

علم الميكروبيولوجي Microbiology :

هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة الكائنات الحية الدقيقة وقد اشتقت هذه التسمية من اللغة اللاتينية فكلمة **Micro** تعني دقيق الحجم وكلمة **bio** تعين الحياة، وكلمة **logy** وتعني علم فيكون المعنى العام هو علم الأحياء الدقيقة.

يعتبر علم الأحياء الدقيقة هو الفرع الثالث لعلوم الحياة (النبات والحيوان) والذي ظلت محاولات لإدراجه ضمن علم النبات أو علم الحيوان بحيث يضم البكتريا والطحالب والفطريات إلى المملكة النباتية والبروتوزوا إلى المملكة الحيوانية إلا أن هذه المحاولات قد باءت بالفشل فهناك كائنات حية كثيرة من الصعب تصنيفها تحت هاتين المملكتين لأن لها صفات متداخلة فالوجلينا مثال لها صفات نباتية مثل احتواءها على الكلوروفيل مما جعل علماء النبات يضمونها إلى المملكة النباتية ، كما لها صفات حيوانية كقدرتها على الحركة مما جعل علماء الحيوان يضعونها ضمن المملكة الحيوانية.

وفي منتصف القرن العشرين تأكدت الفروق الجوهرية بين البكتيريا وبين الكائنات ذات النواة الحقيقية Eukaryotes بمعنى أن مادة النواة غير محاطة بغشاء نووي بل تنتشر في سيتوبلازم الخلية البكتيرية ولهذا تم وضعها في مملكة منفصلة سميت بمملكة البدائيات Monera Kingdom ، هذا إلى جانب اختلافات أخرى سوف نتناولها فيما بعد. بينما وضعت الطحالب والبروتوزوا والفطريات والنباتات والحيوان ضمن الكائنات ذات النواة الحقيقية Eukaryotes في ممالك خاصة بها هي مملكة الفطريات والمملكة الحيوانية، وبذلك تم تقسيم الكائنات الحية إلى خمس ممالك حسب التقسيم الحديث.

أما بالنسبة للفيروسات فقد تم فصلها عن المملكة النباتية بصفة نهائية لأنها جسيمات أو جزيئات لا ترتقي إلى درجة الكائن الحي ويعزى ذلك إلى عدم احتوائها على تركيب خلوي بها ولهذا فهي عبارة عن جسيمات تحتوي على حمض نووي مغلف بغلاف من البروتين.

ومايزال علم الأحياء الدقيقة هو العلم الذي يختص بدراسة الكائنات الحية الدقيقة من حيث أنواعها و أشكالها وتركيبها ووظائفها ويدرس كل منها في علم منفصل وهي : علم البكتريولوجي Bacteriology ويختص بدراسة البكتريا وعلم الميكولوجي Mycology ويهتم بدراسة الفطريات وعلم الفيكولوجي Phycology ويهتم بدراسة الطحالب وعلم الفريولوجي Virology ويختص بدراسة الفيروسات وعلم Protozology ويدرس البروتوزوا.

ويهتم هذا العلم أيضا بدراسة خواص ونشاط الأحياء الدقيقة ودورها في التغيرات التي تحدث في الطبيعة و كذلك إنتاج مواد عديدة ذات أهمية صناعية . ولهذا يشمل هذا العلم عدة علوم وفقا لنوع الكائن الحي الدقيق ومكان معيشته

مثل علم ميكروبيولوجيا الرتبة وميكروبيولوجيا الهواء وميكروبيولوجيا الغذاء وميكروبيولوجيا المياه والميكروبيولوجيا الصناعية والميكروبيولوجيا الطبية وغيرها.

كانت الأمراض في الماضي تعزى إلى عدة عوامل بعيدة عن الواقع كالسحر أو الحسد أو... و كان من أفضل التفسيرات نسبيا في تلك الفترة ما ظنه العرب بأن الأمراض ناتجة عن الهواء الفاسد.

وجد العلماء أن من الممكن لبعض هذه الأحياء أن تسبب المرض للإنسان، و بما أن هذه الأمراض تنجم عن عوامل خارجية فهي قابلة للانتقال و لذلك سميت بالأمراض المعدية *infectious (contagious) diseases* .

بعد أن تم اكتشاف هذه الأحياء الدقيقة كان لابد من تصنيفها فهي مختلفة عن بعضها شكليا ، وراثيا و إن أنواع هذه الأحياء لا حصر لها على وجه الأرض و يهمننا منها تلك التي يمكن أن تسبب الأمراض والتي سميت بالأحياء الدقيقة الطبية *Medical micro-organisms* .

العوامل المرضية Pathogens:

الكائنات المعدية تحت الخلوية وتشمل:

البريونات **Prions** : وهي جسيمات بروتينية معدية أو خامجة

الفيروسات **Viruses**: متطفلات داخل خلوية مجبرة على المستوى الجيني

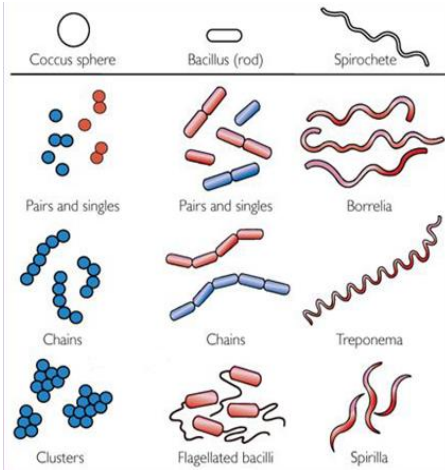
الميكروبات بدائيات وحقيقيات النوى *Prokaryotic & Eukaryotic* :

لقد تطورت الخلايا ضمن نمطين مختلفين مبدئياً ، الأول هو الخلايا بدائية النوى *Prokaryotic* وتشمل الجراثيم *Bacteria* والعتائق *Archaea* ، أما الخلايا حقيقية النوى *Eukaryotic* فتضم الفطور والأوالي والديدان وخلايا مملكتي النبات والحيوان والانسان.

جدول يبين الفرق بين بدائيات النوى وحقيقيات النوى

Eukaryotic النوى حقيقية	Prokaryotic النوى بدائيات
تشمل الطحالب والفطريات والطفيليات (الأوالي)	تشمل الجراثيم والعتائق
• نواة حقيقية لها غشاء نووي يحددها	• شبه نواة ليس لها غشاء نووي حولها
• صبغيات متعددة مرتبة	• المادة النووية عبارة عن صبغي واحد هو شريط مفرد ملتف من الـ DNA
• لها جهاز انقسام خيطي Mitosis	• تنقسم الخلايا بالانشطار الثنائي
• يحيط بها غشاء خلوي لا يحتوي على الببتيدوغليكان لكن يحتوي على الستيروولات	• لها جدار خلوي قاس يحدد شكلها مؤلف من الببتيدوغليكان (باستثناء المفطورات) يفتقر إلى الستيروولات
• تملك المتقدرات و جهاز غولجي و شبكة هيولية باطنة	• لا تملك هذه العضيات
• الريباسات 80S	• حجم الريباسات 70S
• الـ DNA يترافق مع الهيستونات	• الـ DNA لا يترافق مع الهيستونات

تصنيف الجراثيم من حيث الشكل ضمن ثلاث مجموعات أساسية :



أ. مكورات: لها شكل كروي

ب. العصيات: مستقيمة أو منحنية أو شكل حرف S

ج. الملتويات: حلزونية الشكل

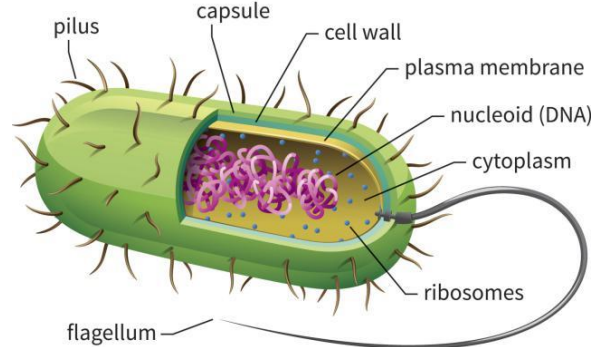
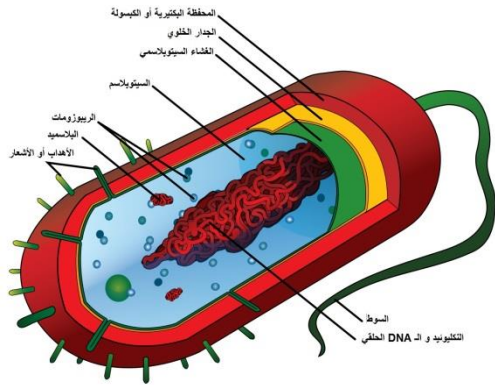
○ الجدار الخلوي القاسي أو المرن للخلية الجرثومية يمنحها شكلها المميز.

○ يمكن أن تتوضع بشكل أزواج (المكورات المزدوجة) أو سلاسل (العقديات) أو على شكل عناقيد (العنقوديات).

○ يتراوح حجم الجراثيم بين 0.3 – 5 ميكرون

○ إن أصغر الجراثيم حجماً (المفطورات) تعادل أكبر الفيروسات (الجدرية)

تركيب الخلية الجرثومية : Structure of Bacterial Cell



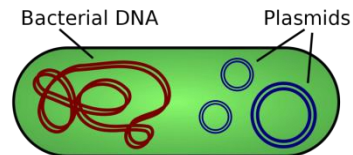
شبه النوواة Nucleoid :

- يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي وتدعى المجين الجرثومي ، وهي غير محاطة بغشاء نووي.
- تتألف من شريط مضاعف من الدنا DNA مفرد حلقي غالباً (يمكن أن يكون خطي عند بعض الأنواع) يتألف من آلاف الأزواج من النيكليوتيدات ويحمل المعلومات الوراثية للخلية.
- يلتف شريط الدنا حول نفسه بشكل حلزوني.
- وهو على العموم غير معقد عند الجراثيم ويرمز لصفات (الشكل، الحجم، الوظائف الاستقلابية ، الأنزيمات).
- طويل نسبيا طوله قد يبلغ ١٠٠ ضعف طول الخلية حيث قد يصل طوله ١ ملم ، و لكنه ملتف بشكل فائق . super coiled



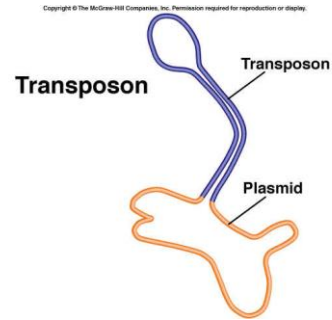
البلاسميدات Plasmids :

- بعض أنواع الجراثيم تتميز بوجود البلاسميدات في هيولائها وهي بنى وراثية صغيرة غير أساسية عبارة عن DNA حلقي إضافي مستقل التضاعف أي يتضاعف بشكل مستقل عن تضاعف الـ DNA الجرثومي.
- هذه البلاسميدات تحمل الجينات المرمزة لصفات خاصة دون الصفات الحيوية (الضرورية للحياة) ذات الأهمية الطبية مثل مقاومة المعادن الثقيلة، مقاومة الصادات، مقاومة الأشعة فوق البنفسجية، إنشاء الخمل أو الأهداب التي تتوسط الالتصاق، إنتاج العديد من الأنزيمات، إفراز بعض السموم (الذيفانات) .
- وهذه الصفات (المرمز لها على البلاسميد) يمكن أن تنتقل إلى جراثيم أخرى لا تحوي بلاسميد فمثال من الممكن أن تنتشر المقاومة للصادات من بعض أنواع الجراثيم إلى أخرى من خلال انتقال البلاسميد.

