

**Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
“Уральская государственная медицинская академия”
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Кафедра микробиологии, вирусологии и иммунологии**

Литусов Н.В.

МОРФОЛОГИЯ И СТРУКТУРА БАКТЕРИЙ

Иллюстрированное учебное пособие

**Екатеринбург
2012**

УДК 579

Рецензент: заведующий кафедрой инфекционных болезней ГБОУ ВПО “Уральская государственная медицинская академия” Минздрава России д.м.н. профессор Борзунов В.М.

Литусов Н.В. Морфология и структура бактерий. Иллюстрированное учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГМА, 2012. - 50 с.

Иллюстрированное учебное пособие разработано в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлениям подготовки специалистов медицинского профиля. В учебном пособии приводятся данные о морфологии и структуре бактерий. Текст пособия сопровождается иллюстрациями, в том числе и заимствованными из источников, приведенных в списке литературы. Пособие содержит тестовые задания и перечень вопросов для самоконтроля усвоения изучаемого материала.

Иллюстрированное учебное пособие предназначено для внеаудиторной подготовки студентов, обучающихся по специальностям 060101 (лечебное дело), 060103 (педиатрия), 060105 (медико-профилактическое дело), 060201 (стоматология) и 060301 (фармация), в процессе изучения материалов первого модуля дисциплин “Микробиология”, “Микробиология, вирусология” и “Иммунология”.

© УГМА, 2012

© Литусов Н.В.

Содержание

Основные формы бактерий	4
Структура бактериальной клетки	16
Вопросы для самоконтроля усвоения материала	36
Тестовые задания.....	37
Список использованных источников	48

Основные формы бактерий

Микробы - это живые существа, которые можно наблюдать только с использованием оптических приборов, так как их размеры чрезвычайно малы. По принципу клеточной организации все микробы подразделяются на два типа – прокариоты и эукариоты. Основными отличительными признаками прокариотов от эукариотов являются следующие. Прокариоты не имеют оформленного ядра, то есть их ядерный аппарат (нуклеоид) не отделен от цитоплазмы ядерной мембраной. Клетки прокариотов не имеют автономных мембранных структур (митохондрий, хлоропластов, эндоплазматического ретикулума, аппарата Гольджи). В составе клеточной стенки прокариотов присутствует пептидогликан. Для них характерно бинарное деление клеток.

Среди прокариотов различают **бактерии** (грамположительные бактерии или *firmicutes*, грамотрицательные бактерии или *gracilicutes* и микоплазмы или *tenericutes*) и **археи** (*mendosicutes*). Выделение этих групп микроорганизмов основано в первую очередь на строении их клеточных стенок.

Разные виды бактерий имеют определенную форму и размер клеток. Размеры микробов выражаются в микрометрах (мкм) и нанометрах (нм). Средние размеры бактерий в длину составляют 2-3 мкм, в ширину - 0,3-0,8 мкм. В 1990 г. были открыты нанобактерии, размер которых не превышает 0,2-0,5 микрон. Предполагается участие нанобактерий в формировании почечных камней при мочекаменной болезни. Среди бактерий могут быть и гиганты, достигающие в длину 125 мкм и более. Способность бактерий изменять свою форму и величину называется **полиморфизмом**.

Выделяют три **основные формы бактерий**:

- шаровидные или сферические бактерии (кокки);
- палочковидные бактерии;
- изогнутые и извитые бактерии (спиралевидные, вибриоидные).

Кроме этих форм обнаруживаются ветвящиеся, нитевидные, треугольные и звездообразные бактерии. Бактериальные клетки могут располагаться не только одиночно, но и образовывать скопления.

Сферические формы бактерий (кокки) представляют собой шаровидные, овальные (эллипсоидные), бобовидные бактерии размером 0,5-1,0 мкм (рисунок 1).

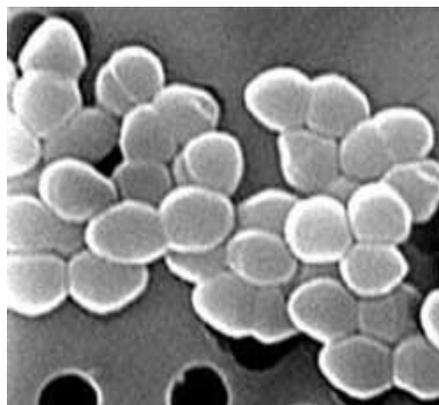


Рисунок 1 - Шаровидные бактерии. Электронная микрофотография.

К шаровидным бактериям относятся микрококки, диплококки, стрептококки, тетракокки, сарцины и стафилококки.

Микрококки (греч. *micros* - малый) – это шаровидные клетки, располагающиеся отдельно друг от друга (рисунок 2). В большинстве случаев микрококки являются представителями сапрофитной микрофлоры.

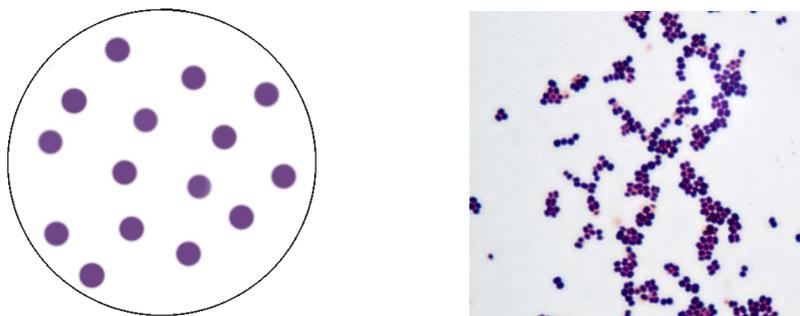


Рисунок 2 - Схематическое изображение микрококков и их расположение в мазке (окраска по Граму).

Диплококки (греч. *diploos* - двойной, парный) - это кокки, состоящие из двух особей, которые после деления клетки не расходятся. К диплококкам относятся пневмококки, гонококки, менингококки. Пневмококк (возбудитель пневмонии, *Streptococcus pneumoniae*) имеет с противоположных сторон ланцетовидную форму (рисунок 3).

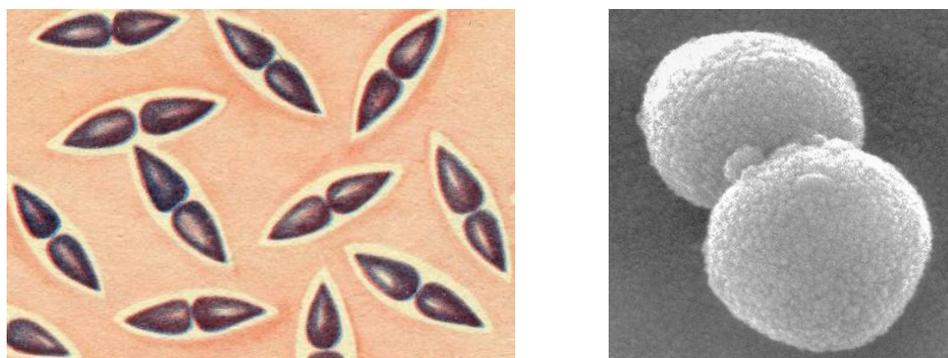


Рисунок 3 - Схема строения и электронная микрофотография *Streptococcus pneumoniae*.

Гонококк (возбудитель гонореи, *Neisseria gonorrhoeae*) и менингококк (возбудитель менингита, *Neisseria meningitidis*) имеют форму кофейных зерен, обращенных вогнутой поверхностью друг к другу (рисунки 4-6).

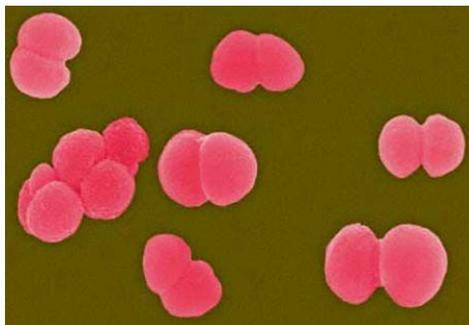


Рисунок 4 - Взаимное расположение клеток гонококка. Компьютерное изображение.

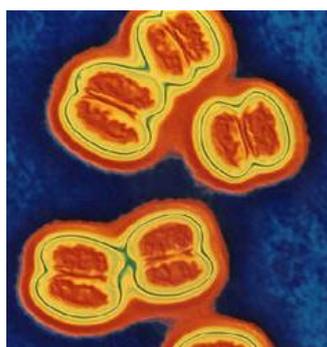


Рисунок 5 – Компьютерное изображение и электронная микрофотография ультратонкого среза гонококка.

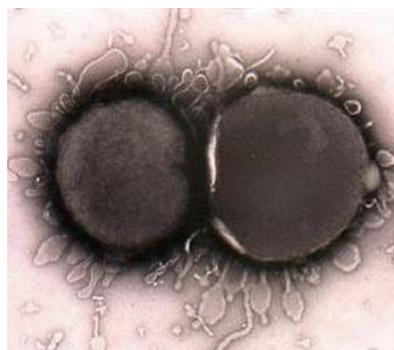
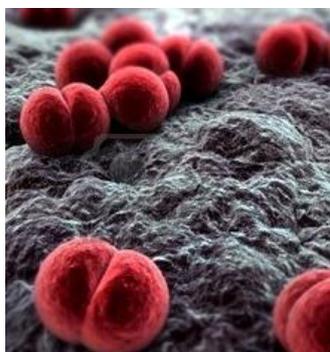


Рисунок 6 – Компьютерное изображение и электронная микрофотография ультратонкого среза менингококка.

Стрептококки (греч. *streptos* - цепочка) - это клетки округлой формы, располагающиеся в виде цепочки. Такая цепочка образуется при делении клеток в одной плоскости при сохранении связи между клетками. Цепочки могут иметь разную длину, то есть состоять из разного количества клеток (рисунок 7). Среди стрептококков имеются представители нормальной микрофлоры организма человека, условно-патогенные и патогенные бактерии - возбудители инфекционных заболеваний человека (скарлатины, рожи, ангины и др.).

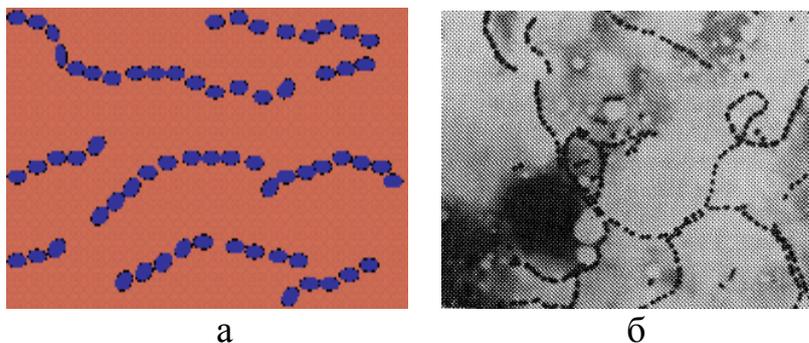


Рисунок 7 - Схематическое изображение стрептококка (а) и световая микроскопия препарата (б).

Тетракокки - это скопления из четырех клеток, образованные в результате деления в двух перпендикулярных плоскостях (рисунок 8). Тетракокки обычно не вызывают заболеваний у человека.

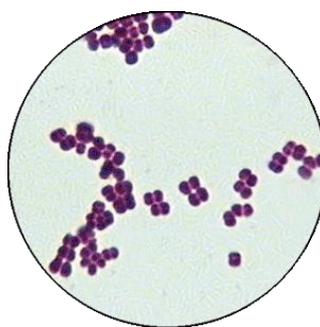


Рисунок 8 - Тетракокки, окраска по Граму.

Сарцины (лат. *sarcina* - связка, тюк) представляют собой скопления клеток в виде пакетов из 8-16 особей. Такие скопления образуются в результате деления клеток в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (рисунок 9). Сарцины являются в основном представителями микрофлоры воздуха.

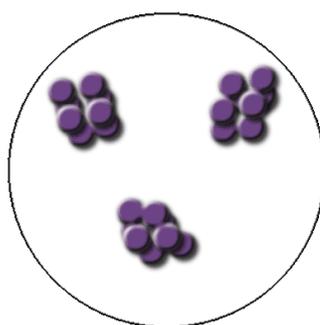


Рисунок 9 - Схематическое изображение сарцин.

Стафилококки (греч. *staphyle* - виноградная гроздь) - это сферические клетки, расположенные в виде скопления, напоминающего грозди винограда. Такая форма образуется в результате деления клеток в разных плоскостях (рисунок 10). Одни стафилококки являются сапрофитными, другие - условно-патогенными, а третьи - патогенными бактериями, вызывающими у человека гнойно-воспалительные заболевания (абсцессы, фурункулы, карбункулы и др.).

