

علم الأحياء الدقيقة

Microbiology

لمحة تاريخية

- أتت تسمية علم الأحياء الدقيقة Microbiology من اللغة اليونانية
- وتعني: صغير mikros : small و bios : life ;
- صنفت أشكال الأحياء قديماً الى مملكتين (المملكة الحيوانية والمملكة النباتية) اعتماداً 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 رئيسيتين (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)

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

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 رئيسية:

- 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

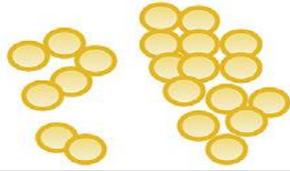
حجم الجراثيم يتراوح بين (٢,٠ - ٥) ميكرون.

- طول العصيات يصل إلى ٧ ميكرون مساوياً حجم الخمائر أو كرية الدم الحمراء

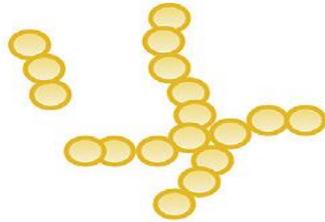
أصغر الجراثيم يقارب في حجمه حجم أكبر الفيروسات (الجدري)

الأشكال الشائعة للجراثيم

(A)



العنقوديات



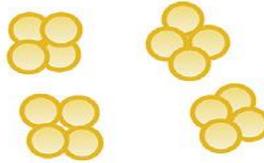
العقديات



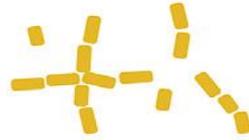
عصورات



مزدوجات



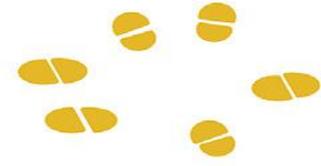
Tetrad



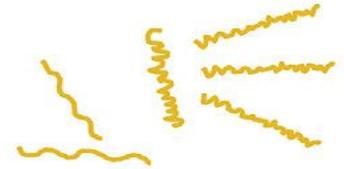
Streptobacilli



الضمات



Sarcina



الملتويات

(B)

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

ميزات الانصباع و التلوين بطريقة غرام:

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

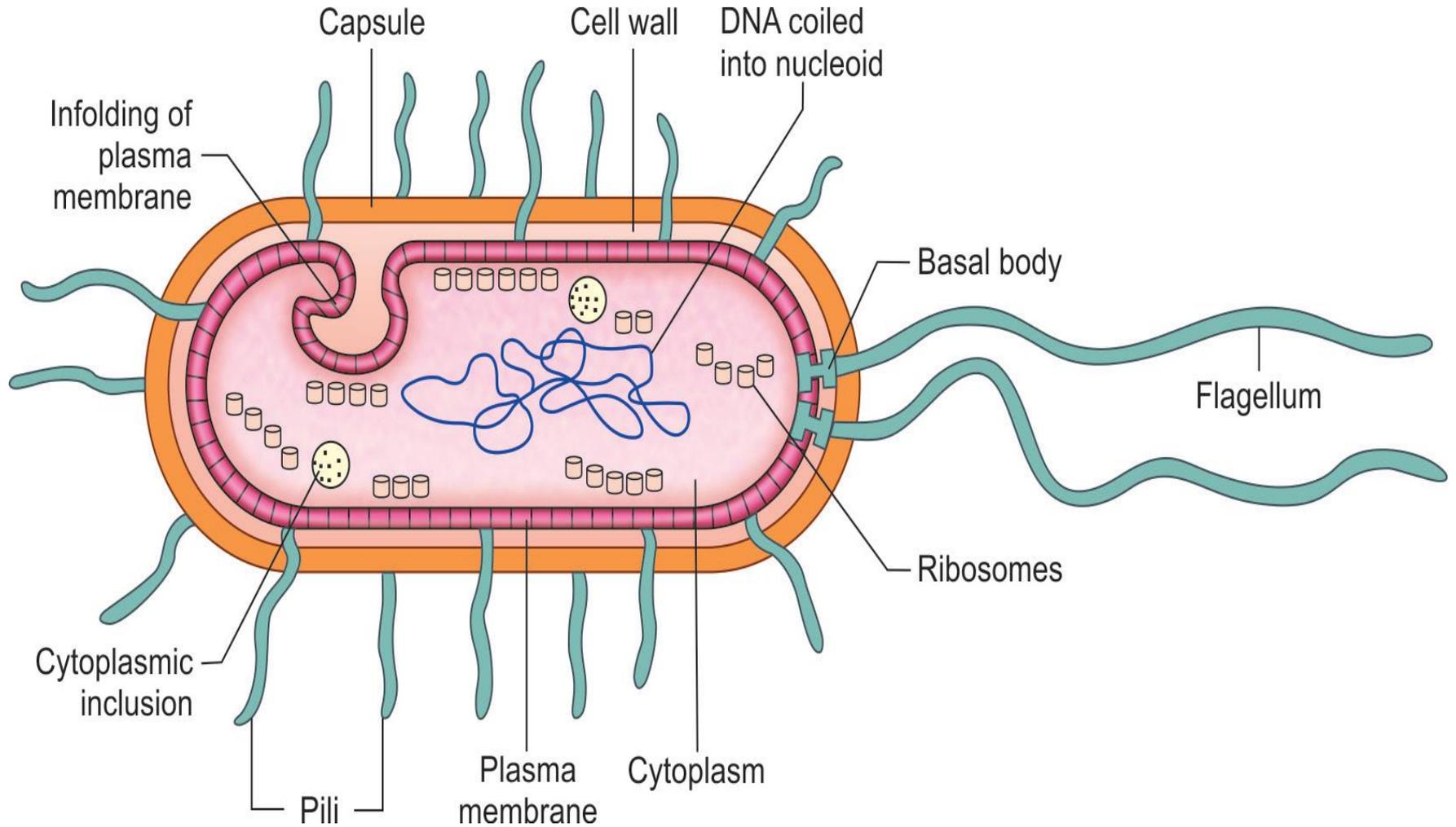
*موجبة الغرام Garm-Positive تظهر تحت المجهر بلون بنفسجي

