جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار
كلية العلوم / قسم علوم الحياة

اسم المادة: فسلجة الاحياء المجهرية

المستوى الدراسي: الدراسات الأولية

المرحلة: الثالث

عنوان المحاضرة: بنية الخلية البكتيرية ووظائفها (الجزء الأول)

مدرس المادة

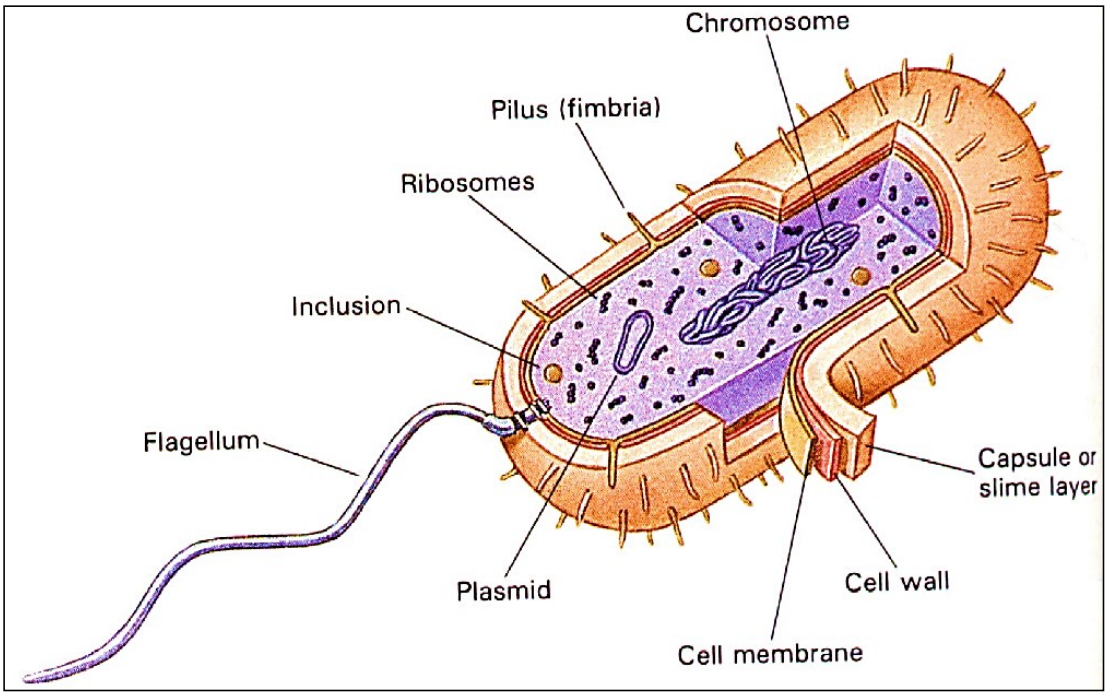
ا.م.د. عمر محمد حسن ا.م.د. جمال عبد الرحمن ابراهيم

بنية الخلية البكتيرية ووظائفها

تركيب الخلية البكتيرية:

الخلية البكتيرية متناهية في الصغر ولكن بتقدم وتطور الأجهزة المختبرية مثل المجاهر الضوئية والالكترونية والفلورسنتية والطرق الكيموحياتية فقد أمكن دراسة أجزائها المختلفة.

تتركب خلية البكتيرية من **الطبقة السطحية والبروتوبلاست**، وتشمل الطبقة السطحية الاسواط والاهداب والمحفظة (الكبسول) وجدار الخلية أما البروتوبلاست فإنه يقع بداخل الجدار الخلوي ويتكون من الغشاء السايتوبلازمي والسيتوبلازم والمادة النووية والمواد المخزنة والريبوسومات والفجوات شكل (1)، وكذلك السبورات الداخلية في البكتيريا المتبوغة. يصل المحتوي المائي للخلية بين (70 – 85%) من وزنها بينما تتراوح المواد الصلبة من (15–30%) من وزن الخلية وتزداد هذه النسبة بزيادة المواد المخزنة في الخلية مثل متعدد بيتا هيدروكسي بيوترات ومتعدد السكريات والفوسفات والكبريت. وتتكون المادة الصلبة في الخلية أساساً من البروتين (50%)، جدار خلوي (10–20%)، RNA (10–20%)، DNA (3 – 4%)، اللبيدات (10%) .



شكل (1). مكونات الخلية البكتيرية.