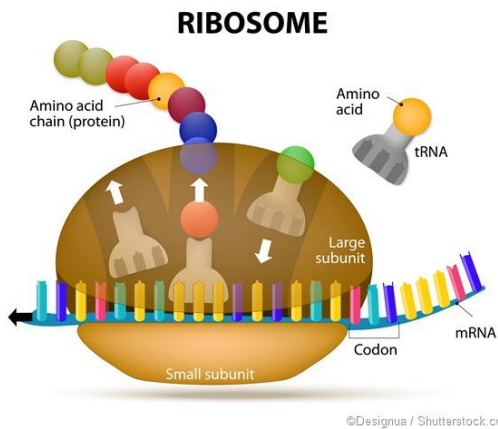


الينقولات Transposons :

- هي قطع من الدنا تنتقل بسهولة من مكان لآخر إما ضمن أو بين دنا كل من الصبغي الجرثومي والبلاسميدات والعائيات لذلك يطلق عليها اسم الجينات القافزة.
- يمكن أن ترمز لأنزيمات مقاومة الصادات أو لذيوانات معينة أو للعديد من أنزيمات الاستقلاب كما ويمكن أن تحدث طفرات في الجينات التي تتدخل فيها أو أن تغير تعبير الجينات المجاورة.



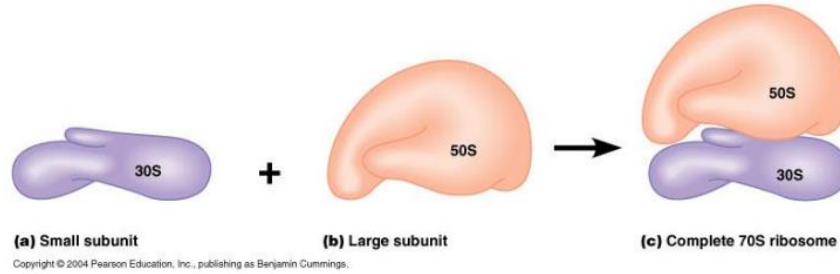
الريباسات Ribosomes



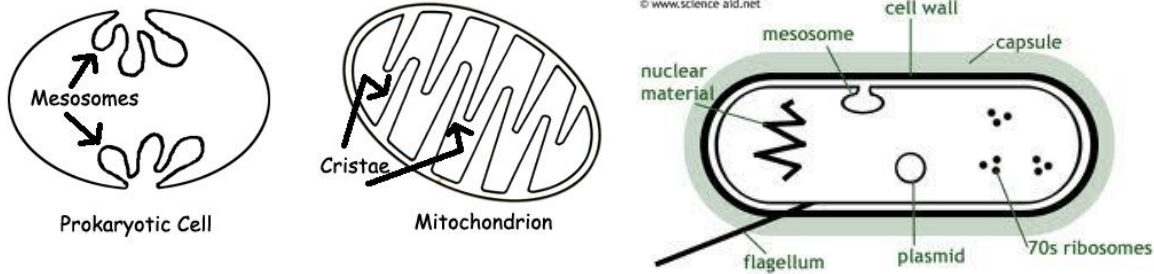
prokaryotes		eukaryotes	
30S subunit	[16S rRNA 21 proteins	small subunit	18S rRNA 33 proteins] 40S subunit
50S subunit	[23S rRNA 5S rRNA 34 proteins	large subunit	28S rRNA 5.8S rRNA 5S rRNA 50 proteins] 60S subunit
70S		complete ribosome	80S

- هي حبيبات صغيرة منتشرة في سيتوبلازم الخلية البكتيرية تتكون من البروتين وحمض ريبونيوكلريك ويطلق عليها Ribonucleoprotein أو RNA- protein particles
- وهي التراكيب التي يتم بها بناء البروتين.
- لا تستطيع الجراثيم الاستغناء عن هذه العضيات لأنها المسؤولة عن تصنيع البروتينات التي تعتبر المادة الأساسية للحياة ، وهذه الريبوزومات تختلف من حيث الوحدات البنائية بشكل الوحدة وحجمها وبنيتها عن الريبوزومات الموجودة في خلايا حقيقيات النوى عامة و الإنسان خاصة.
- يتناسب عدد الريبوسومات في الخلية البكتيرية مع معدل النمو والتغذية.
- تختلف الريبوسومات البكتيرية عن ريبوسومات الكائنات حقيقية النواة في معامل ترسيبها فهي ذات معامل ترسيب صغري 70 S في حين ريبوسومات الكائنات حقيقية النواة من النوع 80 S.

- ولهذا الأمر أهمية طبية كبرى حيث أن إحدى آليات القضاء على الجراثيم تعتمد على تركيب صادات حيوية تثبط عمل ريبوسومات الجراثيم بشكل نوعي دون أن تؤثر على ريبوسومات الإنسان فتموت تلك الجراثيم بسبب توقف تركيب البروتين عندها.
- يتكون الريبوسوم من وحدتين ، أحدهما صغري 30 S والآخر كبري 50 S وحصيلتهما معا ذات معامل ترسيب 70 S



الجسيم المتوسط Mesosome :



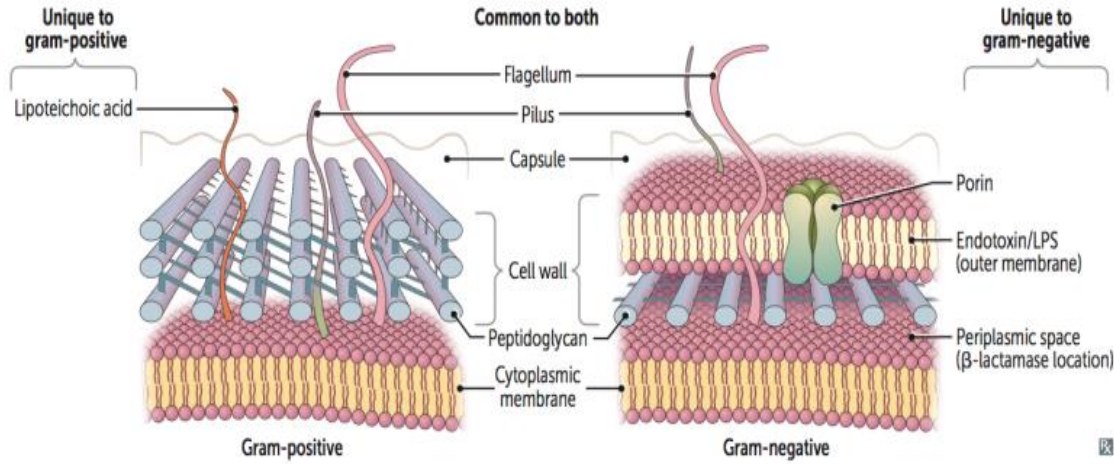
- وهي تراكيب غشائية توجد في معظم البكتيريا الموجبة الجرام وقليل من البكتيريا السالبة الجرام ، وهي عبارة عن انثناءات من الغشاء البلازمي نحو الداخل وتتخذ أشكالاً مختلفة توجد بالقرب من المنطقة النووية او عند مكان انقسام الخلية.

وظائف الجسيم المتوسط :

- عملية التنفس للخلية البكتيرية وإنتاج الطاقة.
- مركز التحكم في الانقسام الخلوي المنظم .
- تكوين الجدار العرضي في البكتيريا الموجبة الغرام.
- لها دور فعال في انفصال الـ DNA من الخلية الأم وتوزيعه على الخليتين الناتجتين من الانقسام وذلك كون الـ DNA في الجسم النووي مرتبط بالميزوسومات.

ماحول الهيولى : Periplasm

- هو الحيز بين الغشاء الهيولي والغشاء الخارجي ويشكل ٢٠ – ٤٠% من حجم الخلية ويحتوي طبقة المورين ومحلولا هلاميا من البروتينات التي تشمل البروتينات الرابطة لركائز نوعية مثل الأحماض الأمينية والساكر والفيتامينات والشوارد وأنزيمات حلمهة وغيرها ..

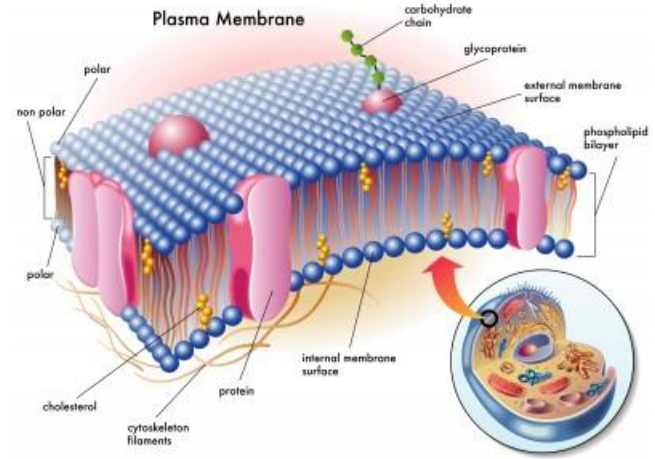
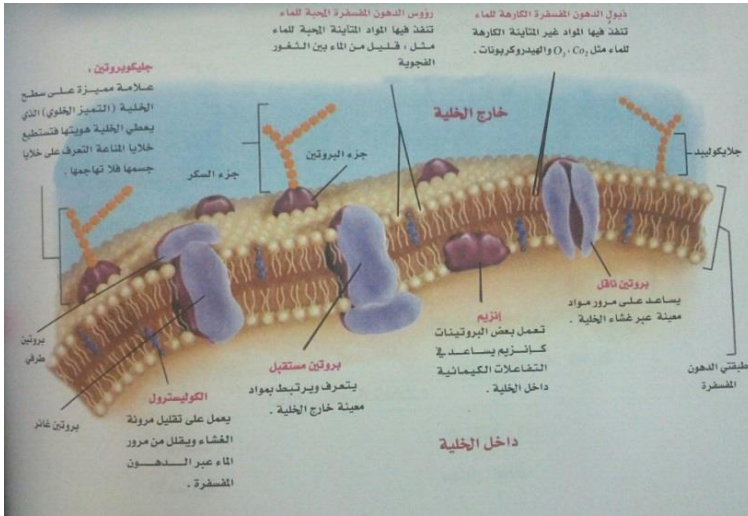


الهيولى Cytoplasm :

- هو الجزء السائل الموجود داخل الغشاء البلازمي ويشغل معظم حيز الخلية، وهو يشبه سيتوبلازم الكائنات الحية الأخرى من حيث طبيعته وتركيبه الكيميائي.
- يحتوي السيتوبلازم على عضيات حية ومحتويات غير حية وهي كالتالي:
 - أ - المحتويات الحية : وهي الريبوسومات، والميزوسومات، والأغشية الممتلئة للغذاء ضوئيا
 - ب - المحتويات غير الحية : وهي تشمل حبيبات الجليكوجين وحبيبات الدهون، والحبيبات الفوليوتينية، و قطرات الكبريت.
- لا يوجد في هيولى الجراثيم شبكة هيولية باطنة أو جهاز غولجي أو متقدرات ولكنها تحوي ريبوزومات.