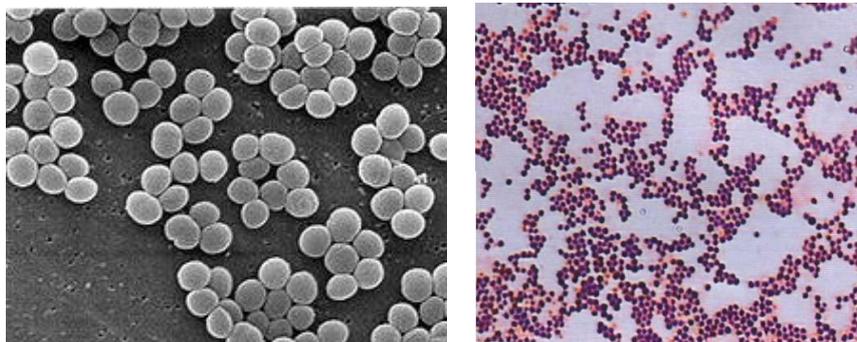


Рисунок 10 - Стафилококки. Электронная микрофотография и световая микроскопия (окраска по Граму).

Палочковидные бактерии представляют собой клетки цилиндрической формы, которые различаются по размерам (длине и толщине), взаимному расположению (в цепочке, под углом друг к другу), форме концов клетки (обрубленные, заостренные, закругленные), способности к спорообразованию. Длина клеток варьирует от 1,0 до 10 мкм, толщина - от 0,5 до 2,0 мкм. Палочки могут быть правильной (кишечная палочка и др.) и неправильной (коринебактерии и др.) формы, в том числе ветвящиеся (актиномицеты). Обрубленные концы клеток наблюдаются у возбудителя сибирской язвы, закругленные концы - у кишечной палочки, заостренные - у фузобактерий, утолщенные - у коринебактерии дифтерии (рисунок 11).

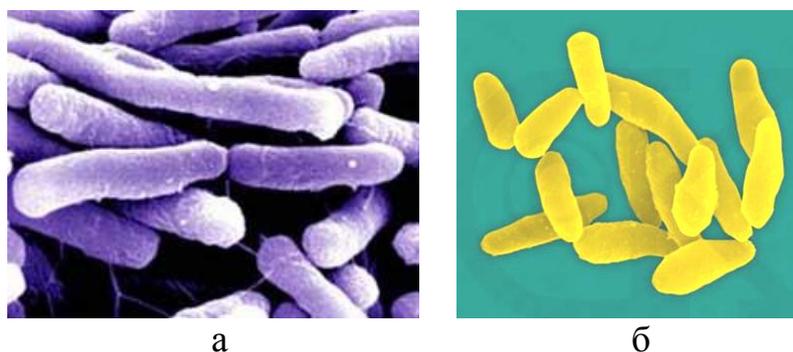


Рисунок 11 - Компьютерное изображение клеток *Escherichia coli* (а) и *Corynebacterium diphtheriae* (б).

Палочковидные формы, не способные образовывать споры, называются **бактериями**. Палочковидные спорообразующие формы называются **бациллами**. Палочковидные формы могут располагаться в виде одиночных клеток (**монобактерии** и **монобациллы**), парами (**диплобактерии** и **диплобациллы**), цепочками (**стрептобактерии** и **стрептобациллы**). Спорообразующие бактерии, в свою очередь, подразделяются на **бациллы** и **кlostридии**. У бацилл поперечник образующейся споры не превышает диаметра вегетативной клетки. Поперечник спор у кlostридий превышает диаметр вегетативной клетки, что придает палочке форму веретена (лат. *closter* – веретено), барабанной палочки, теннисной ракетки. К бациллам относится возбудитель сибирской язвы, к кlostридиям - возбудители газовой гангрены, ботулизма, столбняка. Изображение бацилл и кlostридий представлено на рисунке 12.

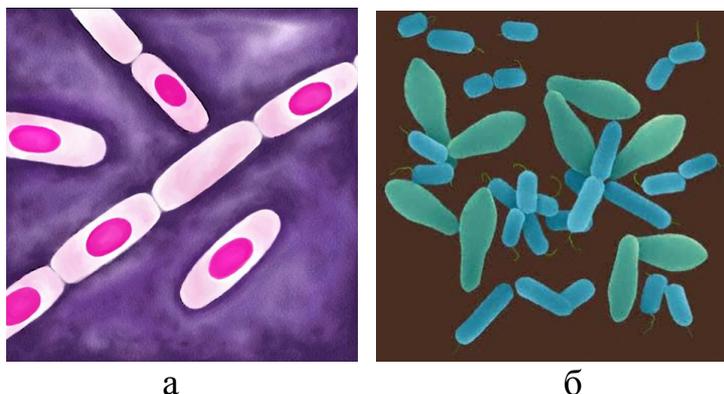


Рисунок 12 – Компьютерное изображение бацилл (а) и клостридий (б).

Изогнутые палочки называются **вибрионами** (лат. *vibrio* – изгибать). Типичным представителем этих бактерий является холерный вибрион. Изогнутость тела вибриона не превышает одного оборота, поэтому клетка имеет форму запятой (рисунок 13).



Рисунок 13 – Холерный вибрион. Компьютерное изображение.

К группе спиралевидных бактерий относятся представители родов *Campilobacter* и *Helicobacter*. Они имеют S-образную форму (рисунок 14).



Рисунок 14 – Компьютерное изображение кампилобактеров (а) и хеликобактера (б).

Извитые бактерии выглядят в виде спирали, имеющей один или несколько оборотов. К извитым формам относятся спираиллы и спирохеты.

Спириллы (лат. *spira* - изгиб, виток) имеют вид штопора с одним или несколькими завитками (рисунок 15). Они являются неподвижными. К патогенным спираиллам относится возбудитель содоку (болезнь укуса крыс).

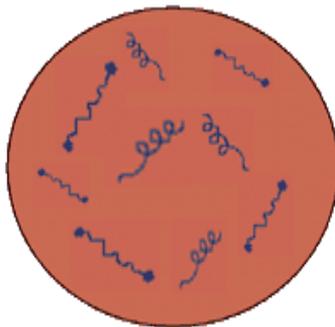


Рисунок 15 - Схематическое изображение спирилл.

Спирохеты (лат. *spira* – виток, спираль, *haite* - волос) представляют собой тонкие извитые бактерии. В отличие от спирилл спирохеты обладают подвижностью (рисунок 16).

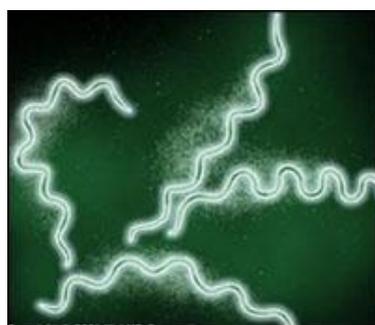


Рисунок 16 – Внешний вид спирохет, люминесцентная микроскопия.

Спирохеты состоят из **цитоплазматического цилиндра**, покрытого цитоплазматической мембраной. Цитоплазматический цилиндр спирально закручен вокруг пучка осевых **фибрилл**. Фибриллы отходят от субтерминальных прикрепительных дисков, расположенных на концах клетки. Один конец фибрилл прикреплен к блефаропласту, а другой конец фибрилл свободен, поэтому фибриллы направлены навстречу друг другу. Фибриллы состоят из белка флагеллина и выполняют двигательную функцию. Снаружи цитоплазматический цилиндр и фибриллы окружены клеточной стенкой. У разных видов спирохет количество фибрилл различно. С помощью фибрилл спирохеты способны совершать вращательные, сгибательные и поступательные движения. При движении спирохеты образуют петли, изгибы, которые называются вторичными завитками (рисунок 17).

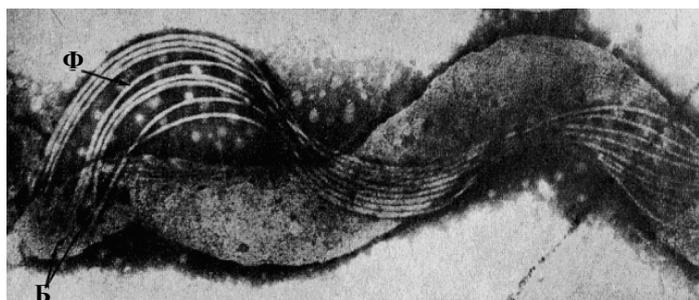


Рисунок 17 - Электронная микрофотография спирохеты: Ф – фибриллы, Б – блефаропласт.

Патогенными для человека спирохетами являются представители родов *Treponema*, *Borrelia* и *Leptospira*.

Трепонемы (род *Treponema*) представляют собой извитые бактерии, имеющие 8-12 мелких завитков и 3-4 фибриллы (рисунок 18). У человека трепонемы вызывают сифилис (*T. pallidum*) и фрамбезию (*T. pertenue*).



Рисунок 18 - Компьютерное изображение трепонемы.

Боррелии (род *Borrelia*) - это длинные извитые бактерии, имеющие 3-8 крупных завитков и 7-20 фибрилл (рисунок 19). К боррелиям относятся возбудители болезни Лайма и возвратного тифа.



Рисунок 19 – Компьютерное изображение боррелий.

Лептоспиры (род *Leptospira*) - это извитые бактерии, имеющие мелкие частые завитки. Внешне лептоспиры напоминают закрученную веревку. Они имеют 2 осевые фибриллы. Концы клеток изогнуты крючком и имеют утолщения. Лептоспиры образуют вторичные завитки, в результате чего приобретают S-образную форму (рисунок 20).

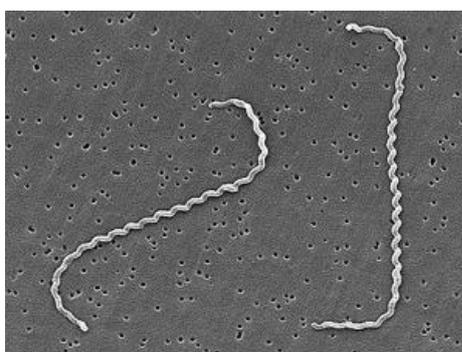


Рисунок 20 – Лептоспиры. Сканирующая электронная микроскопия.

Патогенным представителем лептоспир является *L. interrogans*. При попадании в организм с водой или пищей этот возбудитель вызывает развитие лептоспироза, который сопровождается кровоизлияниями и желтухой.

Риккетсии представляют собой мелкие палочковидные бактерии, которые являются облигатными (обязательными) внутриклеточными паразитами. Они размножаются бинарным делением внутри инфицированных клеток. Обитают в организме членистоногих (вши, блохи, клещи), которые являются для них хозяевами или переносчиками. Свое название риккетсии получили по фамилии американского патолога Х. Т. Риккетса (рисунок 21), который впервые описал одного из возбудителей риккетсиозов - возбудителя пятнистой лихорадки Скалистых гор.



Рисунок 21 - Ховард Тэйлор Риккетс (1871-1910 гг.).

В зависимости от условий развития форма и размер риккетсий могут изменяться: клетки могут приобретать кокковидную, нитевидную или неправильную форму. Строение риккетсий соответствует структуре грамотрицательных бактерий. Они не образуют спор и капсул, неподвижны. В мазках-отпечатках тканей риккетсии окрашивают по Романовскому-Гимзе: при этом риккетсии окрашиваются в красный цвет, а инфицированные клетки – в синий цвет (рисунки 22, 23).



Рисунок 22 - Электронограмма ультратонкого среза *Rickettsia sibirica*.

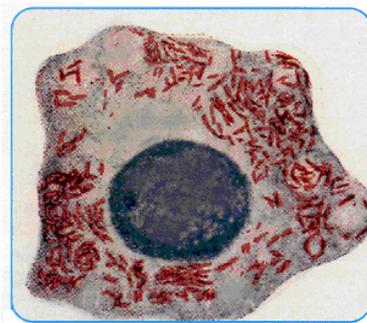


Рисунок 23 – Риккетсии сыпного тифа в цитоплазме инфицированных клеток. Окраска карболфуксином и синькой.

У человека риккетсии вызывают эпидемический (вшиный) сыпной тиф (*Rickettsia prowazekii*), клещевой риккетсиоз (*R. sibirica*), пятнистую лихорадку Скалистых гор (*R. rickettsii*) и другие риккетсиозы.

Хламидии представляют собой облигатные внутриклеточные кокковидные грамотрицательные бактерии. Хламидии размножаются только в живых клетках. На питательных средах хламидии не растут. Хламидии способны существовать в двух формах:

- ЭТ - элементарные тельца;
- РТ - ретикулярные тельца.

Элементарные тельца являются внеклеточной (покоящейся) формой. Они представляют собой мелкие сферические образования с толстой клеточной стенкой, окрашиваются по Романовскому-Гимзе в красный (пурпурный) цвет, метаболически неактивны, неспособны к делению, нечувствительны к антибиотикам. Элементарные тельца попадают в клетку путем эндоцитоза. В клетке формируется вакуоль, внутри которой элементарные тельца увеличиваются в размерах и превращаются в **ретикулярные тельца**, способные к бинарному делению. **Ретикулярные тельца** являются внутриклеточной (вегетативной) формой. Они крупнее элементарных телец в несколько раз, имеют тонкую клеточную стенку, окрашиваются по Романовскому-Гимзе в голубой или фиолетовый цвет, метаболически активны, способны к бинарному делению, чувствительны к антибиотикам (рисунок 24).