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

خاصية الانصباع بطريقة غرام مفيدة لأمرين:

- تحديد هوية الجرثوم - معالجة العدوى الجرثومية

: Structure of bacterium بنية الخلية الجرثومية



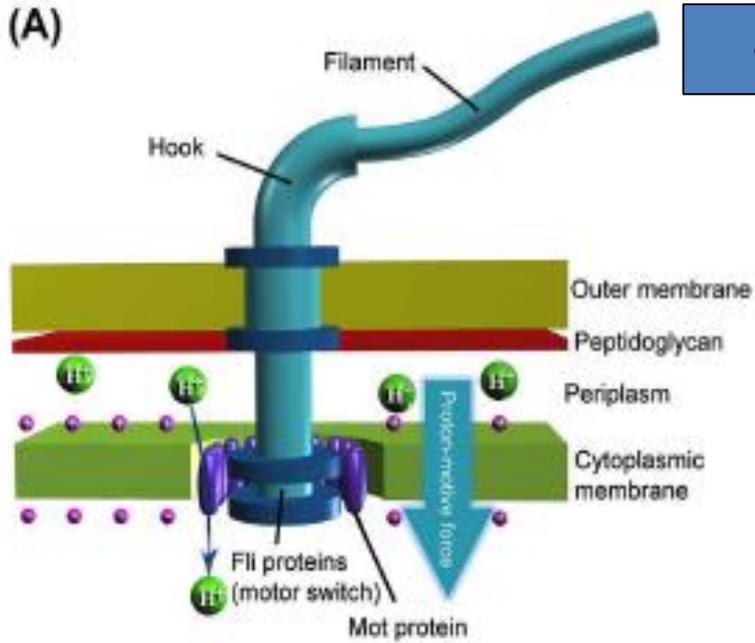
البنى خارج الجدار الخلوي

السياط Flagella:

- ✓ شبيهة بالسوط (استطالة خيطية رفيعة). تتركز إلى الجدار الخلوي والغشاء الهولي
- ✓ 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 تواضع السوط نميز بين الأنواع التالية من الجراثيم:
- جراثيم وحيدة السوط: السوط في أحد الأقطاب
- جراثيم متقابلة السياط: يوجد سوط في كل قطب
- جراثيم عفوية السياط: يوجد عدة سياط في أحد أو كلا قطبي الجرثوم
- جراثيم محيطية السياط: تتوزع السياط على كامل السطح الخارجي

(A)

