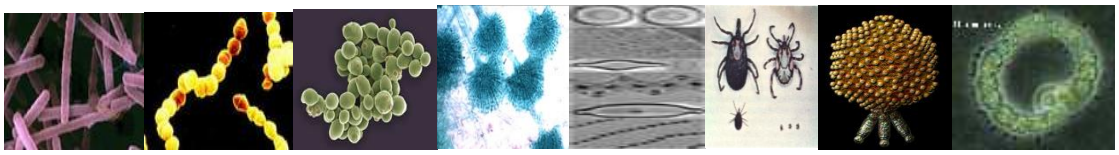
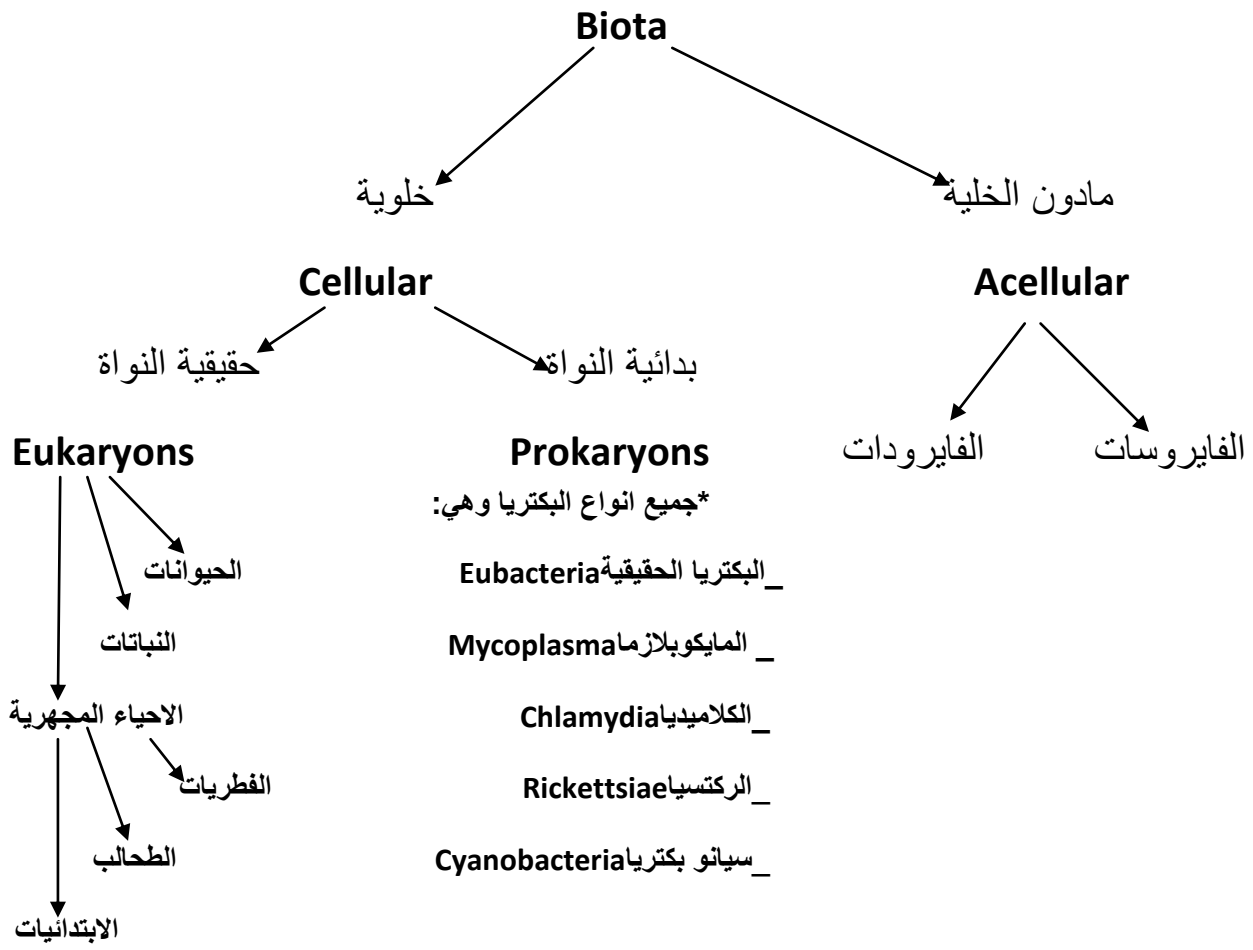
كلية الزراعة/جامعة الانبار مبادئ علم الاحياء المجهرية المرحلة الثانية/ المحاضرة الاولى

قسم التربة والموارد المائية Microbiology



علم الاحياء المجهرية وهو احد فروع علوم الحياة Biology والذي يعنى بدراسة الكائنات الحية التي تتميزبصغر حجمها والتي لايمكن رؤيتها بالعين المجردة.وتسمى بالمجهرية لاستخدام المجهر في رؤيتها. تشمل هذه الاحياء البكتريا Bacteria والفطريات Fungi (والتي تقسم الى خمائر Yeasts واعفان Moldsاو Moulds) والطحالب Algae والابتدائيات Protozoa والركتسيا Rickettsia والفايروسات Viruses .يدرس هذا العلم الكائنات من حيث الشكل ، والتركيب والتكاثر والفسلجة والتصنيف والايض كما ويدرس توزيع الكائنات في الطبيعة وعلاقتها ببعض وعلاقتها مع الكائنات الاخرى وتأثيرها في الانسان والحيوان والنبات وامكانية الاستفادة منها وتوظيفها في انتاج العديد من المركبات الطبية والصناعية.

تتألف هذه الكائنات اما من خلية مفردة واحدة كما في بعض انواع البكتريا والخمائر والطحالب والابتدائيات او تتكون من مجموعة من الخلايا(متعددة الخلايا) Multicellular كما هو الحال مع الاعفان وبعض الطحالب، لكن خلايا هذه الاحياء لاترقى الى مستوى التمايز النسيجي اي لاتوجد انسجة في هذه الكائنات، وهذه الخاصية (التمايز النسيجي) من الخواص التي تتميز بها خلايا الكائنات الراقية. علما ان الخلية هي وحدة البناء الوظيفية في جميع الكائنات الحية. وان مجموعة من الخلايا المتشابهة في التركيب والوظيفة تشكل مايعرف بالنسيج ، ويستثنى من ذلك الفايروسات والفايرودات Viroid والتي هي كائنات استثنائية تتكون من مادتين كيمياويتين اما DNA او RNA والبروتين وهي بذلك لاترقى الى مستوى الخلية. ويمثل المخطط الاتي موقع الكائنات الحية المختلفة في عالم الكائنات الحية:



١- البكتريا الحقيقية: هي البكتريا الحاوية على الجدار الخلوي والتي تقوم بجميع فعالياتها بنفسها .

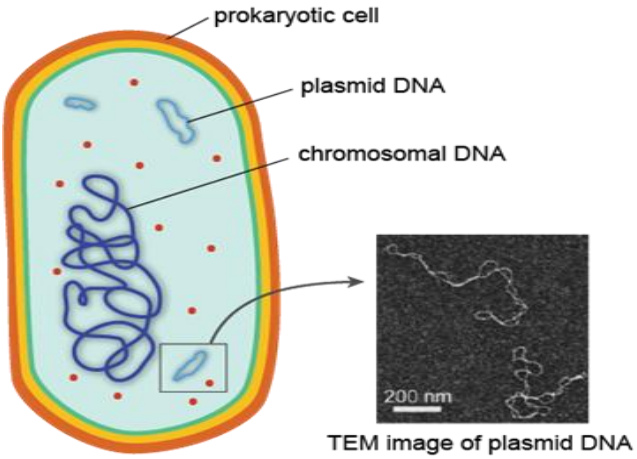
٢- المايكوبلازما: بكتريا تخلو من الجدار الخلوي ، لذلك تتخذ اشكالا هلامية.

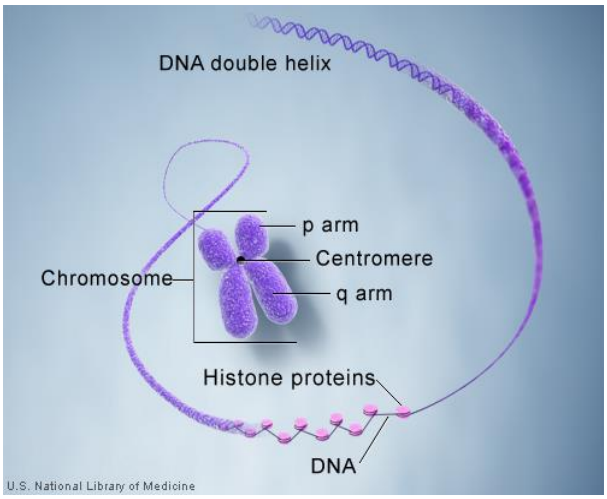
٣- الركتسياوالكلاميديا: نوعان من البكتريا صغيرة الحجم جدا لاتعيش الامتطفلة لعدم قدرتها على انتاج حاجتها من الطاقة لافتقارها الى الانزيمات الضرورية لذلك.

٤- سيانو بكتريا: كانت تسمى بالطحالب الخضراء المزرقة، وتصنف الان مع البكتريا لانها بدائية النواة. وتتميز عن بقية انواع البكتريا بقيامها بعملية البناء الضوئي لاحتواءها على بلاستيدات بكتيرية.

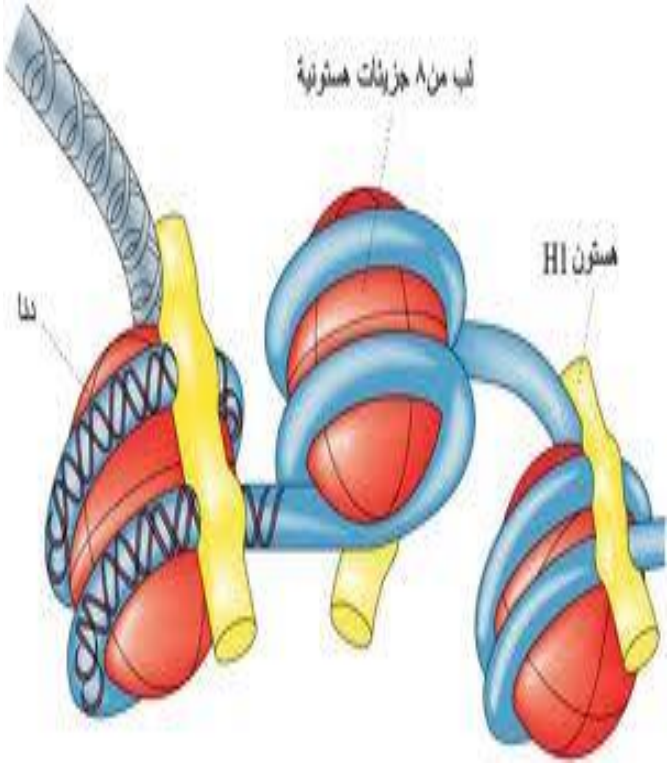
س: ما لمقصود بالاحياء بدائية النواة والاحياء حقيقية النواة؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟

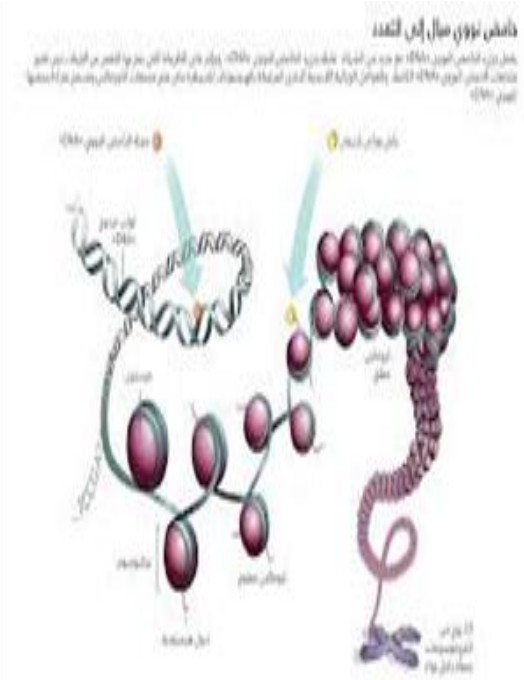
يلاحظ من المخطط اعلاه ان الاحياء المجهرية تقسم الى مجموعتين اعتمادا على طبيعة وتركيب النواة فيها. فالاولى وهي الفطريات والطحالب والابتدائيات والتي تسمى بحقيقية النواة Eukaryons او Eucaryotic شأنها في ذلك شأن النباتات والحيوانات. اما الثانية وتشمل البكتريا بأنواعها المختلفة فتصنف ضمن الاحياء بدائية النواة Prokaryons او Procaryotic . لاتحاط المادة النووية في المجموعة الثانية بغشاء نووي ، وتتكون المادة النووية فيها من جزيئة واحدة من الـ DNA (كروموسوم واحد) دائرية حلقية.





DN A في حقيقية النواة DN A في بدائية النواة





والجدول الاتي يوضح اهم الفروقات بين الخلايا بدائية النواة وحقيقية النواة:

الفروقات الاساسية بين حقيقية النواة وبدائية النواة

الخاصية	بدائية النواة	حقيقية النواة
*النواة		
الغشاء النووي	لايوجد	يوجد
عدد الكروموسومات	واحد	اكثر من واحد
الهستونات	لاتوجد	توجد
الانقسام الاختزالي	لايحدث	يحدث
*الاجزاء الاخرى		
المايتوكوندريا	لاتوجد	توجد
البلاستيدات الخضراء	لاتوجد	توجد(الخلايا النباتية)
الشبكة البلازمية الداخلية	لاتوجد	توجد
الفجوات	لاتوجد	توجد
اجسام كولجي	لاتوجد	توجد
		توجد(الخلايا الحيوانية)
*التصنيع الجزيئي		
حجم الرايبوسومات	70S	80S
السايتوبلازمية	لايوجد	70S
حجم الرايبوسومات في المايتوكوندرياوالبلاستيدات		

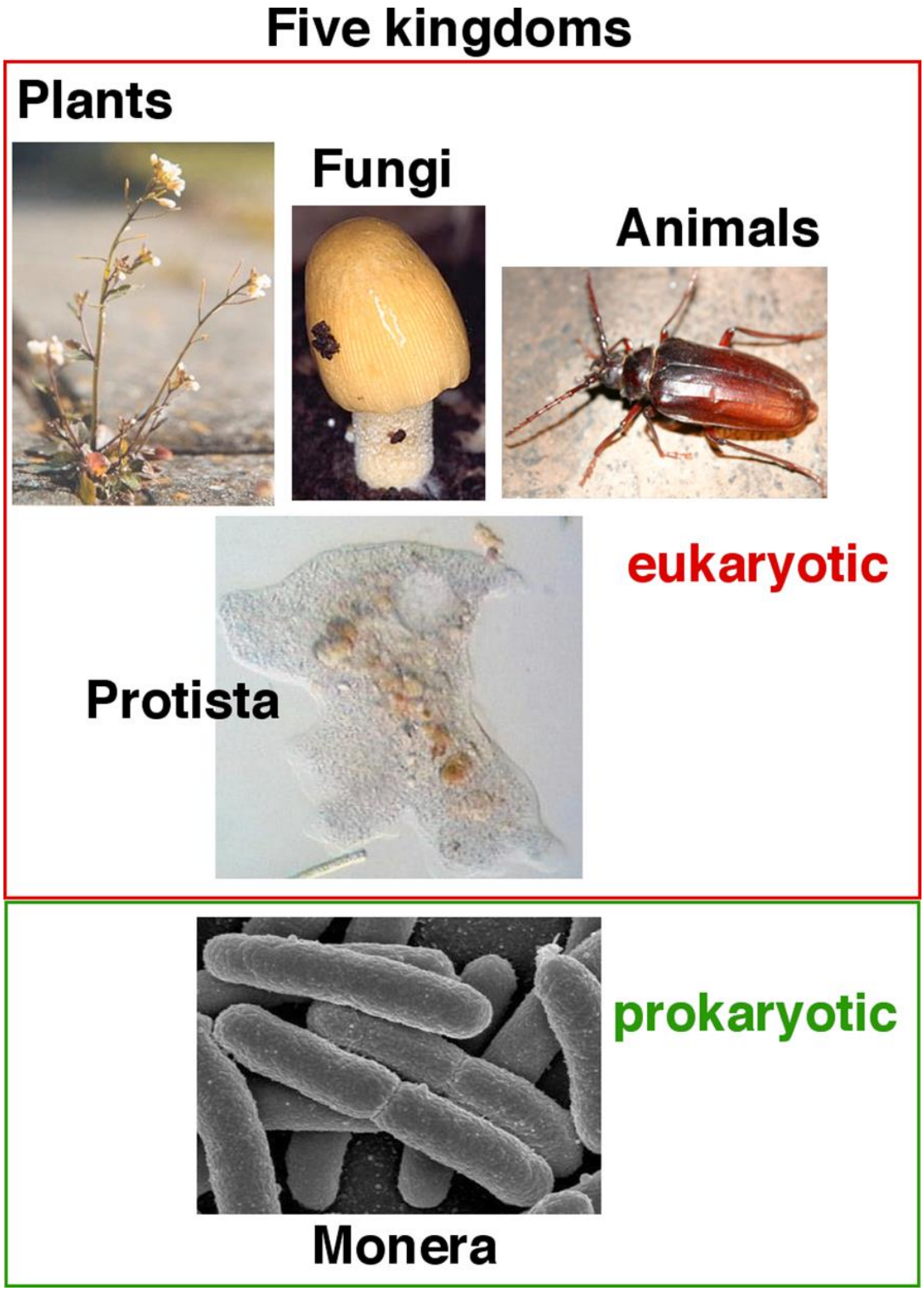
الموقع التصنيفي للاحياء المجهرية ضمن عالم الاحياء

وضعت جميع الكائنات الحية قبل اكتشاف الاحياء المجهرية في بداية القرن التاسع عشر ضمن مملكتين هما الحيوانية والنباتية . وكانت الاسس المعتمدة في هذا التصنيف هو قدرة الكائن على القيام بعملية البناء الضوئي. وقد حشرت الاحياء المجهرية ضمن هاتين المملكتين وعلى اساس الخاصية المذكورة. وقد عدت الطحالب من النباتات اما الفطريات فقد عدت من النباتات لانها تمتلك تراكيب شبيهة بالنباتات اما الابتدائيات فقد اعتبرت من الحيوانات.