أولاً: الطبقة السطحية Bacterial surface

1. الاسواط Flagella

هي عبارة عن تراكيب خيطية طويلة مكونة من بروتين من نوع خاص يسمي فلاجلين **Flagelin**، وتنشأ الاسواط من جسم قاعدي منغرس في الجدار الخلوي والغشاء السايتوبلازمي وتمر في الجدار ليمتد السوط الخيطي طويلاً خارج الخلية.

بشكل عام لا تملك البكتريا المكورة اسواطاً، بينما يكون لأكثر من نصف أنواع البكتريا العصوية اسواط، ومعظم أنواع البكتريا اللولبية تتحرك بواسطة الاسواط. يتألف السوط من 3 اقسام: –

1– الخيط **Filament** الذي يتصل بالجزء التالي

2– الخطاف **Hock** يتصل بالجزء التالي

3– الحبيبات القاعدية **Plepharoplast** او الجسم القاعدي **Basal Body** الذي يثبت السوط إلى الجدار الخلية والغشاء البلازمي. تتألف الحبيبات القاعدية في البكتريا G^{+ve} من الساق المحاط بزوج من الحلقات على الغشاء السايتوبلازمي هما الحلقة **M** لها اهمية في تثبت السوط على الغشاء السايتوبلازمي والحلقة **S** لها دور محرك للسوط. يضاف فوق الزوج الحلقي السابق الذكر في البكتريا G^{-ve} زوج اخر هما الحلقة **P** الموجودة على طبقة الشحوم البروتينية **Lipoprotein** والحلقة **L** الموجودة على طبقة الشحوم.

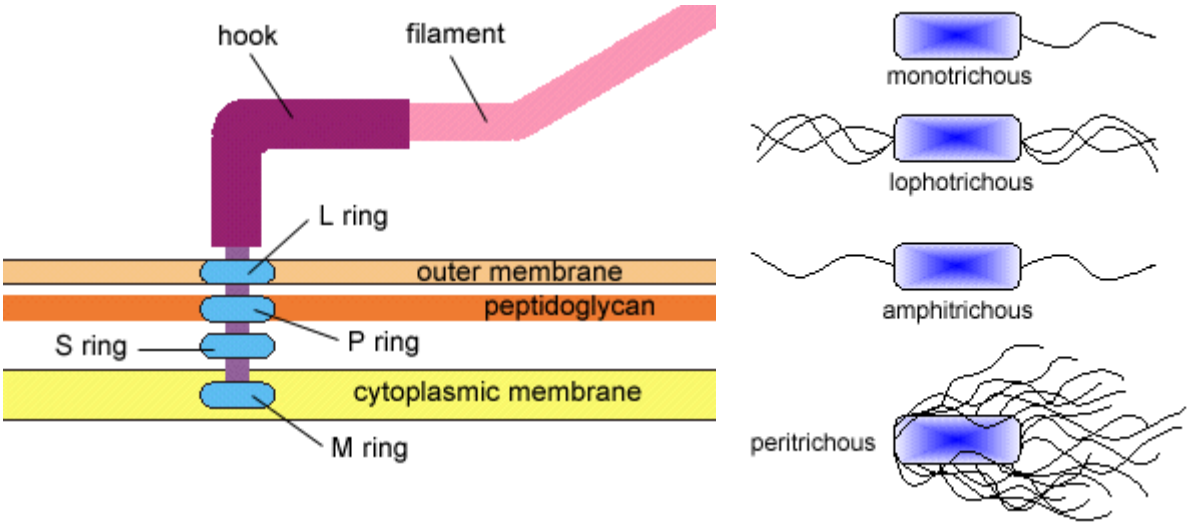
الوظيفة: مسؤلة عن الحركة، ممكن ان تقسم البكتريا تبعا لموقع الاسواط في الخلية الى 4 اقسام