الغشاء الهيولى Cytoplasmic Membrane :

- تحاط الخلايا بدائية النواة، والخلايا حقيقية النواة وهي الخلايا التي تتكوّن منها أجسام الفطريات، والنباتات، والحيوانات بغشاء رقيق يُعرف بالغشاء البلازمي، أو الغشاء الخلوي وهو غشاء اختياري النفاذية يحيط بمكونات الخلية، مثل: العضيات، والبروتينات، والأحماض النووية، والكربوهيدرات، والمواد الأخرى، ويفصلها عن البيئة المحيطة بها.



- يحيط بالهيوولى ويقع مباشرة تحت طبقة الببتيدوغليكان من الجدار الخلوي.

- يتراوح سماكة الغشاء البلازمي ما بين 4-10 نانومتر، وله وظائف عديدة منها:

١. دعم الخلية.

٢. إعطاء الخلية شكلها المحدد.

٣. تنظيم نمو الخلية عن طريق نقل المواد منها وإليها.

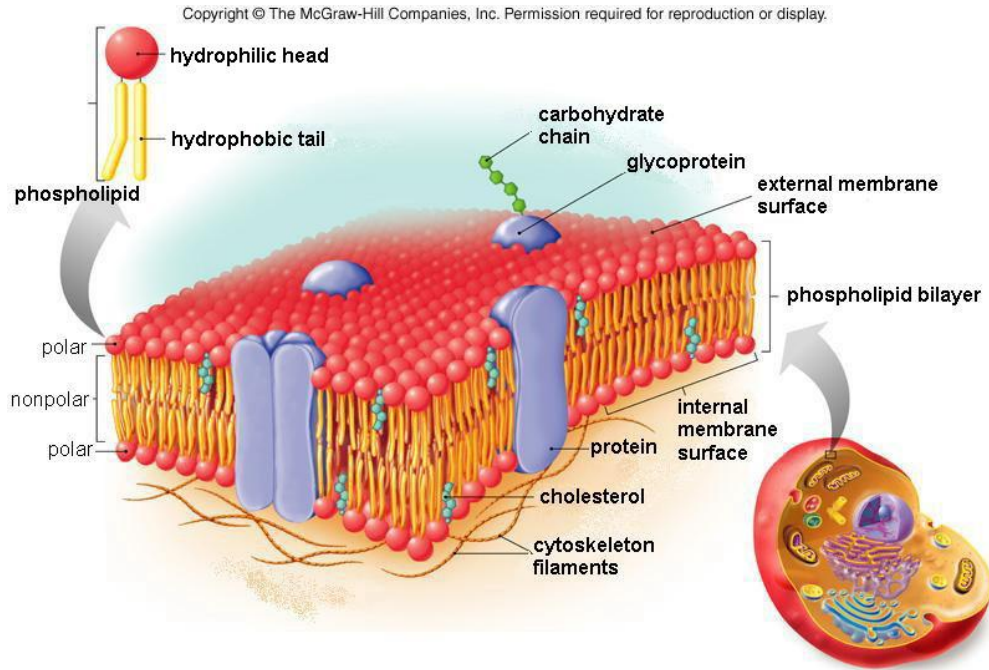
- يتركب الغشاء البلازمي بشكل أساسي من الدهون والبروتينات، وتعتمد نسبة البروتين إلى الدهون على موقع الغشاء الخلوي ووظيفته، وينطبق ذلك على الغشاء الذي يحيط بالعضيات.

- وهو غشاء رقيق مرن يلي الجدار الخلوي ويحيط بالسيتوبلازم، ويوجد أحيانا منطقة فراغ بين الغشاء البلازمي والجدار الخلوي تعرف باسم الفراغ قبل بلازمي Periplasm .

- يتكون الغشاء البلازمي من طبقتين من الدهون الفسفورية مطمور فيها بروتينات مختلفة، منها ما يخترق طبقتي الدهون الفسفورية يطلق عليها البروتينات الأصلية والتي يكون بعض منها قنوات تعمل على نقل المواد وتقوي الغشاء، ومنها ما تقع على السطح ولا تخترق طبقتي الدهون الفسفورية ويطلق عليها البروتينات الخارجية او العرضية وهي تقوم عامة بتقوية الغشاء وربط المواد الغذائية وتنفيذ التفاعلات الكيميائية.

- يتخلل الطبقة المضاعفة من الشحوم الفوسفورية بروتينات مختلفة مثل :

البريماز : له دور في النقل الفاعل للمواد المغذية كالكساكر والحموض الأمينية والشوارد والمعادن من الخارج إلى الداخل.

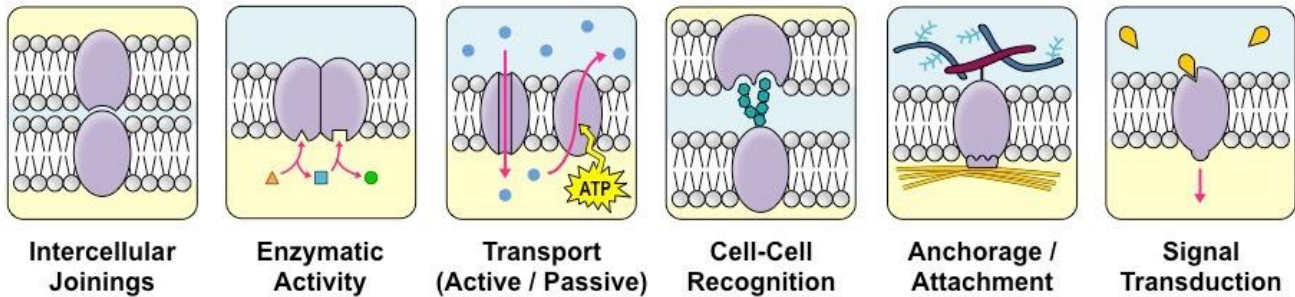


يتخلل الطبقة المضاعفة من الشحوم الفوسفورية بروتينات مختلفة مثل :

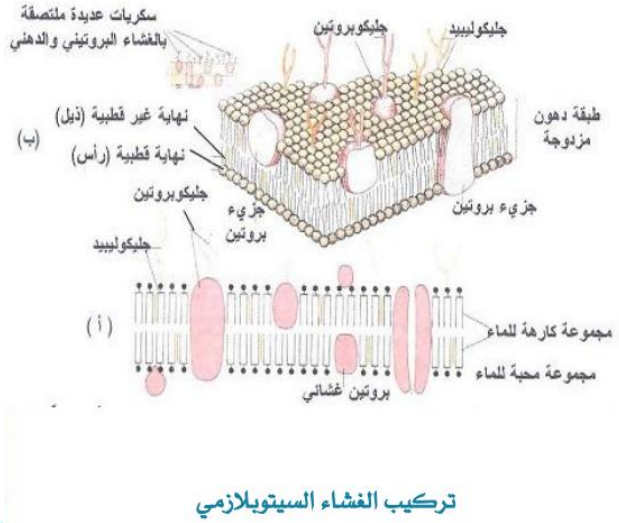
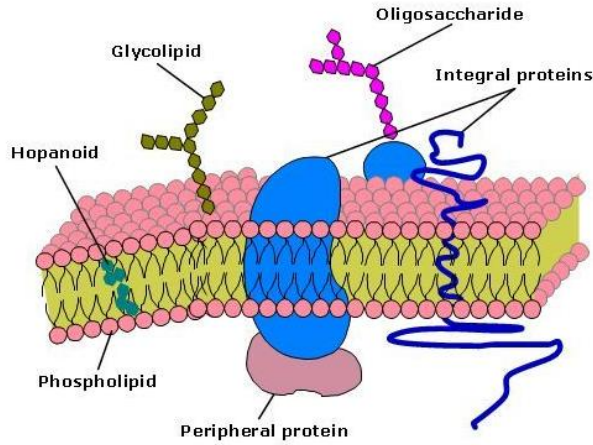
Functions of Membrane Proteins

Membrane proteins can serve a variety of key functions:

- **Junctions** – Serve to connect and join two cells together
- **Enzymes** – Fixing to membranes localises metabolic pathways
- **Transport** – Responsible for facilitated diffusion and active transport
- **Recognition** – May function as markers for cellular identification
- **Anchorage** – Attachment points for cytoskeleton and extracellular matrix
- **Transduction** – Function as receptors for peptide hormones



The bacterial cytoplasmic membrane

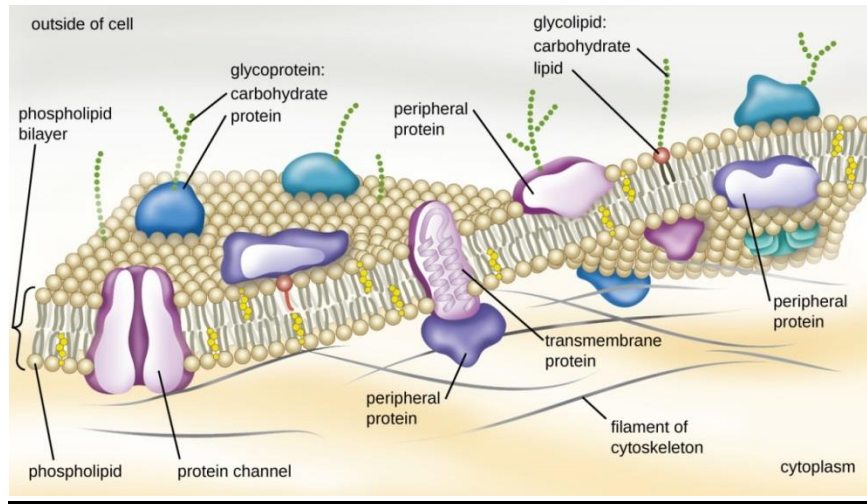


تركيب الغشاء السيتوبلازمي

- يوجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي عديدات السكريد polysaccharides متصلة بأغشية كل من البروتينات والدهون الفسفورية.
- يعتبر الغشاء السيتوبلازمي غشاء شبه منفذ له نفاذية اختيارية Selective Membrane حيث يمكن للجزيئات منخفضة الوزن الجزيئي المرور خلاله إلى داخل الخلية.