ومع زيادة عدد الاحياء المجهرية المكتشفة ولا سيما البكتريا فقد اقترح هيكل Haeckel عام ١٨٦٦ م في وضعها في مملكة مستقلة اسماها مملكة الطليعيات Protista اعتمادا على خاصيتها التي ذكرت وهي خلو هذه الاحياء من التمايز النسيجي.

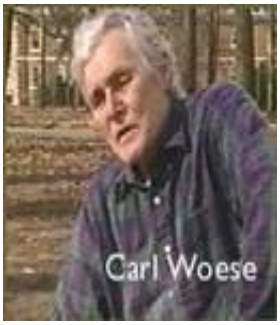
في عام ١٩٦٩ م اقترح Whitaker تصنيف الاحياء المجهرية الى خمس ممالك وبثلاث مستويات تصنيفية اعتمادا على درجة رقيها وهي:

مستوى الرقي	المملكة	الامثلة
الاول	مونيرا Monera	الكائنات الحية بدائية النواة(البكتريا بأنواعها).
الثاني	الطليعيات Protista	الكائنات احادية الخلية حقيقية النواة مثل الخمائر والابتدائيات وبعض الطحالب.
الثالث	المملكة الحيوانية Anemalia المملكة النباتية Plantae Fungi	الحيوانات الراقية جميع النباتات الفطريات



الممالك الخمسة لوتكر

وفي السبعينيات من القرن الماضي ومع تطور العلوم المختلفة ونشوء وتطور علم الحياة الجزيئي Molecular Biology توفرت لدى العلماء معلومات دقيقة عن الكائنات الحية المختلفة ساعدت على تصنيفها على نحو علمي دقيق لاسيما بالاعتماد على المكونات الوراثية لهذه الكائنات ودرجة التقارب الوراثي بينها ودرجة التشابه مع بعضها. وكان الباحث كارل ووز Carl woese سباقا في هذا الموضوع.



وبشكل عام يمكن القول ان التصنيف الساري للاحياء المجهرية حسب احدث التصنيفات هو:

١- الاحياء المجهرية حقيقية النواة Eukaryotes
وتشمل الطحالب والابتدائيات والفطريات.

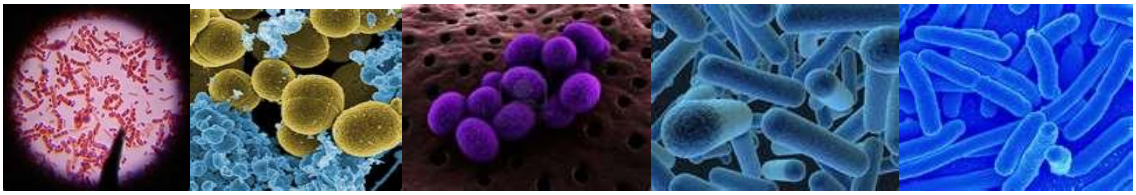
٢- الاحياء المجهرية بدائية النواة Prokaryotes
وتشمل البكتريا الحقيقية Eubacteria والبكتريا القديمة Archaebacteria وسيانوبكتريا Cyanobacteria .

ويعد علم الاحياء المجهرية من العلوم المهمة جدا والتي يدرس فيها العديد من العلوم كعلم الفايروسات Virology وعلم الفطريات Mycology وعلم الطحالب Phycology وعلم الابتدائيات Protozoology وعلم البكتريا Bacteriology . كما ويهتم علم الاحياء المجهرية بدراسة بيئة الاحياء المجهرية Microbaial ecology وفسلجتها Microbaial phsiology ووراثة الاحياء المجهرية Microbaial genetics وعلاقتها بالانسان وغذائه Food microbiology و Dairy microbiology و Medical microbiology و Biotechnology .

كلية الزراعة/ جامعة الانبار مبادئ علم الاحياء المجهرية المحاضرة الثانية

قسم التربة والموارد المائية Microbiology

البكتريا Bacteria



البكتريا Bacteria ومفردها Bacterium كائنات حية بدائية النواة واسعة الانتشار في الطبيعة فهي موجود في الهواء والتربة والمياه العذبة منها والمالحة كما هو الحال في البحر الميت الذي يبلغ تركيز الاملاح فيه ٢٨% وفي الينابيع الحارة وثلوج القطب الشمالي . ويقدر عدد البكتريا في الغرام الواحد من التربة بحوالي ٣٠٠ × $١٠^{٦}$ بكتريا . ويحوي المليلتر الواحد من الحليب على حوالي ٥٠ الف بكتريا ، ويحوي الماء الصالح للشرب مايكروبايولوجيا مايقارب ١-١٠٠ خلية بكتيرية لكل مليلتر. اما براز الحيوانات فأن اعدادها تقدر بالالاف . وتوجد البكتريا كذلك في الامعاء الغليظة للانسان والحيوان وفي السطوح الخارجية للجسم, ويعود سبب كثرة انتشارها في الطبيعة الى قدرتها العالية على التكيف مع الظروف البيئية المختلفة.

يعد علم البكتريولوجي Bacteriology هو العلم الذي يهتم بدراسة البكتريا وهو احد فروع المايكروبايولوجي Microbiology.

يعد كتاب Bergey's manual of Determination Bacteriology ، من اهم كتب تصنيف وتشخيص البكتريا اذ يوجد فيه اكثر من ١٥٠٠ نوعا مختلفا من البكتريا ، تعود الى ٢٤٥ جنسا مع الاشارة الى مئات الانواع منها في مواقع تصنيفية غير محددة.

ولعل من الاماكن التي تخلو من البكتريا هي دم الانسان السليم والانسجة الداخلية للحيوانات السليمة وفوهات البراكين والسوائل والمواد المعقمة ويعني التعقيم معاملة المادة بطريقة معينة كالحرارة بحيث تؤدي الى ابادة او أزالة كافة الاحياء المجهرية او غير المجهرية منها.

قواعد عامة:

*تسمى الكائنات الحية بأسماء علمية تتألف من كلمتين الاولى تمثل اسم الجنس genus والثانية اسم النوع species .

*النوع: هو ادنى مستوى من مستويات التصنيف. والافراد الذين ينتمون الى نوع واحد لهم القدرة على التزاوج فيما بينهم لانتاج افراد يتمتعون بالقدرة على الانجاب بالتزاوج فيما بينهم.

الخصائص العامة للبكتريا:

١- احياء مجهرية دقيقة بدائية النواة

٢- تتميز ببساطة التركيب

٣- يتميز جدررها الخارجي بالصلابة لوجود مادة متعدد الببتيد (الببتيدوكلايكان)

٤- تختلف الخلية البكتيرية في حجمها وشكلها

٥- تتكاثر بالانشطار الثنائي البسيط

٦- تتغذى على المواد العضوية واللاعضوية

٧- تتحرك بالاسواط ان وجدت

٩- تنتشر على سطح خلاياها السالبة لصبغة كرام تراكيب تدعى بالاهداب.

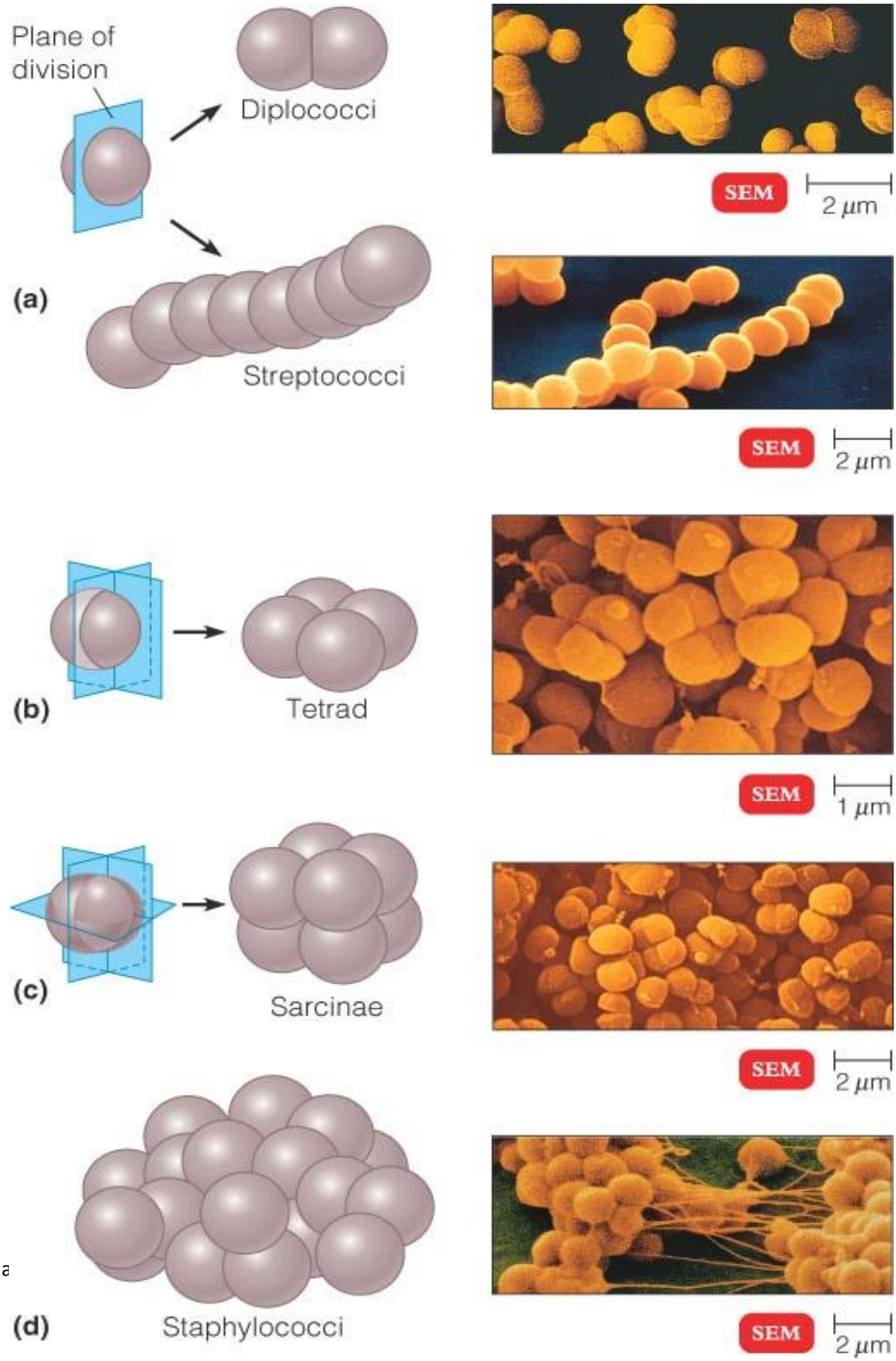
حجم وشكل البكتريا:

تتراوح اعداد البكتريا مابين١ – ٦ مايكرو ميتر طولا و ٠.٥ – ٢ مايكرو ميتر عرضا . بأستثناء بعض انواع البكتريا الحلزونية التي قد يصل طولها الى حوالي ٥٠٠ مايكروميتر طولا، ويستخدم المايكرون Microm (مايكروميتر) كوحدة لقياس حجم الخلايا وهو يساوي ١/١٠٠٠ملم (وهناك وحدات اصغر من المايكرون وهي النانوميتر وتساوي ١/١٠٠٠ مايكروميتر كما يوجد الانجستروم وهو يعادل ١/١٠ من النانوميتر ويستخدم الاخير (الانجستروم) في قياس حجم الفايروسات التي يصغر حجمها عن حجم البكريا كما يستخدم في قياس حجم اجزاء البكتريا الصغيرة جدا التي يتم رؤيتها بالمجهر الالكتروني) وللانواع المختلفة من البكتريا اشكالا مختلفة منها:

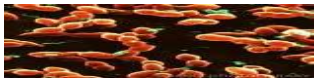
١- البكتريا الكروية: Spherical Bacteria

وهي كروية cocci ومفردها coccus . تظهر تحت المجهر بتجمعات مختلفة اعتمادا على مستويات انقسامها فقد تكون زوجية (ثنائية) او رباعية او على شكل سلسلة او عنقودية التجمع . فأذا ماكان اقسام البكتريا على مستوى واحد تكونت تجمعات ثنائية او شكل سلسلة اما اذا كان انقسامها في وجد مستويين كونت تجمعات رباعية . في حين تكون البكتريا التي تنقسم بثلاث مستويات انقسام تجمعات مكعبة. على ان الانقسام بمستويات متباينة او غير منتظمة تؤدي الى تجمعات عنقودية . وصفة الانقسام على مستوى محدد او مستويات متعددة وتكوين تجمعات معينة هي من الصفات الوراثية وبالتالي من الخواص التي تعتمد في تصنيف البكتريا.

***جميع البكتريا الكروية غير مكونة للابواغ موجبة لصبغة كرام Gram positive ويمكن الاستدلال على كون البكتريا كروية من تسميتها التي قد تنتهي بكلمة coccus كما في الامثلة ادناه.**


Plane of division
Diplococci
(a)
Streptococci
SEM
2 μm
SEM
2 μm
(b)
Tetrad
SEM
1 μm
(c)
Sarcinae
SEM
2 μm
(d)
Staphylococci
SEM
2 μm

امثلة عن البكتريا الكروية

ملاحظات عن البكتريا	مستوى الانقسام	تجمع البكتريا	اسم البكتريا
مسببة لذات الرئة	مستوى واحد	ثنائي	***Streptococcus pneumonia*** 
تستخدم في صناعة الالبان	مستوى واحد	سلسلة	***Streptococcus lactis***
تسبب التسمم الغذائي	غير منمتظمة	عناقيد	***Staphylococcus aureus***
تسبب التسمم الغذائي	ثلاث مستويات متعامدة	مكعبة	***Sarcina ureue***
تسبب التسمم الغذائي	مستويين متعامدين	رباعية	***Micrococcus tetrade***

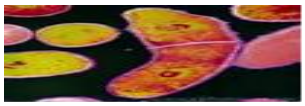
٢-البكتريا العصوية Rod shaped Bacteria

وتسمى Bacilli ومفردها Bacillus وهي تسمية تطلق على مجموعة تصنيفية تعرف على مستوى الجنس بـ Bacillus كما في الجدول المذكور في ادناه. تختلف ابعاد البكتريا العصوية بأختلاف الانواع، وقد يكون طولها مشابها او مقاربا لقطرها حتى يصعب تميزها عن البكتريا الكروية اما نهاياتها فقد تكون

مسطحة او مدورة او تشبه السيكاراو قد تكون متشعبة، وقد تنتج الخلايا العصوية خيوطا شبيهة بتلك التي تكونها الفطريات.