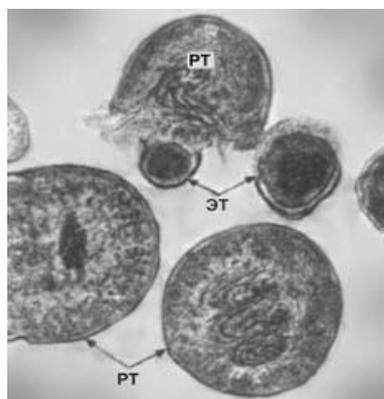


Рисунок 24 - Электронная микрофотография хламидий: ЭТ - элементарные тельца, РТ - ретикулярные тельца.

Внутри клеток ретикулярные тельца делятся и затем превращаются в элементарные тельца, которые выходят из клеток путем экзоцитоза или лизиса клетки. Вышедшие из клетки элементарные тельца инфицируют другие клетки, в результате чего цикл развития хламидий повторяется (рисунок 25).

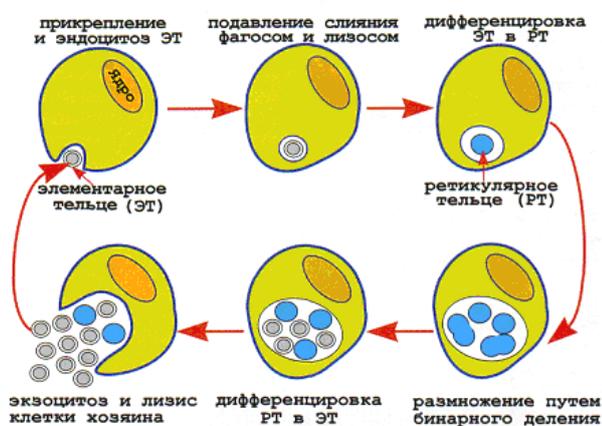


Рисунок 25 - Схема жизненного цикла хламидий.

У человека хламидии вызывают поражения глаз (трахома, конъюнктивит), урогенитального тракта, легких и других органов.

Микоплазмы представляют собой мелкие бактерии, окруженные только цитоплазматической мембраной и не имеющие клеточной стенки. Они относятся к классу *Mollicutes*, содержат в цитоплазматической мембране стеролы. Из-за отсутствия клеточной стенки микоплазмы осмотически чувствительны. Имеют разнообразную форму: кокковидную, нитевидную, колбовидную. Эти формы видны при фазово-контрастной микроскопии чистых культур микоплазм (рисунок 26).

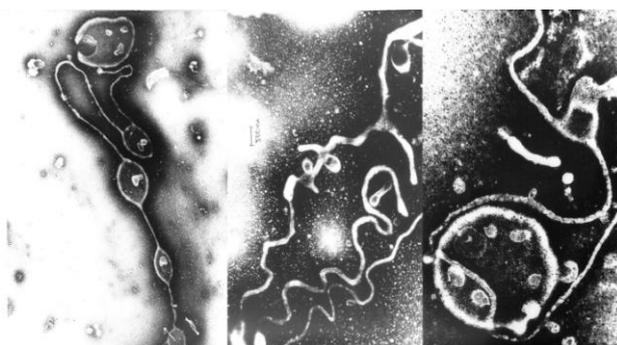


Рисунок 26 - Морфология микоплазм.

Размножение микоплазм может происходить путем деления, фрагментации, почкования. После проникновения в организм микоплазмы прикрепляется к эпителиальным клеткам и паразитируют на их мембране (рисунок 27).



Рисунок 27 - Микоплазмы на мембране эукариотической клетки.

Вне организма микоплазмы растут на специальных питательных средах. У человека они вызывают поражения легких (*Mycoplasma pneumoniae*) и мочеполового тракта (*M. hominis*).

Актиномицеты представляют собой ветвящиеся, нитевидные или палочковидные грамположительные бактерии. Название актиномицетов происходит от греческих слов *actis* – луч и *mykes* – гриб. Это название указывает на то, что актиномицеты в пораженных тканях образуют клубок плотно переплетающихся нитей с отходящими от центра лучами (устаревшее название актиномицетов – лучистые грибки). Нитевидные переплетающиеся несептированные клетки актиномицетов (гифы) образуют субстратный (первичный) и воздушный (вторичный) мицелий. Это свойство создает им сходство с некоторыми видами грибов. **Субстратный мицелий** формируется в результате врастания клеток в питательную среду, а **воздушный мицелий** образуется на поверхности среды. Актиномицеты размножаются как путем фрагментации мицелия, так и путем образования спор на воздушном мицелии. Споры актиномицетов не обладают термоустойчивостью (рисунок 28).



Рисунок 28 - Актиномицеты.

Подобную форму клеток имеют нокардии (рисунок 29).

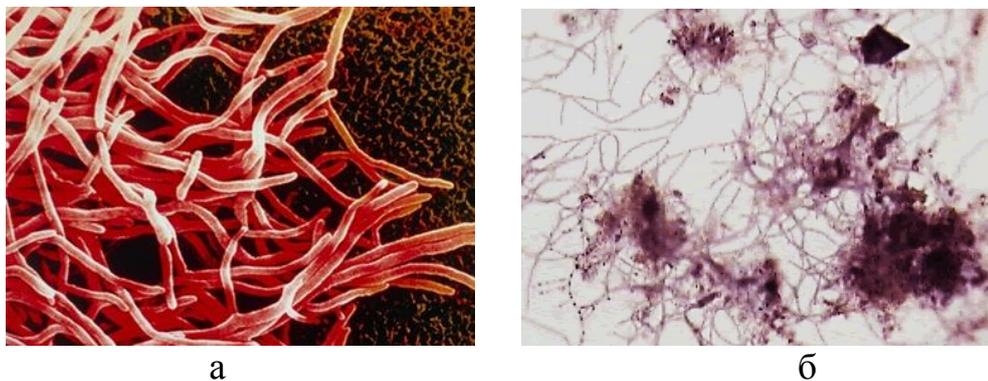


Рисунок 29 - Нокардии: а – компьютерное изображение; б - окраска по Граму.

Особенное расположение клеток имеют палочковидные бактерии родов *Corynebacterium* и *Mycobacterium*: под углом друг к другу или в виде жгутов (рисунки 30, 31).



Рисунок 30 - *Corynebacterium diphtheriae*, окраска по Граму.

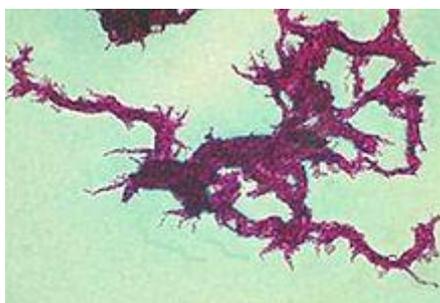


Рисунок 31 - Микобактерии туберкулеза, окраска по Цилю-Нильсену.

Эти бактерии содержат в клеточной стенке липиды, которые обуславливают такое расположение клеток. Патогенные актиномицеты вызывают актиномикоз, нокардии - нокардиоз, микобактерии - туберкулез и лепру, коринебактерии - дифтерию. Сапрофитные формы актиномицетов широко распространены в почве, многие из них являются продуцентами антибиотиков.

Структура бактериальной клетки

Структура бактерий хорошо изучена с помощью электронной микроскопии целых клеток и их ультратонких срезов. В бактериальной клетке выделяют

основные (постоянные) и временные (дополнительные) структуры. **Основными структурами** являются клеточная стенка, цитоплазматическая мембрана, цитоплазма с включениями, нуклеоид. Бактериальную клетку окружает оболочка, состоящая из клеточной стенки и цитоплазматической мембраны. Под оболочкой находится цитоплазма, состоящая из цитозоля и содержащая нуклеоид, рибосомы и включения. Основные структуры присущи всем бактериальным клеткам. К **дополнительным структурам** относятся капсула, жгутики, пили, плазмиды. Некоторые бактерии в неблагоприятных условиях способны образовывать споры (эндоспоры). Дополнительные структуры имеются не у всех бактерий. Схема строения бактериальной клетки представлена на рисунке 32.

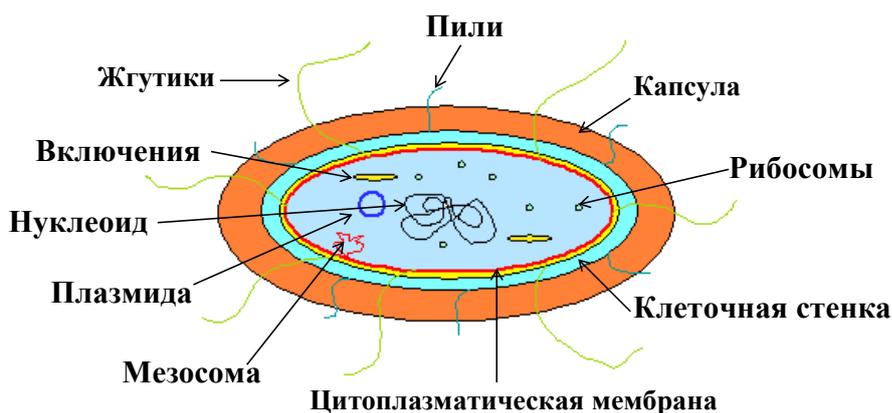


Рисунок 32 - Схема строения бактериальной клетки

Бактериальная оболочка состоит из клеточной стенки и располагающейся под ней цитоплазматической мембраны. **Клеточная стенка** - это ригидная структура, которая придает бактериальной клетке определенную форму. Она защищает внутреннее содержимое клетки от вредных воздействий внешней среды, участвует в процессах деления клетки и транспорта метаболитов. На поверхности клеточной стенки располагаются рецепторы для бактериофагов, бактериоцинов, антибиотиков и других химических веществ. По строению клеточной стенки различают **фирмикутные** бактерии (грамположительные, толстостенные), **грациликутные** бактерии (грамотрицательные, тонкостенные) и бактерии, не имеющие клеточной стенки (**микоплазмы**). Подразделение бактерий на грамположительные (грамположительные) и грамотрицательные (грамнегативные) основано на разном восприятии красителей при окраске по методу, предложенному датским бактериологом Г. К. Грамом (рисунок 33).



Рисунок 33 - Ганс Кристиан Грам (1853-1938 гг.).

Клеточная стенка грамположительных бактерий представляет собой гомогенный слой толщиной 20-80 нм. Она состоит из многослойного пептидогликана (муреина), пронизанного молекулами тейхоевой и липотейхоевой кислот (рисунок 34).

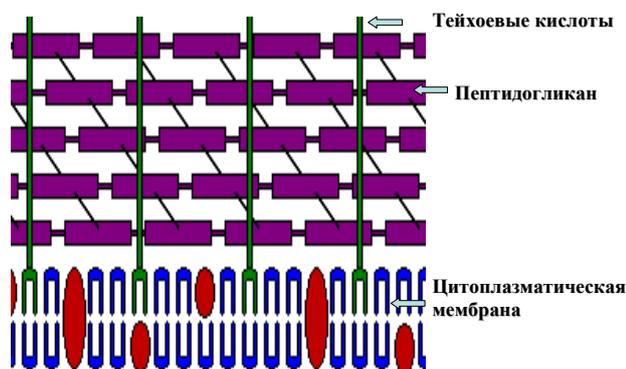


Рисунок 34 - Строение клеточной стенки грамположительных бактерий.

Пептидогликан клеточной стенки образован параллельно расположенными молекулами гликана, состоящего из остатков N-ацетилглюкозамина и N-ацетилмурамовой кислоты, соединенных вдоль гликозидной связью. В поперечном направлении молекулы гликана соединены пептидной связью, состоящей из четырех аминокислот (тетрапептид). Строение пептидогликана представлено на рисунке 35.

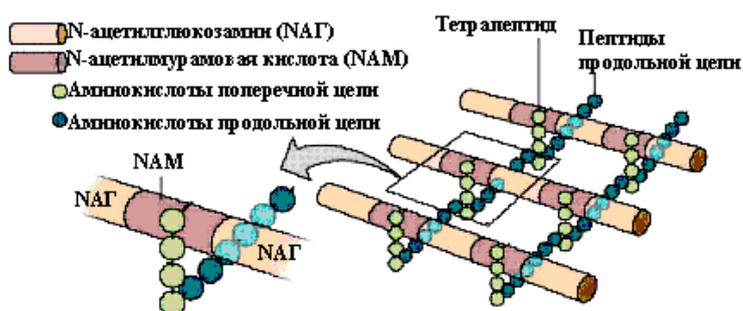


Рисунок 35 - Строение пептидогликана.

Тейхоевые кислоты (греч. *teichos* - стенка) представляют собой цепи из остатков глицерола и рибитола, соединенных фосфатными мостиками. Пептидогликан и тейхоевые кислоты в конечном итоге формируют так называемый **муреиновый мешок**, покрывающий клетку снаружи. Тейхоевые кислоты позволяют муреиновому мешку растягиваться и сжиматься, действуя наподобие пружин. Тейхоевые кислоты выполняют антигенную и адгезивную функции грамположительных бактерий. Пептидогликан грамположительных бактерий плотно прилегает к цитоплазматической мембране. Клеточная стенка грамположительных бактерий содержит также небольшое количество полисахаридов, белков и липидов. В клеточной стенке имеются поры диаметром 1-6 нм, через которые внутрь клетки проникают различные вещества.

