علم الأحياء الدقيقة

Microbiology

لمحة تاريخية

- أتت تسمية علم الاحياء الدقيقة Microbiology من اللغة اليونانية
- وتعني: صغيرmikros : small و bios :life ;
- صنفت أشكال الأحياء قديماً الى مملكتين (المملكة الحيوانية والمملكة النباتية) اعتمادا على الخواص الشكلية وخواص النمو.
- مع تطور التقنيات تم تصنيف الكائنات الحية في خمسة ممالك (الوحدانيات و الأولانيات و الفطور و النباتية والحيوانية)

- اعتماداً على ما سبق ولتسهيل الدراسة تم تعديل التصنيف للكائنات الحية الخلوية ليشمل مجموعتين رئيستين(وجود الغشاء النووي):
- بدائية النواة (prokaryotes):

تشمل الجراثيم والعتائق (لا تملك غشاء نووي يحيط بالمادة الوراثية التي تتكون من جزيئة حلقية مفردة من الدنا ثنائي السلسلة)

- حقيقيات النوى (Eukaryotes):

تشمل الفطور والأوالي وخلايا النبات والحيوان بما فيها الإنسان (تملك نواة حقيقية وغشاء نووي يحيط بالمادة الوراثية ونويات وهي عديدة الصبغيات)

بدائيات النوى prokaryotic وتشمل :الجراثيم والعتائق	حقيقيات النوى Eukaryotic تضم الطحالب والفطريات والطفيليات والأوالي (protozoa)
شبه نواة ليس لها غشاء نووي حولها	نواة حقيقية لها غشاء نووي يحددها
المادة النووية عبارة عن صبغي واحد وهو شريط ملتف من DNA	صبغيات متعددة مرتبة
تنقسم الخلايا بالانشطار الثنائي	لها جهازانقسام خيطي Mitosis
لها جدار خلوي قاس يحدد شكلها مؤلف من الببتيدوغليكان باستثناء المفطورات يفتقر إلى الستيروت sterols	يحيط بها غشاء خلوي لايحتوي على الببتيدوغليكان لكن يحتوي على الستيرولات
لا تملك متقدرات mitochondria ولا جهار غولجي ولا شبكة هيولية باطنة	تملك هذه العضيات آنفة الذكر
حجم الريباسات (ريبوسومات) 70S	حجم الريباسات 80S
الدنا DNA لا يترافق مع الهيستونات	الدنا DNA يترافق مع الهيستونات

الفيروسات ليست مدرجة ضمن التصنيف السابق بسبب كونها كائنات فريدة, غير خلوية وخاملة استقلابياً ولا تتكاثر إلا في الخلايا الحية وأهم الاختلافات بين الفيروسات و الجراثيم:

I. البنية (Structure):

- الجراثيم خلايا تملك DNA و تحاط بهيولى حيث يتم انتاج الطاقة و تصنيع البروتينات.
- الفيروسات لها مادة وراثية تتكون إما من دنا DNA أو رنا RNA وهي تعتمد على الثوي في الحصول على الطاقة و البروتينات

II. التوالد (Reproduction):

- تتوالد الجراثيم بطريقة الانشطار الثنائي (binary fission)

وتستطيع التكاثر خارج الخلية عدا الريكتسيات و المتدثرات التي تحتاج إلى خلايا حية من أجل نموها

- الفيروسات تتفكك بالبداية داخل خلية الثوي لتكون نسخ من الحمض النووي و البروتينات ثم تتجمع لتعطي جيل جديد .

بشكل عام العوامل المسببة للأمراض المعدية عند البشر هي:

- الجراثيم (بدائية النواة)
- الفطريات
- الأوالي والديدان وتسمى طفيليات
- الفيروسات وهي مواد معدية وليست حية لكنها تستطيع التكاثر داخل الخلايا الحية

بنية و تصنيف الجراثيم

Bacterial structure and taxonomy

شكل و حجم الجراثيم:

يتحدد شكل الجرثوم من خلال جدار الخلية الجرثومية الصلب و تصنف حسب شكلها إلى ثلاثة مجموعات رئيسة:

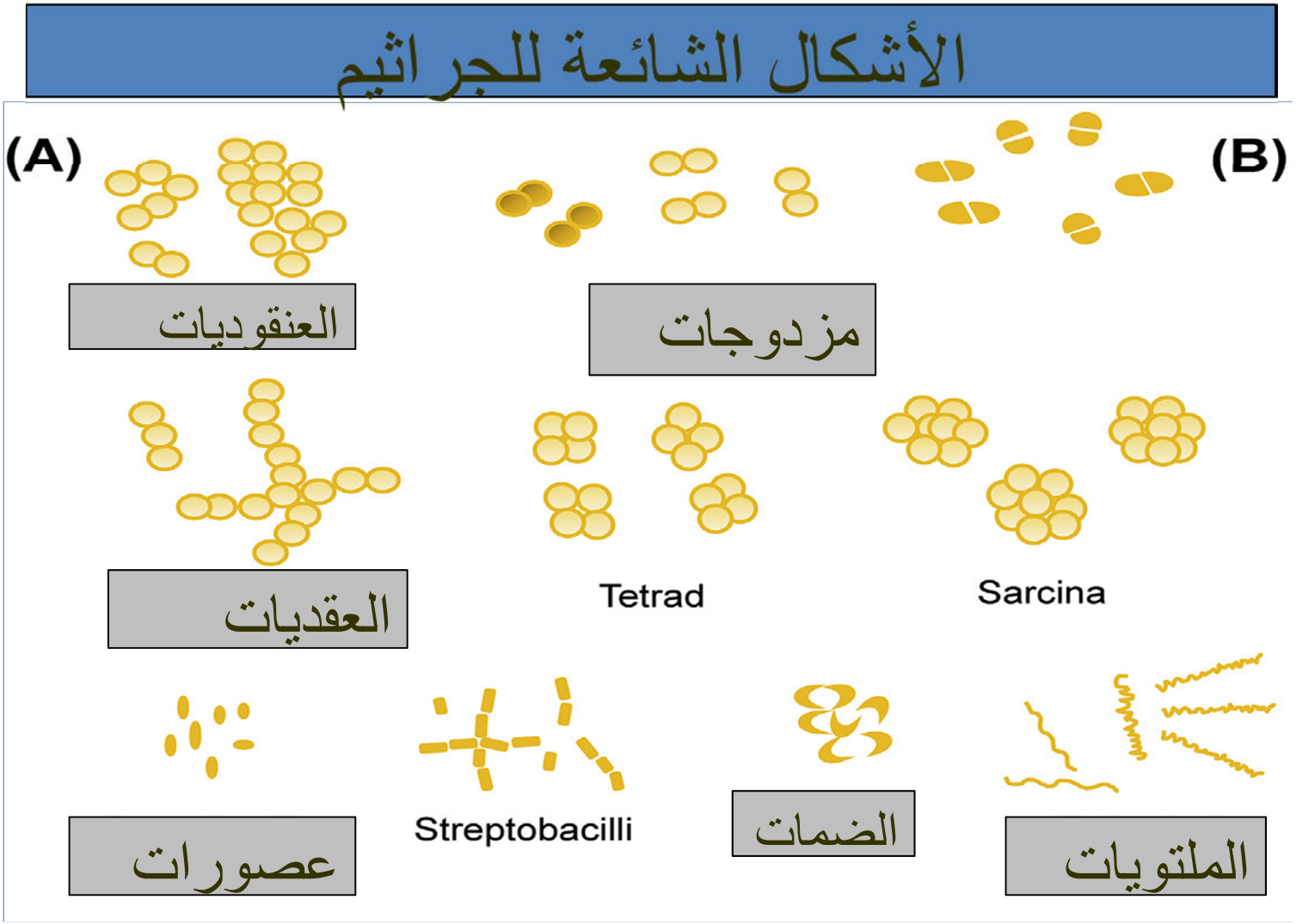
- المكورات Cocci (ذات شكل كروي)
- العصيات Bacilli (ذات شكل عصوي متطاول)
- الملتويات Spirochaetes (ذوات شكل حلزوني)

بعض أنواع الجراثيم تبدي أشكال مختلفة و متغيرة و تدعى بالجراثيم متعددة الأشكال Pleomorphic bacteria

حجم الجراثيم يتراوح بين (0,2-5) ميكرون.

-طول العصيات يصل إلى 7 ميكرون مساوياً حجم الخمائر أو كرية الدم الحمراء

أصغر الجراثيم يقارب في حجمه حجم أكبر الفيروسات(الجدري)



انتظام الجراثيم Arrangement: يعتمد على اتجاه محور انقسام الخلايا ودرجة اتصال الخليتين الناتجتين

ميزات الانصباغ و التلوين بطريقة غرام:

صبغة غرام صبغة تفريقية اكتشفها العالم الألماني كريستيان غرام، تقسم الجراثيم إلى مجموعتين رئيستين حسب خواص التلوين لجدار الخلايا الجرثومية :

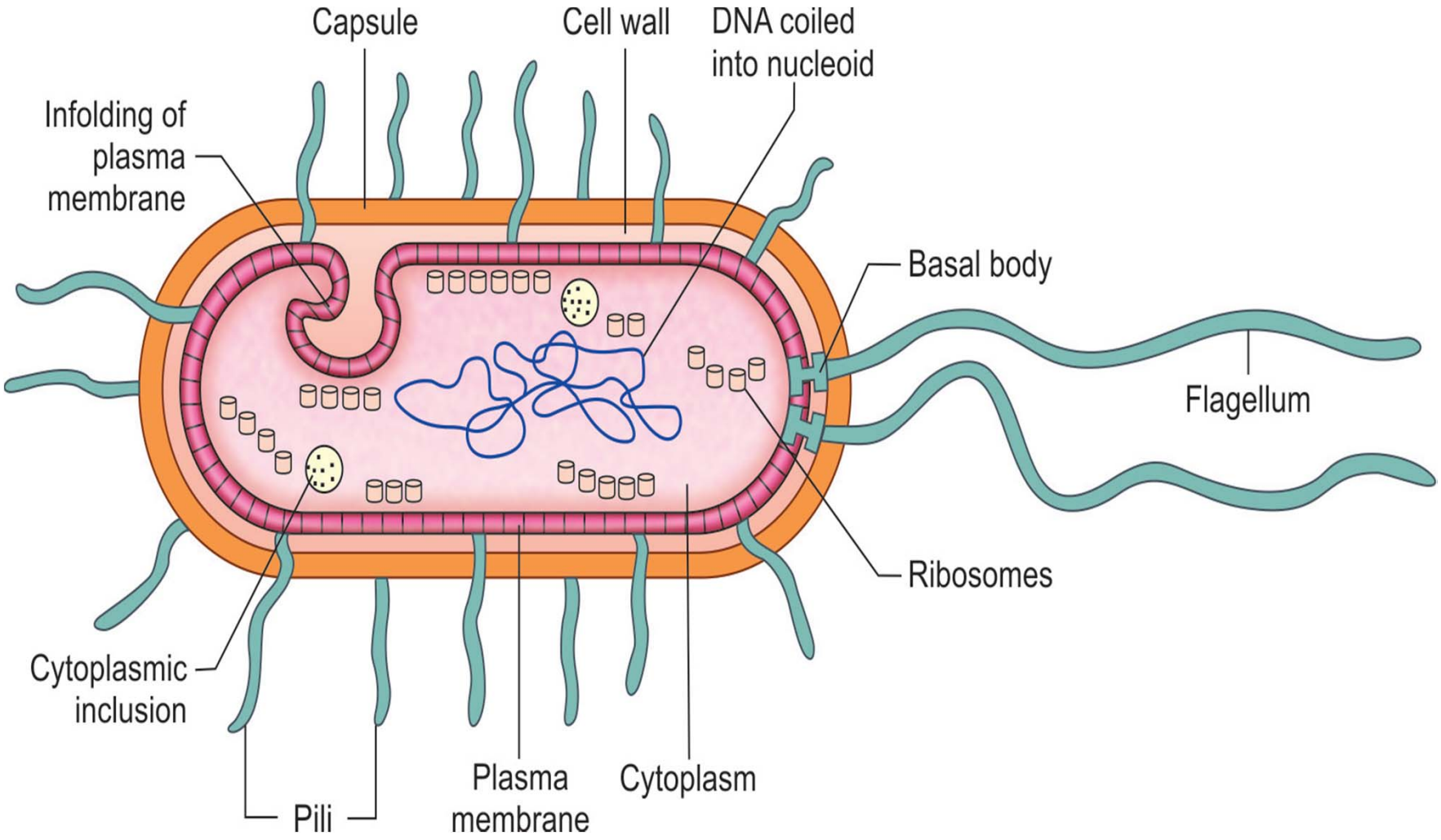
*موجبة الغرام Garm-Positive تظهر تحت المجهر بلون بنفسجي