دهون الغشاء البلازمي

- تترتب دهون الغشاء البلازمي في طبقتين، وتتميز بأنها اختيارية النفاذية؛ أي أنها تسمح لجزيئات معينة بالمرور عبرها دون غيرها اعتمادا على حاجة الخلية لها، ومن أنواع الدهون في الغشاء البلازمي:
- **الدهون المفسفرة Phospholipids** : هي جزء أساسي في تركيب دهون الغشاء البلازمي ثنائية الطبقة، وتتكون من جزئين؛ رؤوس محبة للماء، ولذلك تترتب بحيث تواجه السيتوسول (الجزء المائي من السيتوبلازم)، والسوائل التي توجد خارج الخلية، وذيول كارهة للماء؛ لذلك توجد بين طبقتين من الرؤوس المحبة للماء؛ وذلك حتى تكون بعيدة عن السيتوسول والسوائل التي توجد خارج الخلية.
- **الدهون السكرية Glycolipids** : توجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي، ولها دور في تمييز الخلايا للخلايا الأخرى التي يتكون منها الجسم.

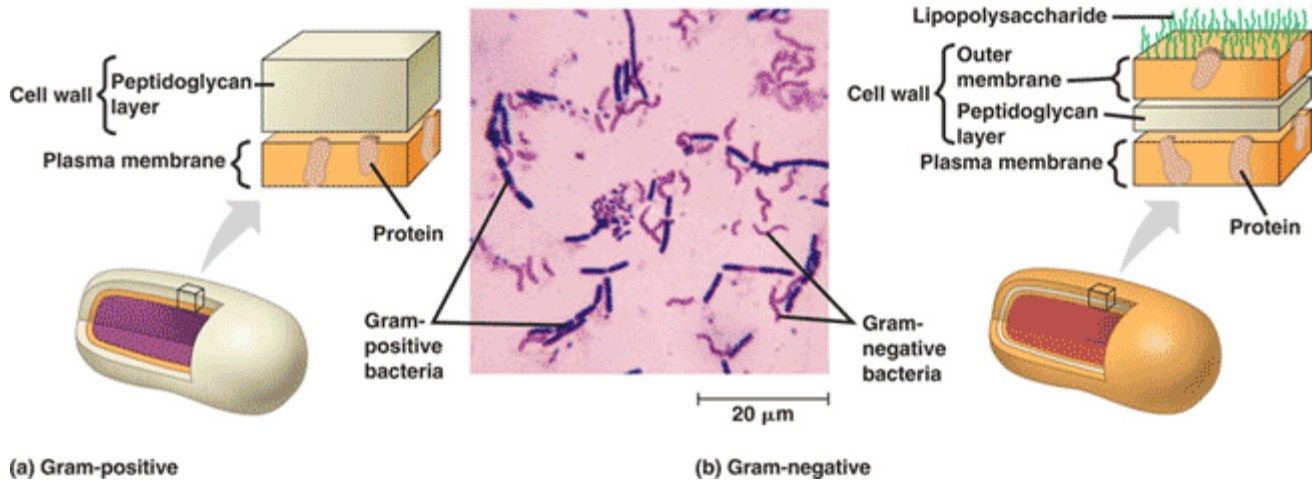


وظائف الغشاء البلازمي :

١. يتميز الغشاء البلازمي البكتيري بخاصية النفاذية الاختيارية لذا فهو يتحكم في مرور المواد الغذائية إلى داخل الخلية ونواتج النمو إلى الخارج.
٢. يحافظ على حيوية الخلية البكتيرية لذلك فأى ضرر بهذا الغشاء قد يؤدي إلى موت الخلية.
٣. يساهم في تخليق الجدار الخلوي لاحتوائه على كل الأنزيمات المسؤولة عن ذلك.
٤. له دور هام في عملية الانقسام الخلوي.

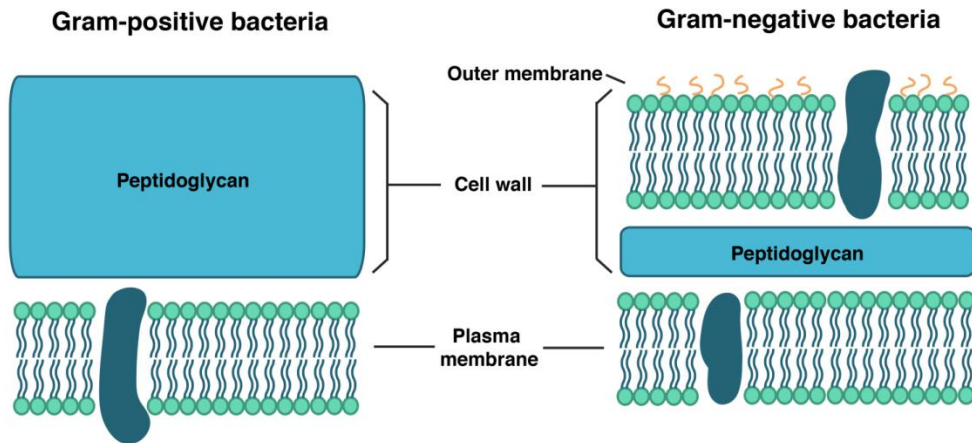
الجدار الخلوي Cell Wall :

- مكون هام ومميز للخلية الجرثومية، يمنحها الشكل والصلابة والحماية اللازمة من الأخطار الخارجية ويسهل اتصالاتها بالبيئة المحيطة بها ويحافظ على منسوب الضغط الحلولي داخل وخارج الخلية.
- عبارة عن بنية خارج الغشاء السيتوبلازمي متعددة الطبقات، ذات مسام نفوذة للمواد ذات الوزن الجزيئي المنخفض.
- عبارة عن تركيب صلب يعطي الخلية شكلها المميز، ويمثل الجدار الخلوي في البكتيريا عموماً ما يقارب ٢٠% من الوزن الجاف للخلية بأكملها.



التركيب الكيميائي للجدار الخلوي:

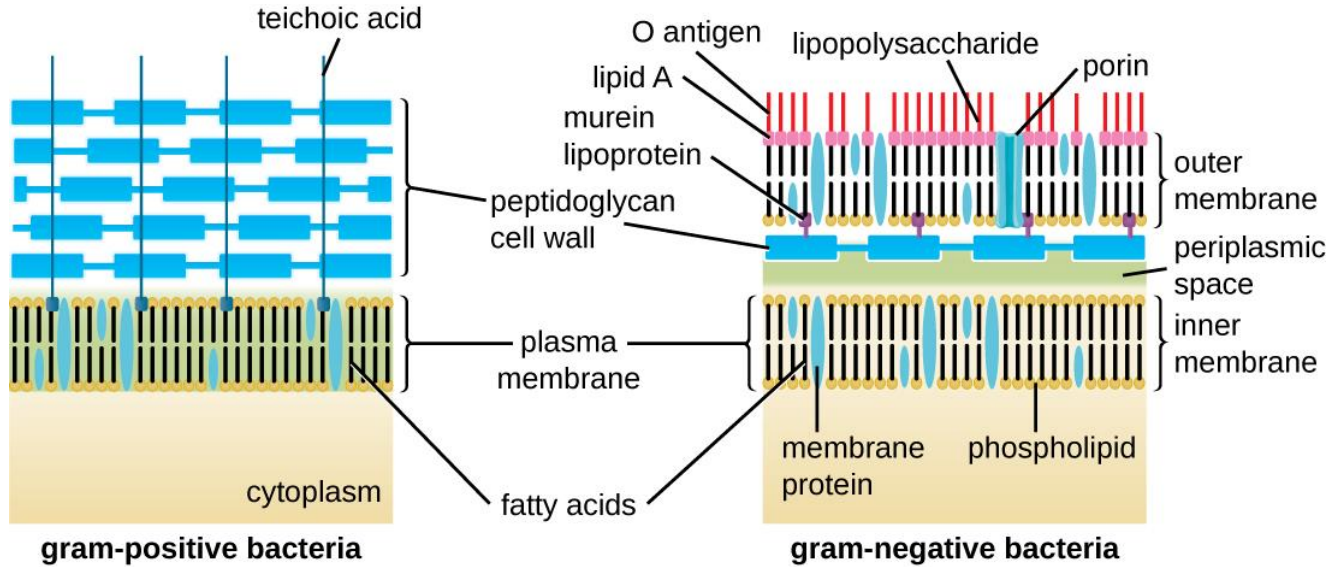
- التركيب الكيميائي المميز للجدار الخلوي البكتيري هو المسؤول عن صلابة الخلية فالهيكل الأساسي للجدار الخلوي البكتيري يتكون من الميكوببتيد mucopeptide ويطلق عليه أسم ميورين mumrein أو mucopolysacchride أو glycopeptide أو glucosaminopeptide .