При окраске по Граму толстый слой пептидогликана грамположительных бактерий удерживает генциановый фиолетовый в комплексе с йодом. Последующая обработка препарата спиртом вызывает суживание пор в пептидогликане и тем самым усиливает задержку фиолетового красителя в клеточной стенке. Заключительная окраска препарата фуксином не изменяет первоначальной окраски клеток. Грамположительные бактерии окрашиваются в **сине-фиолетовый цвет** (рисунок 36).

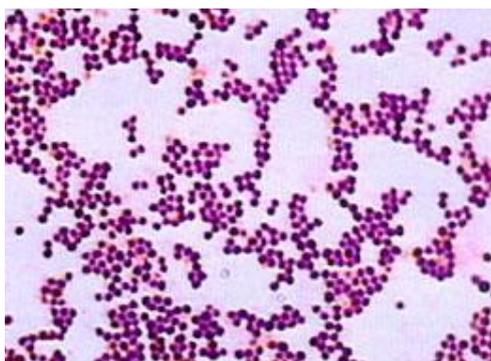


Рисунок 36 – Стафилококки, окраска по Граму.

Клеточная стенка грамотрицательных бактерий представляет собой структуру толщиной 14-18 нм. В ней выделяют внешнюю (наружную) мембрану (НМ) и тонкий пептидогликановый слой или **муреиновый мешок** (рисунок 37).

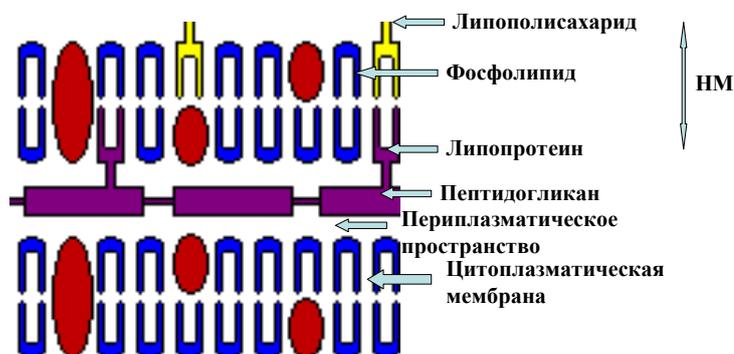


Рисунок 37 – Строение клеточной стенки грамотрицательных бактерий

Внешняя мембрана грамотрицательных бактерий представляет собой фосфолипидный бислой, содержащий белки и липополисахарид. **Липополисахарид** (ЛПС) состоит из трех составных частей (рисунок 38):

- **липид А** - специфический гликолипид, встроенной в фосфолипидный бислой, закрепляющий молекулу ЛПС во внешней мембране и придающий липополисахариду токсические свойства;
- **ядро** - центральная (стержневая, коровая) область (лат. *core* - ядро) полисахаридной природы;
- **боковая О-цепь**, образованная повторяющимися олигосахаридами (О-антиген).

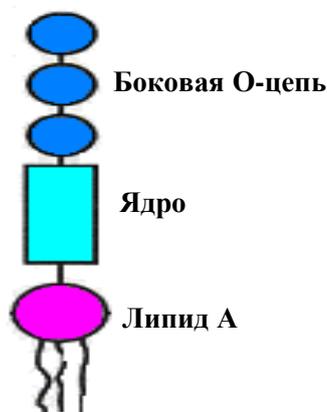


Рисунок 38 - Структура ЛПС грамотрицательных бактерий.

С помощью **мембранного липопротейна** внешняя мембрана связана с подлежащим слоем пептидогликана. **Пептидогликан** грамотрицательных бактерий является однослойным (толщина – 2-3 нм) и не содержит тейхоевых кислот. Под слоем пептидогликана располагается цитоплазматическая мембрана. Между внешней мембраной, слоем пептидогликана и цитоплазматической мембраной имеется полость, называемая **периплазматическим пространством (периплазмой)** толщиной не более 10 нм. Это пространство заполнено гелем, содержащим транспортные белки и ферменты (протеазы, липазы, фосфатазы, нуклеазы, бета-лактамазы). В периплазматическом геле располагается муреиновый (пептидогликановый) мешок.

Белки наружной мембраны включают порины, трансмембранные белки и белки, участвующие в формировании поверхностных структур (пилей, жгутиков). **Порины** образуют каналы для проникновения воды и мелких молекул (массой до 700 Да). **Трансмембранные белки** обеспечивают связь с муреиновым мешком.

При окраске по Граму тонкий слой пептидогликана грамотрицательных бактерий под воздействием этилового спирта утрачивает комплекс генцианового фиолетового и йода. При последующей обработке фуксином или сафранином клетки приобретают **красный цвет** (рисунок 39).



Рисунок 39 – Кишечная палочка, окраска по Граму.

Содержание муреина (пептидогликана) у грамположительных бактерий составляет 50-90% сухого вещества клеточной стенки, а у грамотрицательных бактерий - 1-12% (рисунок 40).

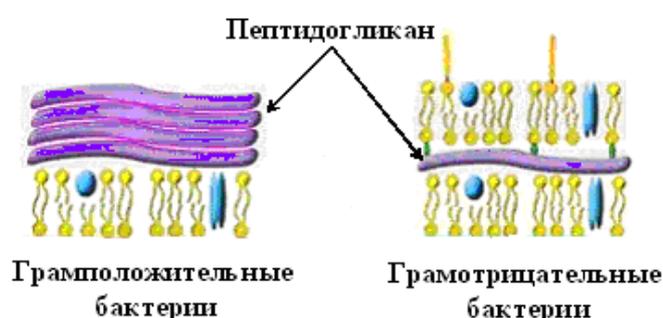


Рисунок 40 - Клеточные стенки грамположительных и грамотрицательных бактерий.

К грамположительным бактериям относятся все кокки (за исключением гонококков и менингококков), спорообразующие палочки (бациллы и клостридии), микобактерии, коринебактерии, листерии. К грамотрицательным бактериям относятся гонококки и менингококки, не образующие спор палочки, извитые бактерии.

Клеточная стенка бактерий выполняет следующие функции:

- предохраняет клетку от вредных воздействий окружающей среды;
- обеспечивает постоянство формы клетки;
- сообщает бактериальной клетке антигенные свойства;
- регулирует рост и деление клетки;
- участвует в поступлении внутрь клетки некоторых молекул;
- обеспечивает тинкториальные свойства бактерий (отношение к красителям).

Под воздействием некоторых веществ (лизоцим, пенициллин, гуморальные факторы организма) нарушается синтез компонентов клеточной стенки бактерий. В таких случаях бактерии полностью или частично лишаются клеточной стенки, образуя шаровидные формы. Такие формы имеют размеры, превышающие исходные клетки в несколько раз. Бактерии, полностью лишённые клеточной стенки, называются **протопластами** (рисунок 41), а бактерии, частично сохранившие клеточную стенку, называются **сферопластами**.



Рисунок 41 - Протопласты.

Образование протопластов характерно для грамположительных бактерий. Протопластообразование сопровождается утратой толстой пептидогликановой клеточной стенки. Протопласты содержат только цитоплазматическую мембрану (рисунок 42). Для их поддержания требуется изотоническая среда. Они устойчивы к антибиотикам и бактериофагам.



Рисунок 42 – Образование протопластов у бактерий.

Сферопласты образуются грамотрицательными бактериями. Образование сферопластов сопровождается утратой внешней мембраны клеточной стенки. Но сферопласты наряду с цитоплазматической мембраной содержат тонкий слой пептидогликана (рисунок 43).

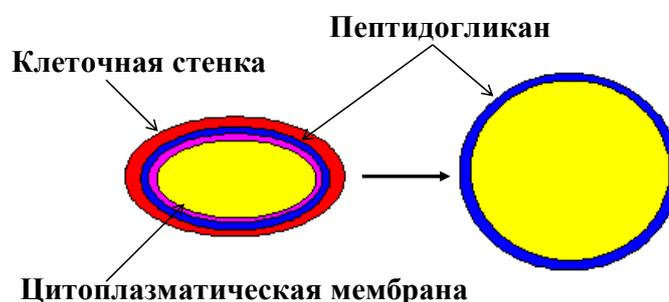


Рисунок 43 – Образование сферопластов у бактерий.

Для поддержания сферопластов также требуется среда с повышенным осмотическим давлением. Сферопласты способны взаимодействовать с бактериофагами, так как содержат остатки пептидогликанового слоя. После удаления ингибиторов, вызвавших нарушение синтеза клеточной стенки,

измененные бактерии реверсируют в исходное состояние, то есть восстанавливают полноценную клеточную стенку и первоначальную форму клеток.

Бактерии, утратившие способность к синтезу пептидогликана под влиянием антибиотиков или других факторов и способные размножаться, называются L-формами (от названия Института им. Д. Листера в Лондоне, где они впервые были изучены). **L-формы** бактерий представляют собой осмотически чувствительные шаровидные или колбовидные клетки различной величины (рисунок 44).

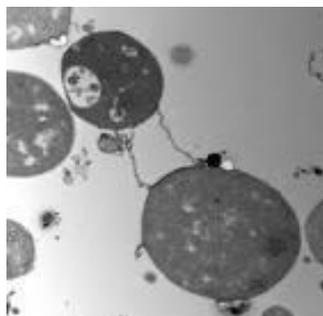


Рисунок 44 - L-формы бактерий.

Различают стабильные и нестабильные L-формы. Стабильные L-формы не способны к реверсии в исходные бактериальные клетки. Нестабильные L-формы возвращаются в исходную бактериальную форму после удаления фактора, приведшего к изменению бактерий. L-формы могут образовывать многие возбудители инфекционных болезней, в том числе в организме человека или животных. Образование L-форм бактерий называется **L-трансформацией**.

У некоторых микроорганизмов клеточная стенка имеет особенности строения. В частности, у хламидий клеточная стенка состоит из внутренней цитоплазматической мембраны и внешней мембраны. Каждая мембрана является двойной. В отличие от других грамотрицательных бактерий, клеточная стенка хламидий не имеет пептидогликанового слоя. В состав клеточной стенки хламидий входят пептиды и гликолипиды (аналоги липополисахаридов клеточной стенки грамотрицательных бактерий). Основными белками клеточной стенки хламидий являются белки внешней мембраны OMP 2 и MOMP (рисунок 45).

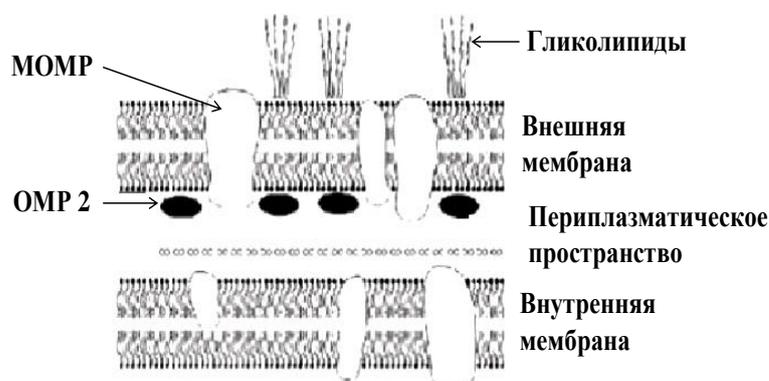


Рисунок 45 - Строение клеточной стенки хламидий.

Цитоплазматическая мембрана бактерий состоит из двойного слоя фосфолипидов (**бимолекулярный липидный слой**) и мембранных белков (рисунок 46).

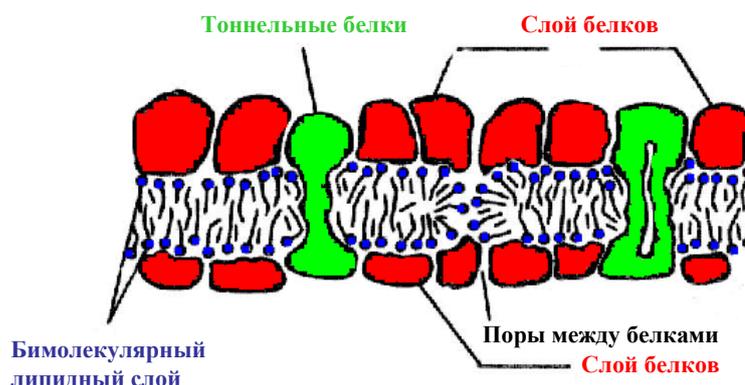


Рисунок 46 - Структура цитоплазматической мембраны.

Цитоплазматическая мембрана образует барьер, препятствующий движению веществ внутрь клетки и наружу. **Мембранные белки** подразделяются на поверхностные и погруженные (интегральные, тоннельные). Среди мембранных белков особую роль выполняют **пермеазы**, участвующие в транспорте веществ внутрь клетки (транспортная функция цитоплазматической мембраны).