*سالبة الغرام Gram-Negative تظهر تحت المجهر بلون أحمر أهمية

خاصية الانصباغ بطريقة غرام مفيدة لأمرين:

- تحديد هوية الجرثوم - معالجة العداوى الجرثومية

بنية الخلية الجرثومية Structure of bacterium :



البنى خارج الجدار الخلوي

السياط Flagella:

- ✓ شبيهة بالسوط (استطالة خيطية رفيعة).ترتكز إلى الجدار الخلوي والغشاء الهيولي
- ✓ مسؤولة عن حركة الجرثوم (معظم الجراثيم العصوية).
- ✓ تتركب السياط من بروتين وحيد يدعى الفلاجلين. هذا يعطي صفة خاصة للمستضد الخاص به.
- ✓ يمكن رؤية السياط بالمجهر الالكتروني أو بالمجهر الضوئي شريطة استخدام صبغات خاصة تترسب على السياط .

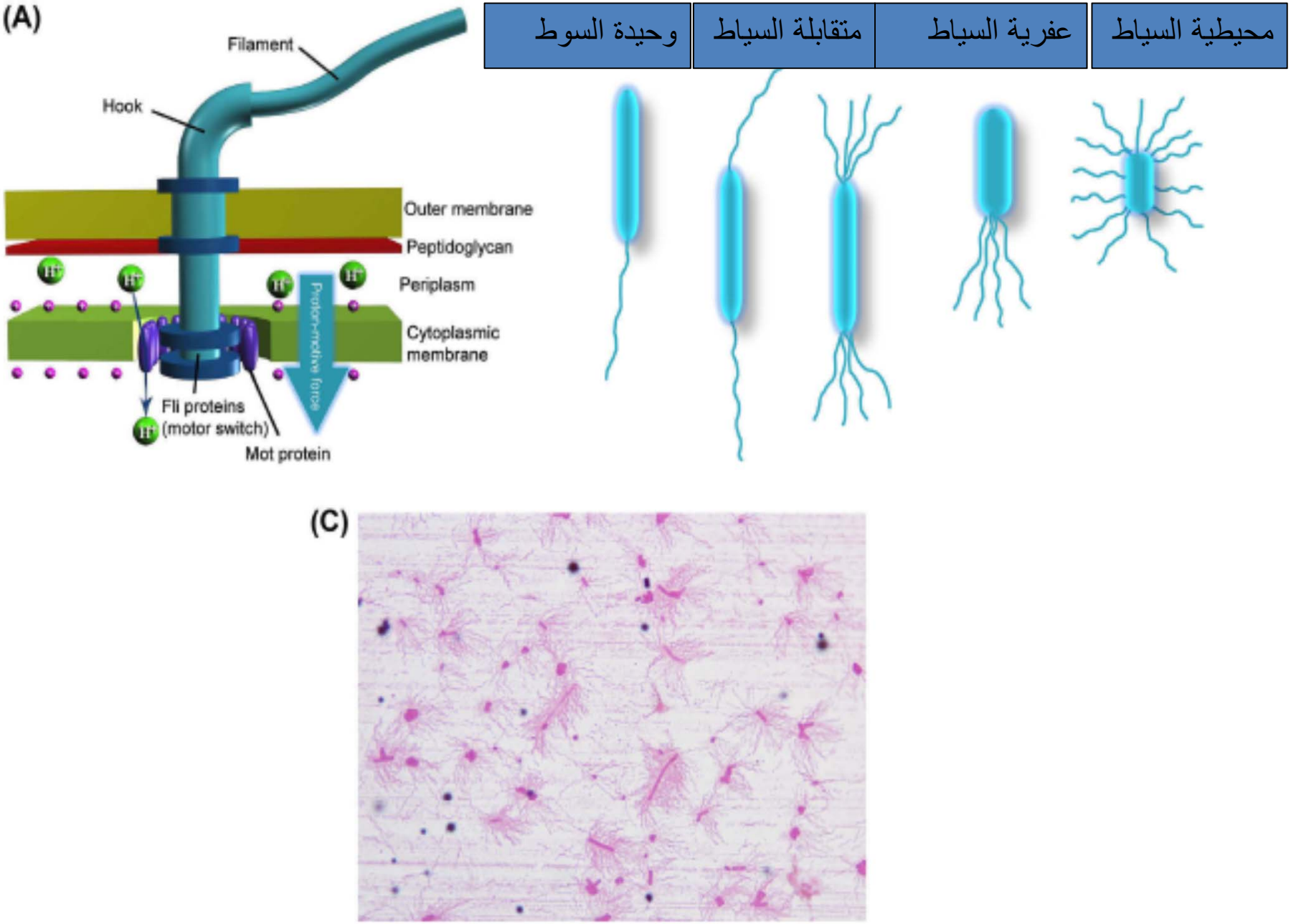
-حسب مكان توضع السوط نميز بين الأنواع التالية من الجراثيم:

- جراثيم وحيدة السوط: السوط في أحد الأقطاب

- جراثيم متقابلة السياط: يوجد سوط في كل قطب

- جراثيم عفرية السياط: يوجد عدة سياط في أحد أو كلا قطبي الجرثوم

-جراثيم محيطية السياط: تتوزع السياط على كامل السطح الخارجي


(A)
Filament
Hook
Outer membrane
Peptidoglycan
Periplasm
Cytoplasmic membrane
Proton-motive force
Fli proteins
(motor switch)
Mot protein
وحيدة السوط
متقابلة السياط
عفرية السياط
محيطية السياط
(C)

الخمل Fimbriae أو الأشعار Pili:

- خيوط شبيه بالأشعار قصيرة و دقيقة (لا ترى إلا بالمجهر الالكتروني).
- تمتد من سطح الخلية وتوجد بشكل رئيسي عند الجراثيم سالبة الغرام.
- تتركب من بروتين البيلين (pilin).
- تخدم في التصاق الجرثوم على المستقبلات الموجودة على سطح الخلايا (ذلك هام لحدوث الخمج) وليس لها دور بحركة الجرثوم
- يوجد نمط متخصص يدعى بالأشعار الجنسية (sex pilus) تخدم بعملية الارتباط أثناء الاقتران بغية نقل المورثات

الكنان السكري (Glycocalyx):

- طبقة رقيقة لزجة تتركب من عديد السكريد (polysaccharide)

- تغطي السطح الخارجي للعديد من الجراثيم تمكنها من الالتصاق بقوة على السطوح الخلوية أو الصلبة كسطوح الأسنان والصمامات البديلة والقثاطر, لا ترى بالصبغات العادية

مثال: العقدية الطافرة (Str. Mutans) من أهم الجراثيم المسببه للتسوس.

المحفظة (Capsule):

- طبقة هلامية عديمة الشكل تحيط بكامل الجرثوم

- تتركب من عديد سكريد في جميع الجراثيم باستثناء العصوية الجمرية حيث تتكون من عديد ببتيد.

- ان اختلاف المكونات السكرية في عديد السكريد يؤدي لوجود أنماط مصلية مختلفة للمحفظة ضمن النوع الواحد من الجراثيم (أمكن تحديد 84 نمط مصلي من العقدية الرئوية).

هناك بعض الجراثيم التي تمتلك القدرة على تكوين المحفظة داخل الجسم وفي البيئات الاصطناعية (الكلبسيلات)، بينما جراثيم أخرى تكون المحفظة فقط داخل الجسم وتفقد هذه القدرة في البيئات الاصطناعية.

تؤدي المحفظة دورا هاما من خلال:

- تخدم في التصاق الجرثوم على أنسجة الإنسان أو التعويضات.
- تثبط عملية البلعمة وتعيقها (عامل فوعة).
- يساعد في التشخيص المخبري للجراثيم (ظاهرة تفاعل أو انتفاخ المحفظة Quellung reaction).
- عديدات السكريد المحفظية يمكن استخدامها كمستضدات في لقاحات معينة (لقاحات عديد السكريد المستخدمة في الوقاية من العقدية الرئوية).

البنى الخلوية

الجدار الخلوي Cell wall:

طبقة خارجية تحمي البنى الداخلية للجرثوم(يحيط بالغشاء الهيولي من الخارج) ثخانتها حوالي 15-80 نانومتر. تشكل 20-30% من الوزن الجاف للخلية الجرثومية.

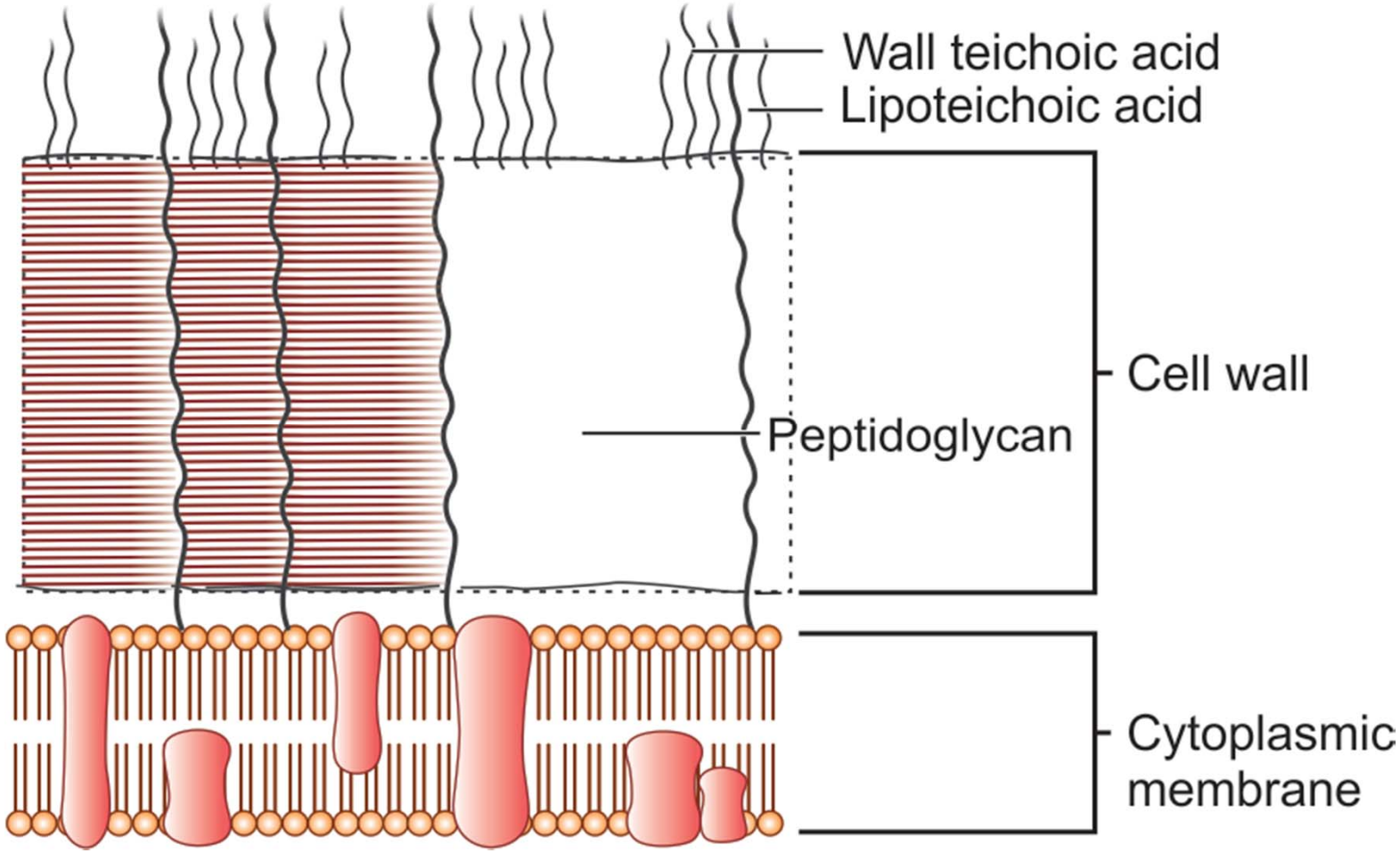
- صلب متعدد الطبقات يحدد الشكل الخارجي (إعطاء الصلابة للجرثوم)
- يفيد في تصنيف الجراثيم حسب قابليتها للتلون بطريقة غرام.
- يتميز بنفوذيته للمواد ذات الوزن الجزيئي المنخفض وغير حساس حلولياً.