تركيب الميكوببتيد (الببتيدوغليكان):

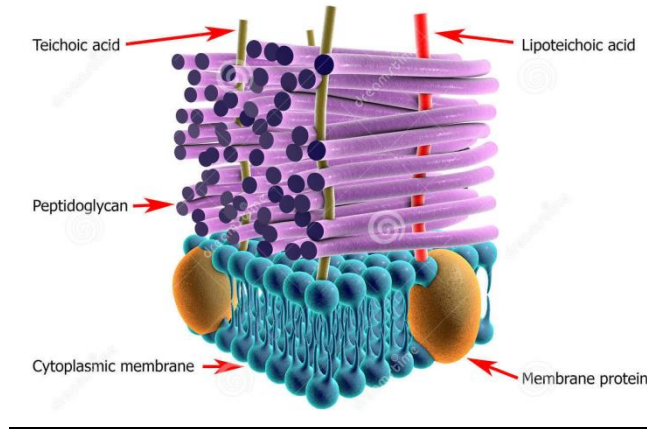
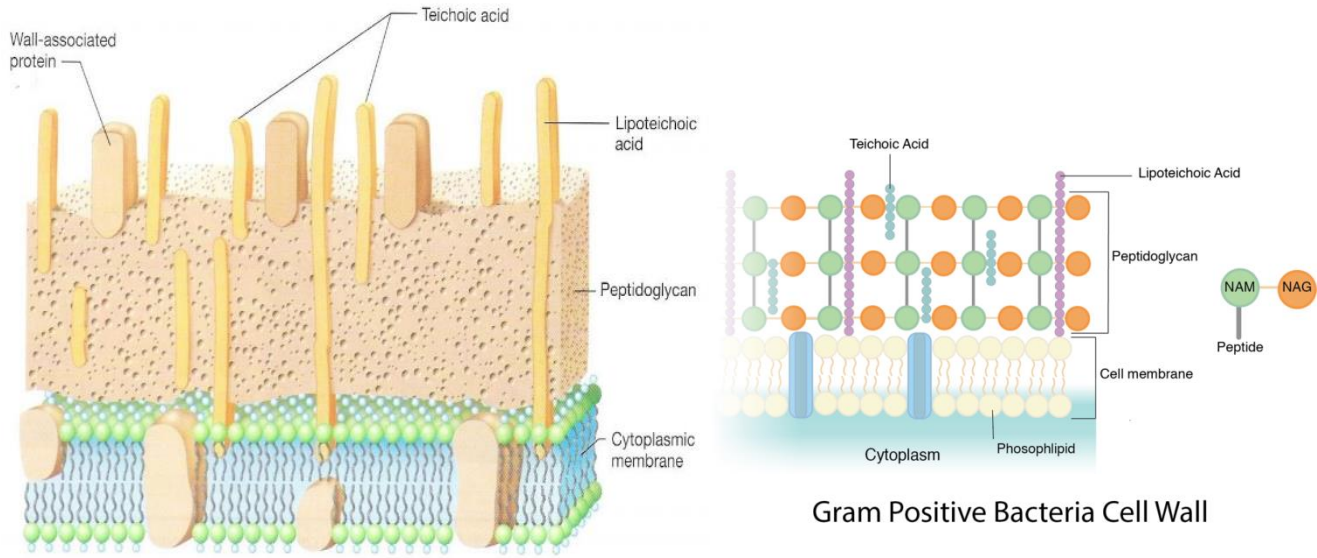
- عبارة عن سلاسل من السكريات الأمينية كل منها تتكون من الأستيل جلوكوز أمين acetylglucosamine-N بالتبادل مع حمض الأستيل ميوراميك acid acetylmuramic-N ، تتصل هذه السلاسل عرضياً بواسطة سلاسل قصيرة عرضية من عديدات الببتيد ذات عدد معين من الأحماض الأمينية.

- تنقسم البكتيريا إلى قسمين من حيث التراكيب و المكونات في الجدار الخلوي :
 - (١)- بكتيريا موجبة الجرام Bacteria Gram positive
 - (٢)- بكتيريا سالبة الجرام Bacteria Gram negative
- يختلف تركيب الجدار الخلوي في البكتيريا الموجبة و السالبة لصبغة جرام .



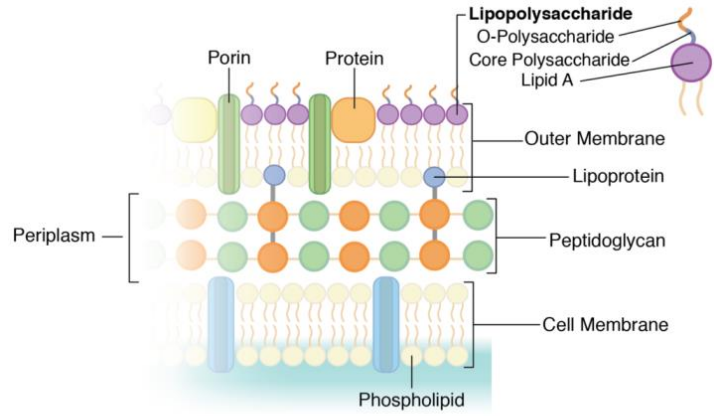
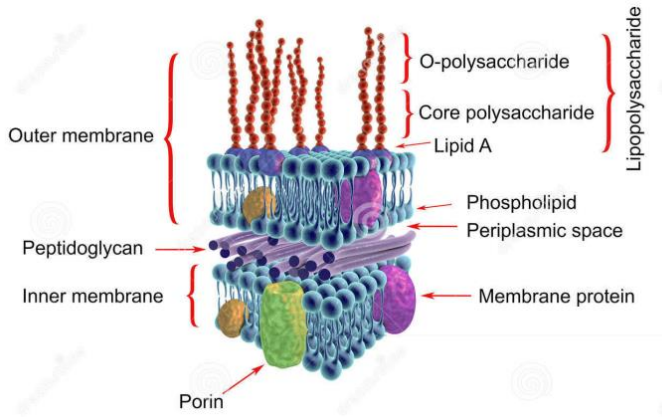
البكتيريا موجبة الغرام :

- معظم الجدر الخلوية للبكتيريا الموجبة الغرام عبارة عن طبقات من الميوكوببتيد (الميورين) (البيبتيدو جليكان) وتتصل كل طبقة بالتي أعلى منها والتي أسفل منها بواسطة سلاسل قصيرة من عديدات البيبتيد وبذلك يتكون تركيب قوى وصلب.
- لوحظ أن طبقات الميورين أو الميوكوببتيد في البكتيريا الموجبة الغرام أكثر سمكاً من طبقات الميورين المكونة للبكتريات السالبة الغرام .
- عادة لا تحتوي جدر البكتريات الموجبة الغرام على طبقات من البروتينات الدهنية او عديدات التسكر الدهنية.
- تحتوي جدر البكتيريا الموجبة الغرام على تراكيب acid Teichoic ايضاً.



البكتيريا سالبة الجرام :

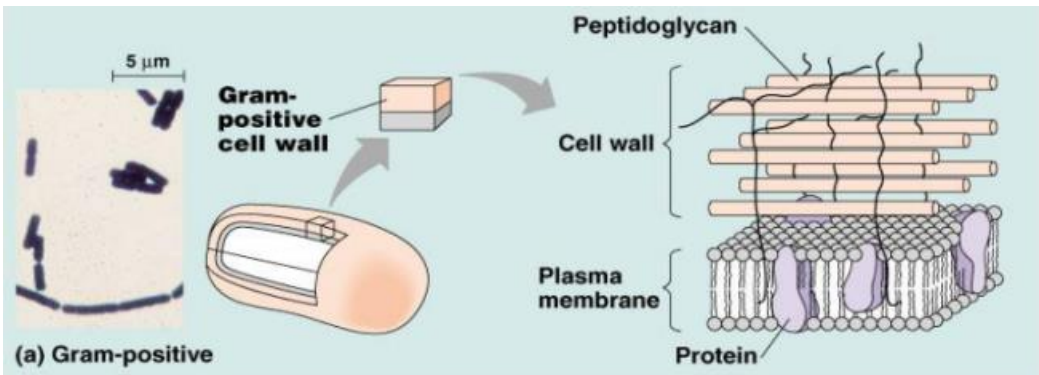
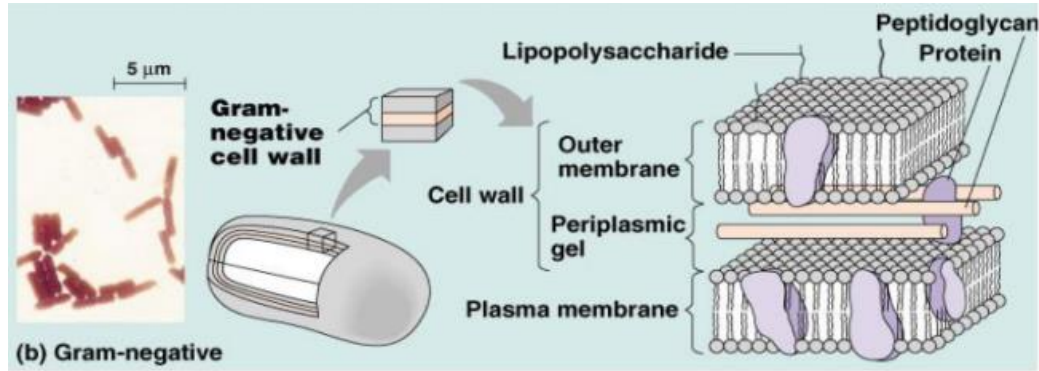
- يحتوي الجدار على طبقة واحدة من الميوكوببتيد (الميورين) (الببتيدو جليكان) فهي بذلك أقل سمكاً من تلك الموجودة في جدر البكتريات الموجبة الغرام ،مادة الميورين تمثل ١٠% فقط من الوزن الجاف للجدار الخلوي في الخلايا سالبة الغرام.
- البكتيريا سالبة الغرام تحتوى علاوة على ماتقدم طبقتين من الدهون يطلق عليها طبقة الغلاف الخارجي membrane outer وهو يتكون من الخارج من طبقة من عديدات التسكر الدهنية وداخلياً من طبقة من الدهون الفوسفورية مطمور فيها جزيئات من البروتين ويليها من الداخل طبقة من البروتينات الدهنية التي تكون ملاصقة لطبقة الميورين الرقيقة.



