

ЛЕКЦИЯ №4

ТЕМА: СТРОЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ

- Клетка прокариотических организмов имеет сложное строение и обладает принципиальными особенностями ультраструктурной организации и химического состава.

Структурные компоненты бактериальной клетки делят на

- *основные*
- *Временные*
- ✓ Основными структурами являются: клеточная стенка, цитоплазматическая мембрана с ее производными, цитоплазма с рибосомами и различными включениями, нуклеоид; временными - капсула, слизистый чехол, жгутики, ворсинки, эндоспоры, образующиеся лишь на определенных этапах жизненного цикла бактерий, у некоторых видов они отсутствуют полностью.

- У прокариотической клетки структуры, расположенные снаружи от цитоплазматической мембраны, называют поверхностными (клеточная стенка, капсула, жгутики, ворсинки).
- Термин «оболочка» в настоящее время используется для обозначения клеточной стенки и капсулы бактерий или только клеточной стенки, цитоплазматическая мембрана не входит в состав оболочки и относится к протопласту.

БАКТЕРИАЛЬНАЯ КЛЕТКА СОСТОИТ ИЗ

- клеточной стенки
- цитоплазматической мембраны
- цитоплазмы
- нуклеоида
- ✓ Имеются дополнительные структуры:
- Капсула
- микрокапсула
- Слизь
- жгутики
- пили.
- Некоторые бактерии в неблагоприятных условиях способны образовывать споры.

КЛЕТОЧНАЯ СТЕНКА

- ⦿ важный структурный элемент бактериальной клетки, располагающийся между цитоплазматической мембраной и капсулой;
у бескапсульных бактерий - это внешняя оболочка клетки. Она обязательна для всех прокариот, за исключением микоплазм и L-форм бактерии.
- ⦿ Выполняет ряд функций: защищает бактерии от осмотического шока и других повреждающих факторов, определяет их форму, участвует в метаболизме; у многих видов патогенных бактерий токсична, содержит поверхностные антигены, а также несет на поверхности специфические рецепторы для фагов. В клеточной стенке бактерий имеются поры, которые участвуют в транспорте экзотоксинов и других экзобелков бактерий. Толщина клеточной стенки 10-100нм, и на ее долю приходится от 5 до 50% сухих веществ клетки.

- Основным компонентом клеточной стенки бактерии является пептидогликан, или муреин (лат. Murgus-стенка)- опорный полимер сетчатой структуры, образующий ригидный наружный каркас бактериальной клетки.

Бактерии подразделяются

```
graph TD; A[Бактерии подразделяются] --> B[грамположительные]; A --> C[грамотрицательные]
```

грамположительные

грамотрицательные

- *Клеточная стенка грамположительных бактерий* плотно прилегает к цитоплазматической мембране, массивна, ее толщина находится в пределах 20–100 нм. Для нее характерно наличие тейхоевых кислот.
- Клеточная стенка грамотрицательных бактерий многослойна, ее толщина составляет 14–17 нм. Внутренний слой — пептидогликан, который образует тонкую (2 нм) непрерывную сетку, окружающую клетку.