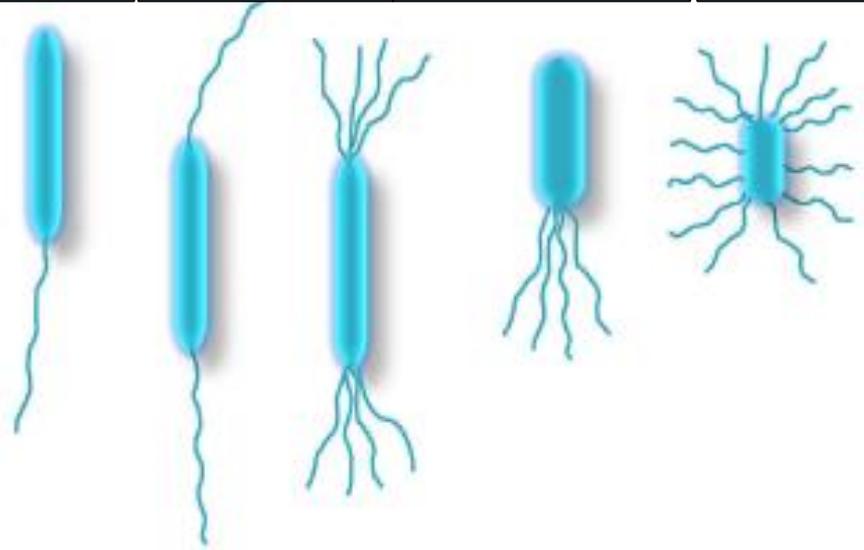


وحيدة السوط

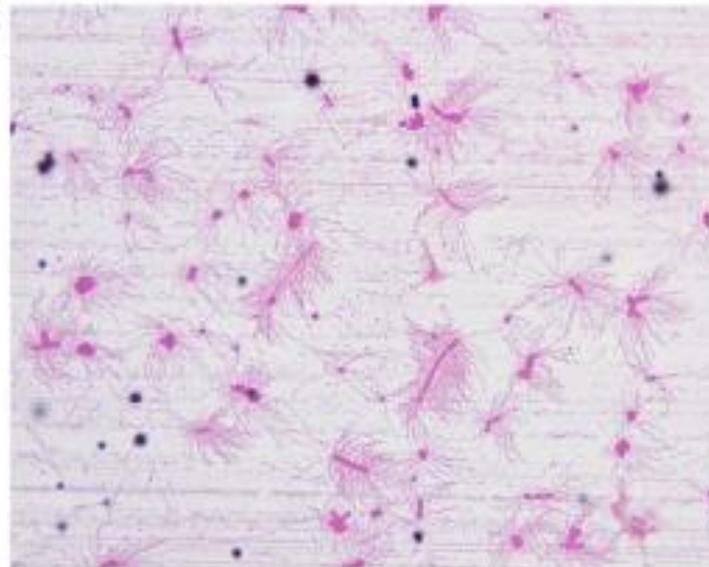
مقابلة السياط

عفوية السياط

محيطية السياط



(C)



الخممل **Fimbriae** أو الأشعار **Pili**:

- خيوط شبيهه 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 المسببة للتسوس.

المحفظة (Capsule):

- طبقة هلامية عديمة الشكل تحيط بكامل الجرثوم
- تتركب من عديد سكريد في جميع الجراثيم باستثناء العصوية الجمرية حيث تتكون من عديد بيتيد.
- ان اختلاف المكونات السكرية في عديد السكريد يؤدي لوجود أنماط مصلية مختلفة للمحفظة ضمن النوع الواحد من الجراثيم (أمكن تحديد ٨٤ نمط مصلي من العقدية الرئوية).
- هناك بعض الجراثيم التي تمتلك القدرة على تكوين المحفظة داخل الجسم وفي البيئات الاصطناعية (الكبسيالات)، 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 الهولي من الخارج) ثخانتها حوالي ١٥-٨٠ نانومتر. تشكل ٢٠-٣٠% من الوزن الجاف للخلية الجرثومية.