Gram Negative Bacteria Cell Wall

رسم تخطيطي يوضح الفرق بين تركيب الجدار الخلوي في البكتيريا الموجبة و السالبة لصبغة جرام يمين اللوحة أو الشكل b - يمثل الرسم تركيب الجدار الخلوي في البكتيريا السالبة لصبغة غرام - لاحظ طبقة Peptidoglycan الرقيقة ، تعلوها طبقة تشبه في تركيبها الغشاء البلازمي و تسمى الغشاء الخارجي outer membrane و الذي يحتوي على تراكيب سكرية-ذهنية - Lippo-polysaccharides و يمثل هذا التركيب كلا من السمي الداخلي و مولد المضاد الجسدي LPS

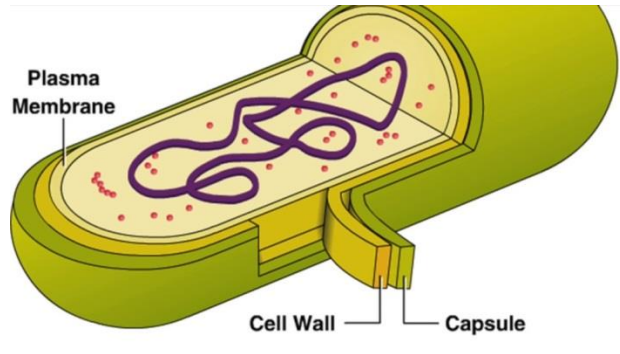
يسار اللوحة أو الشكل a - يمثل الرسم تركيب الجدار الخلوي في البكتيريا الموجبة لصبغة جرام - لاحظ أن الجدار الخلوي عبارة عن طبقة واحدة سميكة من Peptidoglycan تتخللها تراكيب تسمى الأحماض التيكوية acid Teichoic



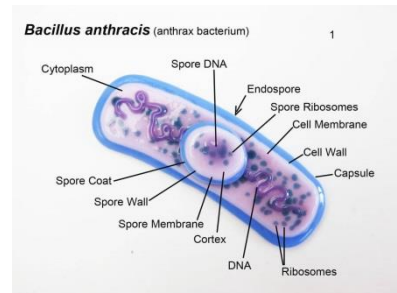
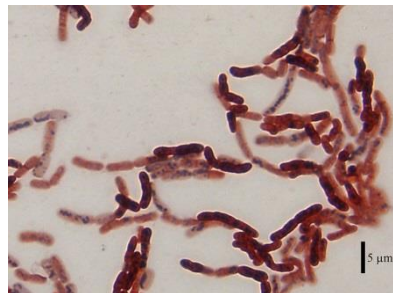
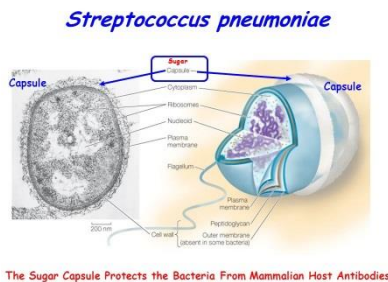
- هناك نوع واحد من الجراثيم لايملك جدار خلوي هو المفطورات ميكوبلاسما Mycoplasma
- بعض أنواع البكتيريا مثل المتفطرات Mycobacterium تملك إضافة للبيبتيدوغليكان كميات كبيرة من الشحميات المرتفعة الوزن الجزيئي بشكل حموض دسمة طويلة السلسلة تدعى حمض الميكوليك Mycolic acid وهو الذي يعطي المتفطرات صفاتها المقاومة للحمض وهي بذلك بحاجة لطريقة تلوين خاصة غير طريقة غرام.

المحفظة Capsule :

- طبقة هلامية أو لزجة تحيط بالبكتيريا.
- يتراوح سمكها ما بين الأغشية الدقيقة جداً الى طبقات كثيفة.
- يختلف التركيب الكيماوي للغلاف باختلاف النوع وقد يختلف حتى بين السلالات بنفس النوع.
- بعض الجراثيم لها **محفظة Capsule** قد يكون تركيبها من عديد بيتيد ولكنها غالباً تكون من عديد سكاريد وهذه المحفظة مخاطية القوام (تشبه الهلام) فتجعل الجراثيم لزجة مما يفيد في مقاومة عملية البلعمة فإذا كان لدينا نوع من الجراثيم له ذريتين إحداها محاطة بمحفظة فهذه تكون أشد من الذرية غير المحاطة بمحفظة حيث أن وجود المحفظة يعتبر من أهم عوامل الأمراض و لها خاصية مستضدية إذ تحرض الجسم على تشكيل أضداد نوعية تساعدنا في التعرف على نوع الجرثوم، كما تساهم في التصاق الجرثومة بخلايا المضيف.



- قد ترتكب الكبسولة من مواد عديدة السكرية كما في البكتيريا *Streptococcus pneumoniae*
- او من عديدات البيبتيد كما في البكتيريا *anthracis Bacillus*
- او من خليط من عديدات السكرية وعديدات البيبتيد كما في البكتيريا *Bacillus megaterium*



- ينعكس وجود أو غياب طبقة الغلاف على الشكل المظهري للمستعمرات البكتيرية على البيئات الصلبة، فمستعمرات البكتيريا التي لديها الغلاف تكون ذات مظهر رطب لامع هلامي وتسمى هذه بالمستعمرات الناعمة ، أما في حالة غياب الغلاف فإن المستعمرات الناتجة تظهر بشكل غير لامع عن سطح الأجار تعرف بالمستعمرات الخشنة.

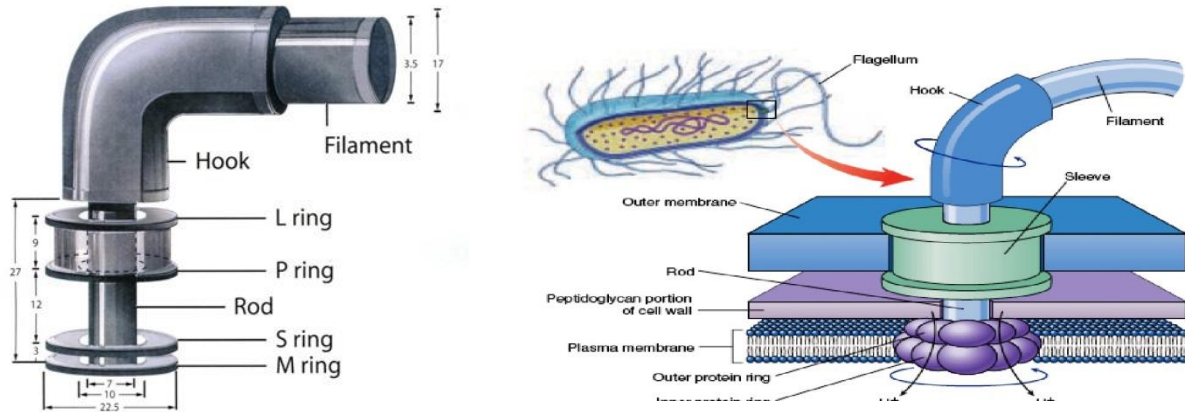


تكتسب الخلايا البكتيرية المكونة للكبسولة والنامية على البيئات الصلبة مظهرا لزجا ويطلق عليها مستعمرات ناعمة Smooth او ملساء لامعة shiny او مخاطية mucoïd على عكس الاجناس الغير مكونة للكبسولة ويطلق عليها مستعمرات جافة او خشنة rough

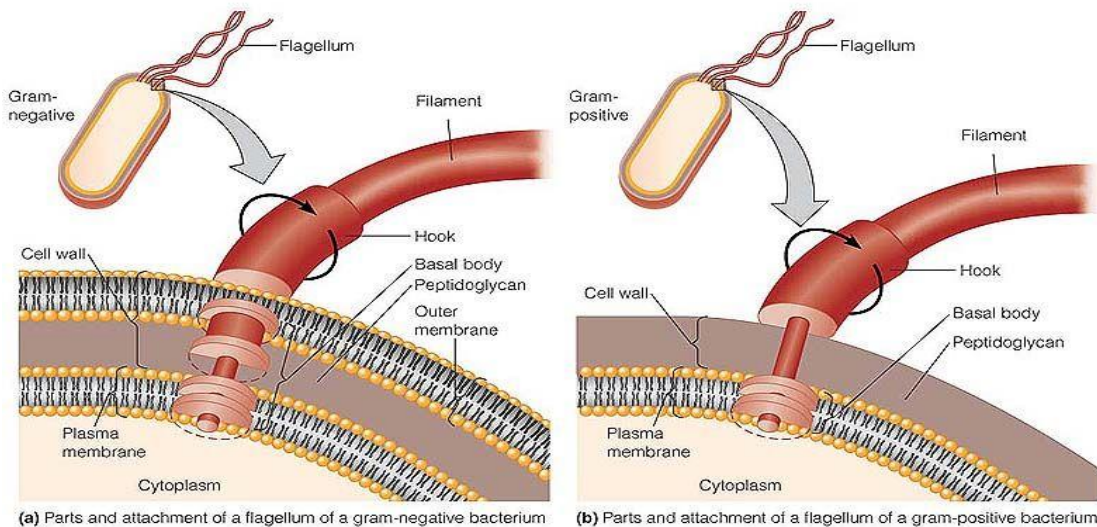
- بعض الجراثيم لا تملك محفظة حقيقية وإنما طبقة رقيقة نسميها الكنان السكري Glycocalyx وهذه ترى فقط في المجهر الالكتروني (خلافا للمحفظة التي ترى بالمجهر العادي) الكنان السكري له دور مهم في التصاق الخلية الجرثومية بقوة إلى التراكيب المختلفة ، الجلد ، الصمامات القلبية ، القاتر وسطوح البيئة المحيطة والخلايا النباتية والحيوانية المضيفة وغيرها ، وهو يعد من عوامل الامراض كما المحفظة.
- بالإضافة لدور الكبسولة في حماية البكتيريا من الجفاف، قد يكون وجود طبقة الغلاف مرتبط بالقدرة المرضية وعوامل فوعة الجرثوم Virulence Factor .
- يمكن الاعتماد على نوع المحفظة في تحديد نوع الجرثوم من خلال استعمال مصل يحوي أضداد موجهة ضد عديد سكريد المحفظة وتساعد بذلك في تصنيف النوع الجرثومي إلى أنماط مصلية محفظة مختلفة.
- يستعمل عديد السكريد المحفطي كمستضد في تحضير بعض اللقاحات بسبب قدرته على تحريض انتاج أضداد واقية.

السيط Flagella

- بعض الجراثيم لها سيات Flagella وهي استطالات ذات بنية ليفية تخرج من الجراثيم وقد تكون وحيدة القطب أو ثنائية القطب.
- قد تمتلك سوط واحد أو العديد من السيات والتي تتكون من بروتين بشكل رئيسي يدعى الفلاجيلين flagellin ، يظهر تحت المجهر وتستخدم ملونات خاصة لتظهره.

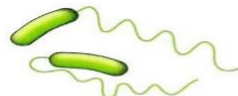


- ترتكب الأسواط من بروتين أجوف يسمى الفلاجيلين Flagellin، و يتكون السوط البكتيري من الخيط Filament الذي يرتبط مع الخطاف Hook المتصل مع الحبيبة القاعدية أو الجسم القاعدي Basal body التي تنشأ من الغشاء البلازمي و التي هي عبارة عن عمود Rod يمر خلال عدد من الحلقات.
- على الرغم من ان مكونات السوط البكتيري في البكتريا الموجبة الغرام لا تختلف عن مكونات السوط في البكتريا السالبة الغرام الا ان هناك اختلافا في تركيب الحبيبة القاعدية (الجسم القاعدي) حسب اختلاف تركيب الجدار الخلوي لكلا نوعي البكتريا.

