mais espessa e rígida do que a das bactérias Gram negativas. Composta de proteínas, lipídeos, peptidoglicano e ácidos teicóicos (cadeias de polifosfato com resíduos de ribitol e glicerol), essas bactérias são sensíveis à lisozima e sua parede constitui o local de ação de alguns antibióticos além de apresentar elementos básicos para identificação sorológica.

Gram Negativas: a parede celular dessas bactérias é menos espessa e elas são mais complexas do que as Gram positivas por apresentarem uma membrana externa cobrindo a fina camada de peptídeoglicano. A membrana externa é o que distingue as bactérias Gram negativas, servindo como uma barreira seletiva para a entrada e saída de algumas substâncias da célula e podendo ainda causar efeitos tóxicos sérios em animais infectados. A estrutura da membrana externa é composta por fosfolipídios, lipoproteínas e lipopolissacarídeos (LPSs). Os lipopolissacarídeos estão localizados exclusivamente na camada externa da membrana, enquanto que os fosfolipídios estão presentes quase completamente na camada interna. Os LPSs são compostos por três segmentos ligados covalentemente: (1) lipídeo A, firmemente embebido na membrana; (2) cerne do polissacarídeo, localizado na superfície da membrana; e (3) antígenos O, que são polissacarídeos que se estendem como pêlos a partir da superfície da membrana em direção ao meio circundante. A porção lipídica do LPSs é também conhecida como endotoxina e pode atuar como um veneno, causando febre, diarreia, destruição das células vermelhas do sangue e um choque potencialmente fatal.

MEMBRANA CITOPLASMÁTICA

A membrana citoplasmática tem espessura de aproximadamente 10 nm e separa a parede celular do citoplasma. É constituída principalmente de lipídeos e proteínas, desempenhando importante papel na permeabilidade seletiva da célula (funciona como uma barreira osmótica). Ela difere da membrana citoplasmática das células eucarióticas por não apresentar esteróides em sua composição; ser sede de numerosas enzimas do metabolismo respiratório (mesmas funções das cristas mitocondriais) e por controlar a divisão bacteriana através dos mesossomos.

MESOSSOMOS

Os mesossomos são invaginações da membrana citoplasmática que podem ser simples dobras ou estruturas tubulares ou vesiculares. Eles podem colocar-se próximos à membrana citoplasmática ou afundar-se no citoplasma. Os mesossomos profundos e centrais parecem estar ligados ao material nuclear da célula estando envolvidos na replicação de DNA e na divisão celular. Os mesossomos periféricos penetram muito pouco no citoplasma, não são restritos à localização central da bactéria e não estão associados com o material nuclear. Parecem estar envolvidos na secreção de certas enzimas a partir da célula, tais como as penicilinas que destroem a penicilina. Alguns autores associam ainda aos mesossomos o valor funcional das mitocôndrias, atribuindo à eles papel na respiração bacteriana.

ESTRUTURAS CELULARES INTERNAS

Citoplasma: em qualquer célula, o citoplasma tem em torno de 80% de água, ácido nucléicos, proteínas, carboidratos, lipídeos, íons inorgânicos, compostos de baixo peso molecular e partículas com várias funções. Esse fluido denso é o sítio de muitas reações químicas.

Ribossomos: estão presentes em grande número nas células bacterianas conferindo ao citoplasma aparência granular quando observado ao microscópio eletrônico. O conjunto de diversos ribossomos, que durante a síntese protéica está ligado a uma molécula de RNAm recebe o nome de polissomo.

Grânulos de reserva: embora as células procarióticas não apresentem vacúolos, podem acumular substâncias sob a forma de grânulos de reserva, constituídos de polímeros insolúveis. São comuns polímeros de glicose, fosfato inorgânico e lipídeos.

Nucleóide: as bactérias apresentam um cromossomo circular constituído por uma única molécula de DNA não delimitado por membrana nuclear. O cromossomo bacteriano contém todas as informações necessárias à sobrevivência da célula e é capaz de auto-duplicação.