أمثلة عن الانواع المختلفة من البكتريا العصوية

ملاحظات عن البكتريا	بعض الخواص المورفولوجية للبكتريا	اسم البكتريا
تصيب درنات البطاطا	عصوية، g^+ ، مكونة للابواغ، هوائية	***Bacillus subtilis***
تسبب الجمرة الخبيثة(anthrax)	عصوية، g^+ ، مكونة للابواغ، هوائية	***Bacillus anthracis***
تسبب تسمم غذائي يعرف بـ(botulism)	عصوية، g^+ ، مكونة للابواغ،لا هوائية	***Clostridium botulinum***
تسبب مرض الكزاز (tetanus)	عصوية، g^+ ، مكونة للابواغ، لاهوائية	***Clostridium tetani***
تسبب مرض التيفوئيد	عصوية، g^- ، غيرمكونة للابواغ، لاهوائية اختيارا.	***Salmonella typhi***
تسبب مرض الزحار البكتيري	عصوية، g^- ، غيرمكونة للابواغ، لاهوائية اختيارا.	***Shigella dysenteria***

تسبب مرض الخناق (دفثريا)	على شكل هراوة ، g^+ ، غيرمكونة للابواغ	*Corynebacteria diphteria* 

3- البكتريا الحلزونية Spiral shaped Bacteria :

وهي مجموعة من البكتريا التي تتخذ اشكالا حلزونية صلبة او مرنة وحسب النوع وهي بسبب اشكالها هذه تتميز بحركتها اللولبية التي تشبه حركة ثاقب الفلين ويوجد منها عدة انواع :

الاول : على شكل حرف (و) وتسمى بالواوية او الضمية comma shaped حيث تظهر في البكتريا انحناءة واحدة مثل البكتريا المسببة للهيضة (الكوليرا) *Vibrio cholera* والبكتريا المختزلة للكبريت الى كبريتيد التابعة للجنس Desulfovibrio .

Vibrio cholera

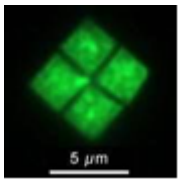
الثاني: يحوي انحناءات متعددة لذلك يكون شكله حلزونيا او بريميا Spirillum واغلبها تعيش في الماء. والبكتريا الحلزونية ذات جدار صلب rigid cell wall ، لذلك فان خلاياها غير مرنة. وهي مفردة الخلية سالبة لصبغة كرام. وتتميز البكتريا ذات الانحناءة الواحدة (الواوية) عن البكتريا ذات الانحناءات المتعددة في ان الاولى تمتلك سوطا قطبيا واحدا بينما الاسواط في البريمية متعددة ومتوزعة على قطبي الخلية.

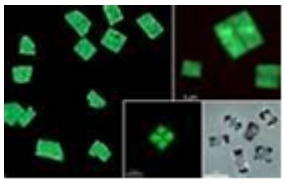
الثالث: لولبي Spirocheat مثل *Treponema pallidum*

Spirocheat

٤- البكتريا مربعة الشكل Square bacteria

وهي من الاشكال الغريبة في عالم علم الاحياء المجهرية اكتشفت عام ١٩٨١ على يد Walsby على سواحل البحر الاحمر . وهي من الكائنات المحبة للملوحة halophilic ويعتقد انها من مجموعة البكتريا القديمة Archae bacteria.





ظاهرة تعدد الاشكال Pleomorphism : تتخذ بعض انواع البكتريا ولاسيما العصوية تحت ظروف بيئية وجراء ماتطرأ بها من تغيرات على مستوى الايض وبناء الجدار ، اشكالا واحجاما استثنائية غير مألوفة ، اذ تستطيل بعض الخلايا ، او تنتفخ او تتحول الى خيوطا رفيعة. وتساعد بعض المثبطات في بيئة النمو او شحة بعض المغذيات على اتخاذ البكتريا العصوية مثل هذه الاشكال غير المألوفة. وهي ناتجة عن تحفيز او تكون بعض الانزيمات المحللة autolytic enzymes والتي تؤثر في شكل الخلية. وعليه عند الشروع بفحص البكتريا لغرض التعرف على شكلها تحت المجهر لابد ان تكون مأخوذة من مزارع حديثة العمر (١٨ – ٢٠) ساعة ومن اوساط زرعية تتوفر فيها كل الاحتياجات الغذائية للبكتريا وان تكون قد حضنت بدرجة الحرارة المثلى لنمو البكتريا.

كلية الزراعة/ جامعة الانبار مبادئ احياء مجهرية المرحلة الثانية

قسم التربة والموارد المائية المحاضرة الثالثة

التشريح الوظيفي للبكتريا

Functional Anatomy of Bacteria

مثلما يعود الفضل في اكتشاف الاحياء المجهرية الى انطوان فان ليفنهوك والى العدسات التي قام بصناعتها ومن ثم ابتكار المجاهر الضوئية المركبة ، فأن دراسة التراكيب الداخلية لخلايا الاحياء المجهرية وتشريحها الوظيفي تدين بالفضل الى المجاهر الالكترونية التي وفرت فرصة مشاهدة الاجزاء الداخلية لخلايا الاحياء المجهرية والى تطور طرق الفصل ودراسة الاجزاء المفصولة فسيولوجيا والتعرف على اكثر مكونات خلايا الاحياء المجهرية وحتى على المستوى الجزيئي.

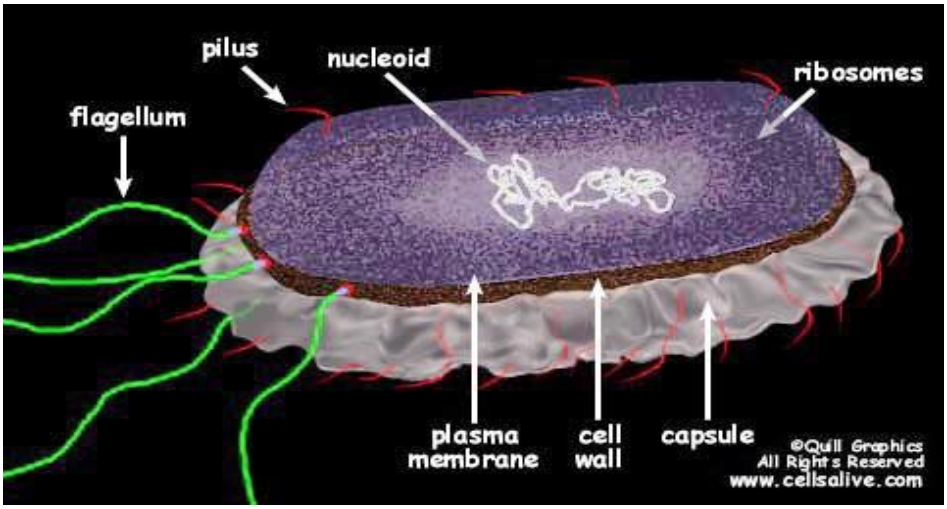
مكونات الخلية البكتيرية

تقسم مكونات الخلية البكتيرية الى الى مكونات اساسية وغير اساسية:

١-تتضمن المكونات الاساسية الغشاء السايتوبلازمي ، والرايبوسومات والمناطق النووية الحاوية على مادة DNA المسؤولة عن حمل ونقل الصفات الوراثية . وسميت بالمكونات الاساسية لانها موجودة في جميع الكائنات الحية بما في ذلك البكتريا . بمعنى انها صفة تجمع جميع الخلايا.

٢-اما المكونات غير الاساسية في البكتريا فتتمثل بالجدار الخلوي والكبسولة والاسواط والابواغ والبلازميدات والشعيرات والمواد المخزنة وهذه موجودة في بعض وليس وليس جميع انواع البكتريا. عليه فهي ليست اساسية.ويمتل الشكل الاتي مكونات الخلية البكتيرية.

Bacterial Cell Structure



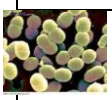
الكبسولة Capsule (المحفظة)

تركيب هلامي رخو يحيط ببعض انواع البكتريا ولاتتكون الا في بيئة معينة ، تمنح الكبسولة للبكتريا ، وبالتالي للمستعمرات Colonies البكتيرية في الاوساط المختبرية قواما لزجا رطبا . يتراوح سمك الكبسولة من ٢ – ١٠ مايكروميتر او اكثر قليلا . وهي من المكونات غير الاساسية وغير المهمة للبكتريا . ويمكن ازالتها بالماء او الانزيمات المحللة لها . وقد تسمى بالطبقة المخاطية ولاسيما عندما تكون على شكل كتل منفصلة عن الخلية البكتيرية. وتتمثل اهميتها بالاتي:

١- تشكل غطاءا واقيا للبكتريا تجاه المؤثرات الخارجية.
٢- تزيد من امراضية البكتريا المرضية.
٣- تعتبر مصدرا او مخزونا غذائيا تستعين به البكتريا عند نفاذ المواد الغذائية في محيطها. لذلك توصف الكبسولة احيانا انها مخزن غذائي خارجي.

تتكون الكبسولة في معظم البكتريا المكونة لها (عدا بكتريا *Bacillus anthracis*) من سكريات متعددة Polysaccharides مثل السيليلوز والدكستران والليفان وكما هو في الامثلة المذكورة في الجدول ادناه.

تركيب	وحدات تركيب	البكتريا

	الكبسولة	الكبسولة
Bacillus anthracis	Glutamic acid	Polypeptide
Acetobacter xylinum	Glucose	Cellulose
 *Leuconostoc spp.*	Glucose + fructose	Dextrans
Pseudomonas spp.	Glucose + fructose	Leavans

****عند الاشارة الى نوع ضمن جنس من البكتريا نستخدم المختصر .Sp وهي اختصار لكلمة Species اما عند الاشارة الى جميع الانواع ضمن ذلك الجنس فيشار الى ذلك بمختصر .Spp .**

أمثلة للبكتريا اتي تمتلك كبسولة:

***بكتريا *Streptococcus mutans* المسببة لنخر الاسنان : تتراكم بكتل كبيرة على سطوح الاسنان وتستغل البكتريا السكريات المتبقية بين الاسنان لتكوين الكبسولة.**

***بكتريا *Acetobacter xylinum* : وهي من البكتريا المستخدمة في صناعة الخل الى جانب بكتريا *Acetobacter aceti* والتي تكون طبقة هلامية في سطوح السوائل المعدة لصناعة الخل. تسمى هذه الطبقة احيانا بأم الخل ويذكر ان البكتريا الحاوية على الكبسولة تمتلك تخصصا مناعيا اعتمادا على التركيب الكيميائي للكبسولة. وتستخدم هذه الخاصية في التفريق بين مجاميع النوع الواحد من البكتريا . فمثلا هناك مايقارب ٧٥ نمطا مناعيا من بكتريا *Streptococcus pneumonia* المسببة لذات الرئة.**

الجدار الخلوي Cell wall

يستحق جدار البكتريا اهتماما خاصا للاسباب الاتية:

١- يتألف جدار البكتريا من مكونات ليس لها نظير في اي مكان اخر من الطبيعة كما سيوضح ذلك لاحقا.
٢- تسبب مكونات جدار البكتريا ولاسيما جدار البكتريا السالبة لصبغة كرام عند تحللها داخل الجسم اعراضا مرضية (لانتاج المكون Lipid A من التحلل المسؤول الاساس عن امراضية البكتريا السالبة لصبغة كرام)
٣- يمثل الجدار موقعا لعمل بعض المضادات الحيوية Antibiotic وفعلها والمستخدمة في معالجة بعض الامراض البكتيرية.

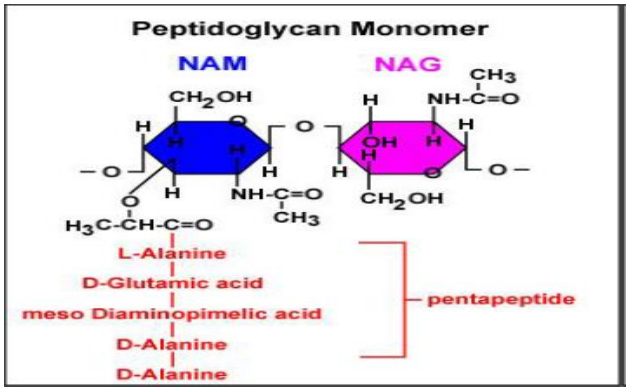
٤- وجود اختلاف في التركيب الكيميائي لجدار البكتريا . وهو الذي يحدد استجابة البكتريا لصبغة كرام . وتعتمد هذه الخاصية في تفريق البكتريا الى مجموعتين تصنيفيتين هما البكتريا الموجبة لصبغة كرام والسالبة لصبغة كرام.

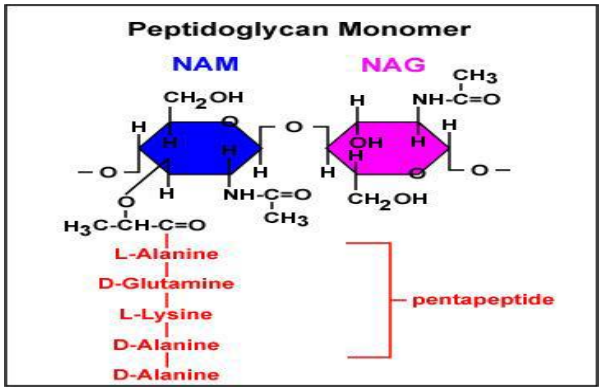
وتكمن وظيفة الجدار في اي خلية ومنها البكتريا في انه يمنح البكتريا شكلها ويحافظ عليه وهي وظيفة غير حيوية . ويمكن تحطيم جدار الخلايا البكتيرية بطرق ميكانيكية او أنزيمية . واي خلية منزوعة الجدار تسمى Protoplast ومثل هذه الخلايا تتخذ اشكالا كروية في المحاليل ذات الضغوط الازموزية المتعادلة وتستطيع الخلية منزوعة الجدار من مزاولة جميع فعالياتها الايضية في حال وجودها في مثل هذه المحاليل وبشكل طبيعي.

وتتميز جميع انواع البكتريا التي سبق الاشارة لها في المحاضرة الاولى بأحتوائها او امتلاكها جدارا بأستثناء مجموعة تسمى Mycoplasma .

*تركيب الجدار الخلوي للبكتريا:

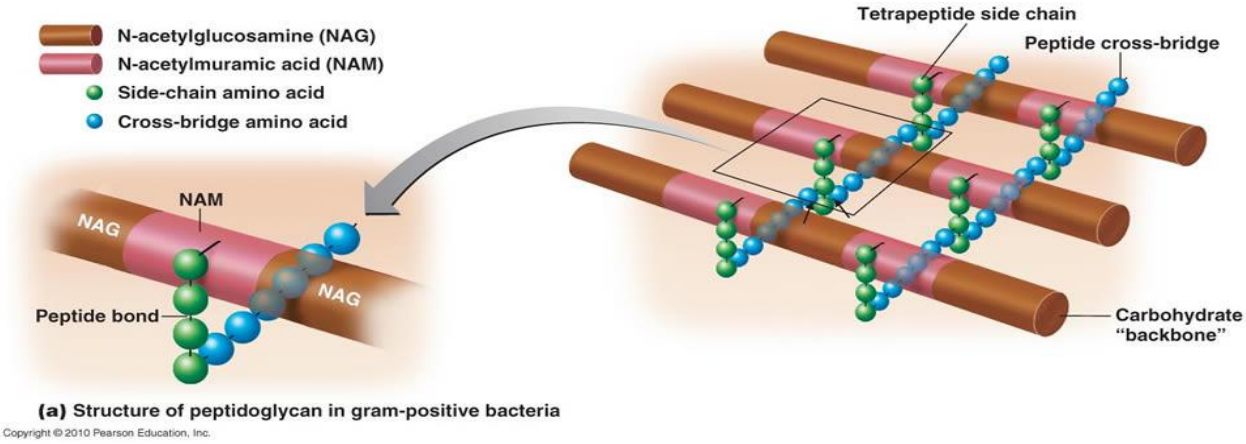
يتسم التركيب الكيميائي لجدار البكتريا بدرجة عالية من التعقيد بخلاف جدار الخلايا النباتية او الفطرية. اذ يتألف من مكون اساسي يطلق عليه Peptidoglycan . وهو بوليمر ذو وزن جزيئي عال يتكون من وحدتين ثانويتين تتبادلان لتكوين سلسلة طويلة وذلك بأرتباط هاتين الوحدتين الثانويتين بأصرة كلايكوسيدية من نوع B- 1,4 والوحدتين اللتان تتناوبان لتكوين سلسلة الببتيدوكلايكان هما N – acetylglucose amine و N – acetyl muramic acid .