❑ **الجدار الخلوي في الجراثيم إيجابية الغرام:**

يشكل الببتيدوغليكان (المورين Murein) حوالي 50% من بنية الجدار يتكون المورين من طبقات (15- 50 طبقة)، وترتبط الطبقات مع بعضها بسلاسل ببتيدية.

يرتبط الحمض التيكوئيكي في معظمها مع المورين أما الحمض التيكوئيكي الشحمي فيتثبت على الغشاء الهيولي.

إضافة لذلك يحوي الجدار على بروتينات وعديدات سكريد مختلفة.



مخطط يوضح جدار خلية جرثومية موجبة الغرام

❑ **الجدار الخلوي للجراثيم سلبية الغرام:**

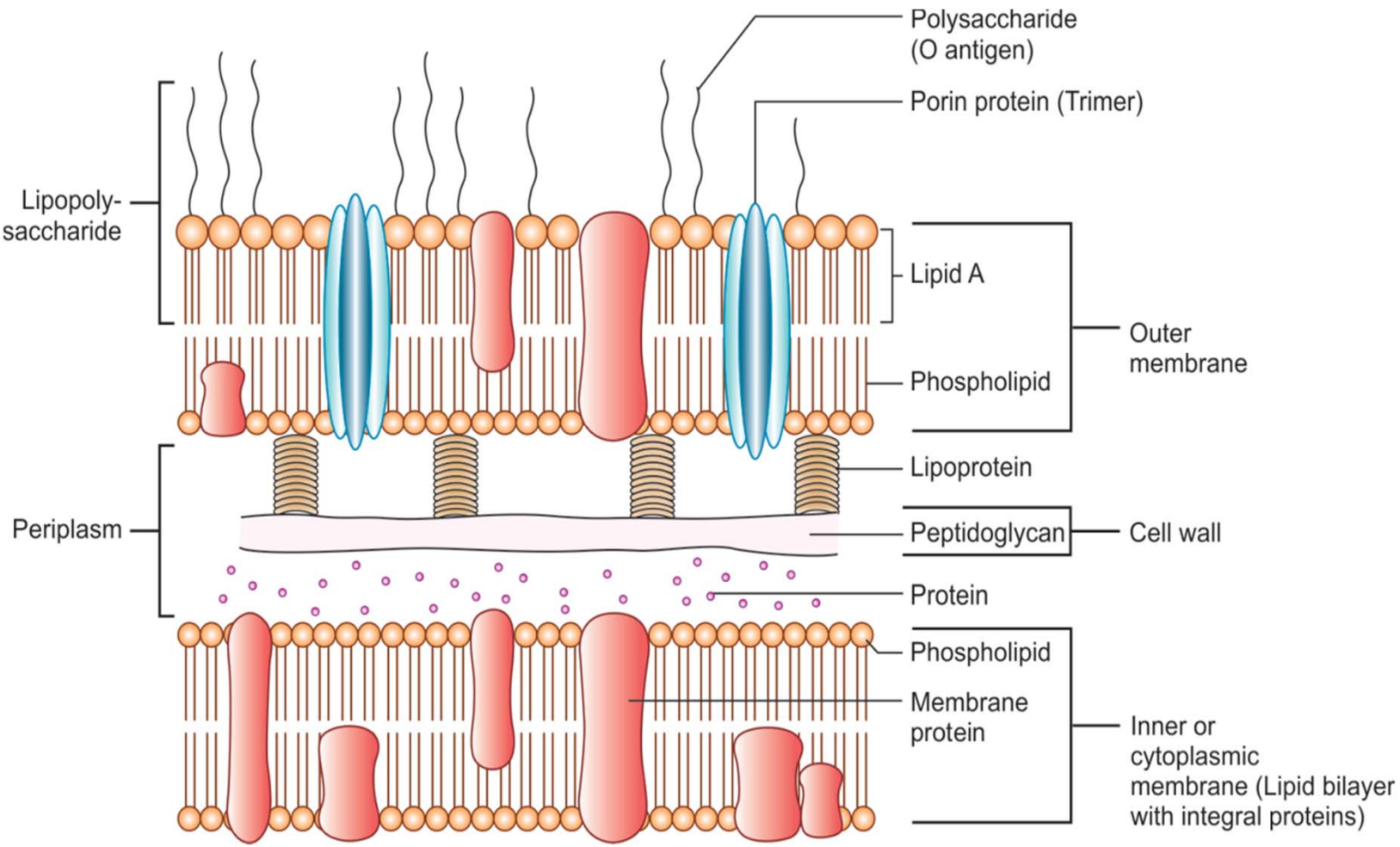
- الطبقة الداخلية تتكون من المورين حوالي5-10% من بنية الجدار وثخانتها 2 نانومتر.