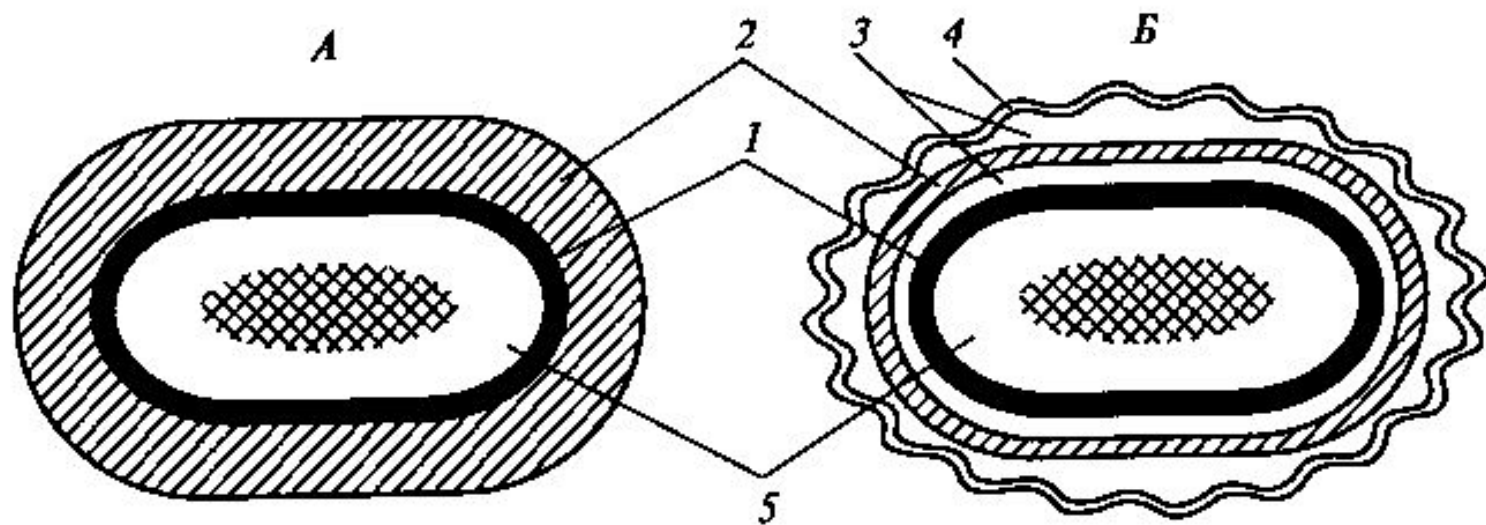


Рис. 5. Клеточная стенка грамположительных (А) и грамотрицательных (Б) эубактерий:

1 — цитоплазматическая мембрана; 2 — пептидогликан; 3 — периплазматическое пространство; 4 — наружная мембрана; 5 — цитоплазма, в центре которой расположена ДНК

ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ МЕМБРАНА И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫЕ (ПЛАЗМОЛЕММА)

- *Плазмолемма*-полупроницаемая липопротеидная структура бактериальных клеток, отделяющая цитоплазму от клеточной стенки.
- Цитоплазматическая мембрана представляет собой белково-липидный комплекс, состоящий из 50-75% белков и 15-20% липидов.
- Цитоплазматическая мембрана играет роль осмотического барьера клетки, контролирует поступление питательных веществ, выход продуктов метаболизма наружу, осуществляют перенос органически и неорганических молекул.

- В процессе роста клетки плазмолемма образует многочисленные инвагинаты, формирующие внутрицитоплазматические мембраны структуры. Локальные инвагинаты мембраны получили названия мезосом. Они хорошо выражены у грамположительных бактерий, хуже у грамотрицательных и плохо у риккетсий и микоплазм.

ЦИТОПЛАЗМА

- содержимое бактериальной клетки, отграниченное цитоплазматической мембраной. Состоит из цитозоля — гомогенной фракции, включающей растворимые компоненты РНК, вещества субстрата, ферменты, продукты метаболизма, и структурных элементов — рибосом, внутрицитоплазматических мембран, включений и нуклеоида.
- Рибосомы — органоиды, осуществляющие биосинтез белка. Состоят из белка и РНК, соединенных в комплекс водородными и гидрофобными связями.

- В цитоплазме бактерий выявляются различного типа включения. Они могут быть твердыми, жидкими и газообразными, с белковой мембраной или без нее и присутствовать непостоянно. Значительная часть их представляет собой запасные питательные вещества и продукты клеточного метаболизма. К запасным питательным веществам относятся: полисахариды, липиды, отложения серы и др. Из включений полисахаридной природы чаще обнаруживаются гликоген и крахмалоподобное вещество гранулеза, которые служат источником углерода и энергетическим материалом. Липиды накапливаются в клетках в виде гранул и капелек жира.

НУКЛЕОИД

- ◉ *Нуклеоид* -ядро у прокариот. Он состоит из одной замкнутой в кольцо двухспиральной нити ДНК длиной 1,1 –1,6 нм, которую рассматривают как одиночную бактериальную хромосому, или *генофор*.
- ◉ Нуклеоид у прокариот не ограничен от остальной части клетки мембраной – у него отсутствует ядерная оболочка.

- В состав структур нуклеоида входят РНК-полимераза, основные белки и отсутствуют гистоны; хромосома закрепляется на цитоплазматической мембране, а у грамположительных бактерий – на мезосоме. Бактериальная хромосома реплицируется поликонсервативным способом: родительская двойная спираль ДНК раскручивается и на матрице каждой полинуклеотидной цепи собирается новая комплементарная цепочка. Нуклеоид не имеет митотического аппарата, и расхождение дочерних ядер обеспечивается ростом цитоплазматической мембраны.