–A– يكون السوط واحد قطبي في احد الطرفين يطلق عليه **Monotrichous**

–B– خصلة من الاسواط وتسمى **Lophotrichous**

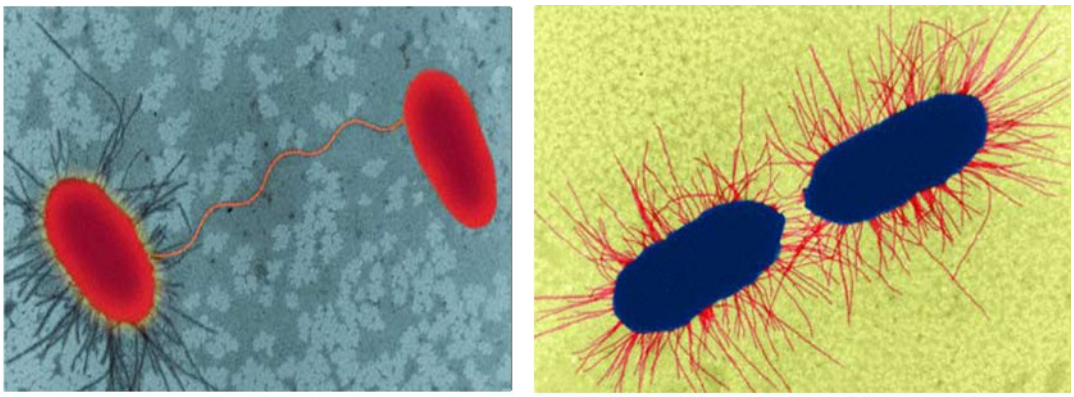
–C– سوط واحد في كلا قطبي الخلية وتسمى **Amphitrichous**

–D– مجموعة من الأسواط تحيط بجسم الخلية يطلق عليها **Peritrichous**



2. الأهداب Fimbriae و الزوائد الشعرية Pili :

تحتوي بعض الخلايا البكتيرية على أهداب تتميز بأنها أقصر من الاسواط وتتكون من بروتين البيلين pilin. وتساعد الخلية على الالتصاق بالسطوح وبخاصة في الحالات المرضية. أما الزوائد الشعرية pili فتوجد بكثرة في البكتريا السالبة لغرام (شكل 2) وهي عبارة عن خيوط دقيقة أطول من الأهداب ويتراوح طولها بين (0 – 20) مايكرومتر، وعرضها بين(3 – 25) ميلي مايكرون، وعددها واحد أو اثنان فقط لكل خلية. تقوم هذه الزوائد بعدد من الوظائف في الخلية البكتيرية، لأنها تشكل المكان الذي يثبت عليه عاثيات البكتريا **(Bacteriophage)**، كما تقوم بتثبيت البكتيريا نفسها في تفاعلات التراص الدموية **Hemagglutination** وتلعب دوراً هاماً في الاقتران **conjugation** ، إذ تشكل قناة الاتصال بين الخليتين البكتيرية المتزاوجة لذا تسمى أحياناً بالزوائد الجنسية **Sexepilus**، إلا أن دورها الرئيسي مازال غير محدد بشكل دقيق.



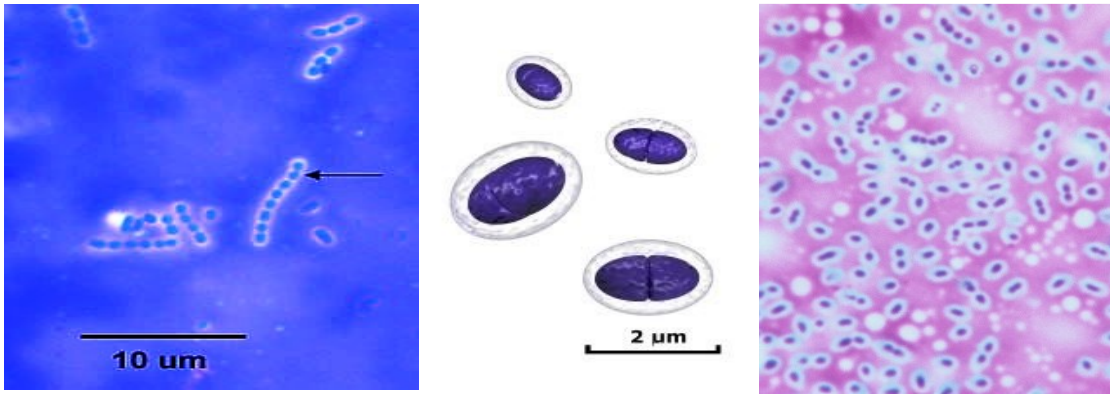
شكل (2). الزوائد الشعرية Pili في بكتيريا *E. Coli*