- أما الطبقة الخارجية فتتكون من :

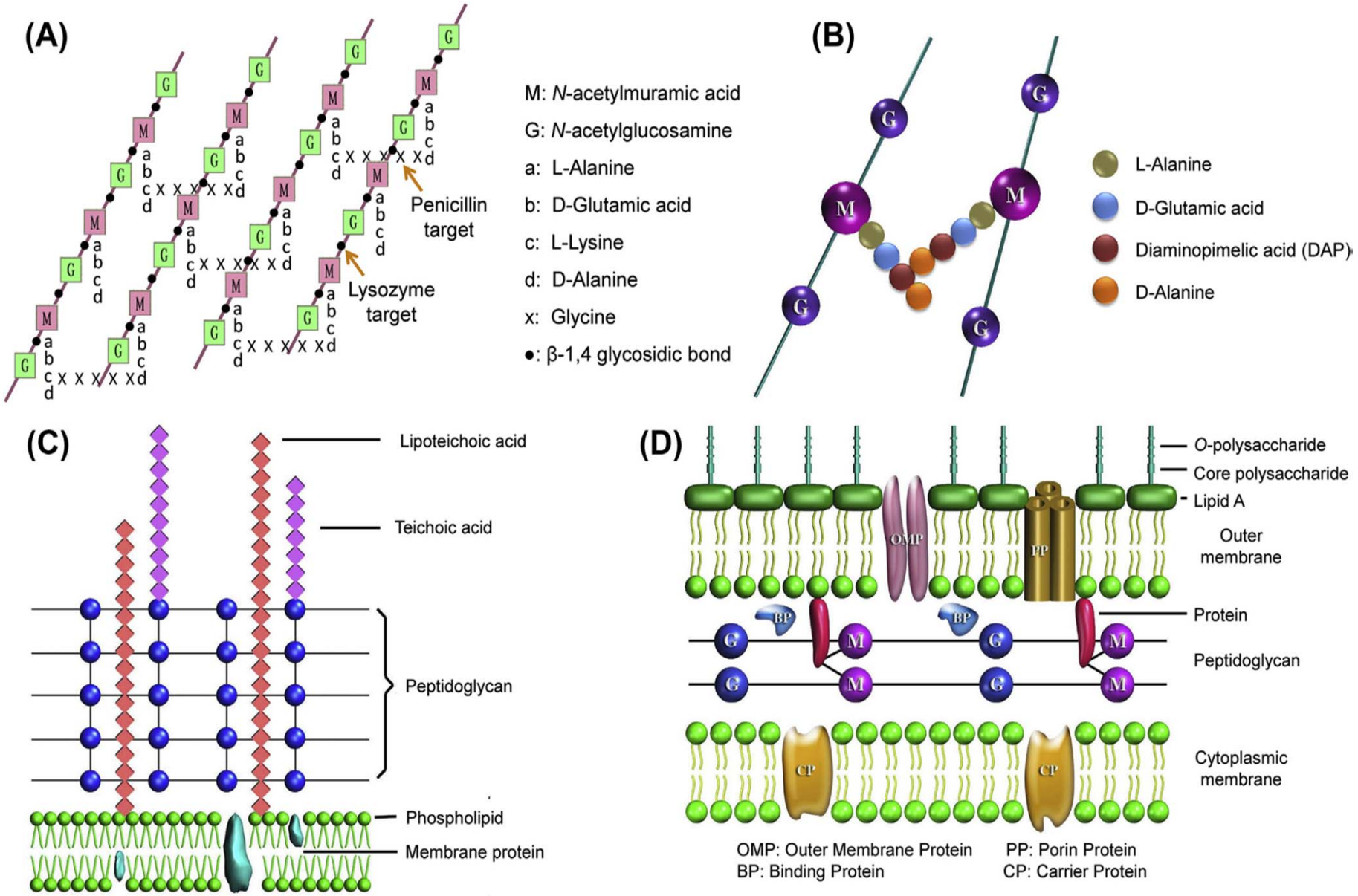
الشحوم الفوسفورية والشحوم البروتينية ومن عديد السكريد الشحمي Lipopolysaccharide(LPS) والذي يعرف أيضاً باسم الذيفان الداخلي Endotoxin وهو يتألف من الشحم A المسؤول عن السمية وعديد السكريد اللبي ومن سلسلة عديد السكريد O النوعية وتسمى بالمستضد الجسدي O Antigen.

- الفراغ بين الغشاء الخارجي والغشاء الهيولي بالحيز حول الهيولي ويملأ الفراغ بالمورين ومحلول بروتيني يشبه الهلامة.

يحوي الغشاء الخارجي بروتينات (50%) مثل البورينات والبروتينات المكونة للثقوب وبروتينات التصاق وبروتينات نقل.



مخطط يوضح جدار الخلية الجرثومية سالبة الغرام


(A)
Penicillin target
Lysozyme target
M: N-acetylmuramic acid
G: N-acetylglucosamine
a: L-Alanine
b: D-Glutamic acid
c: L-Lysine
d: D-Alanine
x: Glycine
●: β-1,4 glycosidic bond
(B)
L-Alanine
D-Glutamic acid
Diaminopimelic acid (DAP)
D-Alanine
(C)
Lipoteichoic acid
Teichoic acid
Peptidoglycan
Phospholipid
Membrane protein
(D)
O-polysaccharide
Core polysaccharide
Lipid A
Outer membrane
OMP
PP
BP
Protein
Peptidoglycan
CP
Cytoplasmic membrane
OMP: Outer Membrane Protein
BP: Binding Protein
PP: Porin Protein
CP: Carrier Protein

- يحوي الجدار خلوي عند بعض أنواع الجراثيم (المتفطرة السلية) على شحوم تدعى أحماض فطرولية Mycolic Acids لا يمكن تلوينها بطريقة غرام لذلك هذه الأنواع تدعى بالجراثيم المقاومة للحمض
- يوجد أنواع من الجراثيم ذات جدران خلوية معيبة مثل:

- المفطورات لا تملك جدار خلوي

-الأشكال L للجراثيم يوجد عيب في جدارها الخلوي وعلى الأرجح نتيجة المعالجة بالصادات (البنسيلين).

