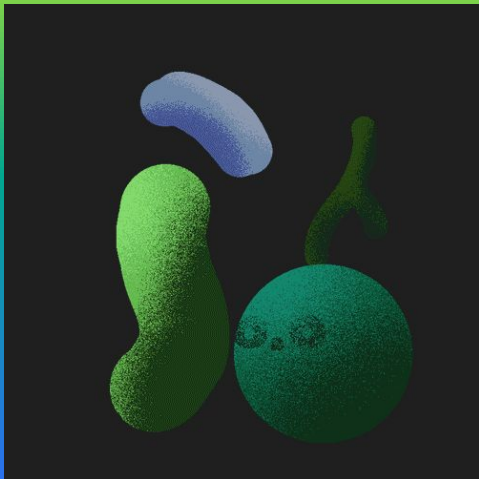


# Строение бактериальной клетки. Отличия прокариот от эукариот

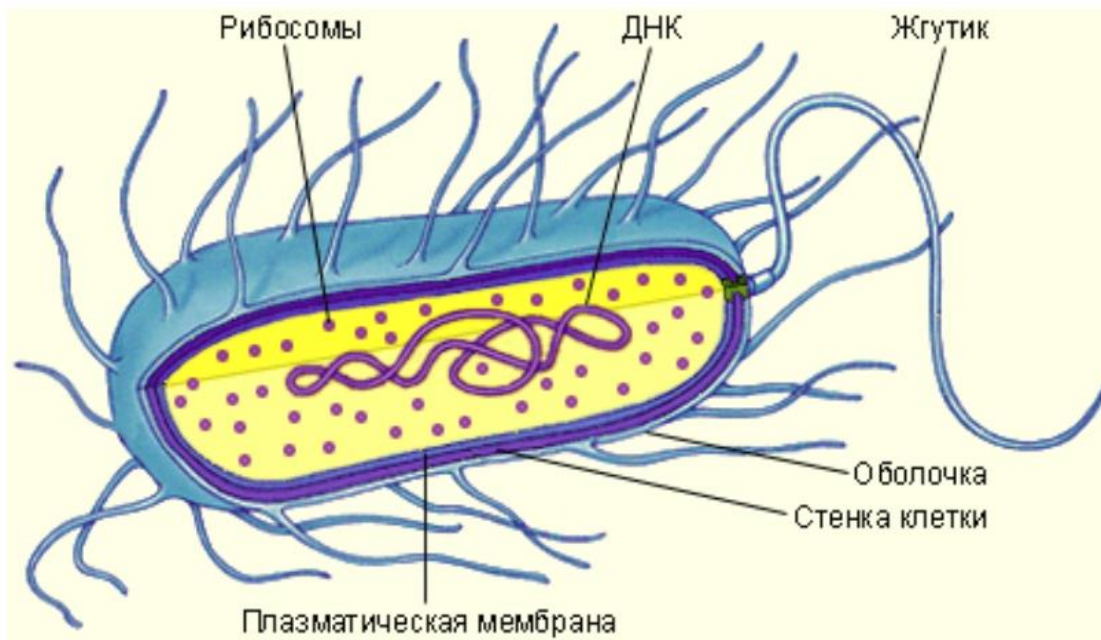


Уткина  
Виктория

Бактериальная клетка состоит из клеточной стенки, цитоплазматической мембраны, цитоплазмы с включениями и ядерного аппарата, называемого нуклеоидом. Имеются другие структуры: мезосома, хроматофоры, тилакоиды, вакуоли, включения полисахаридов, жировые капельки, капсула (микрокапсула, слизь), жгутики, пили. Некоторые бактерии способны образовывать споры.

Структуру и морфологию бактерий изучают с помощью различных методов микроскопии: световой, фазово-контрастной, интерференционной, темнопольной, люминесцентной и элект