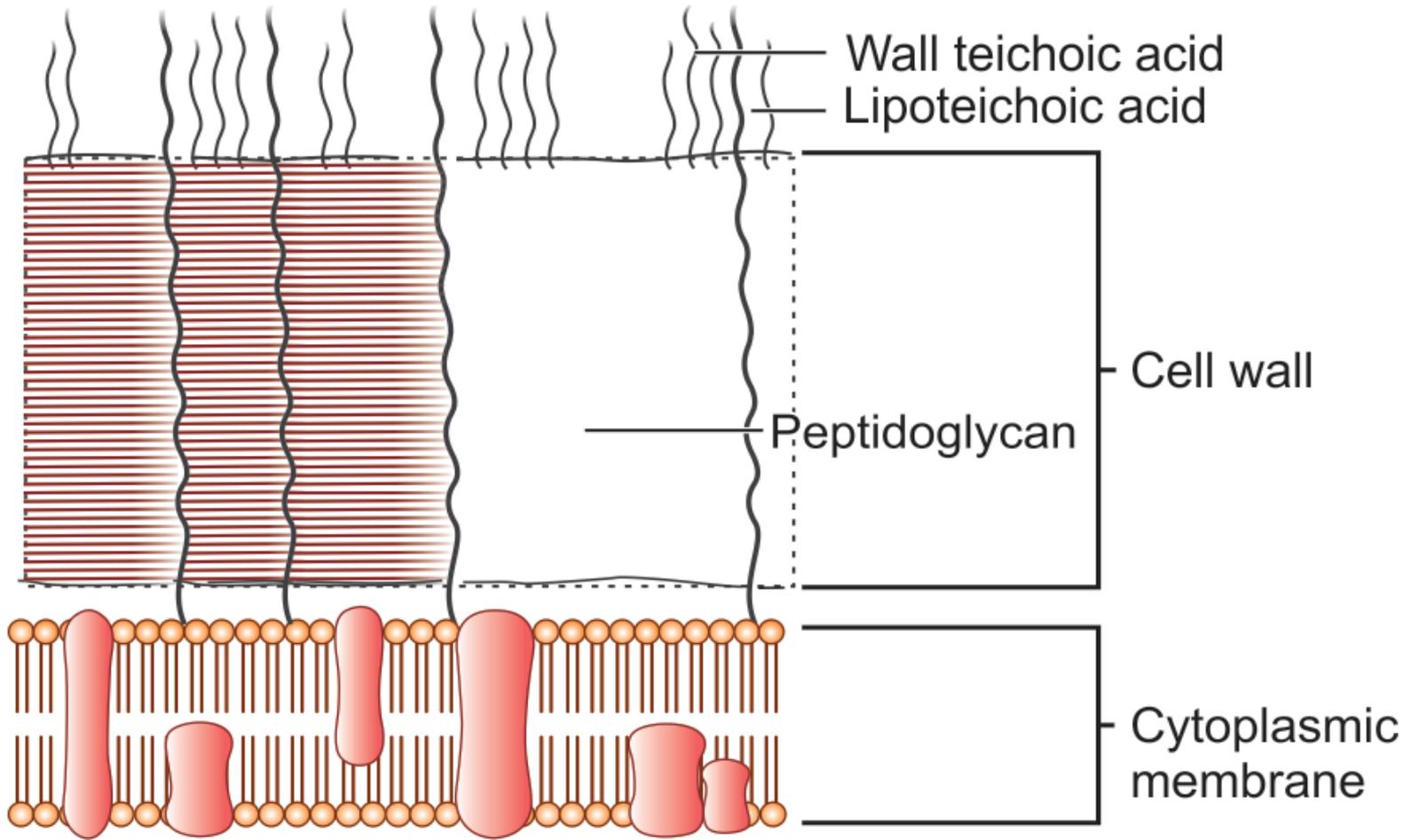
- صلب متعدد الطبقات يحدد الشكل الخارجي (إعطاء الصلابة للجرثوم)
- يفيد في تصنيف الجراثيم حسب قابليتها للتلون بطريقة غرام.
- يتميز بنفوذيته للمواد ذات الوزن الجزيئي المنخفض وغير حساس حلوياً.

□ الجدار الخلوي في الجراثيم إيجابية الغرام:

يشكل الببتيدوغليكان (المورين Murein) حوالي ٥٠% من بنية الجدار يتكون المورين من طبقات (١٥ - ٥٠ طبقة)، وترتبط الطبقات مع بعضها بسلاسل ببتيدية.

يرتبط الحمض التيكوييكي في معظمها مع المورين أما الحمض التيكوييكي الشحمي فيثبت على الغشاء الهولي.

إضافة لذلك يحوي الجدار على بروتينات وعديدات سكريد مختلفة.