- Бактериальное ядро – дифференцированная структура. В зависимости от стадии развития клетки нуклеоид может быть прерывистым и состоять из отдельных фрагментов. Это связано с тем, что деление бактериальной клетки во времени осуществляется после завершения цикла репликации молекулы ДНК и оформления дочерних хромосом.
- В нуклеоиде сосредоточен основной объем генетической информации бактериальной клетки.
- Кроме нуклеоида в клетках многих бактерий обнаружены внехромосомные генетические элементы — плазмиды, представленные небольшими кольцевыми молекулами ДНК, способными к автономной репликации.

КАПСУЛА

- ✓ слизистый слой, расположенный над клеточной стенкой бактерии. Вещество капсулы четко отграничено от окружающей среды. В зависимости от толщины слоя и прочности соединения с бактериальной клеткой различают видимую
 - ⊙ макрокапсулу, толщиной более 0,2 мкм
 - ⊙ микрокапсулу, толщиной менее 0,2 мкм

Капсула не является обязательной структурой бактериальной клетки: потеря ее не приводит к гибели бактерии. Известны бескапсульные мутанты бактерий, например сибиреязвенный вакцинный штамм СТИ-1.

- Вещество капсул состоит из высокогидрофильных мицелл, химический же состав их весьма разнообразен.
- Синтез капсулы – сложный процесс и у различных прокариот имеет свои особенности; считают, что биополимеры капсулы синтезируются на наружной поверхности цитоплазматической мембраны и выделяются на поверхность клеточной стенки в определенных специфических ее участках.
- Существуют бактерии, синтезирующие слизь, которая откладывается на поверхности клеточной стенки в виде бесструктурного слоя полисахаридной природы. Слизистое вещество, окружающее клетку, по толщине часто превосходит диаметр последней. У сапрофитной бактерии лейконостока наблюдается образование одной капсулы для многих особей. Такие скопления бактерий, заключенных в общую капсулу, называются зооглеями.

- Капсула – полифункциональный органоид, выполняющий важную биологическую роль. Она является местом локализации капсульных антигенов, определяющих вирулентность, антигенную специфичность и иммуногенность бактерий. Утрата капсулы у патогенных бактерий резко снижает их вирулентность. Капсулы обеспечивают выживание бактерий, защищая их от механических повреждений.

ЖГУТИКИ

- Жгутики – органоиды движения бактерий, представленные тонкими, длинными, нитевидными структурами белковой природы. Их длина превышает бактериальную клетку в несколько раз и составляет 10–20 мкм, а у некоторых спирилл достигает 80–90 мкм. Нить жгутика (фибрилла) – полный спиральный цилиндр диаметром 12–20 нм.
- Жгутик состоит из трех частей:
 - ❖ спиральной нити
 - ❖ крюка
 - ❖ базального тельца.

Крюк – изогнутый белковый цилиндр, выполняющий функцию гибкого связывающего звена между базальным тельцем и жесткой нитью жгутика.

Базальное тельце – сложная структура, состоящая из центрального стержня (оси) и колец.

- Жгутики не являются жизненно важными структурами бактериальной клетки.
- Количество жгутиков (от 1 до 50 и более) и места их локализации у бактерий разных видов неодинаковы, но стабильны для одного вида. В зависимости от этого выделяют следующие группы жгутиковых бактерий:
- моитрихи – бактерии с одним полярно расположенным жгутиком
- амфитрихи – бактерии с двумя полярно расположенными жгутиками или имеющие по пучку жгутиков на обоих концах
- лофотрихи – бактерии, имеющие пучок жгутиков на одном конце клетки
- перитрихи – бактерии с множеством жгутиков, расположенных по бокам клетки или на всей ее поверхности.

Бактерии, не имеющие жгутиков, называют атрихиями.



- а — монотрихи
- б — амфитрихи
- в — лототрихи
- г — перитрихи

- Бактерии передвигаются беспорядочно, однако они способны к направленным формам движения – таксисам, которые определяются внешними стимулами. Реагируя на различные факторы окружающей среды, бактерии за короткое время локализуются в оптимальной зоне обитания. Таксис может быть положительным и отрицательным. Принято различать:
 - хемотаксис
 - аэротаксис
 - фототаксис
 - магнототаксис.