## Строение клетки бактерий:



# Клеточная стенка

- В клеточной стенке грамположительных бактерий содержится небольшое количество полисахаридов, липидов, белков. Основным компонентом клеточной стенки этих бактерий является многослойный пептидогликан (муреин, мукопептид), составляющий 40—90% массы клеточной стенки. С пептидогликаном клеточной стенки грамположительных бактерий ковалентно связаны тейхоевые кислоты (от греч. *teichos* — стенка). В состав клеточной стенки грамотрицательных бактерий входит наружная мембрана, связанная посредством липопротейна с подлежащим слоем пептидогликана. На ультратонких срезах бактерий наружная мембрана имеет вид волнообразной трехслойной структуры, сходной с внутренней мембраной, которую называют цитоплазматической. Основным компонентом этих мембран является бимолекулярный (двойной) слой липидов. Внутренний слой наружной мембраны представлен фосфолипидами, а в наружном слое расположен липополисахарид (ЛПС). Липополисахарид наружной мембраны состоит из трех фрагментов: липида А - консервативной структуры, практически одинаковой у грамотрицательных бактерий; ядра, или стержневой, коровой части (лат. *core* — ядро), относительно консервативной олигосахаридной структуры (наиболее постоянной частью ядра ЛПС является кетодезоксиоктоновая кислота); высоковариабельной О-специфической цепи полисахарида, образованной повторяющимися идентичными олигосахаридными последовательностями (О-антиген). Белки матрикса наружной мембраны пронизывают ее таким образом, что молекулы белка, называемые поринами, окаймляют гидрофильные поры, через которые проходят вода и мелкие гидрофильные молекулы. При нарушении синтеза клеточной стенки бактерий под влиянием лизоцима, пенициллина, защитных факторов организма образуются клетки с измененной (часто шаровидной) формой: протопласты — бактерии, полностью лишенные клеточной стенки; сферопласты - бактерии с частично сохранившейся клеточной стенкой. Бактерии сферо- или протопластного типа, утратившие способность к синтезу пептидогликана под влиянием антибиотиков или других факторов и способные размножаться, называются L-формами. Они представляют собой осмотически чувствительные, шаровидные, колбовидные клетки различной величины, в том числе и проходящие через бактериальные фильтры. Некоторые L-формы (нестабильные) при удалении фактора, приведшего к изменениям бактерий, могут реверсировать, «возвращаясь» в исходную бактериальную клетку. Между наружной и цитоплазматической мембранами находится периплазматическое пространство, или периплазма, содержащая ферменты (протеазы, липазы, фосфатазы, нуклеазы, бета-лактомазы) и компоненты транспортных систем.

# Цитоплазматическая мембрана

- Цитоплазматическая мембрана при электронной микроскопии ультратонких срезов представляет собой трехслойную мембрану (2 темных слоя толщиной по 2,5 нм разделены светлым - промежуточным). По структуре она похожа на плазмалемму клеток животных и состоит из двойного слоя фосфолипидов с внедренными поверхностными, а также интегральными белками, как бы пронизывающими насквозь структуру мембраны. При избыточном росте (по сравнению с ростом клеточной стенки) цитоплазматическая мембрана образует инвагинаты — впячивания в виде сложно закрученных мембранных структур, называемые мезосомами. Менее сложно закрученные структуры называются внутрицитоплазматическими мембранами.



# Цитоплазма

Цитоплазма состоит из растворимых белков, рибонуклеиновых кислот, включений и многочисленных мелких гранул — рибосом, ответственных за синтез (трансляцию) белков. Рибосомы бактерий имеют размер около 20 нм и коэффициент седиментации 70S, в отличие от 80S-рибосом, характерных для эукариотических клеток. Рибосомные РНК (рРНК) - консервативные элементы бактерий («молекулярные часы» эволюции). 16S рРНК входит в состав малой субъединицы рибосом, а 23S рРНК - в состав большой субъединицы рибосом. Изучение 16S рРНК является основой геносистематики, позволяя оценить степень родства организмов.

В цитоплазме имеются различные включения в виде гранул гликогена, полисахаридов, бета-оксимасляной кислоты и полифосфатов (волютин). Они являются запасными веществами для питания и энергетических потребностей бактерий. 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.





# Нуклеоид

- Нуклеоид — эквивалент ядра у бактерий. Он расположен в центральной зоне бактерий в виде двунитевой ДНК, замкнутой в кольцо и плотно уложенной наподобие клубка. Ядро бактерий, в отличие от эукариот, не имеет ядерной оболочки, ядрышка и основных белков (гистонов). Обычно в бактериальной клетке содержится одна хромосома, представленная замкнутой в кольцо молекулой ДНК. Кроме нуклеоида, представленного одной хромосомой, в бактериальной клетке имеются внехромосомные факторы наследственности - плазмиды, представляющие собой ковалентно замкнутые кольца ДНК.