مخطط يوضح جدار خلية جرثومية موجبة الغرام

□ الجدار الخلوي للجراثيم سلبية الغرام:

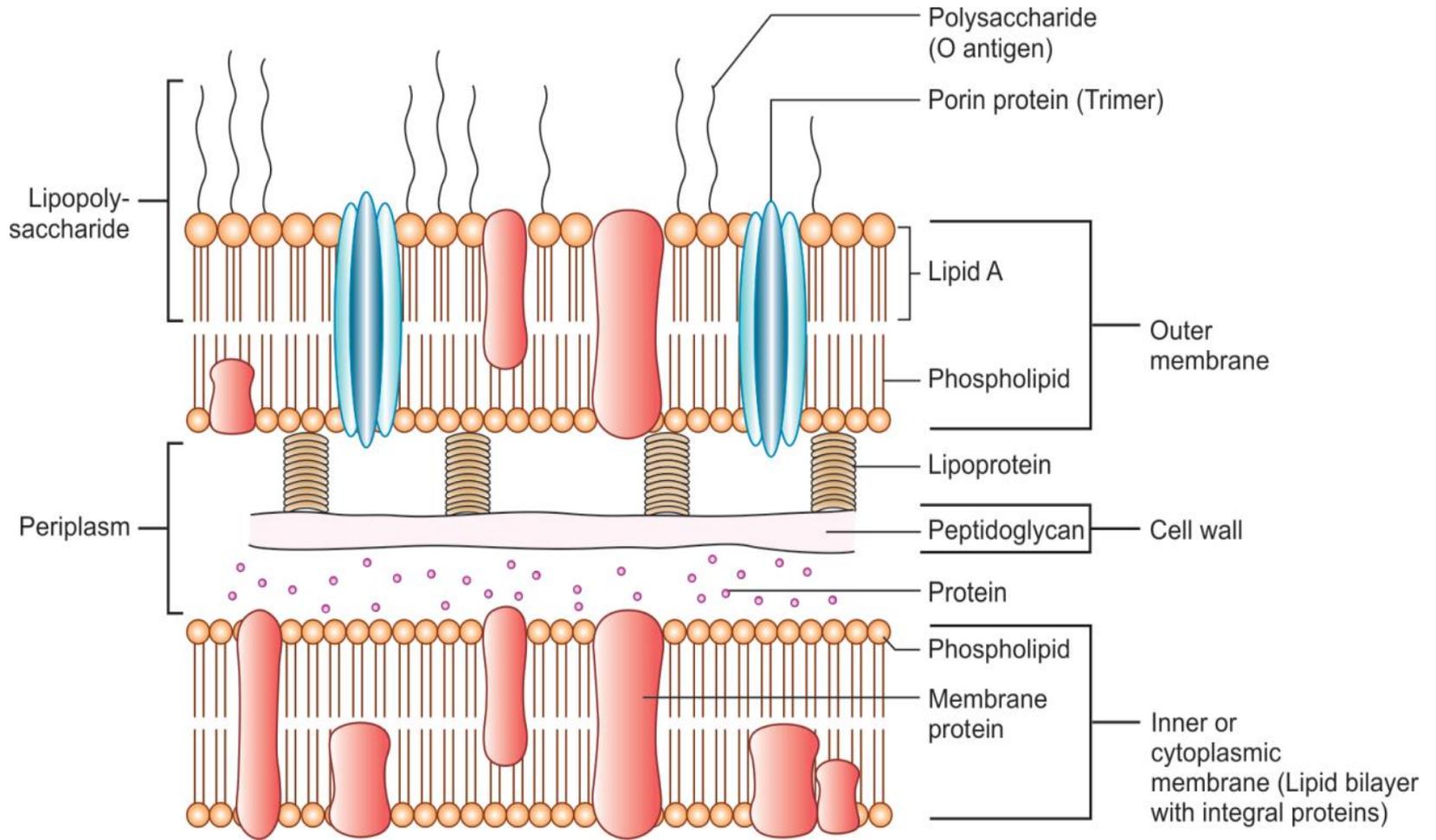
- الطبقة الداخلية تتكون من المورين حوالي ٥-١٠% من بنية الجدار وثخانتها ٢ نانومتر.

- أما الطبقة الخارجية فتتكون من :

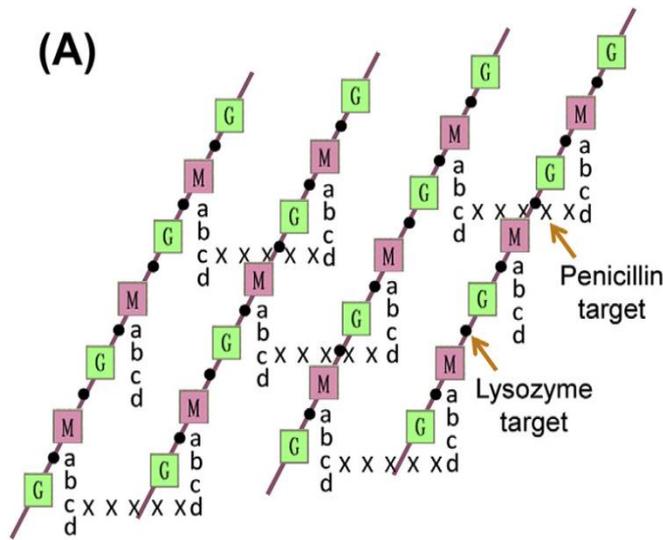
الشحوم الفوسفورية والشحوم البروتينية ومن عديد السكريد الشحمي Lipopolysaccharide (LPS) والذي يعرف أيضاً باسم الذيفان الداخلي Endotoxin وهو يتألف من الشحم A المسؤول عن السمية وعديد السكريد اللبي ومن سلسلة عديد السكريد O النوعية وتسمى بالمستضد الجسدي O Antigen.