Цитоплазматическая мембрана окружает цитоплазму бактерий и участвует в регуляции осмотического давления, транспорте веществ и энергетическом метаболизме клетки. Она играет значительную роль в процессах роста и деления клеток, в движении бактерий, в секреции веществ, в спорообразовании, то есть в процессах с высокой затратой энергии.

У многих бактерий в зоне формирования поперечных перегородок при делении клеток цитоплазматическая мембрана образует впячивания (инвагинаты, дивертикулы) в виде сложных мембранных структур. Эти структуры называются **мезосомами**. Они имеют форму цистерн, пузырьков, канальцев (рисунок 47).

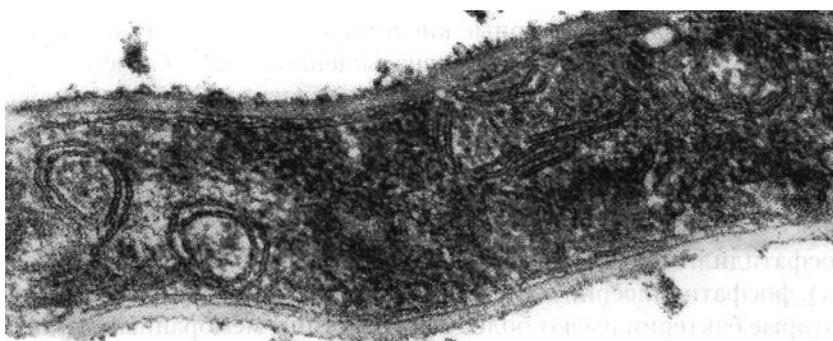


Рисунок 47 - Мезосомы у актиномицетов.

Выделяют три типа мезосом: **ламеллярные** (пластинчатые), **везикулярные** (имеющие форму пузырьков) и **тубулярные** (трубчатые). Эти мезосомы различаются по строению. Часто наблюдаются мезосомы смешанного типа. По своему расположению в клетке выделяют **септальные** мезосомы (располагаются в зоне клеточного деления и формирования поперечной перегородки или септы),

латеральные (инвагинации периферических участков цитоплазматической мембраны) и мезосомы, к которым прикреплен нуклеоид. Мезосомы выполняют функцию генерации энергии, участвуют в процессах роста и деления клеток, в синтезе углеводов, липидов и других компонентов клетки.

Цитоплазма является основной центральной частью клетки. Она отграничена цитоплазматической мембраной. Цитоплазма представляет собой коллоидную систему (цитозоль), состоящую из растворимых белков, рибонуклеиновых кислот, включений запасных органических веществ и многочисленных мелких гранул - рибосом. Включения придают цитоплазме мелкозернистый вид.

Рибосомы - это немембранные органоиды бактериальной клетки. Они служат для биосинтеза белка из аминокислот, находящихся в цитоплазме, на основе информации, предоставляемой матричной РНК (мРНК). Рибосомы впервые были описаны румынским биологом Джорджем Палладе в середине 1950-х годов. За определение структуры прокариотической рибосомы ученые из Великобритании Венкатраман Рамакришнан, американец Томас Стейц и ученая из Израиля Ада Йонат в 2009 г. удостоены Нобелевской премии по химии.

Рибосомы представляют собой мелкие структуры сферической или эллипсоидной формы. Они имеют размер около 10-20 нм. Бактериальные рибосомы состоят из двух субъединиц - малой (30S) и большой (50S). Они представляют собой нуклеопротеид, в составе которого 60% составляет РНК и 40% - белок. Рибосомные РНК (рРНК) являются консервативными элементами бактерий. 16S рРНК входит в состав малой субъединицы рибосом, а 23S рРНК - в состав большой субъединицы рибосом. Изучение 16S рРНК позволяет оценивать степень родства микроорганизмов. Схематическое строение рибосом представлено на рисунке 48.

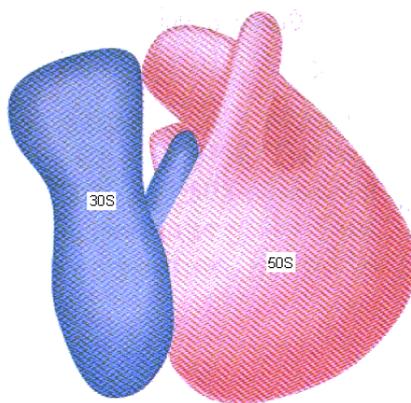


Рисунок 48 – Схематическое строение бактериальной рибосомы.

В цитоплазме бактерий находятся различные **включения** в виде гранул полисахаридов, жировых соединений и полифосфатов. Они накапливаются при избытке питательных веществ в окружающей среде и выполняют роль запасных веществ для питания и энергетических потребностей бактерий. **Гранулы полисахаридов** (рисунок 49) у одних бактерий содержат крахмал (нейссерии), у других – гликоген (бациллы, клостридии), у третьих - гранулезу (клостридии).

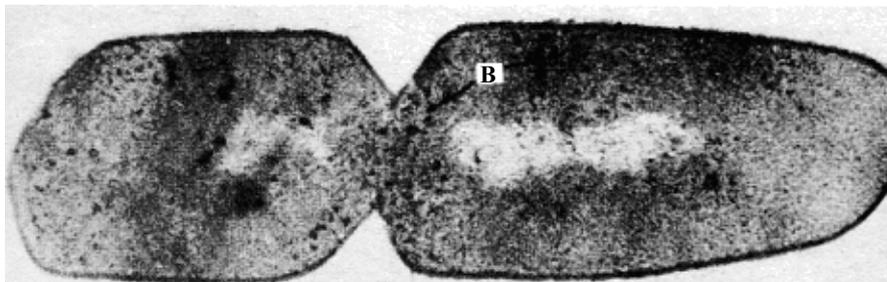


Рисунок 49 - Включения (В) гликогена в клетках клостридий.

Жировые включения состоят из поли- β -оксимасляной кислоты, нейтральных жиров и жировосковых веществ (у микобактерий, грибов). **Гранулы полифосфатов** (волютин) являются запасным резервуаром фосфатов, необходимых при синтезе АТФ и ДНК (у коринебактерий, микобактерий, актиномицетов). Волютин обладает сродством к основным красителям и легко выявляется с помощью специальных методов окраски (например, по Нейссеру) в виде метахроматических гранул. Характерное расположение гранул волютина выявляется у дифтерийной палочки в виде интенсивно прокрашивающихся полюсов клетки. При электронной микроскопии они имеют вид электронно-плотных гранул размером 0,1-1,0 мкм (рисунок 50).

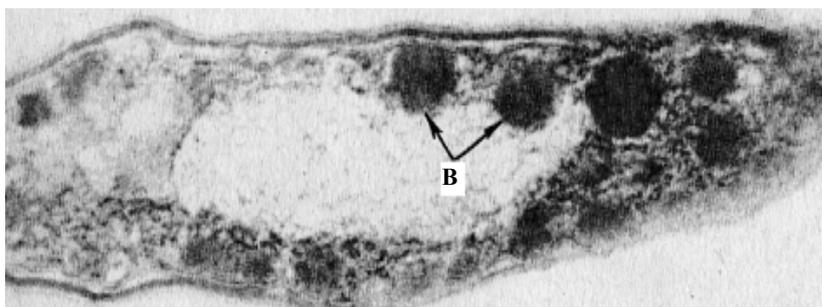


Рисунок 50 - Включения (В) зерен волютина в клетках *Corynebacterium diphtheriae*.

Нуклеоид является генетическим аппаратом бактерий (эквивалент ядра эукариотической клетки). Он расположен в центральной зоне бактериальной клетки и представляет собой двунитевую молекулу ДНК, замкнутую в кольцо и плотно уложенную наподобие клубка. ДНК в развернутом состоянии имеет длину более 1 мм. Нуклеоид бактерий, в отличие от ядра эукариотических клеток, не имеет ядерной оболочки, ядрышка и основных белков (гистонов). Обычно в бактериальной клетке содержится одна хромосома, представленная замкнутой в кольцо молекулой ДНК. Нуклеоид выявляется в световом микроскопе после окраски специфическими для ДНК методами: по Фельгену или по Романовскому-Гимзе. При электронной микроскопии ультратонких срезов бактерий нуклеоид имеет вид светлых зон с фибриллярными, нитевидными структурами ДНК, связанной определенными участками с цитоплазматической мембраной или мезосомой (рисунок 51).

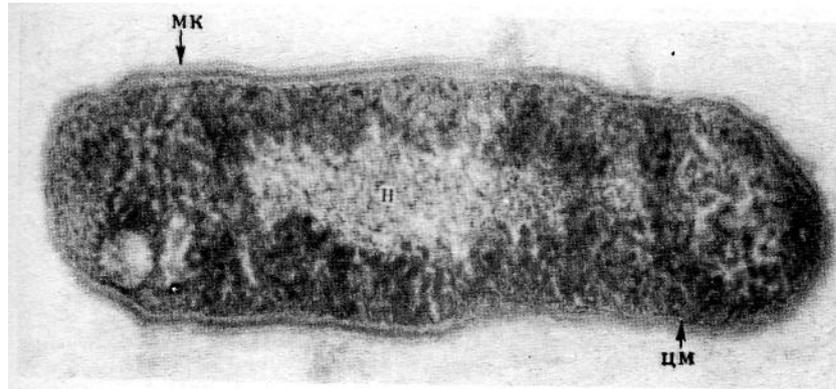


Рисунок 51 - Нуклеоид *Corynebacterium diphtheriae*: МК - микрокапсула, ЦМ - цитоплазматическая мембрана, Н - нуклеоид.

Кроме нуклеоида в цитоплазме бактериальной клетки могут находиться внехромосомные ковалентно замкнутые кольцевые молекулы ДНК или **плазмиды** (рисунок 52).

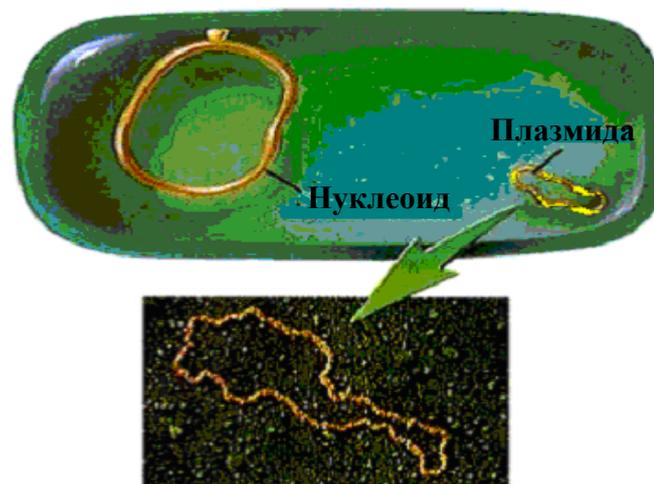


Рисунок 52 - Нуклеоид и плазида в бактериальной клетке.

Некоторые плазмиды могут быть интегрированы с бактериальной хромосомой. Плазмиды придают бактериальной клетке определенные селективные преимущества: устойчивость к антибиотикам (R-плазмиды), продуцирование бактериоцинов (Col-плазмиды), синтез токсинов (Tox-плазмиды) и др. Плазмиды, свойства которых не установлены, называются **криптическими**.

Капсула является надоболочечной структурой клетки, имеющей слизистую консистенцию. Толщина капсулы составляет более 0,2 мкм. Она прочно связана с клеточной стенкой бактерий и имеет четко очерченные внешние границы. Различают макрокапсулу (собственно капсулу) и микрокапсулу. Макрокапсула выявляется в световом микроскопе в виде неокрашенной зоны, окружающей клетку. Капсула хорошо различима в мазках-отпечатках из патологического материала и в мазках, приготовленных из чистых культур бактерий (рисунок 53).

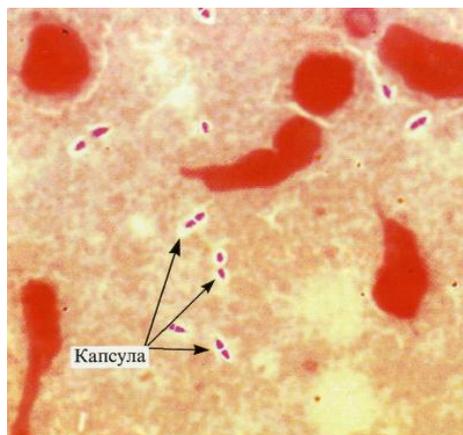


Рисунок 53 – Мазок-отпечаток: капсулы пневмококка, окраска по Граму.

В чистых культурах бактерий капсула выявляется путем окраски препарата по методу Бурри-Гинса. При этом используют тушь и раствор фуксина. Тушь создает темный фон вокруг капсулы, а бактерии окрашиваются фуксином в красный цвет (рисунок 54).