# Капсула, микрокапсула, слизь

- Капсула - слизистая структура толщиной более 0,2мкм, прочно связанная с клеточной стенкой бактерий и имеющая четко очерченные внешние границы. Капсула различима в мазках-отпечатках из патологического материала. В чистых культурах бактерий капсула образуется реже. Она выявляется при специальных методах окраски мазка (например, по Бурри-Гинсу), создающих негативное контрастирование веществ капсулы: тушь создает темный фон вокруг капсулы. Капсула состоит из полисахаридов (экзополисахаридов), иногда из полипептидов, например, у сибиреязвенной бациллы она состоит из полимеров D-глутаминовой кислоты. Капсула гидрофильна, препятствует фагоцитозу бактерий. Капсула антигенна: антитела против капсулы вызывают ее увеличение (реакция набухания капсулы). Многие бактерии образуют микрокапсулу - слизистое образование толщиной менее 0,2мкм, выявляемое лишь при электронной микроскопии. От капсулы следует отличать слизь - мукоидные экзополисахариды, не имеющие четких границ. Слизь растворима в воде. Бактериальные экзополисахариды участвуют в адгезии (прилипанию к субстратам), их еще называют гликокаликсом. Кроме синтеза экзополисахаридов бактериями, существует и другой механизм их образования: путем действия внеклеточных ферментов бактерий на дисахариды. В результате этого образуются декстраны и леваны.

# Жгутики

- Жгутики бактерий определяют подвижность бактериальной клетки. Жгутики представляют собой тонкие нити, берущие начало от цитоплазматической мембраны, имеют большую длину, чем сама клетка. Толщина жгутиков 12-20 нм, длина 3-15 мкм. Они состоят из 3 частей: спиралевидной нити, крюка и базального тельца, содержащего стержень со специальными дисками (1 пара дисков - у грамположительных и 2 пары дисков - у грамотрицательных бактерий). Дисками жгутики прикреплены к цитоплазматической мембране и клеточной стенке. При этом создается эффект электромотора со стержнем-мотором, вращающим жгутик. Жгутики состоят из белка - флагеллина (от *flagellum* - жгутик); является Н-антигеном. Субъединицы флагеллина закручены в виде спирали. Число жгутиков у бактерий различных видов варьирует от одного (монотрих) у холерного вибриона до десятка и сотен жгутиков, отходящих по периметру бактерии (перитрих) у кишечной палочки, протей и др. Лофотрихи имеют пучок жгутиков на одном из концов клетки. Амфитрихи имеют по одному жгутику или пучку жгутиков на противоположных концах клетки.





# Пили

Пили (фимбрии, ворсинки) - нитевидные образования, более тонкие и короткие (3-10нм x 0, 3-10мкм) , чем жгутики. Пили отходят от поверхности клетки и состоят из белка пилина, обладающего антигенной активностью. Различают пили, ответственные за адгезию, то есть за прикрепление бактерий к поражаемой клетке, а также пили, ответственные за питание, водносолевой обмен и половые (F-пили), или конъюгационные пили. Пили многочисленны - несколько сотен на клетку. Однако, половых пилей обычно бывает 1-3 на клетку: они образуются так называемыми "мужскими" клетками-донорами, содержащими трансмиссивные плазмиды (F-, R-, Col-плазмиды). Отличительной особенностью половых пилей является взаимодействие с особыми "мужскими" сферическими бактериофагами, которые интенсивно адсорбируются на половых пиллях.



# Споры

- Споры - своеобразная форма покоящихся фирмикутных бактерий, т.е. бактерий с грамположительным типом строения клеточной стенки. Споры образуются при неблагоприятных условиях существования бактерий (высушивание, дефицит питательных веществ и др.). Внутри бактериальной клетки образуется одна спора (эндоспора). Образование спор способствует сохранению вида и не является способом размножения, как у грибов. Спорообразующие бактерии рода *Bacillus* имеют споры, не превышающие диаметр клетки. Бактерии, у которых размер споры превышает диаметр клетки, называются клостридиями, например, бактерии рода *Clostridium* (лат. *Clostridium* - веретено). Споры кислотоустойчивы, поэтому окрашиваются по методу Ауески или по методу Циля-Нильсена в красный, а вегетативная клетка в синий цвет.
- Форма спор может быть овальной, шаровидной; расположение в клетке - терминальное, т.е. на конце палочки (у возбудителя столбняка), субтерминальное - ближе к концу палочки (у возбудителей ботулизма, газовой гангрены) и центральное (у сибиреязвенной бациллы). Спора долго сохраняется из-за наличия многослойной оболочки, дипиколината кальция, низкого содержания воды и вялых процессов метаболизма. В благоприятных условиях споры прорастают, проходя три последовательные стадии



nk you