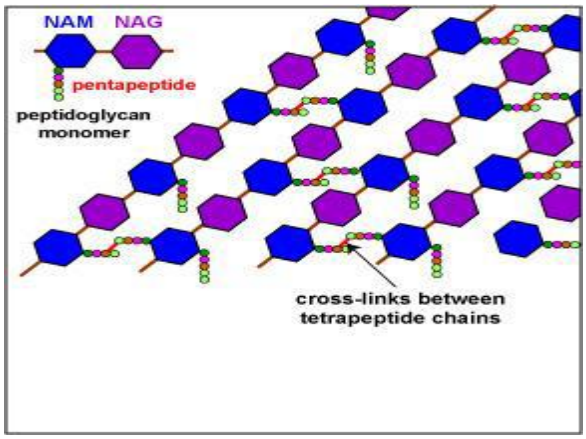
The Peptidoglycan Monomer of Escherichia coli

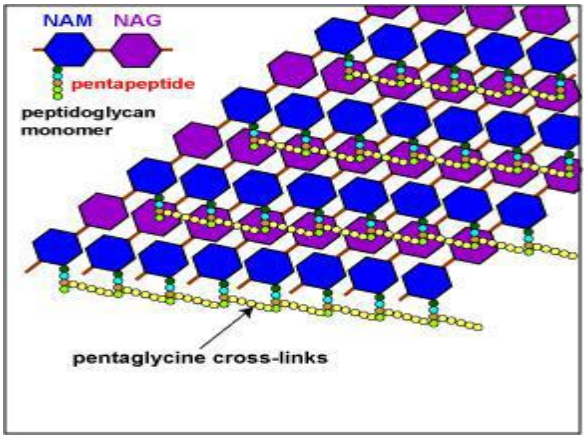
The Peptidoglycan Monomer of Staphylococcus aureus



(a) Structure of peptidoglycan in gram-positive bacteria

Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.





Structure of Peptidoglycan: *Escherichia coli*

Structure of Peptidoglycan: *Staphylococcus aureus*

وترتبط بالوحدة الثانوية N – acetyl muramic acid احماض امينية في الكاربون رقم ٢.

ان سلاسل الببتيدوكلايكان هذه ترتبط بالتي قبلها وبالتي بعدها ارتباطيا عرضيا بواسطة سلسلة من الاحماض الامينية الجانبية مكونة شبكة ثلاثية الابعاد وتمثل طبقة واحدة من طبقات الجدار.

تختلف طبقات الببتيدوكلايكان من البكتريا السالبة لصبغة كرام G^- عن البكتريا الموجبة لصبغة كرام G^+ من حيث العدد. اذ يبلغ عدد هذه الطبقات في G^+ حوالي ٤٠ طبقة وهي بذلك تشكل حوالي ٥٠% من الجدار . اما في G^- فيتراوح عددها من ١ -٢ طبقة وتشكل حوالي ٥ – ١٠ % من الجدار.

يحتوي جدار البكتريا G^+ الى جانب طبقات الببتيدوكلايكان على احماض مختلفة التركيب مثل حامض Teichoic acid و Teichuronic acid واحماض التايكويك ذات تراكيب مختلفة ترتبط بطبقات الببتيدوكلايكان في جدار البكترياG^+ تساهميا عبر اواصر فوسفاتية فتضفي عليها القوة والمتانة.

اما جـدار البكتريـا G^- فتحتوي الـى جانب طبقتـي الببتيدوكلايكـان عـدد مـن الطبقات الاضافيـة الغنيـة بالمـواد الدهنيـة وهي طبقـة Lipoproteins و Lipopolysaccharide و Phospholipid ويطلق على الطبقة الاخيرة (طبقة اللبيدات الفوسفاتية) بالغشاء الخارجي Outer membrane لانها تشابه تركيب الغشاء السايتوبلازمي. وتوضح الاشكال ادناه طبقات الجدار في كل من البكتريا G^+ و G^- .

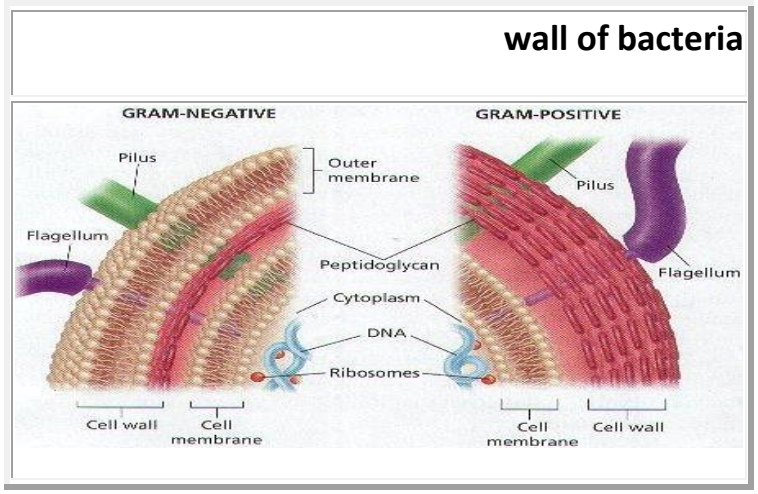
وتتلخص وظيفة Lipoproteins في موازنة الغشاء الخارجي وتثبيته على طبقة الببتيدوكلايكان . اما طبقة Phospholipid اي الطبقة الخارجية فمؤلفة من طبقتين من الدهون الفوسفاتية ، شأنه في ذلك شأن الغشاء السايتوبلازمي. ويعمل هذا الغشاء الخارجي على منع تسرب الانزيمات والبروتينات الموجودة في الفسحة البينية Periplasmic space ويحمي البكتريا المعوية خاصة من الاملاح والانزيمات المحللة الموجودة في الامعاء.

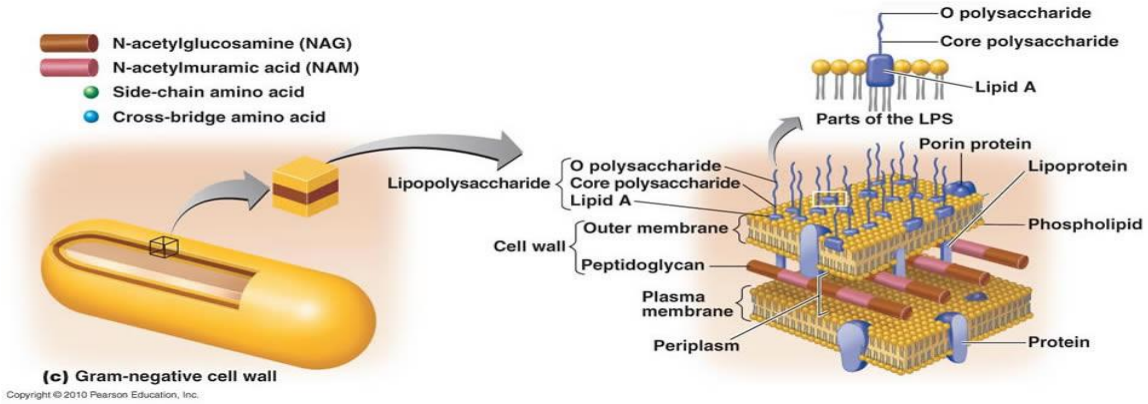
اما طبقة Lipopolysaccharide او السكريات المتعددة الدهنية والتي تقع الى الخارج من الخلية فتتألف من مكون رئيس يطلق عليه بـ Lipid A ومجموعة سكريات متعددة وتعمل على موازنة الغشاء وتحول دون دخول الجزيئات الكارهة للماء Hydrophobic الى الخلية.

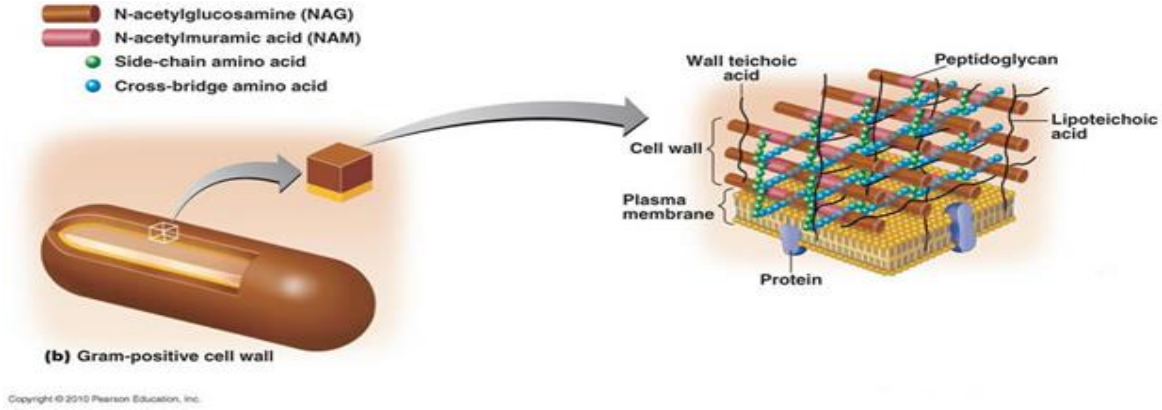
تتميز هذه الطبقة بسميتها العالية للانسان والحيوان وتدعى بالسم الداخلي endotoxin وقد وجد ان سمية هذه الطبقة تعود الى جزيئة Lipid A الموجودة ضمن هذه الطبقة والتي غالبا ماتؤثر في الجهاز العصبي عند تحررها جراء موت البكتريا وتحللها.

ان الجدار ، وكما مر بنا ، يقوم مقام شبكة من العوارض الصامدة التي تحافظ على مكونات الخلية البكتيرية ، ويحول دون انفجارها ، فالغشاء السايتوبلازمي يتميز بمرونة عالية. والسايتوبلازم عبارة عن محلول مركز جدا من الاملاح غير العضوية والمركبات العضوية المؤلفة من السكريات والاحماض الامينية والبروتينات والانزيمات المختلفة. ولان البكتريا غالبا ماتتواجد في الطبيعة في بيئات ذات تراكيز واطئة مقارنة مع تراكيز السايتوبلازم لذلك فأن الماء الموجود في البيئة يتدفق الى داخل الخلية لمعادلة الضغط الازموزي Osmotic pressure (الضغط التنافذي) علي طرفي الغشاء السايتوبلازمي . فالخلايا التي لاتمتلك جدارا تتعرض الى الانفجار في حالة الضغط الازموزي مقارنة مع خارج الخلية.

different stains will be picked up by the cell







***الانزيمات المحللة للجدار**

ثمة انزيمات عديدة تحلل جدار البكتريا ، منها تلك التي تفرزها البكتريا نفسها عند موتها مثل Peptidases , Glycosidase وغيرها. ومنها ماتوجد في الطبيعة وفي مصادر اخرى. ومن اهم هذه الانزيمات انزيم اللايسوزايم Lysozyme الموجود في العديد من المصادر النباتية والحيوانية (كالدموع ، اللعاب ، الحليب) . ويهاجم هذا الانزيم الاصرة B 1,4 التي تربط الوحدات الثانوية المكونة لسلاسل الببتيدوكلايكان مما يؤدي الى تحلل الجدار. ويذكر ان تأثير هذا الانزيم في البكتريا الموجبة لصبغة كرام G^+ يفوق تأثيره في البكتريا السالبة لصبغة كرام G^- لان جدار الاول يتألف من عدد كبير من طبقات الببتيدوكلايكان بخلاف الثاني الذي يتألف جداره من طبقتين في الغالب ، ولوجود طبقات دهنية تقع خارج طبقات الببتيدوكلايكان في جدار هذه البكتريا تحول دون وصول الانزيم الى مواقع تأثيره بشكل سريع. كما ان الانزيم لايحلل جدار هذه البكتريا كاملة لمحدودية طبقات الببتيدوكلايكان اولا ولوجود الطبقات الدهنية الاخرى التي لاتتأثر بالانزيم والتي يخلو منها جدار البكتريا الموجبة لصبغة كرام والتي تتحلل بالكامل . وفي كلتا الحالتين فأن شكل البكتريا يتغير عند معاملة الخلايا بهذا الانزيم.

***المضادات الحيوية التي تؤثر في الجدار الخلوي**

تعرف المضادات الحيوية Antibiotic بأنها عبارة عن مجموعة من المركبات تقوم بتخليقها بعض الاحياء المجهرية وتعمل على تثبيط فعالية احياء مجهرية اخرى او على ابادتها. وهي على درجة عالية من التنوع . منها البنسلين Penicillin ومشتقاته المختلفة التي تستخدم في معالجة الامراض الامراض الناجمة عن البكتريا. ويتلخص تأثيرها في قتل البكتريا من خلال منع تكون الجدار الخلوي عند تكاثر البكتريا ويحلل طبقة الببتيدوكلايكان. ومع استثناءات بسيطة يعد البنسلين ومشتقاته اكثر فعالية تجاه البكتريا الموجبة لصبغة كرام من تلك السالبة للاسباب التي ذكرت عند الحديث عن انزيم Lysozyme اعلاه.

المحاضرة الرابعة

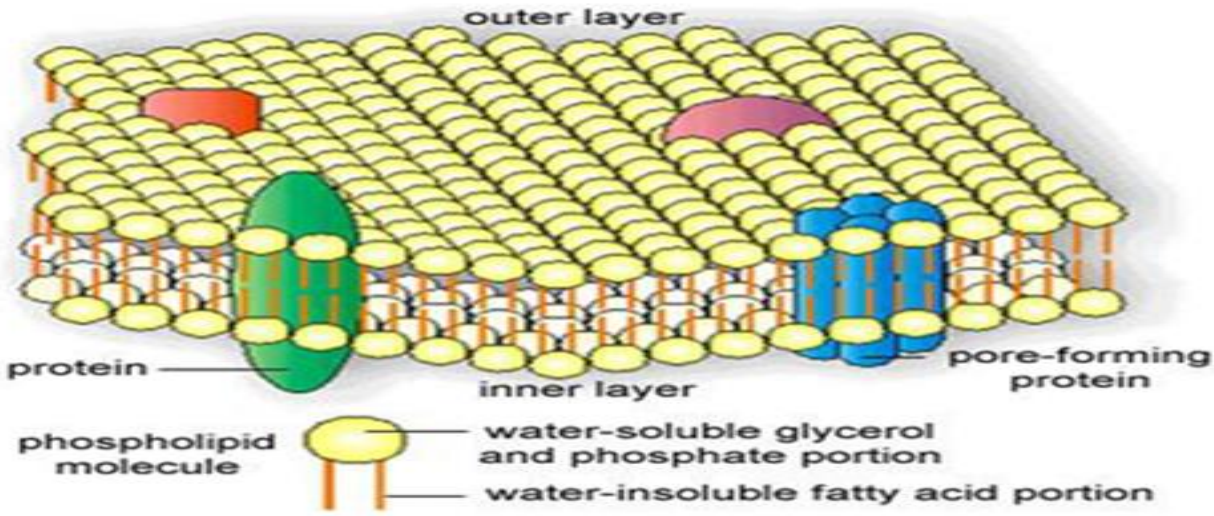
- الغشاء السايتوبلازمي Cytoplasmic membrane

يمثل الغشاء السايتوبلازمي ي الخلايا عديمة الجدار ، كما هو الحال مع بكتريا المايكوبلازما والبروتوزوا وفي الخلايا الحيوانية ، الغلاف الخارجي للخلية. اما في البكتريا النموذجية فيمثل الطبقة التي تلي الجدار . ومابين الغشاء السايتوبلازمي والجدار منطقة تسمى بالفسحة البينية Periplasmic space . يسمى الغشاء السايتوبلازمي احيانا بالغشاء الخلوي Cell membrane او الغشاء البلازمي Plasmic membrane لانه يحيط بسايتوبلازم الخلية.

ان مظهر الغشاء السايتوبلازمي ، سواء عزل من بكتريا او غيرها من الكائنات الحية متماثل فعلا عند فحصه بالمجهر الالكتروني، اذ يبدو كحزمتين معتمتين مفصولتين بحزمة فاتحة.