Plasmídeo: algumas bactérias possuem moléculas menores de DNA, também circulares, cujos genes não codificam características essenciais, porém muitas vezes conferem vantagens seletivas à bactéria que as possui. Essas moléculas chamadas plasmídeos são capazes de auto-duplicação independente da replicação do cromossomo, e podem existir em número variável no citoplasma bacteriano.

ESPOROS

Os esporos que se formam dentro da célula, chamados endósporos, são exclusivos das bactérias (principalmente as pertencentes ao gênero *Bacillus* e *Clostridium*). Eles possuem parede celular espessa, são altamente refráteis (brilham muito com a luz do microscópio) e altamente resistentes a agentes físicos (dessecação e aquecimento) e químicos (antissépticos) adversos devido a sua parede ou capa impermeável composta de ácido dipicolínico.

As fases do processo de formação do esporo estão resumidas na Figura 3. Os esporos surgem quando a célula bacteriana não se encontra em um meio ideal para o seu desenvolvimento. A bactéria produtora pode crescer e multiplicar-se por muitas gerações como células vegetativas. Em alguma etapa do desenvolvimento, em ambiente com exaustão de fontes de carbono e nitrogênio ou completa falta de nutrição, ocorre no interior do citoplasma vegetativo a síntese do esporo (sua formação leva por volta de 6 horas). Ela é iniciada pela condensação de uma nucleoproteína no

citoplasma que migra para a extremidade a célula enquanto esta e o citoplasma são envolvidos por uma membrana dupla derivada da membrana citoplasmática. O tegumento é formado na membrana dupla e o citoplasma sofre condensação para completar a formação do cerne. Os esporos têm pouca atividade metabólica, podendo permanecer latente por longos períodos, representando uma forma de sobrevivência e não de reprodução.