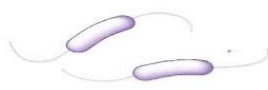


- تتركب الحبيبة القاعدية في البكتريا السالبة الغرام من العمود الذي يمر خلال ٤ حلقات (زوجين من الحلقات)، الحلقة M و الحلقة S تليها الحلقة P و اخيرا الحلقة L
- في حين ان الحبيبة القاعدية في البكتريا الموجبة الغرام تتكون من العمود الذي يمر خلال حلقتين فقط (زوج واحد من الحلقات)، الحلقة M و الحلقة S .
- السبب في وجود ٤ حلقات في الحبيبة القاعدية في سوط البكتريا السالبة الغرام L و P (هو لتدعيم تثبيت السوط خلال الجدار الخلوي الذي يتكون من طبقة رقيقة من Peptidoglycan تعلوها طبقة الغشاء الخارجي Outer membrane) .
- ايضا نلاحظ وجود الحلقتين M و S في كلا نوعي البكتريا متصله بالغشاء السيتوبلازمي لأنها هي الحلقات المسؤولة عن دوران الخيط بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة (لاحظ حركة السهم الموجود على الخطاف في الرسم السابق) و ينتج عن دوران الخيط في عكس اتجاه عقارب الساعة حركة الخلية حركة تقدمية للأمام.
- يتراوح سمك السوط من ١٠ - ٣٠ نانوميتر nm في حين قد يصل طوله الى ١٥ - ٢٠ ميكروميتر μm تتواجد الأسواط حول الخلية البكتيرية في الترتيب الآتي :
- ١ . بكتيريا وحيدة السوط Monotrichous وفيها يخرج سوط واحد من احد أطراف الخلية .
- ٢ . بكتيريا سوطية الطرف Lophotrichous وفيها تخرج مجموعة من الأسواط من أحد أطراف الخلية .
- ٣ . بكتيريا سوطية الطرفين Amphitrichous وفيها يخرج سوط واحد أو مجموعة أسواط من كلا القطبين.
- ٤ . بكتيريا محيطية الأسواط Peritrichous وفيها تخرج الأسواط من جميع أسطح البكتيريا.

Monotrichous
(*Pseudomonas aeruginosa*)



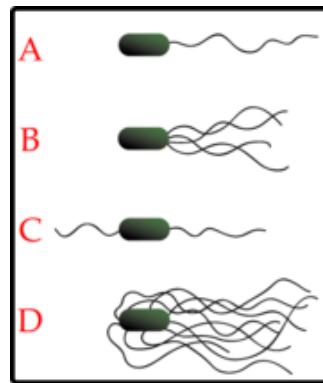
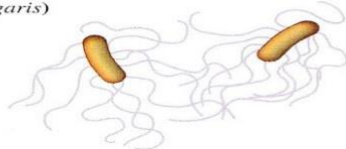
Amphitrichous
(*Spirillum volutans*)



Lophotrichous
(*Pseudomonas marginalis*)



Peritrichous
(*Proteus vulgaris*)

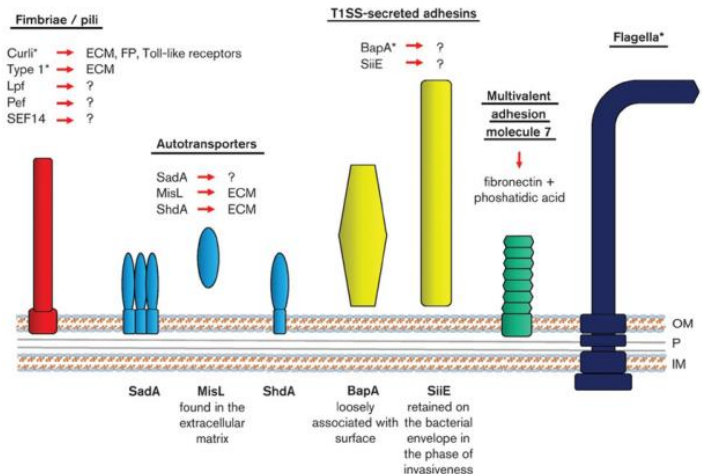
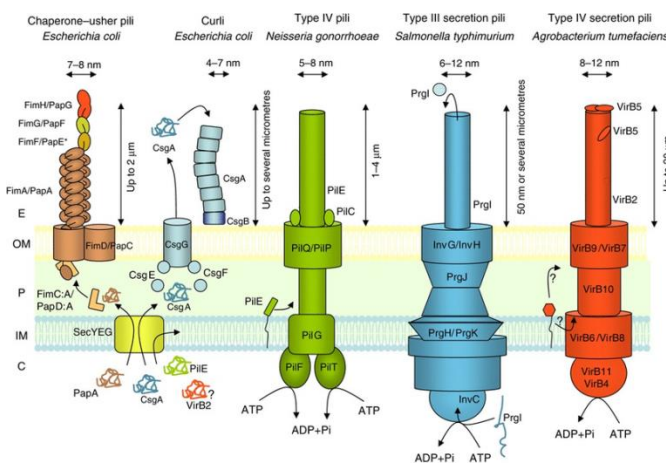


- يفيد السوط في الحركة (وبالطبع فإن الحركة الجرثومية هي حركة ميكروية لكنها تقطع مسافات تعتبر طويلة نسبيا لها).

- تتحرك الجراثيم هرباً من البيئة غير المناسبة واقترباً من الغذاء كما أن لهذه الحركة أهمية من الناحية الامراضية.
- يتم الآن استخدام مصطلح الذكاء الجرثومي فالجراثيم تقوم بالابتعاد عن المواد الضارة والاقتراب من المواد المفيدة كما أن بعض الجراثيم المتحركة يمكن أن تنتقل من منطقة لأخرى في الجسم على أن تكون قريبة .
- تكمن أهمية السياط طبيياً من خلال :
 1. السياط تمنح الخلايا الجرثومية القدرة على الحركة بشكل فاعل ويمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي.
 2. بعض الذراري الجرثومية المتحركة مثل الإشريكية القولونية والمتقلبات تكون أسباب شائعة لإنانات الجهاز البولي ، وتلعب السياط هنا دوراً في الامراضية بتحريكها للجرثوم والمساهمة بوصله للمثانة عن طريق الاحليل. وبعض الذراري الجرثومية مثل السالمونيلا تميز مخبرياً عن طريق استعمال اعداد نوعية موجّهة تجاه بروتينات السياط.

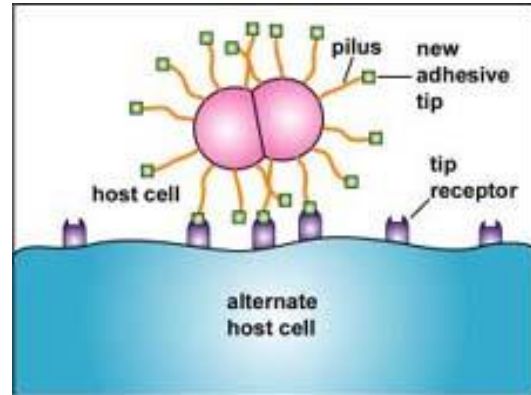
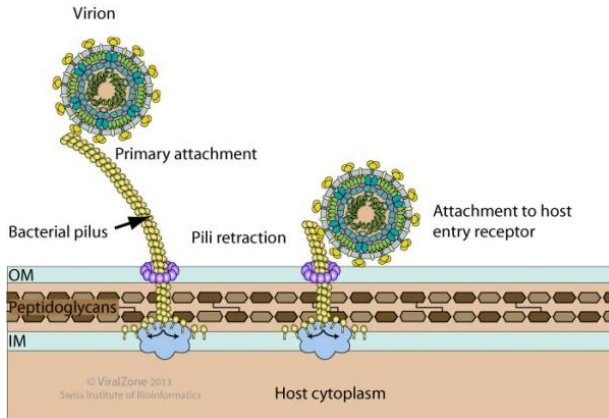
الأهداب أو الأشعار أو الخمل (Fimbria) Pili :

- بعض الجراثيم لها استطالات دقيقة لا ترى إلا بالمجهر الإلكتروني هي الأشعار أو الخمل Pili and Fimbriae وهي من العوامل الإمراضية أيضاً لأنها تفيد في الالتصاق وتثبيت الجراثيم على الأنسجة ، وهي عبارة عن خيوط دقيقة ورفيعة بقطر 0.1 – 1.5 نانوميتر وطولها 4 – 8 مايكرومتر حيث تدعى أشعار الالتصاق Attachment Pili تثبتت على الغشاء الخارجي من الجدار الخلوي وتمتد محيطياً من السطح باتجاه الخارج، وهي أقصر وأرفع من السياط.
- تتكون من وحدات من بروتين (pillin) وتنتظم في أسرطة حلزونية.
- توجد الأشعار في العصيات سلبية الغرام بشكل أساسي.



من وظائفها:

١. تلعب دور في الالتصاق النوعي للجرثوم على مستقبلات خلايا المضيف (مبدأ القفل ومفتاح) وهي مرحلة مهمة لظهور الإنتان ببعض المتعضيات.

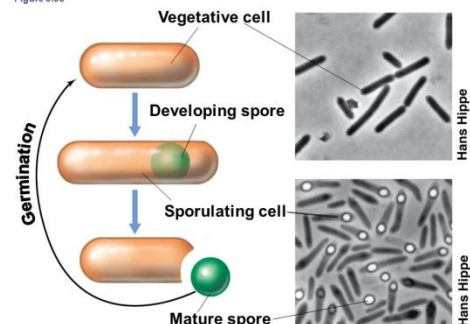


٢. لبعض من هذه الأشعار دور في الاقتران حيث يتم تلامس شعرتين من جرثومتين مختلفتين ومن خلالهما تنتقل الأجزاء القابلة للانتقال من البلاسميد أي يحدث انتقال للمعلومات الوراثية وتسمى هذه الأشعار بالأشعار الجنسية Sex Pili وتحتاجها الجراثيم سلبية الغرام من أجل عملية الاقتران ونقل البلاسميدات النوعية، وإن عملية الاقتران ليست وسيلة للتكاثر لأنها لا تؤدي إلى زيادة العدد لكن لكونها شبيهة بعملية الاقتران أطلق عليها هذا الاسم.