*التركيب الكيميائي للغشاء

يتألف الغشاء السايتوبلازمي في البكتريا من دهون مفسفرة Phospholipids والتي تشكل ٤٠% من الغشاء ، ومن البروتينات التي تشكل ٦٠%منه ، والدهون المفسفرة خالية تماما من السترولات، ماعدا الغشاء السايتوبلازمي لبكتريا المايكوبلازما. ويعتمد العديد من خواص هذه الاغشية على تركيب الدهون المفسفرة التي لها خواص فريدة فيما يتعلق بقابلية ذوبانها في الماء. فهي قطبية Polar عند احدى نهايتيها (ذائبة في الماء وتحوي مجاميع الفوسفات) وغير قطبية non – polar على طول بقية السلسلة او الجزيئة (غير ذائبة في الماء، ويتألف من السلسلة الكاربونية للاحماض الدهنية) .



يحوي الغشاء السايتوبلازمي على تراكيب متخصصة بشكل انبعاجات تسمى الميزوزومات Mesosome وهي على نوعين:

١- الميزوزومات الحاجز Septalmesosome : تعمل على تكوين الحواجز العرضية في اثناء عملية الانقسامم للخلية.

٢- الميزوزومات الجانبية Lateral mesosome : تتصل بالكروموسوم البكتيري ويعتقد انها تزيد من المساحة السطحية للغشاء السايتوبلازمي ويرفع من كفاءته.

وظائف الغشاء السايتوبلازمي

١- النفاذية الاختياريةSelective permeability

يتميز الغشاء السايتوبلازمي بأنه حاجز منفذ اختياري Selective permeability اي ان حركة الجزيئات عبره بالاتجاهين تكون محدودة بأختيارية هذا الغشاء من جزيئات الفوسفوليبد والبروتينات.

٢-انتقال الالكترونات وعملية الفسفرة التأكسدية Electron transport and oxidative phosphorylation في الانواع الهوائية.

٣-أفراز الانزيمات المحللة Excretion of hydrolytic enzymes

٤-الوظائف الخلقية Biosynthetic function

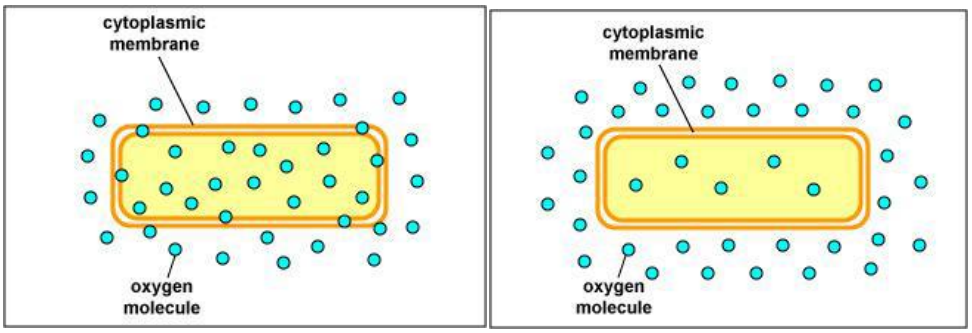
***النفاذية الاختيارية**

اليات انتقال المواد والعناصر الغذائية عبر الغشاء السايتوبلازمي

يتم انتقال المواد والعناصر الغذائية من ايونات ومعادن وسكريات واحماض امينية والكترونات وبقية المواد الناتجة من الايض عبر الغشاء السايتوبلازمي عبر العديد من الاليات وهي :

١-الانتشار البسيط او السلبي Simple or passive diffusion

تمر الجزيئات الذائبة من خلال الغشاء اعتمادا على الاختلاف في تركيز هذه المواد على جانبي الغشاء السايتوبلازمي ، اي تنتقل المواد من التركيز العالي الى التركيز الواطئ وبتساوي التركيزين داخل وخارج الخلية يتوقف نظام الانتشار.لايحتاج هذا النوع من النقل الى طاقة .

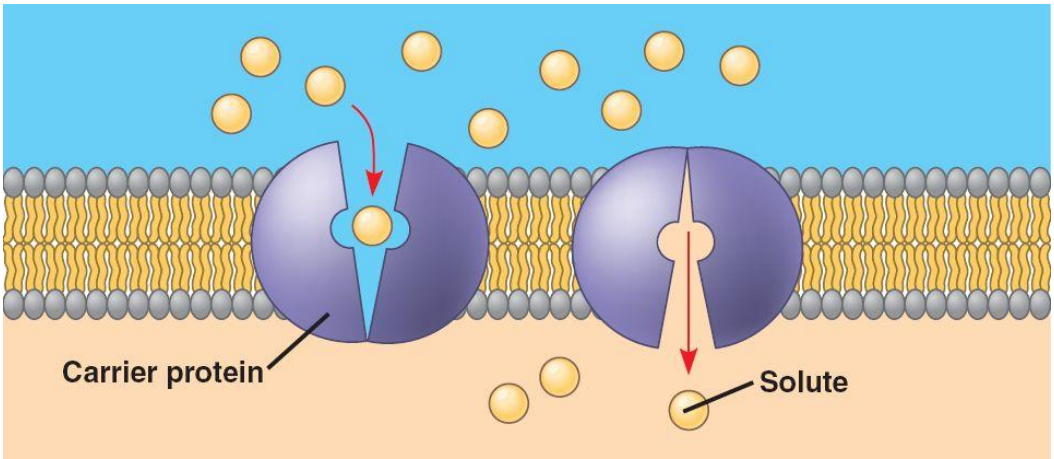


المرحلة الثانية **المرحلة الاولى**

٢-الانتشار الميسر او المساعد Facilitated diffusion

مشابهة للطريقة السابقة من حيث الانتقال من التركيز العالي الى الواطئ ولكنه يختلف عنه لان الانتقال يشتمل على وجود حامل بروتيني خاص يسمى Permease يقع على الغشاء السايتوبلازمي يقوم الحامل بالاتحاد المؤقت بالجزيئات الذائبة ونقلها من السطح الخارجي الى السطح الداخلي للغشاء ويعود مرة اخرى الى السطح الخارجي وهكذا.

النظامان السابقان كما ذكرنا لايحتاجان الى طاقة حياتية لعبور الجزيئات ولايحصل تراكم للجزيئات على طرفي الانتشار ولكن متى مايحصل التوازن يقل تأثير الانتشار بهاتين الطريقتين.



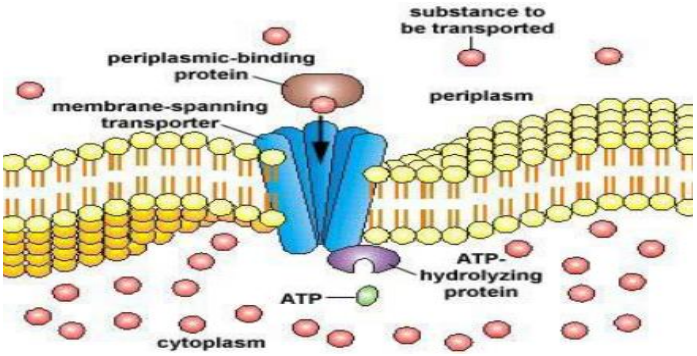
٣- النقل الفعال او النشط transport Active

تنتقل بهذا النظام جميع المغذيات من احماض امينية وسكريات وايونات .....الخ بالاتجاهين وبأتجاه معاكس للتركيز في حالة حاجة الخلية لمثل هذه المغذيات التي تحتاجها بتراكيز عالية قد لاتتوفر خارج الخلية ممايتطلب من الخلية تحول طاقة على هيئة ATPللقيام بهذا العمل ويقوم بروتين الغشاء السايتوبلازمي بعمل الجزء الناقل وينقل المواد عبر الغشاء ويتضمن هذا النظام الخطوات التالية:

١-ارتباط المادة الغذائية بموقع الاتصال receptor site على البروتين الناقل.

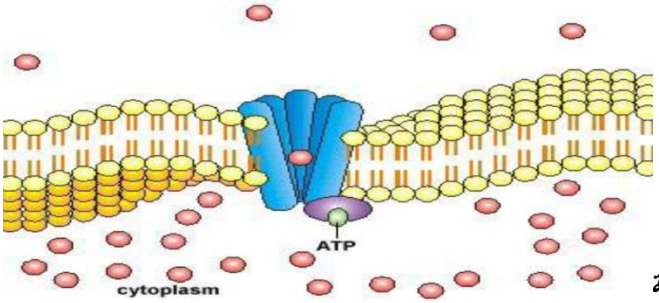
٢-انتقال خليط المادة المذابة والبروتين الناقل عبر الغشاء.

٣-يحدث استهلاك للطاقة لاحداث تغيرات تركيبية بشكل البروتين الناقل كي يطلق المادة المذابة داخل الخلية ثم يرجع شكل الحامل البروتيني الى ماكان عليه.



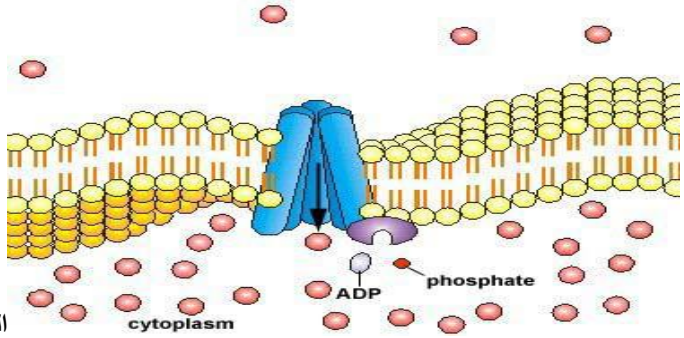
المرحلة الاولى

This form of active transport involves both transporter proteins and the energy provided by the hydrolysis of ATP. A specific periplasmic- binding protein carries the substance to be transported to a membrane-spanning transporter.



المرحلة الثانية

The molecule to be transported across the system and a molecule of ATP enters the ATP binding site of the ATP-hydrolyzing protein.



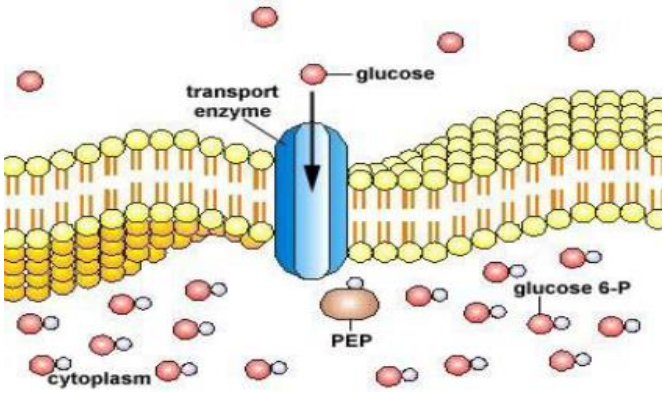
المرحلة الثالثة

Energy provided by the hydrolysis of ATP into ADP, phosphate, and energy moves the molecule across the membrane.

٤-نقل المجاميع الموضعي Group translocation

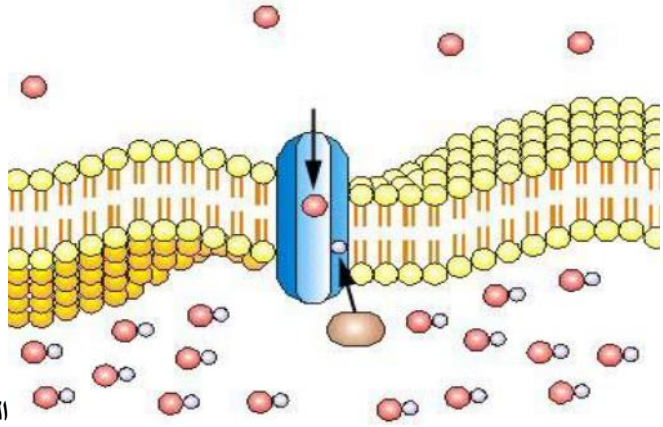
كما يتضح من الانظمة السابقة لايحدث تغيرا في تركيب المواد المنقولة من الناحية الكيميائية الا انه في هذا النظام يلاحظ ان المواد المنقولة يحصل لها تغيير كيميائي في تركيبها، ولهذا يقتصر هذا النظام على الاحياء بدائية النواة حيث يمكن هذا النظام البكتريا من استغلال مصادر الطاقة من خلال ازدواجية النقل مع التفاعلات الايضية. ينتقل المغذي بهذه الطريقة الى داخل الخلية من خلال تفاعل مزدوج ، حيث يحدث لهذا المغذي تغيرا كيميائيا اضافة لنقله الى داخل الخلية مستخدمين الطاقة نفسها، اذ يحدث في البداية داخل السايتوبلازم فسفرة للبروتين الناقل والذي يرتبط فيما بعد بالسكر الحر الموجود خارج الخلية وينقله

كسكر مفسفر sugar phosphate الى داخلها ويتم هذا كله وفق نظام يطلق عليه phosphotransferase systems. اذن تحتاج هذه الطريقة الى بروتين ناقل وانزيمات وطاقة.



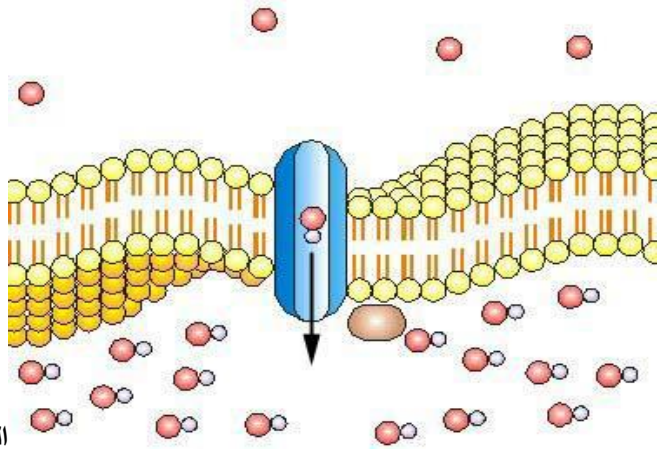
المرحلة الاولى

When bacteria use the process of group translocation to transport glucose across their membrane, a high-energy phosphate group from phosphoenolpyruvate (PEP) is transferred to.the glucose molecule to form glucose-6-phosphate



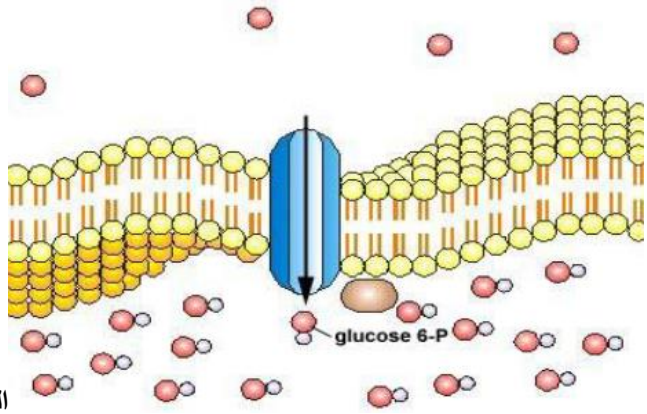
المرحلة الثانية

A high-energy phosphate group from PEP is transferred to the glucose molecule to form .glucose-6-phosphate



المرحلة الثالثة

The glucose-6-phosphate is transported across the membrane.



المرحلة الرابعة

converted to glucose-6- phosphate Once the glucose has been and transported across the .membrane, it can no longer be transported back out

***انتقال الالكترونات والفسفرة التأكسدية**

تدعى المسارات التي تتدفق منها الالكترونات اثناء التفاعلات الحيوية في التنفس والبناء الضوئي بسلسلة نقل الالكترونات وهي نوع من تفاعلات الاكسدة والاختزال التي تحدث في الخلايا تنتقل فيها الالكترونات من الواهب الاولي الى المستقبل النهائي من خلال مجموعة من ناقلات الالكترونات والانزيمات الناقلة للالكترونات والمتواجدة في الغشاء السايتوبلازمي في بدائية النواة وفي اثناء تدفق الالكترونات يتم حفظ جزء كبير من الطاقة بشكل ATP . وتسمى هذه الطريقة لحفظ الطاقة بالفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorelation . في حين تتواجد ناقلات الالكترونات في اغشية المايتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء في حقيقية النواة.

***افراز الانزيمات المحللة**

تفرز البكتريا الموجبة لصبغة كرام الانزيمات المحللة الى المحيط الخارجي وفي البكتريا السالبة لصبغة كرام تفرز في المسافة بين الببتيدوكلايكان والغشاء السايتوبلازمي والمسماة بالفسحة البينية Periplasmic space وتقوم هذه الانزيمات بحل الجزيئات الكبيرة ليسهل انتقالها عبر الغشاء.