- الفراغ بين الغشاء الخارجي والغشاء الهولي بالحيز حول الهولي ويملاً الفراغ بالمورين ومحلول بروتيني يشبه الهلامية.

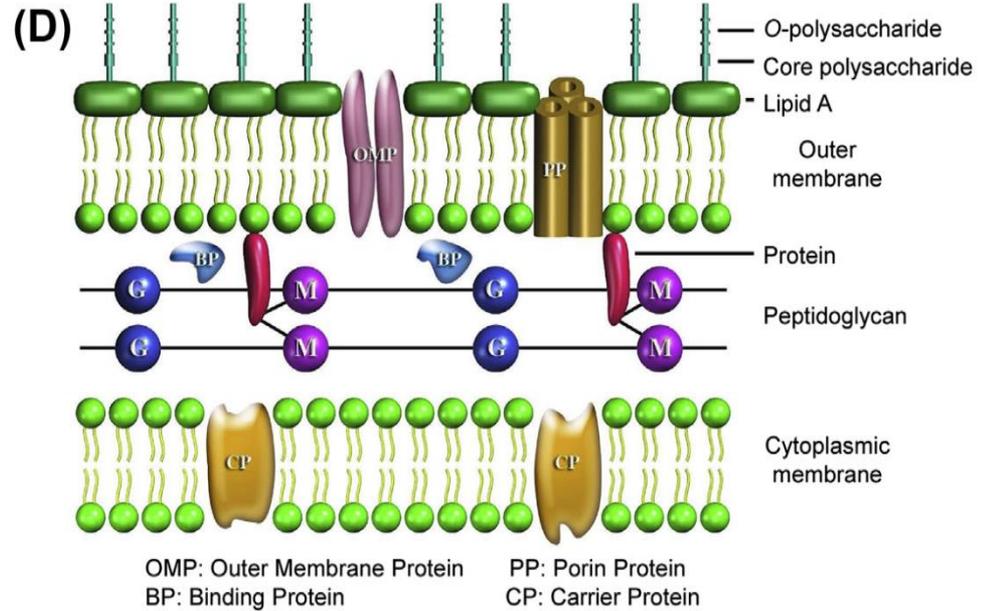
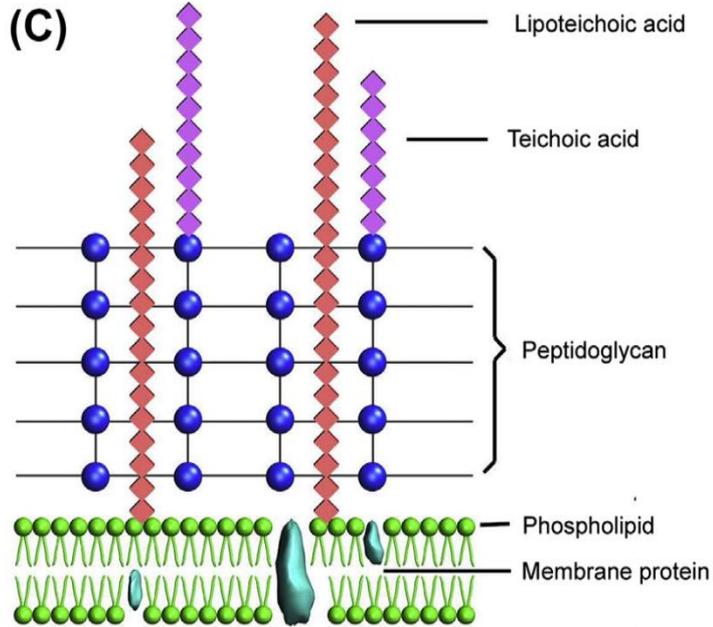
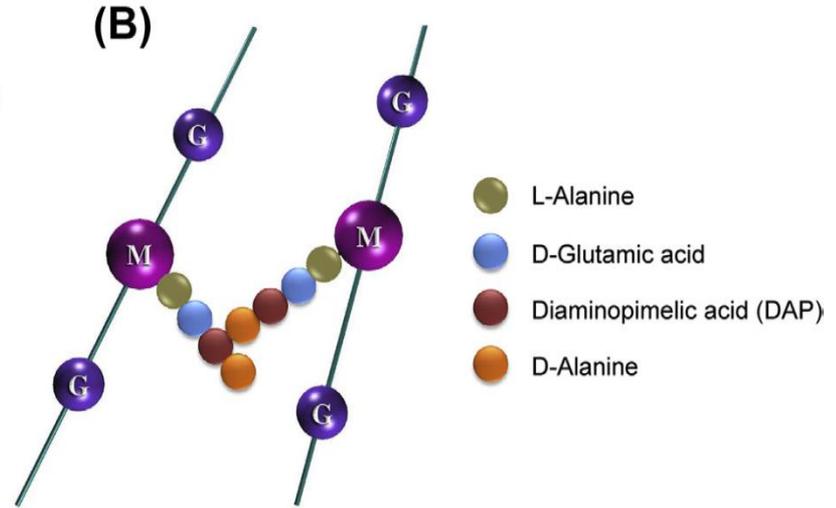
يحوي الغشاء الخارجي بروتينات (٥٠%) مثل البورينات والبروتينات المكونة للثقوب وبروتينات التصاق وبروتينات نقل.