3. الطبقة اللزجة أو العلبة (المحفظة) Slime layer or capsule

تحاط الخلية البكتيرية بطبقة هلامية لزجة يختلف سمكها بإختلاف النوع فقد تكون غشاء رقيقاً في بعض الأنواع وقد تكون غشاء سميكاً في أنواع أخري وتسمي **علبة Capsule**، (شكل 3). إذا كان تركيبها متماسك وقد يصل سمكها إلى أكثر من ضعف الخلية وتحيط العلبة بالخلية المنفردة أو بالسلسلة من الخلايا إذا كان التجمع في سلاسل. وإذا كان تركيبها مفكك فتسمى هلام أو طبقة لزجة **Slime** وإذا كان تركيبها صلب تسمى **الغمد Sheath** ولا تصبغ علبة البكتريا في التحضيرات المصبوغة بالطرق العادية حيث تظهر الخلية محاطة بمنطقة غير مصبوغة هي الغلاف لذلك يستعمل لصبغ العلبة طرق خاصة وتتركب مادة العلبة في معظم الحالات من مواد كربوهيدراتية معقدة عديدة السكريات وفي بعض الأنواع تدخل الأحماض الأمينية في تركيبها. ومن أمثلة البكتريا التي تكون العلبة ***Leuconostoc mesenteroides*** و بكتريا ***Streptococcus pneumonia*** .

أهمية العلبة

تقوم المحفظة بحماية البكتريا من الظروف البيئية السيئة خصوصاً الجفاف، وتأمين المقاومة ضد البلعمة الخلوية، إضافة لمساعدة الخلية في الالتصاق على السطوح، ووجود الغلاف له تأثير واضح على مظهر المزارع البكتيرية وبهذا فهي تفيد في التمييز بين الأنواع وبعضها.



شكل (3). بكتيريا ***Streptococcus*** محاطة بالمحفظة Capsule

4. الجدار الخلوي Cell Wall:

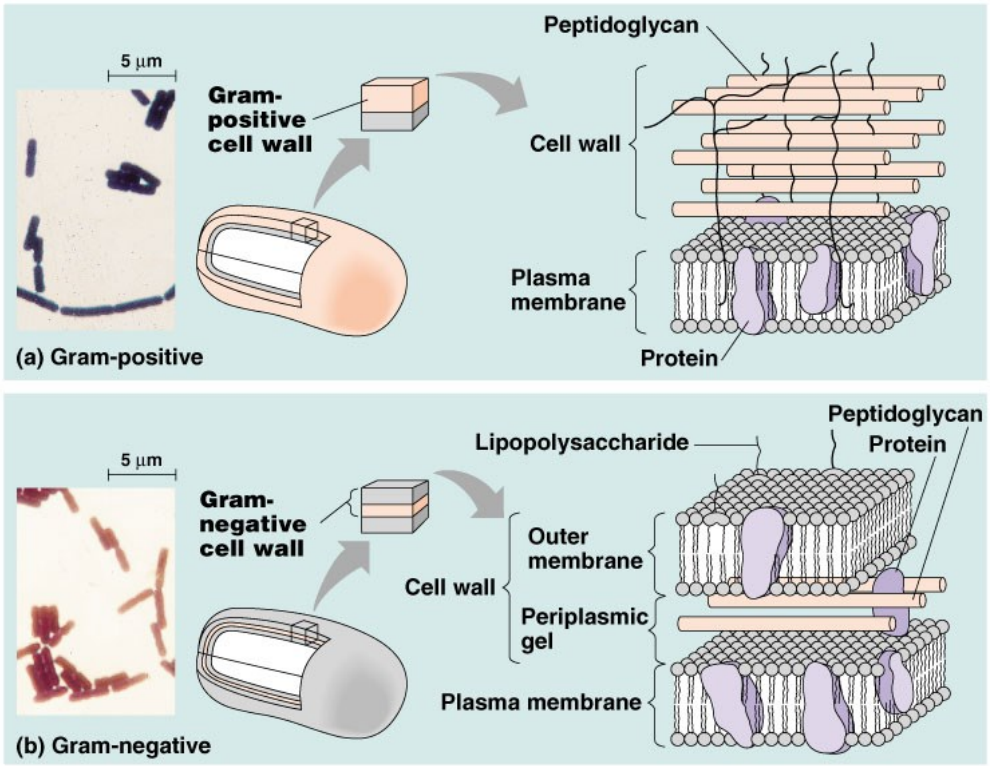
للبكتيريا الحقيقية جدار خلوي عبارة عن غشاء صلب **Rigid** ويتراوح سمكه ما بين 10–20 نانوميتر ويمثل حوالي 20% من الوزن الجاف للخلية، يتكون الجدار الخلوي من عدة طبقات من السكريات المتعددة الأمينية والشحوم وبعض الاحماض الأمينية التي تكون كلها مجتمعة ما يسمى الببتيدات المخاطية **Mucopeptides** او ما يدعى بـ **Peptidoglycan** والكربوهيدرات الداخلة في تركيبه عبارة عن مركبين هما السكر الأميني **N–acetyl glucose amine** والآخر هو **N–acetyl muramic acid** مرتبطة ببعضها بروابط بيتا 1–4 جليكوزيدية. هذا وقد تبين أن تركيب هذا الجدار يختلف تماماً عن جدار الخلية النباتية ويضم أحماضاً (مثل حمض ميوراميك وحمض التيكوئيك Teichoic acid) لا وجود لها إطلاقاً في بقية الخلايا النباتية.