***الوظائف الخلقية**

يحتوي الغشاء السايتوبلازمي على الحاملات الدهنية التي يتم عندها ارتباط الوحدات المكونة للجدار الخلوي ، كما يحوي الغشاء السايتوبلازمي على الانزيمات المشاركة في خلق الجدار الخلوي . كما توجد فيه الانزيمات المسؤول عن تصنيع الدهون الفسفورية phospholipid كما يحوي الغشاء البلازمي على بعض البروتينات المسؤولة عن تضاعف DNA .

السايتوبلازم Cytoplasm

تقسم المنطقة السايتوبلازمية المحاطة بالغشاء السايتوبلازمي الى ثلاث مناطق:

الاولى: منطقة سايتوبلازمية حبيبية المظهر غنية بالرايبوسومات والحامض النووي RNA .

الثانية: منطقة كروماتينية غنية بالحامض النووي DNA .

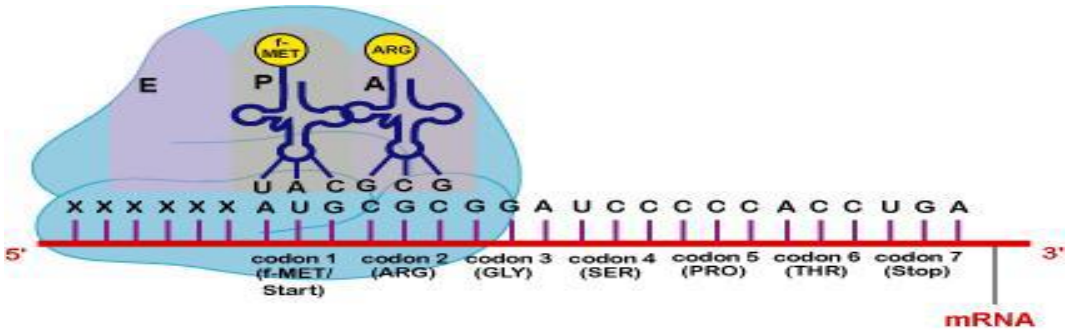
الثالثة : الجزء السائل او شبه السائل الحاوي على المواد المذابة مثل H^+ ، PO^{-3} ، Na^+، Cl^- واحماض امينية وبعض البروتينات ومعقدات وببتيدات وبيورينات وبريميدات وكلوكوز رايبوز وفيتامينات ونيوكليوتيدات وانزيمات مساعدة وسكريات ثنائية وغيرها وتستخدم هذه المواد في :

١-بادئات Precursors وغيرها من المواد المستعملة في البناء الخلوي .
٢-مصادر للطاقة كالكلوكوز.
٣-فضلات ناتجة عن فعاليات الخلية تطرح الى الخارج.

التراكيب السايتوبلازمية الدقيقةCytoplasmic ultra structures

١-الرايبوسومات Ribosomes

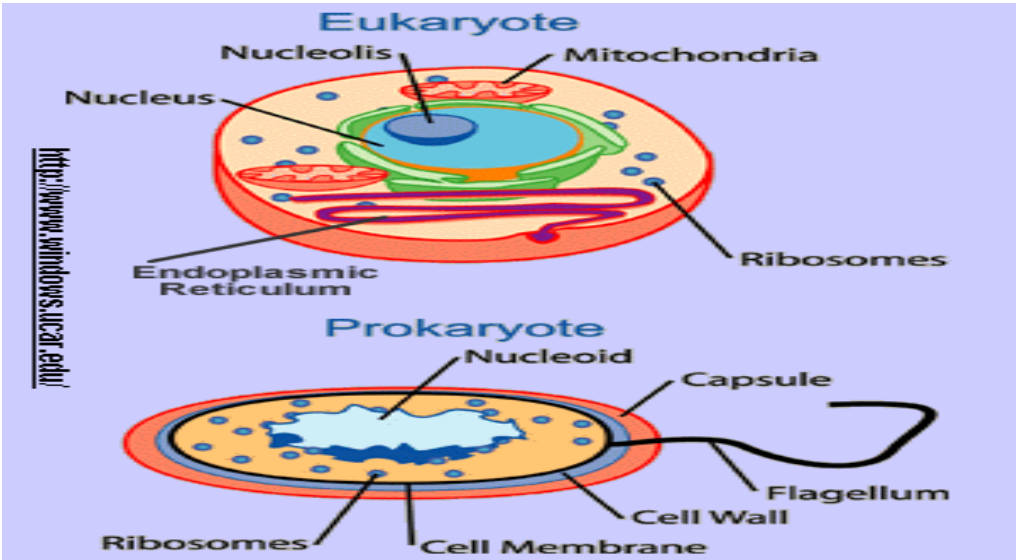
وهي تراكيب منتشرة في السايتوبلازم وبأعداد كبيرة ، ويعود لها المظهر الحبيبي للسايتوبلازم وتقوم هذه التراكيب بخلق البروتين . تتكون هذه الرايبوسومات من بروتينات واحماض نووية اي انها تتكون من بروتينات نووية حامضية، تثبت مكوناتها بواسطة الاواصر الكارهة للماء hydrophobic bonds والاواصر الهيدروجينية . وتختلف الرايبوسومات فيما بينها اعتمادا على الاختلاف في معامل الترسيب لكل واحدة منها والذي يقاس بوحدات سفيدبرك Svede berg (s) units فالرايبوسومات في بدائية النواة S ٧٠والتي تتكون من وحدتين اصغر هما S٣٠ و S ٥٠ . وفي حقيقية النواة S ٨٠، يكون البروتين منها ٣٥% و ٦٥% منها حامض نووي رايبوزي RNA .



The 70S prokaryotic ribosome consists of a 50S and a 30S subunit. "S" refers to a unit of density called the Svedberg unit

٢-المادة النووية Nuclear material

تسمى ايضا نيكليود Nucleoid او الجسم الكروماتيني Chromatic body او كروموسوم بكتيري وتفتقد الخلية البكتيرية وجود كروموسومات متميزة ونوية وغشاء نووي كتلك الموجودة في الخلايا حقيقية النواة. وتقع المادة النووية المتمثلة بـ DNA في مركز الخلية والذي يكون بشكل حلقة مغلقة النهايتين مرتبطة بمنطقة معينة من الغشاء البلازمي مما يزيد من أستقراره. يساهم البروتين القاعدي الهستون Histone في عملية التفاف DNA الكروموسومي في الخلايا حقيقية النواة في حن ينعدم وجوده في الخلايا بدائية النواة.



٣-البلازميدات Plasmids

اضافة للكروموسوم البكتيري قد تحوي الخلية البكتيرية على واحد او اكثر من جزيئات من الحامض النوويDNA والتي تظهر بشكل دوائر صغيرة تدعى البلازميدات والتي تحوي على معلومات وراثية خاصة ومحدودة مساعدة للمعلومات الوراثية الاساسية الموجودة على الكروموسوم البكتيري وتشمل المعلومات القابلية على التزاوج بين البكتريا ومقاومة البكتريا لبعض المضادات الحيوية وتحملها للمعادن السامة. وتفقد البكتريا هذه الصفة بمجرد اقصاء البلازميد الخاص بصفة معينة في الخلية في الخلية اي انها صفات غير ثابتة كما كما في الكروموسوم البكتيري. ويستفاد من البلازميدات في مجال الهندسة الوراثية اذ يساعد حجمها الصغير على عزلها وربطها بمعلومات وراثية مأخوذة من مصادر اخرى وزرعها في خلايا بكتيرية جديدة من اجل الحصول على الصفات المرغوبة.

٤-الابواغ Spores

تنتج بعض انواع البكتريا الابواغ وهي أجسام ساكنة تتكون او تنتج في طور متأخر من النمو عندما تكون الظروف البيئية غير ملائمة تمتلك جدارا سميكا يمكنها من النمو الى الخلايا الخضرية الاصلية Vegetative cell عند توفر الظروف الملائمة وعادة ماتمتلك الخلية سبور واحد وهي مقاومة لكثير من العوامل الفيزيائية والكيميائية وهناك نوعان من الابواغ وهي:

١-الابواغ الخارجية Exospores :

تنشأ خارج الخلية وتنتج من بعض انواع البكتريا مثل *Methylosinus* و *Trichosporium* .

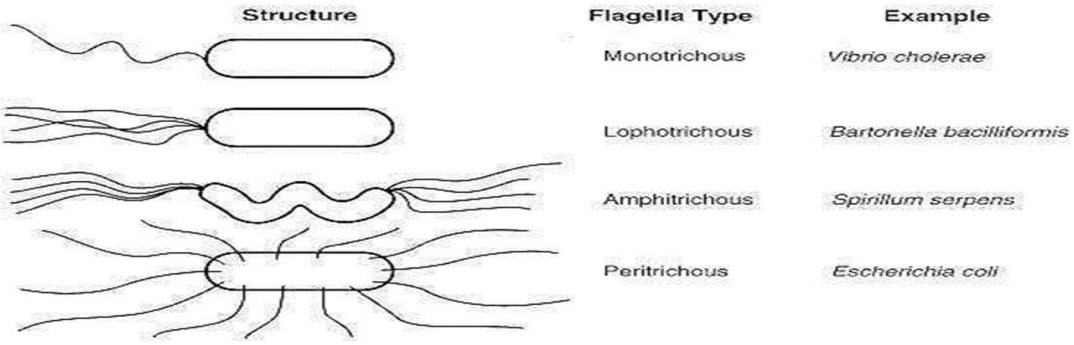
٢-الابواغ الداخلية Endospores :

تكون ضمن الخلية وتتكون في الاجناس *Bacillus* و *Clostridium* و *Sporosarcina*و *Thermoactinomyces*.

تختلف السبورات الداخلية عن الخارجية في أحتوائها على حامض Dipicolinic acidالمكون للقشرة Cortex او الغطاء الخارجي Exosporium بأتحاده مع الكالسيوم ، وتحوي السبورات الخارجية فقط على جدارا خارجيا صلبا Exospore wall . ومن الجدير بالذكر ان الخلايا الخضرية لاتحوي على كل ماذكر سابقا مما يجعل السبورات اكثر مقاومة للظروف القاسية كالحرارة والجفاف وممكن ان تبقى ساكنة لعدة سنوات قبل ان تنبت الى خلايا خضرية عند توفر الظروف الملائمة. يختلف حجم وموقع السبور في الخلية الخضرية بأختلاف الانواع فبعضها مركزيا Central ينشأ وسط الخلية كما في بكتريا*Bacillus cereus*او في الطرف اي نهائي الموقع Termenal كما في بكتريا *Clostridium tetani* اويكون في موقعقريبمن الطرف Subterminal كما في بكتريا*Clostridium subterminale*. وقد يكون قطر البوغ اكبر او اصغر من الخلايا الخضرية وبذلك يساهم حجم البوغ وموقعه في تشخيص الخلية البكتيرية.

٥- الاسواط Flagella

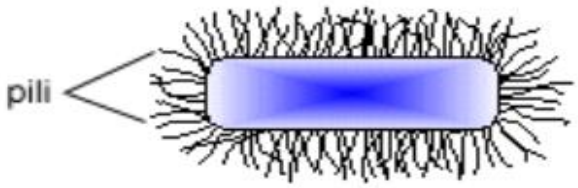
الكلمة مشتقة من اللاتينية بمعنى سوط Flagrum وهي لواحق بشكل خيوط قطرها ١٢ – ٣٠ نانوميتر وتكون واسطة الحركة في البكتريا الحاوية عليها ويكون طولها احيانا اكثر من قطر الخلية بعشر مرات ولايمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي وانما الابأستخدام طرق تصبيغخاصة بأستخدام صبغة الفوكسين القاعدية Basic fuchsin مع حامض العفص Tannic acid مثبتا للصبغة. ويعد عدد الاسواط وتوزيعها على الخلية صفة ولراثية ثابتة تقريبا وتستعمل فيالتصنيف ويمثل الشكل الاتي اعداد الاسواط وتوزيعها على الخلية البكتيرية ومثال لكل منها.



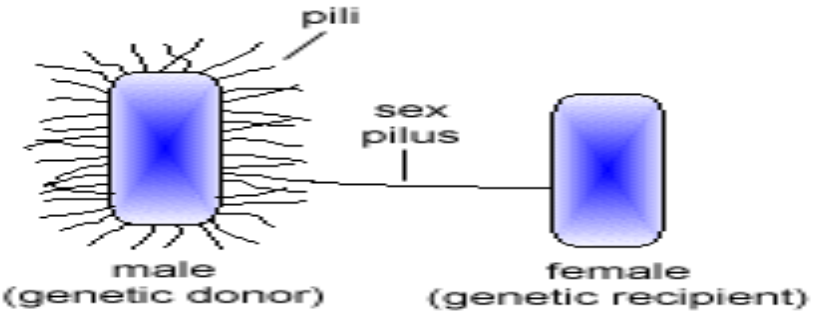
٦- الشعيرات Pili

تراكيب مشابهة للاسواط الا انها اقصر طولا ، تنتشر على سطح الخلايا خصوصا السالبة لصبغة كرام طولها ٣ مايكروميتر وقطرها ٥ -١٠ نانوميتر وهي من التراكيب غير الاساسية في الخلية البكتيرية. هناك نوعان من الشعيرات وهي :

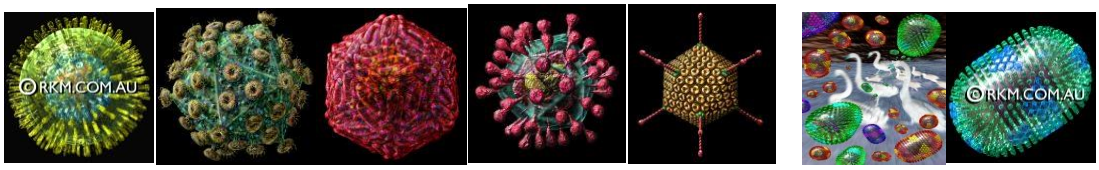
١-الشعيرات العمومية Generalized pili : تصل اعدادها الى المئات وموجودة في جميع انواع البكتريايتأثر تكوين الشعيرات بالظروف المحيطة مثل درجات الحرارة والشد والاوكسجين . تساعد الشعيرات الخلايا على الالتصاق على سطوح النبات والحيوان حيث تساعدها في اخذ المواد الغذائية.



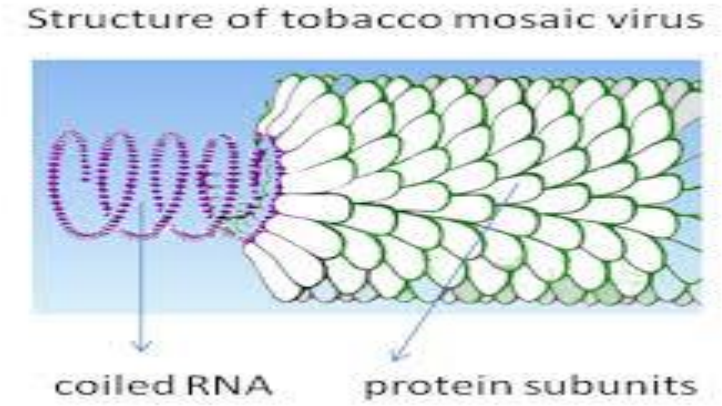
٢-الشعيرات الخاصة Specific pili (sex pili): توجد في بعض الانواع التي تظهر خواصا جنسية . تلعب الشعيرات الجنسية دورا مهما في عملية الاقتران Conjugation التي تحدث في بعض انواع البكتريا كما انها تكون مستقبلات Receptors لعاثيات البكتريا Bacteriophage.



الفايروساتViruses



وهي عبارة عن جسيمات حية بالغة الصغر لايمكن رؤيتها بالمجاهر الضوئية الاعتيادية ،وهي اجبارية التطفل داخل الخليةObligate intracellular parasites لايمكن تنميتها على الاوساط الزرعية المختبرية المستخدمة في تنمية البكتريا والفطريات بل تحتاج الى بيئات حية تتمثل بخلايا المضيف لتلك المسببات كالانسجة النباتية والحيوانية وغيرها من الانسجة الحية ،اكتشفت لاول مرة عن طريق الصدفة من قبل العالم ايفانوفسكي عند مرور المسبب لمرض تبقع التبغ Tobacco Mosaic Virus (TMV) من خلال المرشحات التي لاتمر من خلالها البكتريا والذي تم ترسيبه بالكحول دون التأثير فيه على عكس البكتريا التي تتأثر بالكحول، كما تتميز الفايروسات اضافة الى ماتقدم بأحتوائها في مادتها الوراثية على احد الحامضين النووين اما DND او RNAعكس الاحياء الاخرى الحاوية فيمادتها الوراثية على كلا الحامضين ، ولذلك ولكل الاسباب السابقة الذكر تعد الفايروسات احياء مادون الخلية .