مخطط يوضح جدار الخلية الجرثومية سالبة الغرام



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



□ 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 معينة 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 بالإنزيمات الحالة أو بتثبيط تصنيع المورين

الغشاء الهولي Cytoplasmic membrane:

وهو غشاء نصف نفوذ يحيط بالهولي 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 الفسفة الأوكسدية ونقل الالكترون
- إفراز الإنزيمات و الذيفانات

الجسم المتوسط **Mesosome**:

- انغمادات حويصلية للغشاء الهولي 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 ابنة

الهيولى Cytoplasm:

تحاط الهيولى بالغشاء الهيولى 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 DNA مزدوج الطاق حلقي يقيس 1م 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 وRNA ريبوسومي
- تختلف عن ريباسات حقيقيات النواة بحجمها و بتركيبها الكيميائي.
- الريباسات الجرثومية من النمط 70S (svidberg) وتتكون من تحت وحدتين 30s و 50s 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 بشكل مستقل عن الصبغي الجرثومي.

- تقسم إلى بلاسميدات انتقالية وأخرى غير انتقالية.

أهميتها الطبية:

- تحمل مورثات المقاومة للصادات ونتاج 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 الذايفانات الخارجية والداخلية.

الينقولات (الترانسبوسون) :Transposons

- قطع صغيرة من الدنا

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

تدعى بالمورثات القافزة (*Jumping genes*).

تؤدي دوراً هاماً في المقاومة للصادات و إنتاج الذيقانات والإنزيمات

الأبواغ الجرثومية :Bacterial Spores

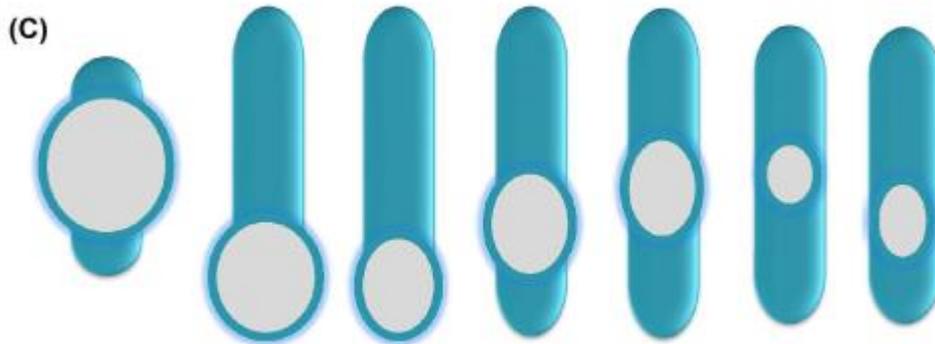
هي أشكال خاملة من الجراثيم ويمكنها البقاء خاملة لعدة سنوات وهي شديدة المقاومة للعوامل الخارجية. ويكون الجرثوم بوغاً واحداً بعملية التبوغ، وينتشر البوغ جرثوماً واحداً بعملية الانتاش.