Хемотаксис вызывается разницей в концентрации химических веществ в среде

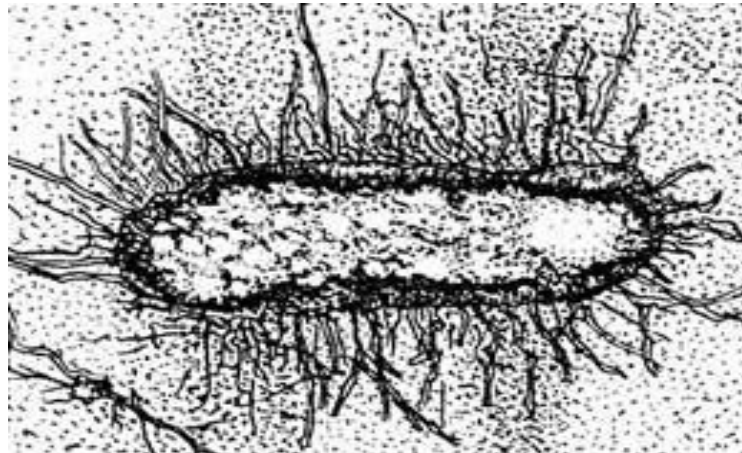
Аэротаксис – кислорода

Фототаксис – интенсивностью освещения

Магнитотаксис -определяется способностью микроорганизмов ориентироваться в магнитном поле.

ПИЛИ

- Пили (фимбрии, ворсинки) – прямые, тонкие, полые белковые цилиндры, отходящие от поверхности бактериальной клетки. Образованы специфическим белком – пилином, берут начало от цитоплазматической мембраны, встречаются у подвижных и неподвижных форм бактерий.



Существует два класса пилей:

- ⦿ половые (секспили)
- ⦿ пили общего типа

У одной и той же бактерии могут быть пили разной природы.

Половые пили возникают на поверхности бактерий в процессе конъюгации и выполняют функцию органелл, через которые происходит передача генетического материала (ДНК) от донора к реципиенту.

- Пили общего типа располагаются перитрихиально (кишечная палочка) или на полюсах (псевдомонады); одна бактерия их может содержать сотни. Они принимают участие в слипании бактерий в агломераты, прикреплении микробов к различным субстратам, в том числе к клеткам (адгезивная функция), в транспорте метаболитов, а также способствуют образованию пленок на поверхности жидких сред; вызывают агглютинацию эритроцитов.

СПОРЫ

- ◎ **Споры (эндоспоры) бактерий**- особое состояние покоящихся репродуктивных клеток, характеризующееся резко сниженным уровнем метаболизма и высокой резистентности.

Бактериальная спора формируется внутри материнской клетки и называется эндоспорой. Способностью к образованию спор обладают палочковидные грамположительные бактерии родов *Bacillus* и *Clostridium*, и шаровидных бактерий- *Sporosarcina ureae*. Внутри бактериальной клетки образуется только одна спора.

- Основная функция спор- сохранение бактерий в неблагоприятный условиях окружающей среды. переход бактерии спорообразованию наблюдается при истощении питательного субстрата, недостатке углерода, азота, фосфора, повышение содержания кислорода и др.
- От вегетативных клеток споры отличаются, почти полным отсутствием обмена веществ (анабиозом), малым количеством свободной воды в цитоплазме, повышением в ней концентрации катионов кальция и появлением дипиколиновой кислоты в виде Са-делата, с которыми связывают пребывание спор в состоянии покоя и их термоустойчивость.