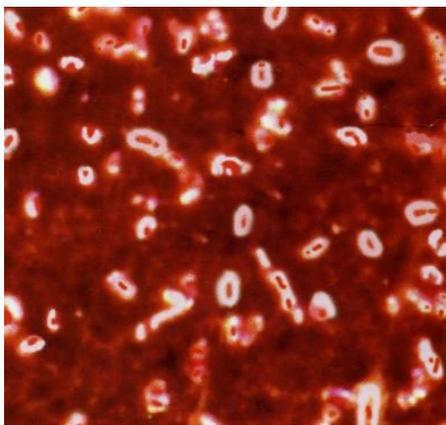


Рисунок 54 - Мазок из чистой культуры *Klebsiella pneumoniae*, окраска по Бурри-Гинсу.

Капсула состоит из полисахаридов (экзополисахаридов), гликопротеинов, полипептидов. Например, у возбудителя сибирской язвы капсула состоит из полимеров D-глутаминовой кислоты. Капсула гидрофильна, включает большое количество воды. Капсула препятствует фагоцитозу бактерий в организме, способствует адгезии бактерий к субстратам, предохраняет бактерии от высыхания. Капсула обладает антигенностью: антитела против капсулы вызывают ее увеличение (реакция набухания капсулы). Капсульные бактерии на плотных питательных средах формируют гладкие блестящие колонии слизистой консистенции. Утрата капсулы снижает патогенность бактерий.

Многие бактерии образуют **микрокапсулу** - слизистое образование на поверхности клетки толщиной менее 0,2 мкм. Микрокапсула выявляется только с помощью электронной микроскопии.

У некоторых бактерий на поверхности клеток обнаруживается слизистый слой. Он не имеет четких внешних границ и прочной связи с клеткой, поэтому легко от нее отделяется. Слизистый слой не виден при световой микроскопии. Он

выявляется серологическими методами или при электронной микроскопии.

Жгутики являются надоболочечными структурами бактериальной клетки. Они выполняют функцию органа движения бактериальной клетки. Жгутики представляют собой тонкие нити, берущие начало от цитоплазматической мембраны. Длина жгутиков значительно превышает размеры клетки. Жгутики выявляются при световой микроскопии только после специального окрашивания: серебрением по Морозову, окраской по Грею. Наиболее четко жгутики выявляются при электронной микроскопии при напылении тяжелыми металлами (рисунок 55).

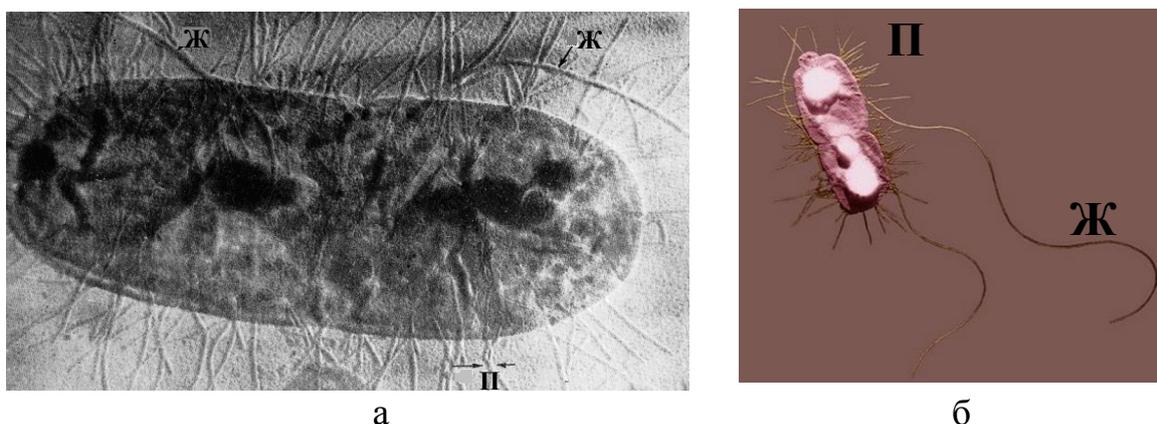


Рисунок 55 - Жгутики (Ж) и пили (П) кишечной палочки. Электронная микроскопия (а) и компьютерное изображение (б).

Толщина жгутиков равна 12-20 нм, длина - 3-15 мкм. Жгутик состоит из 3 частей:

- базальное тельце;
- крюк (колено);
- спиралевидная нить (филамент, собственно жгутик).

Базальное тельце включает в себя стержень с системой дисков и белки мотора. У грамположительных бактерий имеется одна пара дисков, а у грамотрицательных бактерий - две пары дисков. Диска́ми жгутики прикреплены к цитоплазматической мембране и клеточной стенке. Базальное тельце является своего рода электромотором, вращающим жгутик (рисунок 56).

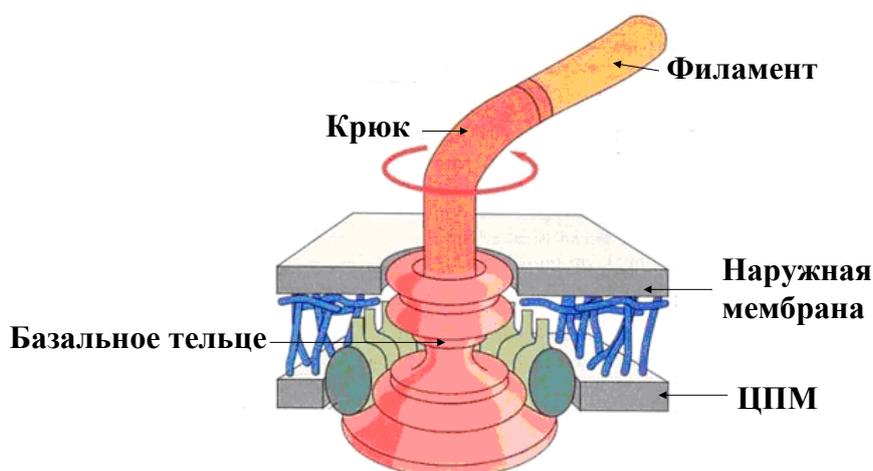


Рисунок 56 - Строение жгутика грамотрицательной бактерии.

В качестве источника энергии при движении жгутиков используется разность потенциалов на цитоплазматической мембране. Скорость вращения жгутика может достигать 100 об/с. При наличии у бактерии нескольких жгутиков они начинают синхронно вращаться, сплетаясь в единый пучок, образующий своеобразный пропеллер. Жгутики вращаются по часовой или против часовой стрелки. В зависимости от этого клетка движется либо вперед, либо назад.

Жгутики состоят из особого белка **флагеллина** (*flagellum* - жгутик). Этот белок обладает высокой антигенной активностью (Н-антиген бактерий). Субъединицы флагеллина закручены в виде спирали. Количество и расположение жгутиков у разных видов бактерий варьирует. Бактериальная клетка может содержать до 1000 жгутиков. В зависимости от количества и локализации жгутиков выделяют следующие группы бактерий (рисунок 57):

- **монотрихи** (греч. *monos* - один, *trichos* - волос) - бактерии, имеющие один жгутик, например, холерный вибрион (рисунок 58);

- **лофотрихи** (греч. *lophos* - пучок, *trichos* - волос) - бактерии, имеющие пучок жгутиков на одном из концов клетки, например, кампилобактерии (рисунок 59);

- **амфитрихи** (греч. *amphi* - с обеих сторон, *trichos* - волос) - бактерии, имеющие по одному жгутику или пучку жгутиков на противоположных концах клетки, например, спириллы (рисунок 60);

- **перитрихи** (греч. *peri* - около, *trichos* - волос) - бактерии, имеющие большое количество жгутиков, покрывающих всю поверхность клетки, например, кишечная палочка (рисунок 61).

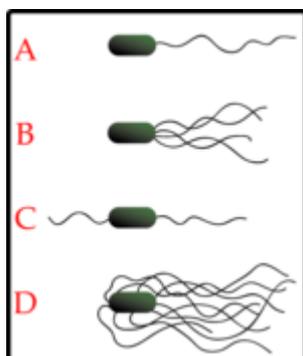


Рисунок 57 - Расположение жгутиков у бактерий: А- монотрихальное; В – лофотрихальное; С – амфитрихальное; D – перитрихальное.

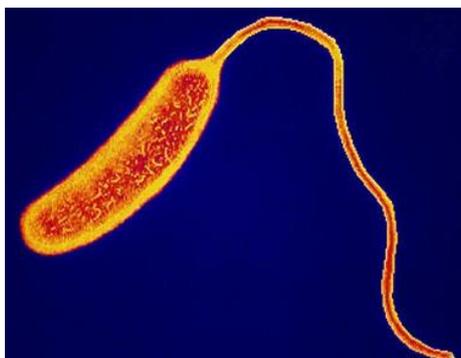


Рисунок 58 - Монотрих.



Рисунок 59 - Лофотрих.



Рисунок 60 - Амфитрих.

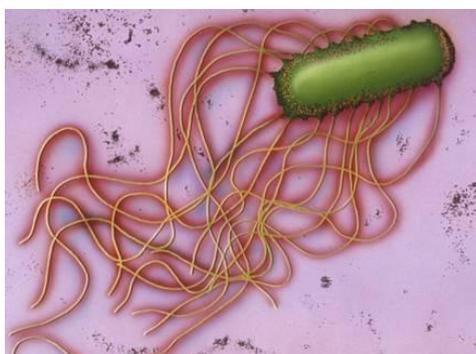


Рисунок 61 – Перитрих.

Пили (фимбрии, ворсинки) - это нитевидные выросты на поверхности клетки. Они имеют толщину 2-10 нм и длину 0,3-20 мкм. Пили располагаются либо перитрихиально, либо локализуются на одном из концов клетки. Пили берут начало от цитоплазматической мембраны и состоят из белка **пилина**. Белковые субъединицы закручены вокруг полой сердцевины. Пили встречаются как у подвижных, так и неподвижных бактерий. Они обладают антигенностью. Различают **общие пили** или **пили первого типа** (пили-адгезины, отвечают за адгезию бактерий к различным субстратам) и половые пили, **пили второго типа** или **конъюгативные пили** (F-пили). Общие пили детерминируются хромосомными генами, а конъюгативные пили - внехромосомным фактором фертильности (F-плазмидой). Обычно на одну клетку приходится несколько сотен пилей, среди них обнаруживается 1-3 половых пили (рисунки 62, 63).

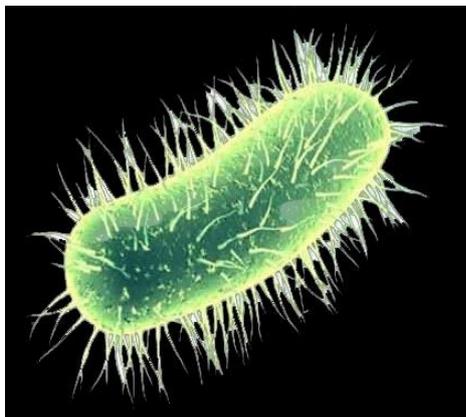


Рисунок 62 – Общие пили.

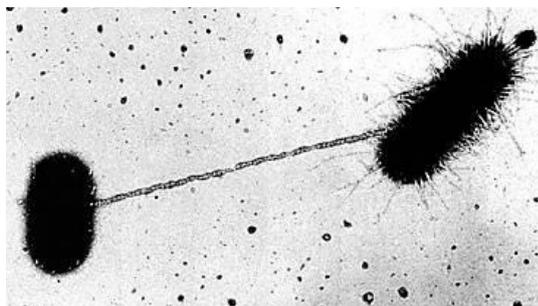


Рисунок 63 – Конъюгативные пили.

Эндоспора (лат. *spora* - семя, посев) - это устойчивая к неблагоприятным воздействиям покоящаяся форма некоторых грамположительных бактерий. Спорообразование является формой сохранения наследственной информации в неблагоприятных условиях. Эндоспоры образуются внутри вегетативных клеток бактериями родов *Bacillus*, *Clostridium*, *Sporolactobacillus*, *Sporosarcina* (рисунок 64).



Рисунок 64 - Электронограмма ультратонкого среза столбнячной палочки в процессе спорообразования.

Споры образуются при неблагоприятных условиях существования бактерий (высушивание, дефицит питательных веществ и др.). Внутри бактериальной клетки образуется одна эндоспора. Образование эндоспор способствует сохранению вида и не является способом размножения бактерий. Схема образования спор представлена на рисунке 65.