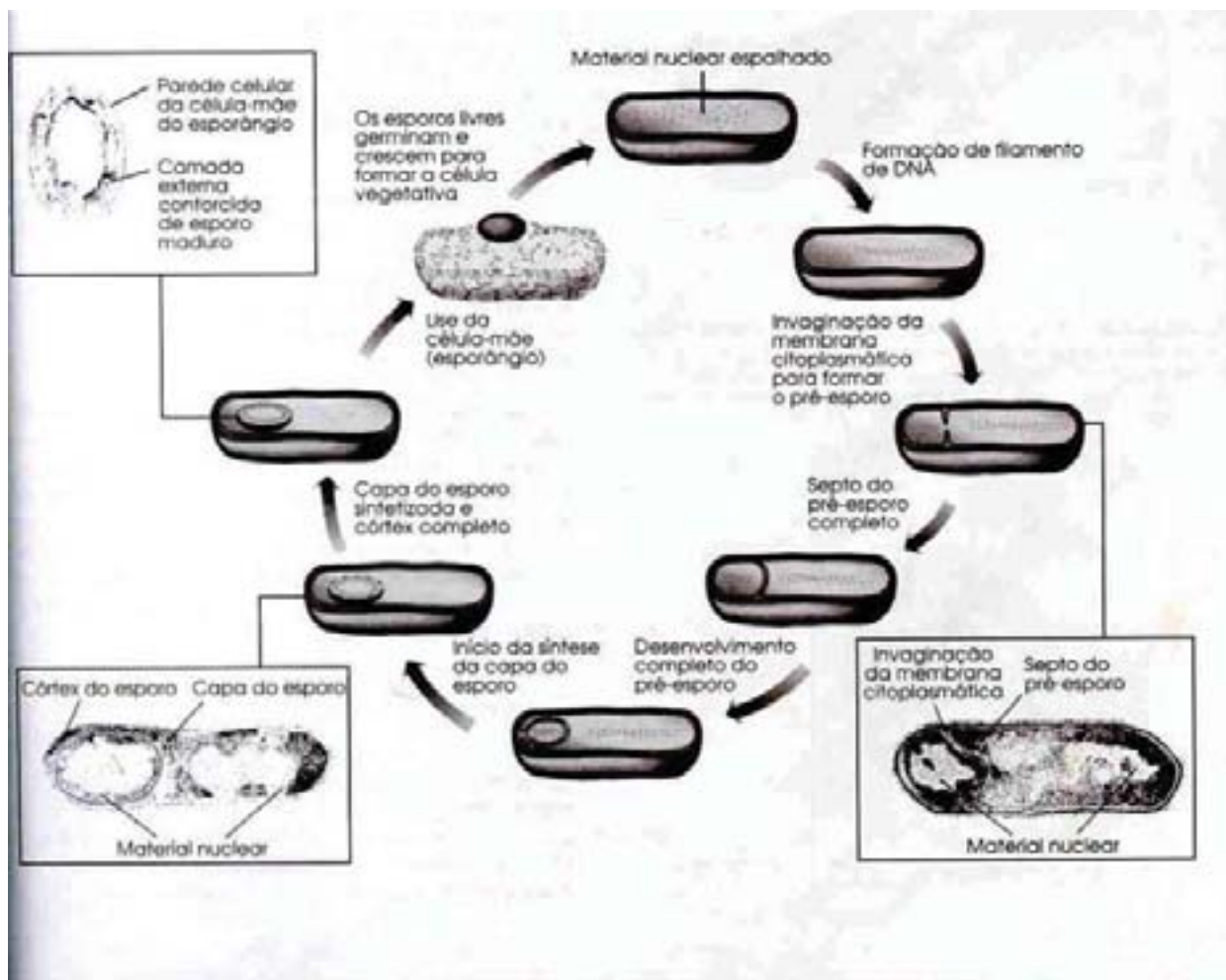


Figura 3

CONCLUSÃO

Várias espécies de bactérias são parasitas, provocando doenças em outros seres vivos — inclusive o homem. Mas há também bactérias úteis, como as que vivem no intestino humano e fabricam vitamina K e vitaminas do complexo B, as que digerem a celulose no tubo digestivo dos ruminantes e as que são utilizadas na produção de iogurtes e queijos. Não podemos esquecer também que as bactérias são fundamentais para a reciclagem da matéria na natureza, pois, juntamente com os fungos, respondem pela decomposição dos resíduos orgânicos e dos cadáveres. O conhecimento da morfologia e da citologia bacteriana é importante para podermos classificá-los e para entendermos como esses microrganismos se adaptam e sobrevivem aos mais adversos ambientes.



RESUMO

As bactérias constituem os menores organismos do planeta (se não considerarmos os vírus): a maioria mede entre 0,5 e 1 µm, cerca de dez vezes menores que as células eucariotas. De acordo com a sua forma, as bactérias podem ser esféricas (cocos), em bastonete reto (bacilos), em bastonete curvo (vibriões) ou em hélice (espirilos — com célula rígida — e espiroquetas — com célula flexível). Em algumas bactérias, várias células se unem umas às outras, formando colônias (uma associação formada pela união anatômica de seres da mesma espécie) típicas de cada espécie.

Praticamente todas as bactérias possuem um envoltório rígido, a parede celular, envolvendo a membrana plasmática (uma exceção é a bactéria conhecida como micoplasma, causadora de uma forma de pneumonia no homem). A parede celular constitui-se de uma rede de peptídios (pequenas cadeias de quatro aminoácidos) ligados a polissacarídeos (glicídios formados da união de muitos açúcares simples ou monossacarídeos). A substância que resulta da união dos peptídios com os polissacarídeos é chamada de peptidoglicano. Em algumas bactérias a parede celular possui ainda uma camada de lipídios unidos a polissacarídeos, formando lipopolissacarídeo.

Certas espécies de bactérias possuem ao redor da parede celular uma cápsula, de consistência viscosa, formada por proteínas e polissacarídeos. Além de conferir uma proteção extra à bactéria contra a penetração de vírus e contra o ataque de glóbulos brancos, a cápsula facilita a adesão da bactéria em vários tipos de superfície — inclusive nos dentes, no caso das bactérias que provocam a cárie.