-الأشكال الكروية(سلبية الغرام) والبروتوبلاست (إيجابية الغرام)وهي جراثيم أزيل جدارها الخلوي بالأنزيمات الحالة أو بتثبيط تصنيع المورين

الغشاء الهيولي Cytoplasmic membrane:

وهو غشاء نصف نفوذ يحيط بالهيولى ويتوضع مباشرة تحت طبقة المورين المشكلة للجدار الخلوي، يتركب من طبقة مضاعفة من الشحوم الفوسفورية يتخللها بروتينات مختلفة مثل البريمياز (نقل فاعل للمغذيات والشوارد من الخارج إلى الداخل) وبروتينات النقل (إطراح وإفراز) وبروتينات الإشارة وأنزيمات التركيب الحيوي للجدار الخلوي وأنزيمات السلسلة التنفسية (هو عضو التنفس في الخلية الجرثومية).

وظائفه:

- نقل المواد الغذائية و الفضلات من و إلى الخلية الجرثومية
- توليد الطاقة (التنفس) بفعل حادثة الفسفتة الأكسدية ونقل الالكترون
- إفراز الإنزيمات و الذيفانات

الجسم المتوسط Mesosome:

- انغمادات حويصلية للغشاء الهيولي نحو الداخل
- له دور هام أثناء عملية الانقسام الخلوي:
  - يشكل حاجز مستعرض أثناء انقسام الخلية الأم إلى نصفين
  - يتم فيه تثبيت روابط الدنا لكل خلية ابنه

الهيولى Cytoplasm:

تحاط الهيولى بالغشاء الهيولي و تحيط بدورها بالمنطقة النووية.

تحتوي على الرنا و الريباسات والحبيبات الغذائية مثل الفولوتين الغنية بالميتافوسفات و المستقلبات والشوارد والاصباغ.

المادة النووية أو النيوكلوئيد :Nucleoid material

المادة الوراثية الجرثومية مكونة من حزمة مفرطة الالتفاف من جزيء DNAمزدوج الطاق حلقي يقيس 1مم طولاً ويمثل الصبغي ولا يوجد غشاء نووي أو نوية.

المشتملات الهيولية :Cytoplasmic inclusions

تخدم كمصادر للطاقة المخزنة

مثل البولي ميتا فوسفات، عديد السكريد، بيتا هيدروكسي-بيوتيرات ...

الريباسات Ribosomes:

- هي أماكن تصنيع البروتين. تتكون من بروتين وRNAريبوسومي

- تختلف عن ريباسات حقيقيات النواة بحجمها و بتركيبها الكيميائي.

الريباسات الجرثومية من النمط 70S (svidberg) وتتكون من تحت وحدتين 30s و50s عند حقيقيات النوى تكون ريباساتها من النمط 80S (40S & 60S).

.(هذا يفسر تأثير بعض الصادات في تثبيط تكوين البروتينات الجرثومية دون التأثير في عملية تكون البروتينات الخلوية)

البلاسميدات Plasmids:

- جزيئات من الدنا مزدوجة الطاق دائرية الشكل، توجد خارج الصبغي في العديد من الجراثيم.

- لها القدرة على الانتساخ يشكل مستقل عن الصبغي الجرثومي.

- تقسم إلى بلاسميدات انتقالية وأخرى غير انتقالية.

أهميتها الطبية:

- تحمل مورثات المقاومة للصادات وانتاج مواد قاتلة للجراثيم .

- تؤدي دورا في مقاومة الأشعة فوق البنفسجية والمعادن الثقيلة.

- تحمل المورثات المسؤولة عن الخمل وكذلك الأشعار الجنسية(الأولى للالتصاق على الأنسجة والثانية للاقتران).

- تحمل المورثات المسؤولة عن انتاج الذيفانات الخارجية والداخلية.

الينقولات (الترانسبوسون) Transposons:

- قطع صغيرة من الدنا

- لها القدرة على الانتقال من مكان لأخر بين دنا الجراثيم أو البلاسميدات أو عاثيات الجراثيم

تدعى بالمورثات القافزة (Jumping genes).

تؤدي دوراً هاماً في المقاومة للصادات و وانتاج الذيقانات والإنزيمات

الأبواغ الجرثومية Bacterial Spores:

هي أشكال خاملة من الجراثيم ويمكنها البقاء خاملة لعدة سنوات وهي شديدة المقاومة للعوامل الخارجية. ويكون الجرثوم بوغاً واحداً بعملية التبوغ، وينتش البوغ جرثوماً واحداً بعملية الانتاش.

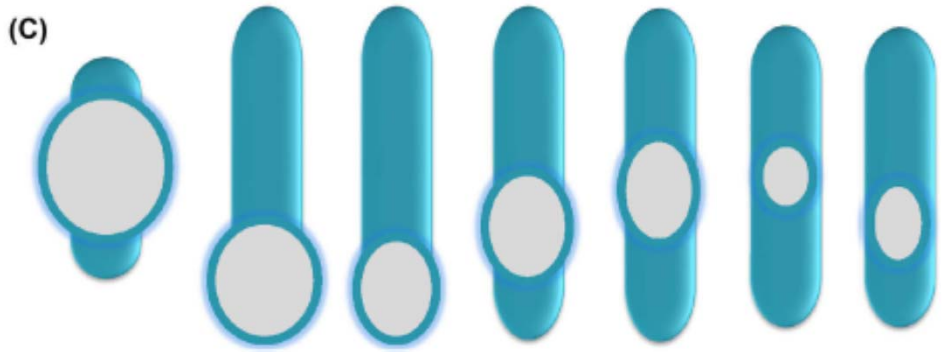
- تتشكل الأبواغ استجابة للظروف غير الملائمة للحياة مثل نفاذ المغذيات, تراكم نواتج الاستقلاب أو تغير متطلبات النمو(رطوبة وحرارة و تركيز الأوكسجين و الـ pH) عند بعض أنواع الجراثيم الهامة طبياً (العصويات، المطثيات) .
- يحتوي البوغ على الدنا الجرثومي وجزء بسيط من الهيولى اللازمة للانتاش والريبوزومات والغشاء الهيولي والببتيد السكري وكمية قليلة من الماء والأهم تشكل طبقة سميكة تشبة القرنين (Keratin) غنية بتراكيز كبيرة من دي بيكولينات الكالسيوم.