الأبواغ الجرثومية Bacterial Spores :

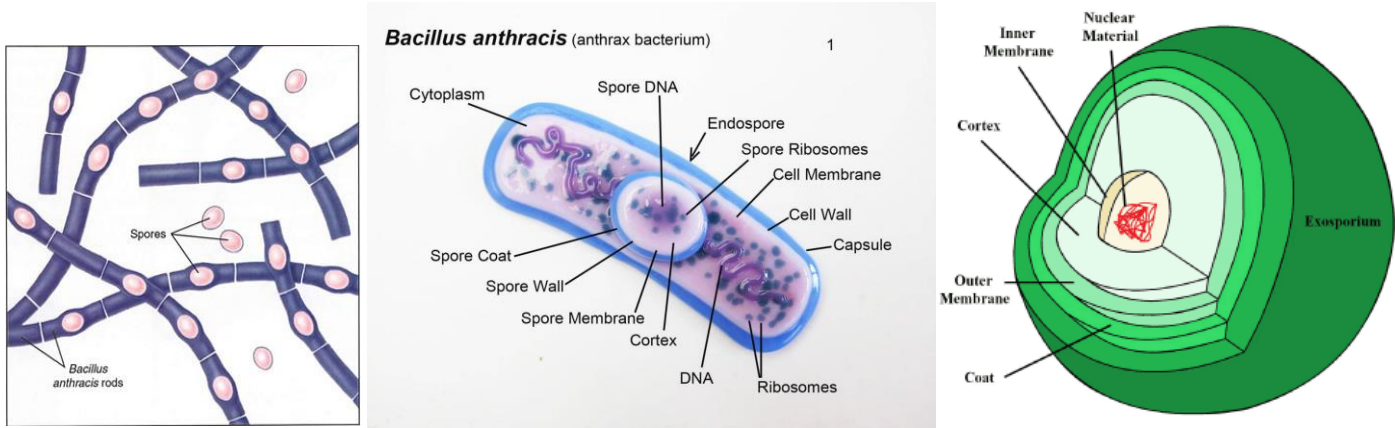
- خلية البكتيريا الخضرية cell vegetative هي تلك القادرة على القيام بجميع وظائف الحياة ولكن ليس لها القدرة على مقاومة الظروف غير المناسبة للحياة مثل نفاذ الغذاء وسرعان ماتموت. تنشذ عن هذه القاعدة بعض أجناس البكتيريا، فخلاياها الخضرية لا تموت بفعل نقص الغذاء بل تتحول إلى طور مقاوم (لا يتمتع بأي نشاط حيوي) للظروف البيئية غير المناسبة.

Figure 3.33



© 2012 Pearson Education, Inc.

- وبذلك تقوم بعض الجراثيم بدورة من التمايز أو التحول استجابة لظروف بيئية سيئة كنفاد المواد المغذية وخاصة مصادر الأزوت والكربون حيث تشكل كل خلية بوغا داخليا واحدا يتحرر عندما تتلاشى الخلية الأم بالانحلال الذاتي.
- تتجمع الجراثيم على بعضها وتوقف الاستقلاب وتتخلص من كل ما هو غير ضروري ويتسمك جدارها الخلوي ليصبح عدة طبقات يشبه بنية الكيراتين وغني بالكالسيوم وتتحول من شكل عيوش إلى شكل هاجع غير استقلابي لكنه حي اسمه البوغ Bacterial spore .



- تكون بعض الأنواع البكتيرية العصوية و (أحيانا الكروية) تراكيب كامنة داخل خلاياها يطلق عليها الجراثيم الداخلية وإذا توفرت للجرثومة الظروف الملائمة ستنبت و تكون خلية خضرية ، و لذلك تعتبر الجراثيم الداخلية طور من اطوار دورة الحياه (وسيلة لحفظ النوع) و ليست وحدة تكاثرية.

من اهم الأجناس المكونة للجراثيم الداخلية:

- الجنس Bacillus بكتريا عصوية
- الجنس Clostridium بكتريا عصوية
- الجنس Sporosarcina بكتريا كروية تتجمع في ثمانيةات.

الجراثيم الداخلية لديها قدرة فائقة على:

- مقاومة الظروف البيئية غير الملائمة (كالحرارة العالية - الأشعة - التراكيز العالية من المواد الكيميائية)
- مقاومة للجفاف.
- لديها قدرة على السكون لفترة طويلة (تعيش لعدة سنوات في غياب مصدر غذائي خارجي نظرا لانخفاض نشاطها (الأضي).
- كسر الضوء
- مقاومة صبغات الأنيلين القاعدية التي تصبغ الخلايا الخضرية بسهولة.

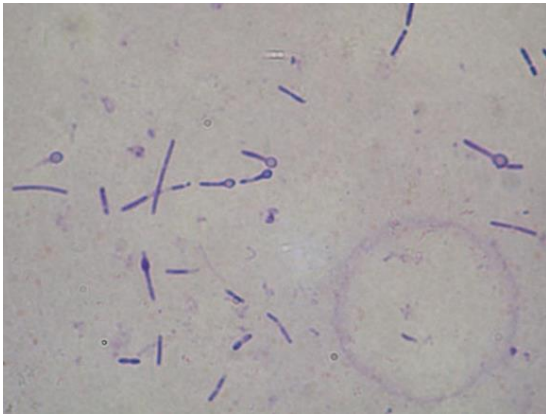
أشكال الجراثيم الداخلية:

- قد تكون الجراثيم الداخلية كروية الشكل كما في البكتريا *Clostridium tetani*
- او قد تكون الجرثومة اسطوانية او عصوية كما في البكتريا *Bacillus cereus*
- او قد تكون الجرثومة بيضاوية كما في البكتريا *Clostridium botulinum*

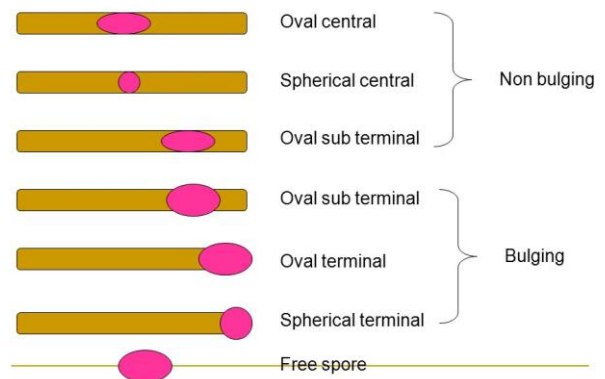
تستطيع الأبواغ أن تبقى حية لمئات السنين دون أن تتأثر بالحرارة وأشعة الشمس أو المطهرات أو الأدوية ومقاومة للجفاف ولا تموت إلا بالتعقيم الحقيقي لأنها شديدة المقاومة.

موقع الجرثومة الداخلية داخل الخلية

- الجرثومة الداخلية قد تكون وسطية اي في وسط الخلية تماما كما في البكتريا *Bacillus cereus*
- او قد تكون تحت طرفية أي في موقع بين طرف الخلية ووسطها كم في البكتريا *Clostridium botulinum*
- او قد تكون طرفية في طرف الخلية كما في البكتريا *Clostridium tetani* هذا النوع يكون قطر الجرثومة اكبر من قطر الخلية فيكون هناك انتفاخ في موضع الجرثومة داخل الخلية

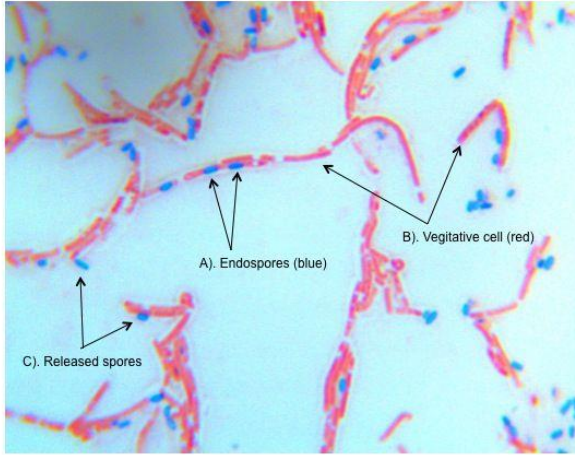


صورة بالمجهر الضوئي لبكتريا *Clostridium tetani* تتضح فيها الجرثومة الطرفية ذات الشكل الكروي - قطر الجرثومة اكبر من قطر الخلية الخضرية و بالتالي يوجد انتفاخ للخلية في موضع الجرثومة

Shape & position of bacterial spore

07.09.08

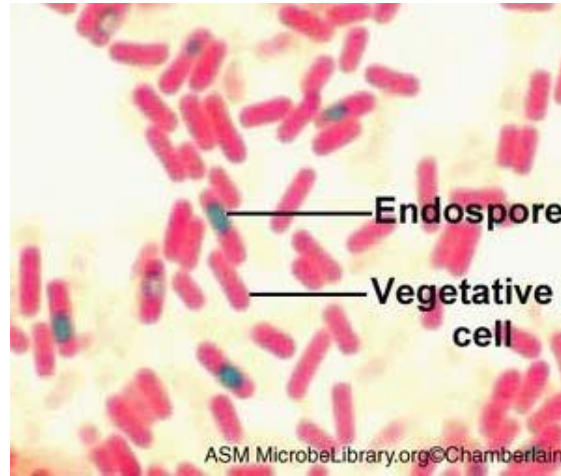
Dr Ekta Chourasia



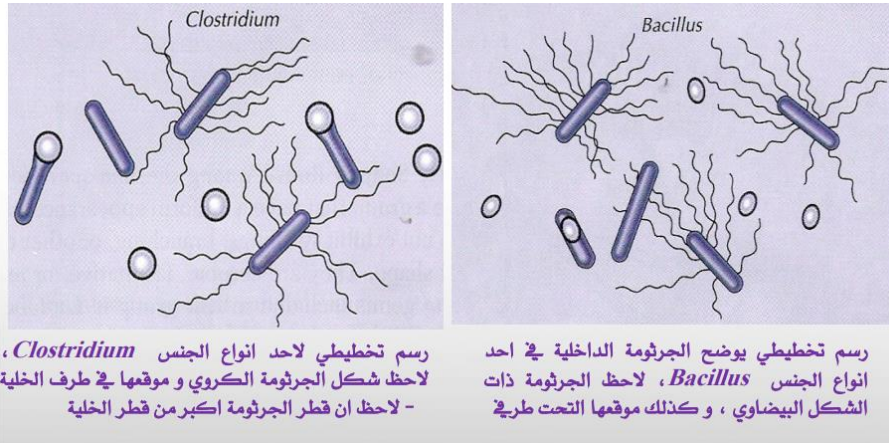
صورة بالمجهر الضوئي للبكتريا *Bacillus cereus*
لاحظ الجرثومة الداخلية الوسطية و الأسطوانية الشكل



صورة بالمجهر الضوئي للبكتريا *Clostridium botulinum* لاحظ الجرثومة الداخلية
التحت طرفية ذات الشكل البيضاوي



صورة بالمجهر الضوئي للبكتريا *Bacillus subtilis* –
لاحظ الجرثومة التحت طرفية ذات الشكل الأسطواني



رسم تخطيطي لأحد أنواع الجنس *Clostridium* ،
لاحظ شكل الجرثومة الكروي و موقعها في طرف الخلية
- لاحظ ان قطر الجرثومة اكبر من قطر الخلية

رسم تخطيطي يوضح الجرثومة الداخلية في احد
انواع الجنس *Bacillus* ، لاحظ الجرثومة ذات
الشكل البيضاوي ، و كذلك موقعها التحت طرفية

انتهت المحاضرة
د. حازم مللي