Abaixo da parede bacteriana, encontramos a membrana plasmática, que pode formar invaginações ou dobras chamadas mesossomos. São estruturas ricas em enzimas respiratórias e importantes no período de divisão celular da bactéria, guiando o material genético para os pólos da célula.

No citoplasma das bactérias, encontramos apenas o DNA (ácido desoxirribonucléico), ribossomos e grãos de glicogênio (reserva de alimento), faltando os outros organóides que são típicos das células eucariotas. O DNA tem forma circular, não estando ligado a proteínas, como ocorre nos eucariontes. A região onde se localiza o DNA é chamada nucleóide.

Não há membrana nuclear separando o material genético do citoplasma, ou seja, não há um núcleo individualizado. Além do DNA principal, pode haver uma ou mais moléculas menores de DNA, os plasmídios. Alguns plasmídios podem conter genes que dão à bactéria resistência a antibióticos; outros podem ser injetados em bactérias competidoras, fazendo com que sintetizem uma substância tóxica que determina sua morte.

Muitas bactérias possuem filamentos longos usados para locomoção — os flagelos. Estes são formados por apenas uma fibrila que serve de eixo — e não por nove grupos de fibrilas periféricas e duas centrais, como nas

células dos eucariontes. Além dos flagelos, pode haver também filamentos de citoplasma, os pêlos ou fímbrias, que funcionam na conjugação (troca de material genético entre duas bactérias), servindo também para ajudar na adesão a bactéria às células do hospedeiro, facilitando assim a infecção.



ATIVIDADES

1. Como as bactérias são divididas quanto à forma e arranjo?
2. Quais são as estruturas que compõem uma célula bacteriana? Descreva a função de cada uma delas.
3. O que diferencia as bactérias Gram positivas das Gram negativas? Desenhe a parede celular de cada uma delas.
4. O que compõe a membrana citoplasmática das bactérias? O que a diferencia da membrana citoplasmática das células eucarióticas?
5. Descreva e desenhe o ciclo de formação de esporos nas bactérias.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

1. A forma e arranjo das bactérias é fundamental para a sua identificação pois algumas formas e arranjos são características de determinadas famílias e/ou gêneros.
2. As estruturas que compõem a célula bacteriana têm funções específicas para a sobrevivência da célula em ambientes adversos e através delas a célula consegue obter nutrientes, respirar, reproduzir-se ou provocar uma infecção no hospedeiro.
3. Em 1884, o bioquímico dinamarquês Hans Christian Gram descobriu que bactérias destituídas de uma camada de lipídios associada a polissacarídeos na parede celular absorvem o corante violeta de genciana. Este corante não é, porém, absorvido pelas bactérias que possuem tal camada. Esse processo, chamado coloração de Gram, é usado para classificar as bactérias em Gram-positivas ou Gram-negativas, conforme absorvam ou não o corante. A classificação tem também uma importância prática, pois as bactérias Gram-positivas são mais sensíveis à penicilina e à sulfa.
4. A membrana citoplasmática exerce funções vitais para a célula bacteriana e qualquer alteração na sua estrutura ou lesão levaria a morte da célula.
5. Algumas doenças importantes para a saúde pública são provocadas por bactérias esporuladas como por exemplo, tétano (*Clostridium tetani*), botulismo (*Clostridium botulinum*), gangrena e enterites (*Clostridium perfringens*) e antrax (*Bacillus anthracis*). O controle

dessas doenças é fundamentado no conhecimento da alta resistência que esses esporos têm no meio ambiente, pois o esporo confere à célula bacteriana resistência a mudanças de pH, mudanças de temperatura, ação de desinfetantes e radiações.

REFERÊNCIAS

- BLACK, J. G. Microbiologia: fundamentos e perspectivas. 4a Ed., Guanabara Koogan, 2002.
- MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. Microbiologia de Brock. 10a Ed. São Paulo: Prentice Hall do Brasil, 2004.
- MURRAY, P.R.; ROSENTHAL, K.S.; KOBAYASHI, G.S.; PFALLER, M.A. Microbiologia Médica. 4A Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004.
- TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. Microbiologia. 8a Ed. Guanabara Koogan, 2002.