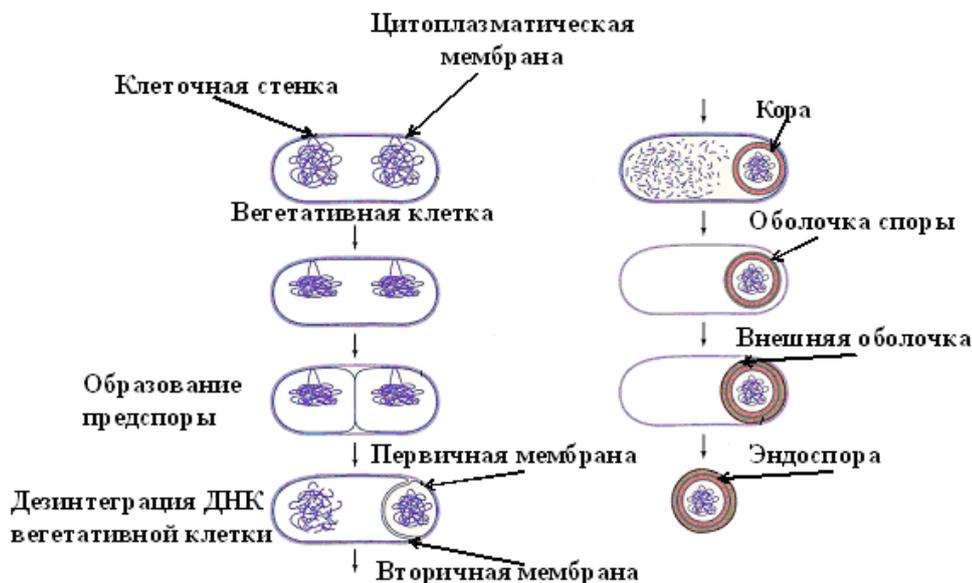


Рисунок 65 - Схема образования спор у бактерий.

Процесс спорообразования протекает в несколько этапов. Вначале цитоплазматическая мембрана врастает внутрь клетки и окружает нуклеоид с частью цитоплазмы, формируя **спорогенную зону**. В результате этого клетка разделяется на две части, одна из которых содержит нуклеоид и является будущей спорой. **Стадия предспоры** характеризуется образованием двухслойной оболочки, между мембранами которой в дальнейшем формируется толстый пептидогликановый слой - **кортекс** (кора). **Стадия созревания споры** сопровождается включением большого количества дипиколиновой кислоты и ионов кальция в спорную оболочку. На этой стадии спора покрывается толстой многослойной оболочкой. В последующем остатки материнской клетки лизируются и зрелая спора высвобождается в окружающую среду.

С помощью электронной микроскопии установлено, что снаружи спора имеет тонкую оболочку (экзоспориум), которая представляет собой 2-3-слойное желатинообразное покрытие. Под экзоспориумом располагается оболочка споры. За оболочкой находится кортекс, внутри которого обнаруживается клеточная стенка споры или стенка ядра споры (стенка сердцевин). Ядро споры содержит нуклеоид, рибосомы, ферменты, белки и другие соединения (рисунок 66).

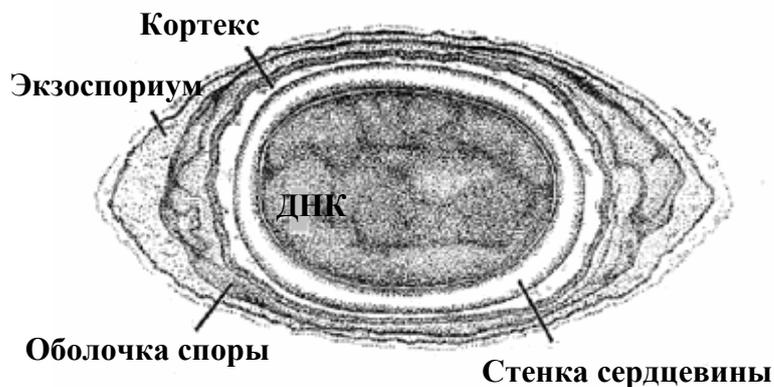
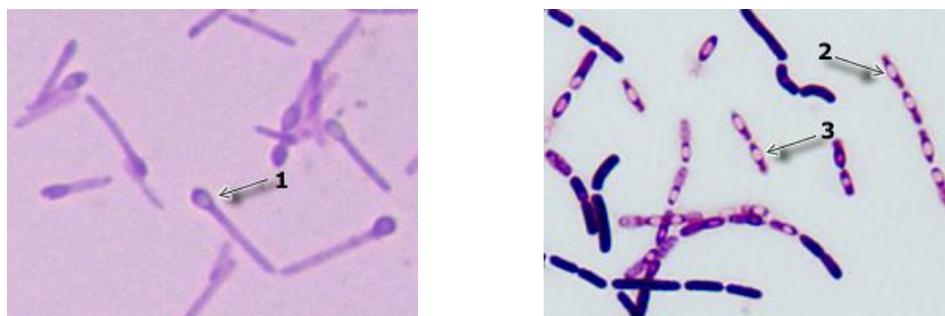
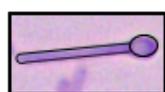


Рисунок 66 - Электронная микрофотография споры.

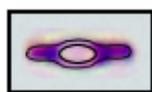
Образование спор продолжается в течение 18-20 часов. Расположение спор в вегетативной клетке бацилл и клостридий может быть **субтерминальным** (у возбудителя ботулизма), **терминальным** (у возбудителя столбняка) и **центральной** (у возбудителя сибирской язвы). Локализация эндоспор в клетке представлена на рисунке 67.



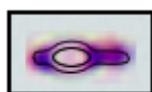
Расположение спор:



1 - терминальное



2 - центральное



3 - субтерминальное

Рисунок 67 - Расположение спор в вегетативной клетке: 1 - бацилл, 2 - клостридий; а - субтерминальное, б - терминальное, в - центральное.

Споры кислотоустойчивы. Для их окраски используют метод Ожешко (Ауески) или Циля-Нильсена. При этом эндоспоры окрашиваются в красный цвет, а вегетативные клетки - в сине-фиолетовый цвет (рисунок 68).

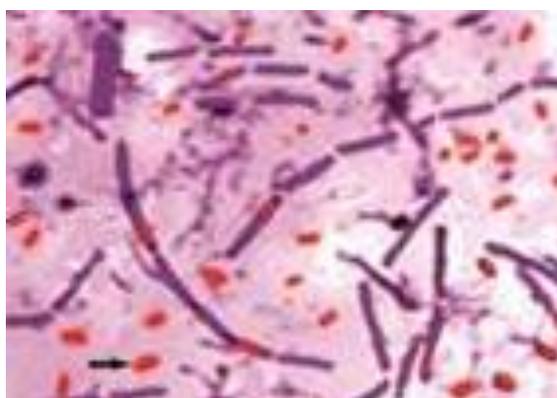


Рисунок 68 - Вегетативные клетки и споры сибиреязвенного микроба, Окраска по методу Циля-Нильсена.

При попадании споры в благоприятные условия происходит ее прорастание.

Проращивание споры осуществляется в течение 4-5 часов. При проращивании также выявляют несколько стадий. Вначале спора активизируется - **стадия активации** (изменяются мембранные ферменты, проявляется дыхательная активность). Затем наступает **стадия инициации**, при которой спора активно поглощает воду, набухает, утрачивает термоустойчивость. Образование зрелой вегетативной клетки происходит во время **стадии выращивания**, в течение которой происходит синтез белков и образование клеточных структур. Из одной споры вырастает одна вегетативная клетка (рисунок 69).



Рисунок 69 - Схема процесса образования спор и вегетативных клеток.

Особое строение имеют клетки спирохет. При электронной микроскопии на поверхности спирохет выявляется непостоянный мукоидный S-слой. Основным структурным элементом клеток спирохет является **протоплазматический цилиндр**, который представляет собой цитоплазму, окруженную цитоплазматической мембраной и пептидогликановым слоем. Протоплазматический цилиндр закручен вокруг осевых (аксиальных) **фибрилл** (эндофлагелл, жгутиков), объединенных в периплазматическую нить и являющихся двигательным аппаратом клетки. Протоплазматический цилиндр и осевые фибриллы покрыты внешней мембраной (оболочкой). В цитоплазме протоплазматического цилиндра располагается нуклеоид спирохет.

Один конец каждой фибриллы закреплен с помощью крюка в цитоплазматической мембране вблизи полюса протоплазматического цилиндра, а другой конец остается свободным. Пространство между цитоплазматической мембраной и внешней оболочкой, в котором располагаются фибриллы, называется периплазматическим пространством или **эндофлагеллярным комплексом** (рисунок 70).

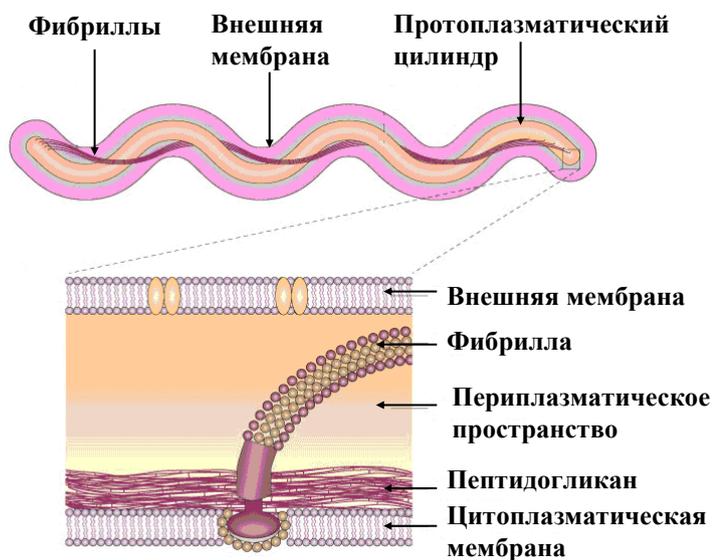


Рисунок 70 - Схематическое строение спирохет.

Таким образом, бактериальная клетка имеет сложное строение. Представители разных таксономических групп бактерий имеют специфическую форму, размеры и особенности строения. Форма, размер бактериальных клеток, наличие у них капсулы, жгутиков и пилей, их способность образовывать эндоспоры характеризуют **морфологические свойства бактерий**, а отношение к анилиновым красителям определяют их тинкториальные свойства.

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

Блок 1 – Форма и размеры бактерий:

1. В чем измеряются размеры бактериальных клеток?
2. Назовите основные формы бактерий.
3. Охарактеризуйте кокковые формы бактерий.
4. Перечислите виды кокковых бактерий.
5. Дайте характеристику палочковидных бактерий.
6. Чем отличаются бациллы от клостридий?
7. Охарактеризуйте палочковидные бактерии.
8. Что представляют собой извитые бактерии?
9. Чем отличаются извитые бактерии друг от друга?
10. Чем отличаются извитые бактерии от изогнутых палочек?

Блок 2 – Структуры бактериальной клетки:

1. Назовите основные структуры бактериальной клетки.
2. Перечислите временные структуры бактериальной клетки.
3. Расскажите о различиях бактериальных оболочек грамположительных и грамотрицательных бактерий.
4. Расскажите о протопластах, сферопластах, L-формах бактерий.
5. Охарактеризуйте строение цитоплазматической мембраны бактерий.
6. Что представляет собой цитоплазма бактерий?

7. Какое строение имеют бактериальные рибосомы и какова их функция?
8. Какие включения присутствуют в цитоплазме бактерий?
9. Чем представлен генетический аппарат бактерий?
10. Что представляют собой капсула бактерий, микрокапсула, слизистые слои?
11. Охарактеризуйте строение жгутиков бактерий.
12. Расскажите о строении и функциях пилей.
13. Дайте характеристику эндоспор бактерий.

Тестовые задания

1. В каких единицах измеряются бактерии:

- в сантиметрах
- в миллиметрах
- + в микрометрах
- в нанометрах
- в ангстремах

2. Какие бактерии имеют спиралевидную форму?

- стафилококки
- + спирохеты
- + боррелии
- бациллы
- клостридии

3. К извитым формам бактерий относятся:

- бациллы
- + лептоспиры
- сальмонеллы
- стафилококки
- + трепонемы

4. В виде цепочек располагаются:

- стафилококки
- микрококки
- + стрептококки
- эшерихии
- лептоспиры

5. Сарцины располагаются:

- одиночно
- попарно
- по 4 клетки
- + в виде пакетов
- в виде гроздьев винограда

6. Стафилококки располагаются:

- одиночно
- попарно
- по 4 клетки
- в виде пакетов
- + в виде гроздьев винограда

7. Диплококки располагаются:

- одиночно
- + попарно
- по 4 клетки
- в виде пакетов
- в виде гроздьев винограда

8. Одну плоскость деления имеют:

- + микрококки
- + стрептококки
- тетракокки
- + диплококки
- сарцины

9. Две плоскости деления имеют:

- микрококки
- стрептококки
- + тетракокки
- диплококки
- сарцины

10. Три плоскости деления имеют:

- микрококки
- стрептококки
- тетракокки
- диплококки
- + сарцины

11. Основными формами бактерий являются:

- + шаровидные (кокки)
- + палочковидные
- + извитые
- звёздчатые
- овоидные

12. К извитым бактериям относятся:

- + спириллы
- + спирохеты
- бациллы

- клостридии
- шигеллы

13. Перечислите 4 формы шаровидных бактерий:

- + сферические
- + эллипсоидные
- + бобовидные
- + ланцетовидные
- вибрионы

14. К диплококкам относятся:

- + менингококки
- + гонококки
- + пневмококки
- стрептококки
- стафилококки

15. К палочковидным микробам относятся:

- + бактерии
- + бациллы
- + клостридии
- микрококки
- диплококки

16. Назовите 2 формы существования бактериальной клетки:

- + вегетативная форма
- + споровая форма
- элементарные тельца
- ретикулярные тельца
- мезосомальная форма

17. Расположите структуры бактериальной клетки от периферии к центру:

- 5-нуклеоид
- 3-цитоплазматическая мембрана
- 1-капсула
- 2-клеточная стенка
- 4-рибосомы

18. Прокариотические клетки содержат:

- ядро
- + нуклеоид
- + мезосомы
- митохондрии
- аппарат Гольджи

19. Эукариотические клетки содержат:

- нуклеоид
- + ядро
- + аппарат Гольджи
- плазмиды
- мезосомы

20. Какая структура клеточной стенки бактерий отвечает за прикрепление к поверхности клеток?