اكتشف اوائل القرن العشرين عوامل مرشحة تصيب البكتريا وتتلفها عرفت فيما بعد بالعاثيات البكتيرية Bacteriophage (الفاجات البكتيرية).ونظرا لسهولة تنمية العاثيات البكتيرية مختبريا على اوساط زرعية حاوية على البكتريا مقارنة بالفايروسات النباتية والحيوانية لذلك تمت دراستها بشكل واسع ، مما اسهم في تطور علم الفايروسات Virology .

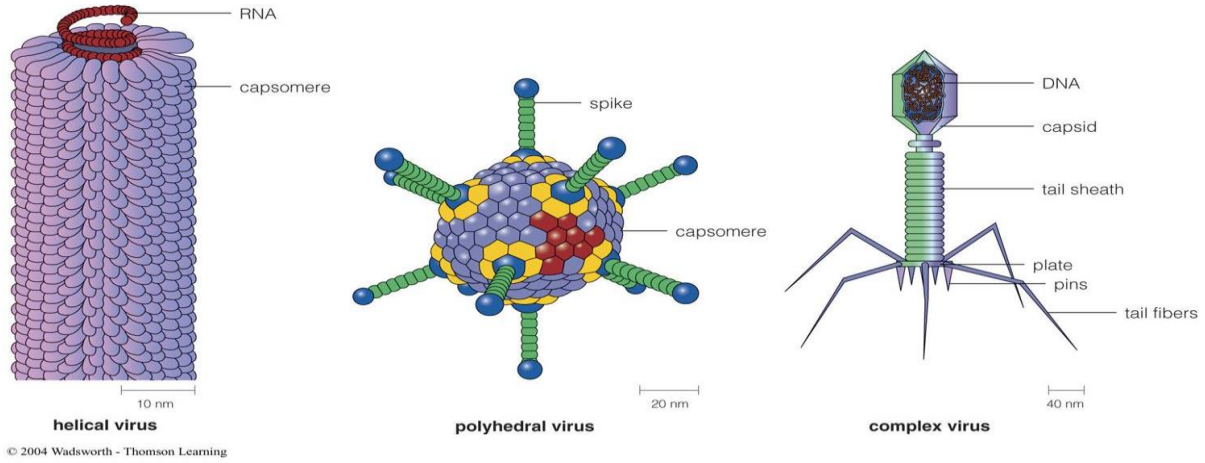
حجم الفايروسات

تتباين الفايروسات في حجمها اعتمادا على حجم الكابسوميرات واقطار هذه الجسيمات فمنها ماهو كبير ذات قطر يتراوح مابين ٢٠٠- ٣٠٠ نانوميتر وتتألف مادتها الوراثية من عدة الاف من الجينات ، ومنها ماهي صغيرة بسيطة التركيب يبلغ قطرها ٢٠ نانوميتر ، وتحوي الجينات لهذا النوع من الفايروسات على كمية محدودة من المعلومات الوراثية.

اشكال الفايروسات

للفايروسات ثلاثة اشكال وهي:

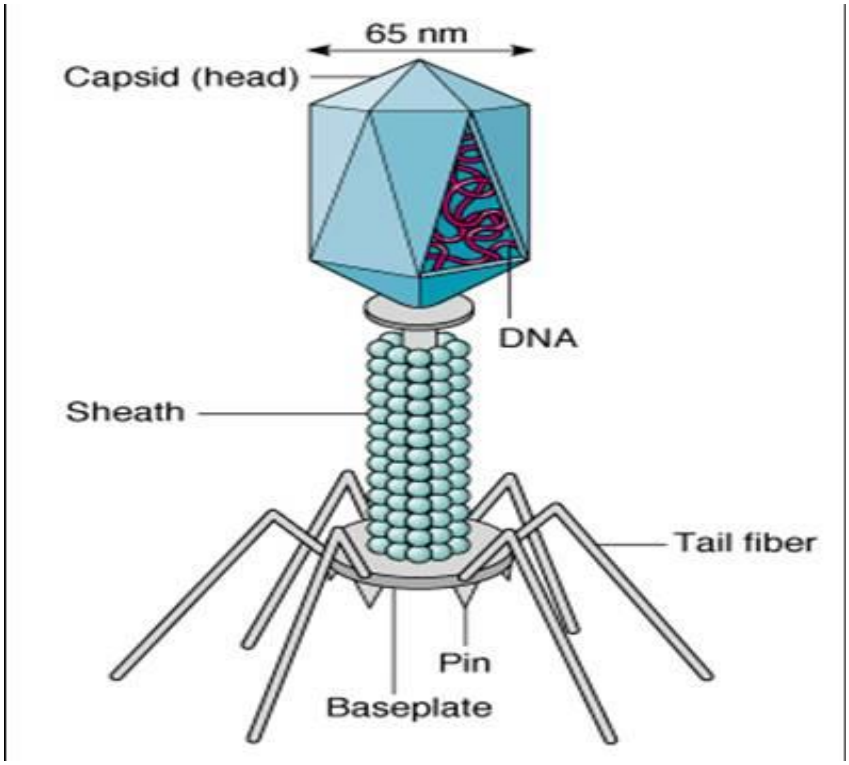
١- متعدد الاوجه Poly hedral : ومثال عليه Polio virus(الفايروس المسبب لمرض شلل الاطفال)
٢- الحلزوني Helical : ومثال عليه Tobacco mosaic virus (الفايروس المسبب لمرض تبقع التبغ)
٣- المعقد Complex : يجمع هذا الشكل بين الشكلين السابقين ومعظم الفايروسات التي تصيب البكتريا Bacteriophage (مختصرها Phage) مثل Phage T_2 التي تصيب بكتريا *E.coli*تعود لهذه المجموعة.



ويذكر ان الفايروسات اما ان تكون عارية Naked viruses او مغلفة بغشاء رقيق مكون من عدة طبقات من الدهون والبروتينات وتسمى Enveloped viruses وهذه الخاصية في الغالب صفة تميز الفايروسات الحيوانية.

تركيب الفايروسات

تتألف الجسيمة الفيروسية او الفايرون Virion من نمط واحـــد من الاحماض النووية اما DNA او RNA وليس كلاهما محاط بغطاء بروزتيني يدعى بالكابسد Capsid الذي يتألف مـتن وحدات صغيرة صغيرة تدعى بالكابسوميرات Capsomers وهذا بـدوره يتألف من عدد من الجزيئات البروتينية التي ترتبط مع بعضها بنظام في غاية الـدقة والترتيب.يستفـاد من الكابسد في الحفاظ على المادة النوويـة للفايروس التي تكون بشكل شريط مفرد او مزدوج تحمل عليها مجموعة من الجينات المسؤولة عن ثبات صفات الفايروس وتنظيـم تضاعفـه، فالفايروسات لاتستطيع القيام بأي من الفعاليات الحيوية كالتغذية والتنفس والحركة لافتقادها للمكونات والانزيمـات الضرورية لمثل هذه الفعاليات بأستثناء التضاعف او التكاثر الذي لايتم بالطـرق التي مرت بنا في موضوع البكتريا والفطريات بل بطريقـة استثنائية . اذ لابد للفايروس من اختراق الخلية الحية للكائن الـذي يصيبه سواء كان نبات او حيوان او بكتريا ويستحـوذ عليها وعلى انظمتها الانزيمية ويسخرها لصالحه لتوليد جسيمات فايروسية جديدة . وهذا يعني ان لافعالية للفايروسات خارج الخلايا الحية وان الفعالية الوحيدة التي تقوم بها هي التضاعف او التكاثر وهذا يتم داخل الخلايا الحية، لذلك سميت بالطفيليات المجبرة . وهذا يعني ايضا من ناحيـة اخرى ان الفايروسـات خارج الخلايا التي تصيبها ماهي الا مادة كيميائيـة مؤلفـة من حامض نووي DNA او RNA وبروتين يدخل بتركيب الكابسد.



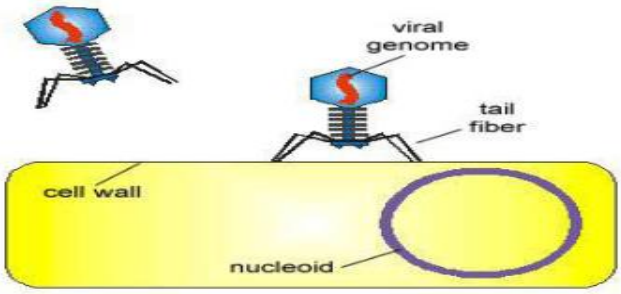
تضاعف الفايروس Virus Replication

تتم عملية تضاعف الفايروس كما ذكر سابقا داخل الخلايا الحية المتخصصة (خلايا نباتية ، حيوانية ، بكتيرية اعتمادا على تخصص الفايروس). لماذا تتخصص الفايروسات بأصابة انواع من الخلايا الحية دون الاخرى؟

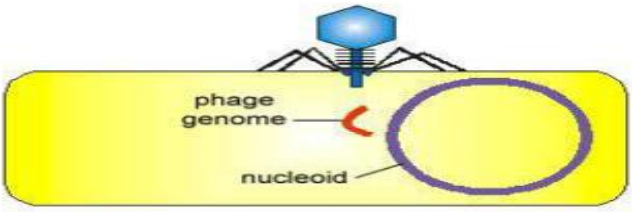
تتم عملية تضاعف الفايروس داخل الخلية المضيفة الحية بمجموعة من الخطوات تبدأ بدخول الحامض النووي الفايروسي داخل الخلية المضيفة يتبعه تضاعفا لهذا الحامض النووي وتنتهي العملية بتحرير الفايروسات الجديدة من خلية المضيف بعد تفجيرها .

درس تضاعف الفايروسات او دورة حياتها Life cycleفي العاثيات البكتيرية التي تصيب بكتريا *E.coli*بتفصيل اكثر من غيرها. لذلك سنتكلم عن تضاعف العاثيات من نوع T- even والتي يرمز لها بـ T_2 و T_4 و T_6 والتي جميعها تصيب سلالات معينة من بكتريا *E.coli* . وفيما يلي خطوات التضاعف داخل الخلية البكتيرية:

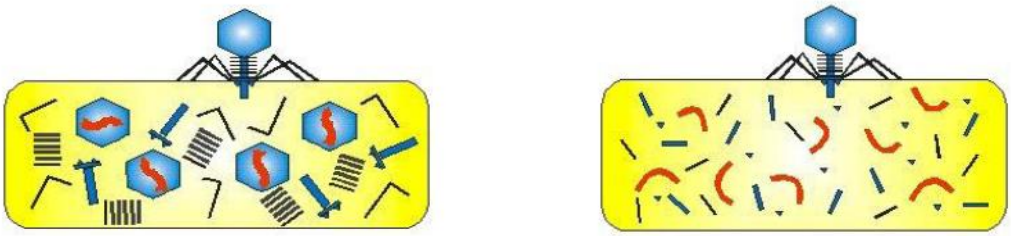
١- الادمصاص Adsorption: عند مزج دقائق العاثية مع البكتريا تصطدم العاثية مع البكتريا بمحض الصدفة وان الالياف الموجودة في نهاية الذيل Tail للعاثية سيرتبط بمستقبلات معينة على الجدار الخلوي للبكتريا.



٢- الاختراق Penetration : تقوم العاثية المدمصة على البكتريا بأفراز انزيم اللايسوزايم Phage lysozyme من منطقة الذيل فيحلل جزءا من جدار الخلية البكتيرية. تقذف العاثية مادتها الوراثية الموجودة في الرأس الى داخل البكتريا، ولايعرف لحد الان الالية التي يخترق بها DNA الغشاء السايتوبلازمي للخلية البكتيرية . اما الاجزاء الاخرى للعاثية فتبقى خارج الخلية وتسمى شبح العاثية gost .

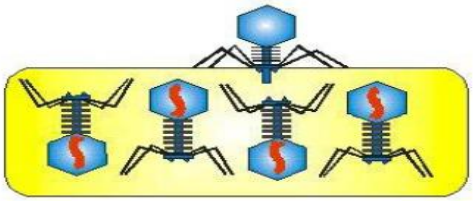


٣- تضاعف DNA العاثية Replication of phage : بعد دخول DNA العاثية الى الخلية البكتيرية تتوقف عمليات الاستنساخ والترجمة داخل الخلية البكتيرية ويتحلل DNA الخلية خلال دقائق. يستحوذ DNA العاثية على مكونات الخلية وانظمتها الانزيمية وتسخرها لصالحها ، فيتضاعف DNAالعاثية الى عدة نسخ ، ويتم استنساخ وترجمة المعلومات الوراثية عليها والتي تشمل معلومات تكوين بروتينات الاجزاء المختلفة للعاثية من الرأس والذيل والالياف لكن هذه الاجزاء تبقى منفصلة عن بعضها البعض في هذه المرحلة بحيث لايمكن الحصول في هذه المرحلة على عاثيات كاملة داخل خلية المضيف بل ان اجزائها المختلفة ومادتها الوراثية تكون منفصلة.

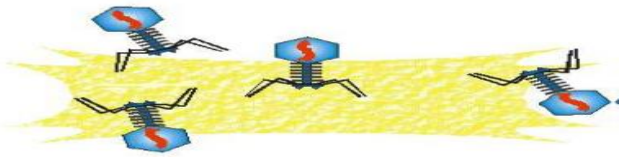


Early ReplicationLate Replication, Early Maturation

٤- النضج Maturation : تتجمع في هذه المرحلة اجزاء العاثية و DNA لتكوين دقائق العاثية الناضجة والكاملة Virions . وتعد عملية النضج من العمليات المعقدة وتحدث بصورة تدريجية وحسب نظام يضمن ارتباط الاجزاء بدءا من الرأس الحاوي على المادة الوراثية الى الذيل والالياف.



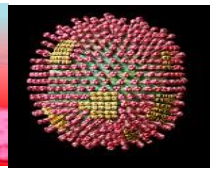
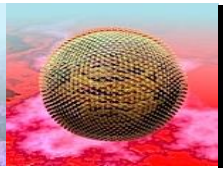
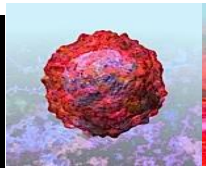
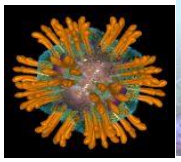
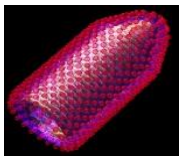
٥- التحرر Release: في المراحل الاخيرة من التضاعف يبدأ تكون انزيم لايسوزايم عاثي غير الانزيم المتكون في المراحل الاولى يحلل جدار الخلية البكتيرية ويسبب انحلاله وانطلاق دقائق العاثية الكاملة وتحررها وبأمكان هذه العاثيات او الفايروسات ان تصيب خلايا اخرى وتعيد دورة حياتها وبتلاسلوب نفسه. وتعرف الفترة الزمنية مابين بدء العاثية بالتضاعف وحتى مرحلة اندماج اجزائها وتكون جزيئات العاثي بفترة الاستسرار Eclipse period .



المعايير المعتمدة في تصنيف الفايروسات

تصنف الفايروسات اعتمادا على عدد من الاسس الخاصة وهي :

١- نوع الحامض النووي (DNA او RNA).
٢- طبيعة الحامض النووي اي شريط مفرد او مزدوج.
٣- تركيب الجسيم الفايروسي virion حلزوني ، متعدد الاوجه ، مركب او معقد.
٤- شكل الكابسد مغلف او غير مغلف.
٥- تتخذ ابعاد الكابسد ايضا كمعيار في تصنيف الفايروسات.
٦- نوع الفايروس والمرض الذي يسببه اي فايروس نباتي او حيواني اوعاثية بكتيرية.
٧- موقع الاصابة (بالنسبة للفايروسات التي تصيب الانسان):
   ١- فايروسات تصيب الجلد : مثل Small pox (الجدري)و Measle (الحصبة).
   ٢- فايروسات تصيب الجهاز التنفسي : مثل فايروس الانفلونزا Influenza virus .
   ٣- فايروسات تصيب الجهاز العصبي :مثل الفايروس المسبب لشلل الاطفال Polio virus وداء الكلب Rabies .
   ٤- فايروسات اخرى متنوعة : مثل تشمع الكبد HepatitisViral و النكاف Mumps وغيرها.