الشكل والموضع للأبواغ :

- حسب مكان توضعها : أبواغ نهائية، تحت نهائية، مركزية

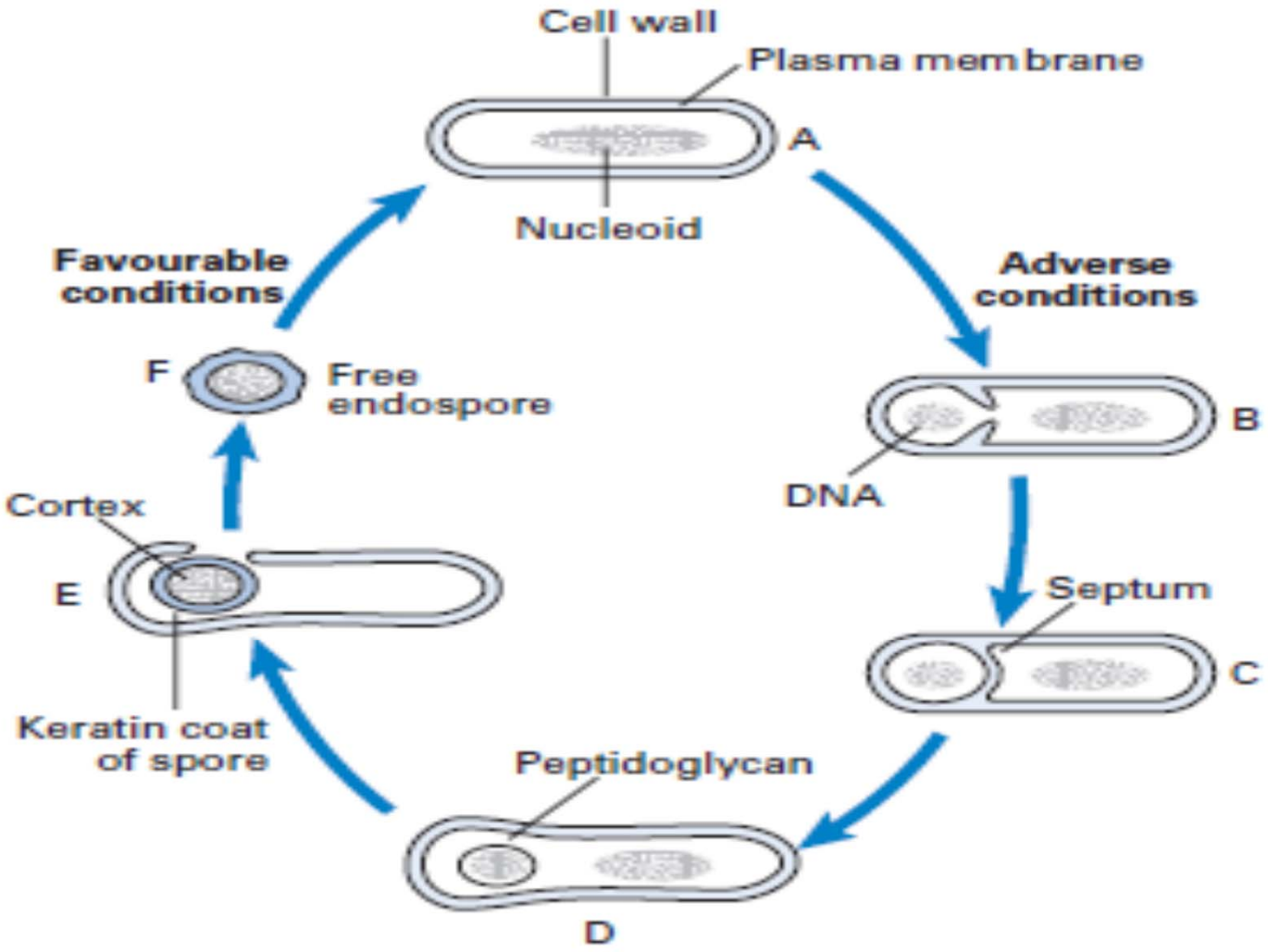
- حسب شكلها : بيضية الشكل، كروية الشكل

- حسب أبعادها :يمكن أن تكون أكبر من أبعاد الخلية الجرثومية مما يؤدي إلى تضخم الخلية مكان توضع البوغ (المطثية الكزازية تبدو تحت المجهر مثل المضرب). أو أصغر من أبعاد الخلية الجرثومية (عصيات الجمرة)



URE 1.8 (A) Schematic representation of the bacterial spore. (B) Spore stain of *C. tetani* (fuchsin-methylene blue sta
phology, and location of bacterial spores.

مراحل التبوغ:



بسبب مقاومتها الغير عادية للحرارة والمواد الكيميائية تحتم استخدام طرق فعالة لتعقيم الأدوات المستخدمة في العيادات والمشافي مثل التعقيم بالموصدة (Autoclave)

الأبواغ الجرثومية لا تقتل بدرجة حرارة الغليان.

تصنيف الجراثيم وتسميتها

نستخدم التسميات التالية في تصنيف الأحياء الدقيقة:

النوع – الجنس – العائلة - الرتبة – الصنف – الشعبة – المملكة.

اصطلح أن يكون اسم الجرثوم مؤلف من جزئين فقط اسم الجنس واسم النوع.

مثال المكورات العقدية (الجنس) المقيحة (النوع) :

Streptococcus pyogenes

ويكون الحرف الأول من اسم الجنس كبير بينما الحرف الأول من اسم النوع صغير، ويمكن اختصاره S. pyogenes