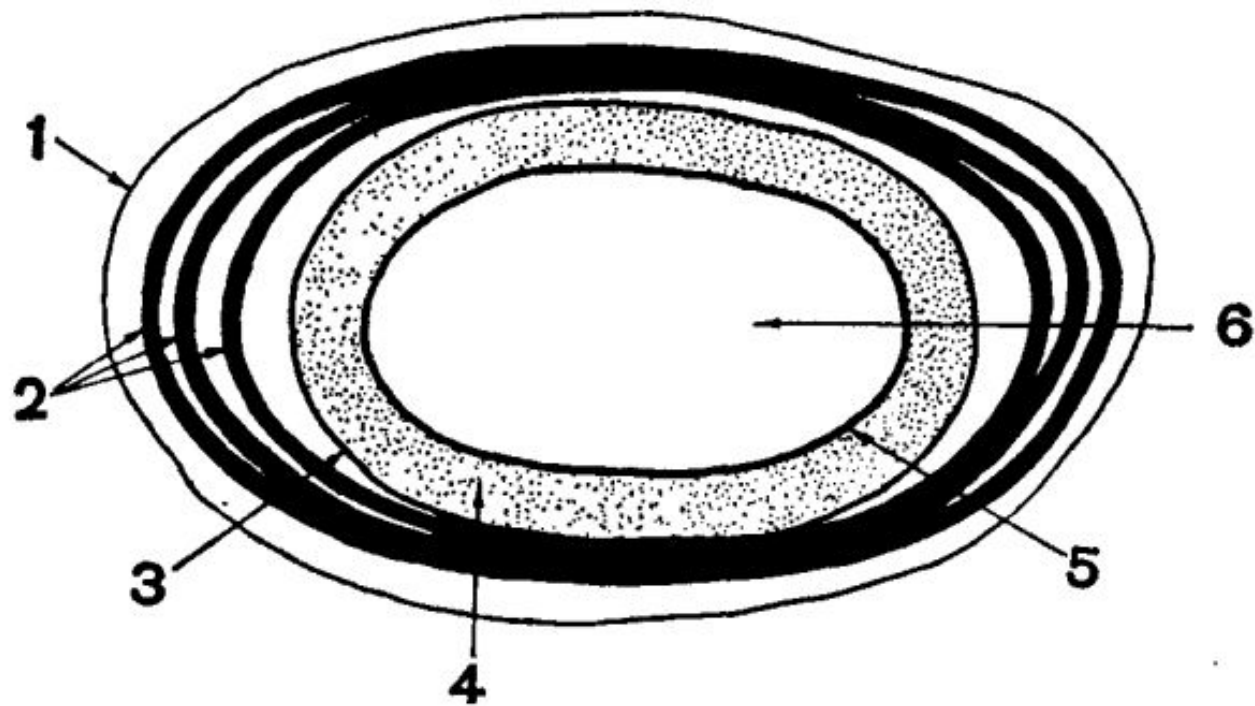


Рис. 65. Схематическое изображение строения споры:
1 — экзоспориум; 2 — слой споровой оболочки; 3 — внешняя мембрана споры; 4 — кора; 5 — внутренняя мембрана споры; 6 — сердцевина.

- Спорообразование (споруляция) – один из сложнейших процессов дифференцировки бактериальной клетки, который контролируется комплексом специальных генов – *спорулоном*. У многих бацилл во время образования спор синтезируются полипептидные антибиотики, подавляющие рост вегетативных клеток.

Процесс образования спор проходит ряд последовательных стадий:

- - подготовительная. Изменяется метаболизм, завершается репликация ДНК, и происходит ее конденсация. Клетка содержит два или более нуклеоида, один из них локализуется в спорогенной зоне, остальные – в цитоплазме спорангия. Одновременно синтезируется дипиколиновая кислота;
- - стадия предспоры. Со стороны цитоплазматической мембраны вегетативной клетки происходит вращение двойной мембраны, или септы, отделяющей нуклеоид с участком уплотненной цитоплазмы (спорогенная зона). В результате чего образуется проспора, окруженная двумя мембранами;
- - образование оболочек. Вначале между мембранами проспоры образуется зачаточный пептидогликановый слой, затем над ним откладывается толстый пептидогликановый слой кортекса и вокруг его наружной мембраны формируется споровая оболочка;
- - созревание споры. Заканчивается образование всех структур споры, она становится термоустойчивой, приобретает характерную форму и занимает определенное положение в клетке.

- При попадании в благоприятные условия споры прорастают в вегетативные клетки. Этот процесс начинается с поглощения воды и гидратации структур споры. Одновременно активизируются ферменты и резко возрастает энергия дыхания. Литические ферменты разрушают покровы споры и пептидогликан кортекса, выделяются наружу дипиколиновая кислота и соли кальция. На месте разрыва оболочки споры возникает ростовая трубка и формируется вегетативная клетка. Прорастание спор длится около 4–5 ч.
- Споры бактерий устойчивы к действию высоких температур, химических соединений, в том числе органических растворителей и поверхностно-активных веществ; могут длительное время (десятки, сотни лет) существовать в покоящемся состоянии.