يمكن لبعض الأنزيمات كالليزوزيم **Lysozyme** (الموجود في الدمع أو اللعاب) أو لبعض المضادات الحيوية كالبنسلين، أن تثبط اصطناع طبقة الببتيدات المخاطية المسؤولة عن تماسك الجدار الخلوي، وذلك بأن تمنع ارتباط سلسلة الببتيدات الداخلة في تركيبها، وتفقد بالتالي الخلايا البكتيرية شكلها وتماسكها، وتعرضها أحياناً للتحلل والموت. ففي البكتريا سالبة غرام تكون نسبة الببتيدات المخاطية قليلة. نجد أن هذه الأنزيمية لا تحلل الجدار الخلوي تحللاً كاملاً، وإنما تتحول الخلايا إلى أجسام كروية تدعى **Spheroplaste** وهي عبارة عن بروتوبلاست محاطة بجزء من الجدار المقاوم لأنزيم الليزوزيم.

يعتقد حالياً أن التلوين بصبغة غرام مرتبط بخاصية نفوذية المذيبات الشحمية (كحول – أسيتون) عبر الجدار الخلوي، لأن جميع البكتريا سواء أكانت موجبة أم سالبة غرام تستطيع امتصاص المحلول المائي للبلورات البنفسجية، وعند إضافة محلول Lugol (يود البوتاسيوم) فإن اليود يخترق الجدار الخلوي ويشكل معقداً مع محلول البلورات البنفسجية داخل الخلية البكتيرية، وبإضافة الكحول يظهر الفرق بين البكتريا سالبة الغرام و موجبتها، إذ تتميز الجدر الخلوية في البكتريا سالبة الغرام بأنها تمرره بسرعة كبيرة (بسبب طبيعتها الشحمية) مما يؤدي إلى حل المعقد السابق بإذابته وخروجه من الخلية البكتيرية التي تصبح عديمة اللون من جديد وتأخذ بالتالي اللون الأحمر لمحلول الفوكسين المضاف بعد الكحول. أما بالنسبة لجدر البكتريا موجبة غرام، فإنها تمرر الكحول بصعوبة كبيرة، ولذلك فإن الكمية التي تعبر إلى السايتوبلازم لا تكون كافية لحل هذا المعقد، مما يؤدي إلى بقائه داخل الخلية البكتيرية، ويعطيها بالتالي اللون البنفسجي لاحظ الشكل (4).

أهمية جدار الخليـــة:

- يحفظ الجدار للخلية البكتيرية شكلها المميز كما أنه نظرا لصلابته يحمي الخلية من الظروف الخارجية ومن الانتفاخ الأسموزي عندما تنمو في المحاليل الغذائية المنخفضة التركيز.
- يتحكم في نوع الجزيئات التي تمر خلال ثقوبه تبعاً لحجومها ولكن ليس له خاصية النفاذية الاختيارية مثل الغشاء السايتوبلازمي.
- يشكل الجدار الخلوي الركيزة التي يمكن أن تتثبت عليها عاثيات البكتريا **Bacteriophages** بواسطة ذيلها، حيث تفرز أنزيمات تحلل هذا الجدار وتؤدي إلى عبور DNA الفيروسي الموجود في رأس الفايروس داخل الخلية البكتيرية، ولا يلبث هذا الفايروس أن يتكاثر ويؤدي في النهاية إلى انفجار الخلية.



شكل (4). الجدار الخلوي للبكتريا. لاحظ الفرق في تركيب الجدار بين البكتريا الموجبة والسالبة لصبغة غرام.

المراجع

السعد، مها رؤوف. مبادئ فسلجة الأحياء المجهرية. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل، العراق. 1982.

Kim, B.H. and Gadd G.M. Bacterial Physiology and Metabolism. Cambridge University Press, New York, USA. 2008.

Moat, A.G. J.; Foster, W. and Spector M.P. Microbial Physiology, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., Publications, New York, USA. 2002.

Watson, D. Microbiology and Microbial Physiology. White Word Publications, New York, USA. 2018.