- + капсула
- жгутики
- + пили
- нуклеоид
- мезосома

21. Клеточная стенка бактерий выполняет функции:

- защиту от фагоцитоза
- адгезивную
- дыхательную
- + формообразующую
- двигательную

22. Ригидность клеточной стенки бактерий определяет наличие в ее составе:

- белков
- липидов
- тейхоевых кислот
- + пептидогликана
- полисахаридов

23. Форму бактериальной клетки определяет:

- спора
- жгутики
- плазматическая мембрана
- капсула
- + клеточная стенка

24. Клеточная стенка грамотрицательных бактерий содержит:

- РНК
- + липополисахарид
- пенициллиназу
- бета-лактамазу
- тейхоевые кислоты

25. В состав пептидогликана клеточной стенки входит:

- + тетрапептид
- липополисахарид
- тейхоевая кислота

- + N-ацетилглюкозамин
- флагеллин

26. В состав клеточной стенки грамотрицательных бактерий входят:

- + пептидогликан
- + липополисахарид
- тейхоевая кислота
- пилин
- флагеллин

27. Липополисахариды грамотрицательных бактерий входят в состав:

- цитоплазматической мембраны
- + клеточной стенки
- капсулы
- нуклеоида
- споровой оболочки

28. Клеточная стенка грамположительных бактерий содержит:

- + пептидогликан
- + тейхоевые кислоты
- липополисахарид
- рибосомы
- мезосомы

29. N-ацетилглюкозамин и N-ацетилмурамовая кислота входят в состав:

- + клеточной стенки грамположительных бактерий
- + клеточной стенки грамотрицательных бактерий
- микоплазм
- цитоплазмы бактерий
- нуклеоида бактерий

30. Окрашивание грамотрицательных бактерий в красный цвет объясняется:

- образованием в клетке нерастворимого в спирте комплекса веществ
- химической реакцией между йодом и фуксином
- химической реакцией между раствором Люголя и генцианвиолетом
- химической реакцией между фуксином и генцианвиолетом
- + обесцвечиванием клеточной стенки спиртом

31. Окрашивание грамположительных бактерий в фиолетовый цвет объясняется:

- высоким содержанием в клеточной стенке липидов
- + высоким содержанием в клеточной стенке пептидогликана
- + наличием в клеточной стенке тейхоевых кислот
- высокой концентрацией в клетке углеводов
- наличием капсулы

32. Центром метаболической активности бактериальной клетки является:

- + цитоплазматическая мембрана
- клеточная стенка
- метахроматические гранулы
- капсула
- жгутики

33. Функции цитоплазматической мембраны бактериальной клетки:

- + дыхание
- + размножение
- движение
- формообразование
- защита от фагоцитоза

34. Компонент цитоплазматической мембраны бактериальной клетки:

- белок флагеллин
- тейхоевые кислоты
- + фосфолипиды
- дипиколиновая кислота
- N-ацетилглюкозамин

35. Мезосомы бактерий:

- являются производными капсулы
- представляют собой скопления рибосом
- + представляют собой производные клеточной мембраны
- + участвуют в делении клетки
- являются органом движения

36. Мезосомы бактериальной клетки выполняют функцию:

- защиты от фагоцитоза
- защиты от неблагоприятных факторов внешней среды
- + дыхательную
- адгезивную
- двигательную

37. Нуклеоид бактерий:

- это цитоплазма клетки
- окружен ядерной мембраной
- состоит из РНК
- + состоит из ДНК
- содержит аппарат Гольджи

38. Плазмида это:

- фрагмент клеточной мембраны
- фрагмент споровой оболочки
- + кольцевая молекула ДНК

- скопление бактериальных рибосом
- орган движения бактерий

39. Жгутики выявляют при окраске мазка:

- по Граму
- по Бурри-Гинсу
- по Ожешко
- + серебрением по Морозову
- по Цилю-Нильсену

40. Жгутики бактерий состоят из:

- пептидогликана
- полисахаридов
- + белка флагеллина
- тейхоевых кислот
- белка пилина

41. Жгутики бактерий состоят из:

- головки
- + базального тельца
- + крюка
- + филамента
- чехла

42. Жгутики у бактерий выполняют функцию:

- адгезии
- защиты от фагоцитоза
- + движения
- дыхания
- формообразующую

43. Бактерии с одним жгутиком называют:

- лофотрихами
- + монотрихами
- амфитрихами
- перитрихами
- спириллами

44. Бактерии со жгутиками по всей поверхности клетки называют:

- лофотрихами
- монотрихами
- амфитрихами
- + перитрихами
- спириллами

45. Бактерии с пучком жгутиков на конце клетки называют:

- + лофотрихами
- монотрихами
- амфитрихами
- перитрихами
- спириллами

46. Ворсинки общего типа выполняют функцию:

- защиты от фагоцитоза
- защиты от неблагоприятных факторов внешней среды
- дыхательную
- + адгезивную
- двигательную

47. Ворсинки второго типа выполняют функцию:

- двигательную
- адгезивную
- + участвуют в конъюгации
- защиты от фагоцитоза
- дыхательную

48. За сохранение бактерий в неблагоприятных условиях среды отвечают:

- жгутики
- зерна волютинина
- + эндоспоры
- плазмиды
- нуклеоид

49. Споры бактерий:

- + устойчивы к действию неблагоприятных факторов
- являются органом движения бактерий
- встречаются у патогенных кокков
- отвечают за адгезию бактерий
- имеют жгутики

50. Эндоспоры образуют:

- грамположительные кокки
- + бациллы
- спирохеты
- + клостридии
- грамотрицательные палочки

51. Спорообразование у бактерий это способ:

- размножения
- + выживаемости
- передвижения
- питания

- проникновения в организм

52. К спорообразующим бактериям относятся:

- стафилококки
- стрептококки
- + бациллы
- вибрионы
- + клостридии

53. Эндоспоры бактерий выполняют функцию:

- защиты от фагоцитоза
- + защиты от неблагоприятных факторов внешней среды
- дыхательную
- размножения
- двигательную

54. Устойчивость бактериальных спор во внешней среде обеспечивается

- наличием капсулы
- + низким содержанием воды
- + наличием дипиколиновой кислоты
- отсутствием нуклеиновых кислот
- + наличием многослойной оболочки

55. Капсула бактерий выполняет функцию:

- + защиты от фагоцитоза
- защиты от неблагоприятных факторов внешней среды
- дыхательную
- формообразующую
- двигательную

56. Внутриклеточные включения у бактерий являются:

- фактором защиты от фагоцитоза
- фактором защиты от неблагоприятных воздействий внешней среды
- + запасом питательных веществ
- источником кислорода
- местом спорообразования

57. Необязательными компонентами бактериальной клетки являются:

- нуклеоид
- + капсула
- цитоплазматическая мембрана
- + споры
- + жгутики

58. Обязательными компонентами бактериальной клетки являются:

- жгутики

- + нуклеоид
- пили
- + цитоплазматическая мембрана
- споры

59. Перечислите основные структуры клетки прокариотов:

- + нуклеоид
- + цитоплазма
- + клеточная стенка
- аппарат Гольджи
- митохондрии

60. Перечислите 3 метода выявления нуклеоида:

- + окраска методом Романовского-Гимзы
- + метод Фельгена
- + электронная микроскопия
- метод Пешкова
- люминесцентная микроскопия

61. Назовите поверхностные структуры бактериальной клетки:

- + жгутики
- + пили
- нуклеоид
- рибосомы
- цитоплазматическая мембрана

62. Назовите расположение споры внутри клетки:

- латеральное
- + центральное
- + субтерминальное
- + терминальное
- угловое

63. В состав цитоплазматической мембраны бактериальной клетки входят:

- + белки
- + фосфолипиды
- + углеводы
- пептидогликан
- факторы роста

64. Перечислите функции цитоплазматической мембраны:

- + активный транспорт веществ
- + дыхание
- формообразующая
- + участие в репликации нуклеоида
- + участие в клеточном делении

65. Функции пептидогликана клеточной стенки:

- + механическая защита
- + формообразующая
- участие в делении клетки
- участие в питании клетки
- спорообразующая

66. Назовите типы бактериальных капсул:

- фосфолипидный слой
- + микрокапсула
- + макрокапсула
- + слизистый слой
- липидный слой

67. Функции капсулы бактерий:

- + защита от фагоцитоза
- + защита от действия антител
- защита от ультрафиолетовых лучей
- защита от действия лизоцима
- защита от высокой температуры

68. По химической природе бактериальные капсулы могут быть:

- + белковыми
- + полисахаридными
- + белково-полисахаридными
- липидными
- липополисахаридными

69. Микрокапсулу имеют:

- шигеллы
- возбудитель сибирской язвы
- + энтеропатогенная кишечная палочка
- + возбудитель коклюша
- + стрептококки

70. Макрокапсулу образуют:

- + пневмококки
- + сибиреязвенная палочка
- энтеропатогенная кишечная палочка
- возбудитель коклюша
- возбудитель туберкулеза

71. Капсула у бактерий выявляется с помощью:

- + окраски по методу Бурри-Гинса
- + электронной микроскопии
- окраски по методу Грамма

- окраски по методу Циля-Нильсена
- окраски по методу Лёффлера

72. В клетках прокариотов встречаются включения:

- + полисахаридов
- + полифосфатов
- + соединения серы
- соли тяжелых металлов
- витамины

73. Спирохеты содержат:

- + цитоплазматический цилиндр
- + фибриллы
- + блефаропласт
- аппарат Гольджи
- ядерную мембрану

74. Способы размножения спирохет:

- + поперечное деление
- + образование цист
- почкование
- фрагментация
- спорами

75. К патогенным спирохетам относятся:

- хламидии
- + трепонемы
- + боррелии
- + лептоспиры
- микоплазмы

Примечание: правильные ответы отмечены знаком +.

Список использованных источников

1. Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии: Учебное пособие для студентов медицинских вузов / Под ред. А.А. Воробьева, А.С. Быкова – М.: Медицинское информационное агентство, 2003. – 236 с.: ил.

2. Воробьев А.А. Медицинская и санитарная микробиология: учеб. пособие для студ. высш. мед. учеб. заведений / А.А. Воробьев, Ю.С. Кривошеин, В.П. Ширококов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр “Академия”, 2006. – 464 с.

3. Воробьев А.А., Быков А.С., Пашков Е.П., Рыбаков А.М. Микробиология: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1998. – 336 с.: ил.

4. Коротяев А.И., Бабичев С.А. Медицинская микробиология, иммунология и вирусология: учебник для мед. вузов / А.И. Коротяев, С.А. Бабичев. - СПб.:

СпецЛит, 2008. – 4-е изд., испр и доп. - 767 с.: ил.

5. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология: Учебник для студентов медицинских вузов / Под ред. А.А. Воробьева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ООО “Медицинское информационное агентство”, 2006. – 704 с.; ил., табл.

6. Мотавкина Н.С., Артемкин В.Д. Атлас по микробиологии и вирусологии. М.: Медицина, 1976. – 307 с.: ил.

7. Пожарская В.О., Райкис Б.Н., Казиев А.Х. Общая микробиология с вирусологией и иммунологией (в графическом изображении). Учебное пособие. М.: “Триада X”, 2004. – 352 с.

8. Поздеев О.К. Медицинская микробиология / Под ред. В.И. Покровского. – 3-е изд., стереотип. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 768 с.: ил.

9. Руководство по медицинской микробиологии. Общая и санитарная микробиология. Книга 1 / Колл. Авторы // Под редакцией Лабинской А.С., Воиной Е.Г. – М.: Издательство БИНОМ, 2008. – 1080 с.: ил.

10. Частная медицинская микробиология с техникой микробиологических исследований: Учебное пособие / Под ред. А.С. Лабинской, Л.П. Блинковой, А.С. Ещиной. – М.: ОАО “Издательство “Медицина”, 2005. – 600 с.: ил.

11. Информационные ресурсы (WEB-ресурсы) по медицинской микробиологии и иммунологии (Интернет – сайты):

- <http://www.microbiology.ru>

- <http://ru.wikipedia.org>

- <http://immunology.ru>

- <http://www.rusmedserv.com>

- <http://www.molbiol.ru>

Иллюстрированное учебное пособие

Литусов Николай Васильевич

Морфология и структура бактерий