- 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 طبيياً (العصويات، المطثيات) .

- يحتوي البوغ على الدنا الجرثومي وجزء بسيط من الهيولى اللازمة للانتاش والريبوزومات والغشاء الهيولي والبيتيد السكري وكمية قليلة من الماء والأهم تشكل طبقة سميكة تشبة القرنين (Keratin) غنية بتراكيز كبيرة من دي بيكولينات الكالسيوم.

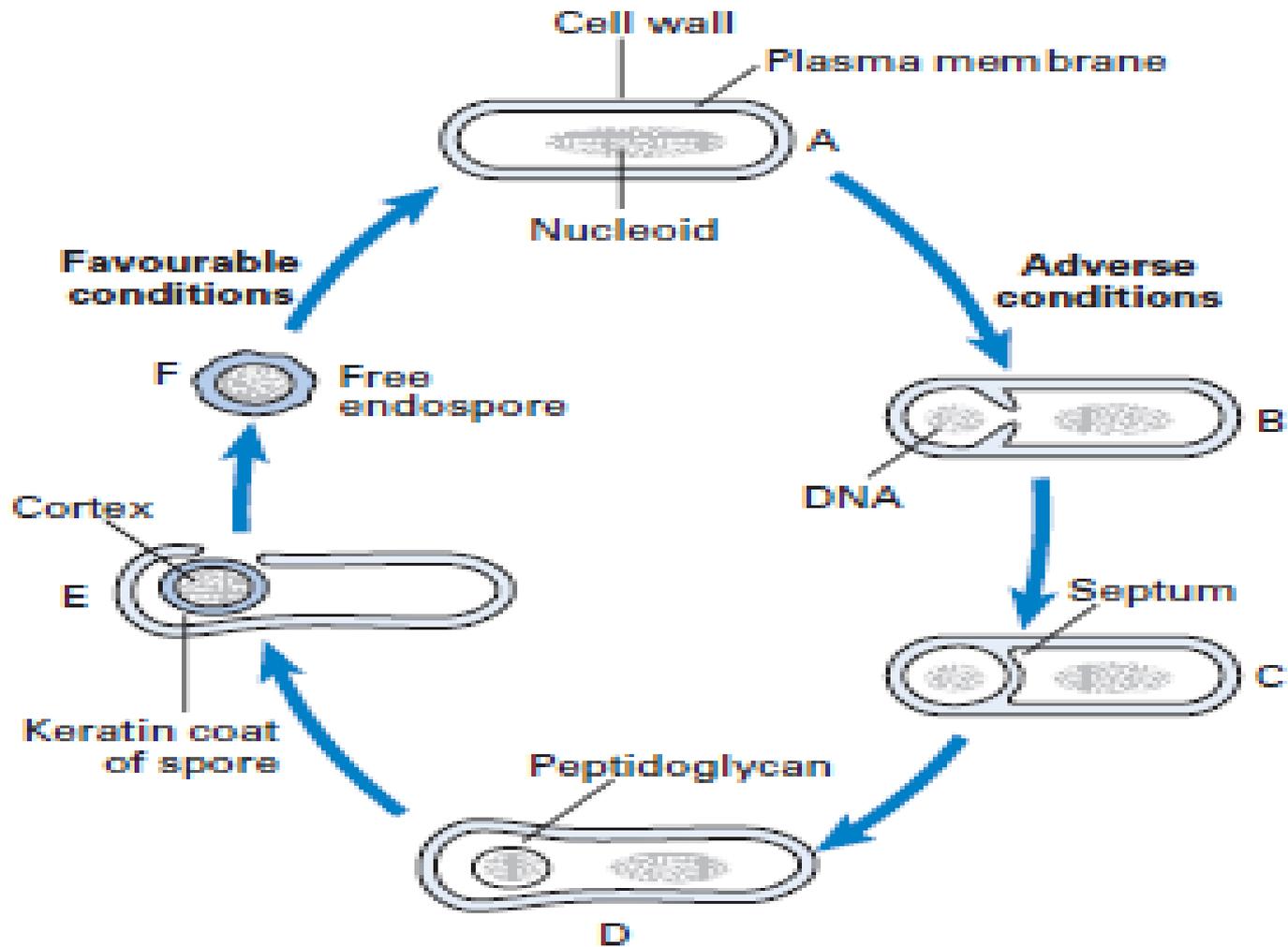
الشكل والموضع للأبواغ :

- 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 stain), 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*