Influenza virus **Measle virus** **Polio virus** **Hepatitis virus** **Rabies virus**

الفايرودات Viroids

وهي كائنات دقيقة اصغر حجما من الفايروسات يبلغ حجمها ١/١٨ من حجم اصغر فايروس . تتضاعف ذاتيا. مقاومة للعديد من الظروف كالحرارة والمذيبات العضوية والاشعة فوق البنفسجية . غير مغلفة – non eveloped خالية من البروتينات وتتألف من RNA صغير مفرد وزنه الجزيئي ١٠٠٠٠٠-٥٧٠٠٠ دالتون . تتضاعف داخل خلايا حساسة لها . تسبب اضرارا اقتصادية كبيرة للنبات ومن الامراض التي تسببها الفايروداتللنبات هي درنة البطاطا المغزلية Potato spindle tuber . وقد تصيب الحيوانات كالخراف او تساهم في أحداث السرطان للانسان.

تنمية الفايروسات Cultivation

كما ذكرنا سابقا لايمكن للفايروسات التضاعف الا داخل خلايا حية وحسب نوع الفايروس ومداه المضيفي ومن الاوساط المستخدمة لهذا الغرض هو البيض المخصب والمزارع النسيجية Tissue culture وخلايا او انسجة حيوانية حساسة.

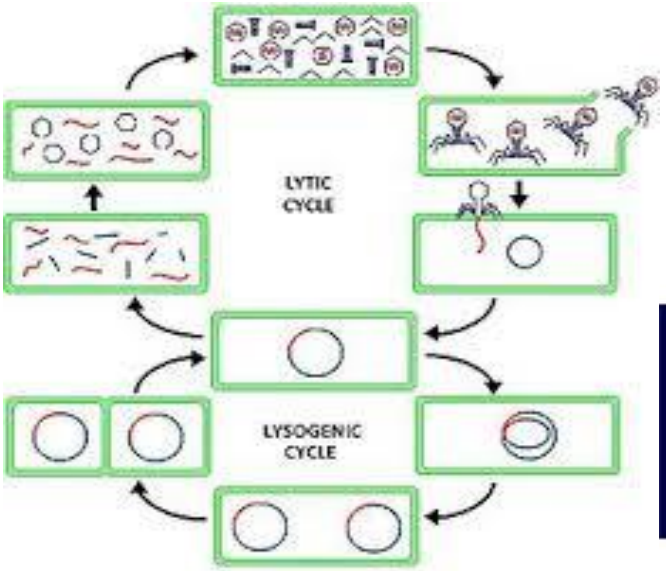
المدى المضيفي للفايروسات Host Range of Viruses

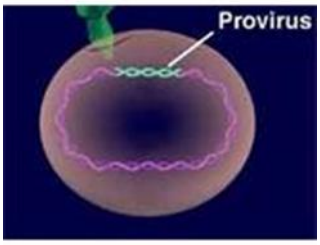
لكل فايروس هناك مدى مضيفي محدد ، اي ان كل فايروس يصيب خلايا من نوع واحد او اكثر من نوع واحد بقليل من الكائنات الحية. مثلا العاثية T-evens تصيب سلالات معينة من بكتريا *E.coli*وفايروس شلل الاطفال لايصيب الا خلايا الانسان والقليل من Primate الرئيسة الراقية ذات الصلة.

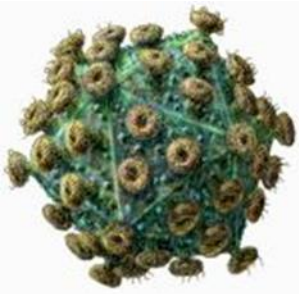
يعود هذا التخصص الدقيق للفايروسات الى وجود مواضع او مستقبلات خاصة على سطح خلية المضيف (السطح في البكتريا والخلية النباتية الجدار الخلوي وفي الخلايا الحيوانية الغشاء السايتوبلازمي) وهذه المواضع هي التي تضمن تفاعل الفايروس او ادمصاصه على هذه الخلية او تلك دون غيرها. وقد وجد ان حدوث طفرة وراثية في مواقع المستقبلات هذه ستوفر حماية للخلية تجاه الفايروسات لعدم تمكن الاخير من التعرف او الاستدلال على الخلايا التي تصيبها لحدوث تغير في مستقبلاتها.

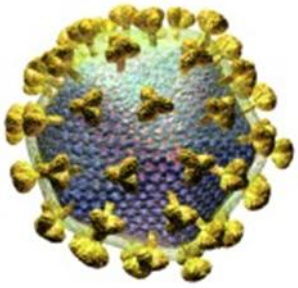
علاقة الفايروس بالمضيف Virus- Host Relationship

عند اصابــة فايروس معين لخلية معينــة فأن الفايروس اما ان يحلل الخلية التي اصابها في نهاية المطاف (كما شرح سابقا) وتدعى هذه العلاقة بالعلاقة الانحلالية (Lytic Relationship). والعاثية التي تحلل الخلايا التي تصيبها بعد ان تتضاعف فيها بالعاثية الضاريةVirulent bacteriophage . وهناك علاقة اخرى مابين البكتريا والعاثي الذي يصيبها تسمى بالعلاقـــــة التحلحليـــــة (Lysogenic relationship) ،حيث تفرز العاثيـــة مادتها الوراثيــة داخل خلية المضيف (بكتريا *E.coli*) دون ان تتضاعف وتنغرز المادة الوراثية للعاثي (DNA) في المادة الوراثية للخلية . وتدعى العاثية من هذا النوع بالعاثية المعتدلة Temperate phage لانها لاتؤدي الى تحلل الخلية وتدعى الخلية الحاوية على DNA العاثي المنغرز في DNA الخلية المضيفة بـ Lysogenic cell . ويذكر ان العاثية الاولية تترك DNA الخلية البكتيرية وتتحرر وتبدأ بالتضاعف مكونة جسيمات عاثية كثيرة تحلل الخلية وتفجرها. وهذا مايحدث بين فترة واخرى في الخلايا المتحلحلة.









HIV

بعض الامثلة على الفايروسات التي تصيب الانسان

الحامض النووي	الفايروس (العائلة)	شكل الكابسد	ابعاد الكابسد(نانوميتر)	الغلاف	المرض
DNA مزدوج DNAمفرد	Pox virus Parvo virus	معقد -	300-230	مغلف	الجدري Small pox التهاب المعدة والامعاء
RNA مفرد RNA مفرد	Picrna virus Myxo virus	متعدد حلزوني	30-24	عاري	شلل الاطفال الانفلونزا
RNA مزدوج	-	-	-	مغلف	AIDS

بعض الامثلة على الفايروسات النباتية:

الحامض النووي	الفايروس	شكل الكابسد	الغلاف	ابعاد الكابسد(نانوميتر)	المرض
RNA مزدوج	Tobacco Mosaic Virus	حلزوني	عاري	٣٠٠ X١٧	تبقع اوراق التبغ
RNA مفرد	فايروس يصيب البطاطا	حلزوني	-	-	-

بعض الامثلة على الفايروسات البكتيرية

الحامض النووي	شكل الكابسد	الغلاف	ابعاد الكابسد(مايكروميتر)	البكتريا التي تصيبها	اسم العاثية
DNA مفرد	متعدد الاوجه	عاري	٢٢	*E.coli*	174Øx
RNA مزدوج	معقد	عاري	الرأس ٦٠ X ٩٠ الذيل ١٧X ١٢٠	*E.coli*	T_2,T_4,T_5,T_6
RNA مزدوج	متعدد الاوجه	عاري	١٨-٣٨	*E.coli*	F_2

الطحالب Algae

تمثل الطحالب المجموعة الثالثة المهمة في عالم الاحياء المجهرية . وهي كائنات وحيدة او متعددة الخلايا ، لذلك يتراوح طول الطحلب من ٠.٥ مايكرون الى عشرات الاقدام. رغم قيامها بعملية البناء الضوئي الا انها لاتشبه النباتات لانها لاتملك جذورا وسيقانا واوراقا او اشباه الاوراق الحقيقية لذلك يطلق على هذه الكائنات التي لاتمتلك اعضاء حقيقية Thalliform . وفيما يلي اهم الخواص المميزة للطحالب:

١- النواة : تصنف الطحالب ضمن الكائنات الحية حقيقية النواة Eukaryotic اذ تحوي الخلية الطحلبية على نواة حقيقية ونوية محاطة بغشاء نووي ، وتمتلك كروموسومات صغيرة في النواة يتراوح عددها مابين ٥- ٤٨ كروموسوما او اكثر حسب النوع.

٢- الكلوروفيل Chlorophyl :تحوي خلايا الطحالب على تراكيب دقيقة تدعى بالبلاستيدات الخضراء Chloroplasts ذات اشكال مختلفة (صفيحية،قرصية ، شبكية، بيضية،حزم او اجسام مسننة او اقراص مفصصة) تحوي على الكلوروفيلات المختلفة Chlorophyl l a , b ,c ,d , e) وحسب الشعب الطحلبية ، فضلا على الحبيبات الصبغية الاخرى مثل Xanthophyll الصفراء اللون و Carotenoids و Carotenes وDiatomin ذات اللون الاصفر المخضر او البني وحبيبات صبغة Chrysophyll . وهذه الحبيبات وماتحويها من صبغات وكذلك البلاستيدات الخضراء هي التي تضفي على الطحالب الوانها الاساس. كما ان لهذه الحبيبات دورا في وجود الطحالب في اعماق متباينة في البيئة والمسطحات المائية ، بسبب اختلاف قابلية هذه الصبغات في امتصاص الضوء وحسب الاطوال الموجية وبالتالي في قابلية الطحالب في الاستفادة من ضوء الشمس في البناء الضوئي اذ ان الغالبية العظمى من الطحالب ذاتية التغذية وان البلاستيدات الخضراء والحبيبات الصبغية تعد مراكز لصنع الغذاء (البناء الضوئي في الطحالب).

٣- طبيعة المواد المخزنة : ان طبيعة المواد التي تخزنها الطحالب في خلاياها تشير الى اتصال الطحالب بنشوئها التطوري بالنباتات الراقية ، فالطحالب الخضراء تخزن المواد بصورة مركبات شبيهة بالنشأ كما تخزن بعض الانواع زيوتا او دهونا والتي هي خاصية تحدد على الارجح قابلية معظم الطحالب على الطفو فوق المسطحات المائية ، اذ يكون الضوء متيسر للقيام بعملية البناء الضوئي. وتخزن الزيوت والدهون في خلايا الطحالب بهيئة كريات دهنية صغيرة.

٤- تغذية الطحالب : اغلب الطحالب هي كائنات ذاتية ضوئية التغذية Photoautotrophs ، اذ تقوم بصنع غذائها بعملية البناء الضوئي (مصدر الطاقة هو ضوء الشمس بأطوال موجية تعتمد على نوع الصبغات الموجودة في الطحالب. هناك بعض الطحالب التي تحصل على الطاقة من اكسدة

بعض المركبات العضوية في حالة عدم وجود الضوء ويطلق عليها مختلطة التغذية Mixotrophs في حين تقوم بالتركيب الضوئي في حالة وجود الضوء.

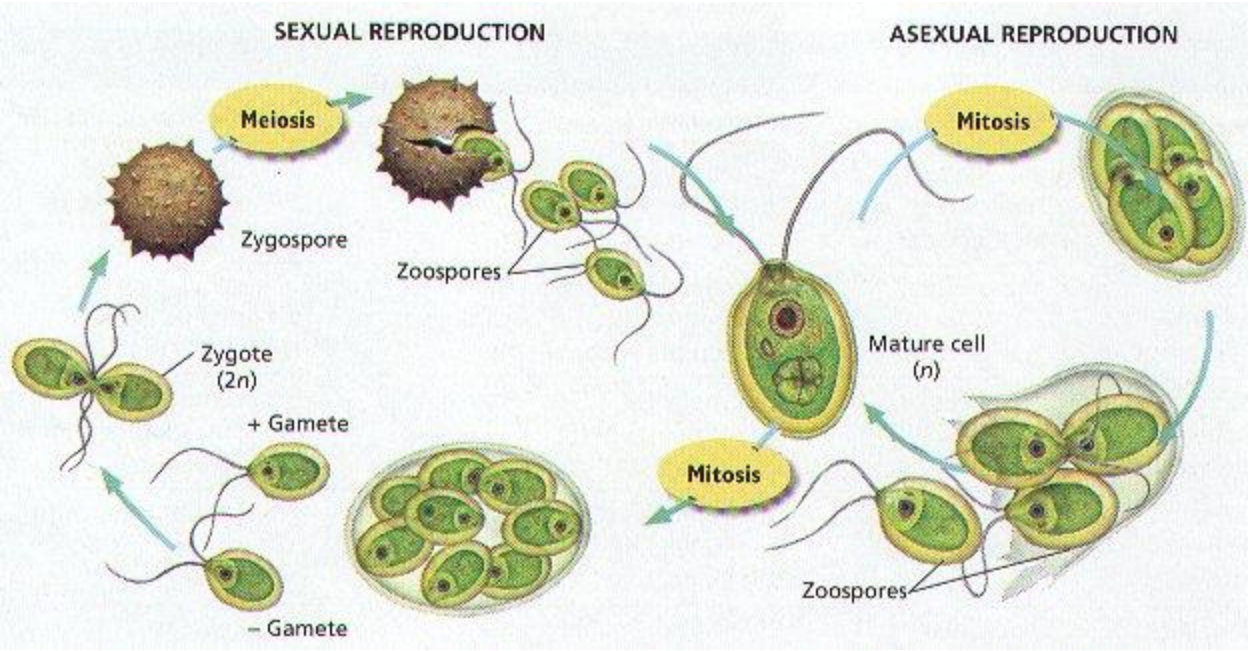
٥- التكاثر : هناك ثلاث طرق لتكاثر الطحالب وهي :

١- التكاثر الخضري Vegetative reproduction : وهي الطريقة الشائعة في معظم الطحالب . ناتجة من انقسام الخلايا او تجزئتها دون تكوين خلايا متخصصة. وتحدث هذه الطريقة في الظروف المثلى للنمو.

٢- التكاثر اللاجنسي Asexual reproduction :

- التكاثر بطريقة الابواغ Spores :وهي من طرائق التكاثر اللاجنسي اذ يتجمع بروتوبلاست الخلية مبتعدا عن الجدار الخلوي مكونا ابواغا عارية ذات اسواط تسمى Zoo spores . بعض الطحالب تكون بوغا واحدا وبعضها تكون ابواغا متعددة نتيجة حصول انقسامات متعددة للنواة قبل تقلص البروتوبلاست. تحاط هذه التراكيب بغشاء سميك وتنطلق فيما بعد من الخلية.

٣- التكاثر الجنسي Sexual reproduction :يحدث هذا النوع من التكاثر في الطحالب التي تحتل مواقع متقدمة في سلم تطور الطحالب.تكون الخلايا الجنسية (الامشاج او الكميتات) على نوعين ذكرية وانثوية و تتحدان لتكوين البيضة المخصبة او الملقحة Zygote .



٦- الحركـــة Movment : تتحـرك بعـض الطحالـب بواسطـة الاسـواط كما هـو الحـال في Chlamydomonas التي تنتمي الى شعبة الطحالب الخضراء Chlorophyta و Euglena التي تنتمي الى شعبة الطحالب اليوغلينية Euglenophyta كما تتحرك بعض الطحـالب حركة اميبية بواسطـــة الاقدام الكاذبة Pseudo podio (Pseudo = كاذبة ، Podio = قدم) مثل Chrysamaeba وتنتمي الى شعبة الطحالب الذهبيةChrysophyta .

وجود الطحالب

تتواجد غالبية الطحالب في البيئات المائيـة ويوجد قسم منها في التربة. وتلعب العديد من العوامل دورا هاما في وجود الطحالب وانتشارها في البيئة مثل الضوء ودرجة الحرارة والرطوبة والرقـم الهيدروجيني والاملاح والغازات مثل CO_2 و N_2 . كما ان للحبيبات الصبغية اثرا في وجودها في البيئات المائية بأعماق مختلفة بأختلاف قدرة الحبيبات على امتصاص الاشعة بأطوال موجية محددة.

تصنيف الطحالب

هناك العديد من النقاط التي يعتمد عليها في تصنيف الطحالب وهي:

١- الحبيبـات الصبغيـــة: انواعها ، تركيبـها الكيميائي ، نسبـة وجودهـــا.
٢- طبيعـة المـواد المنتجـة في عمليـة التركيب الضوئي مـن الناحيـة الكيميائيـــة.
٣- الاسـواط: نـوع السوط ، عددهـا ، تداخلها ، شكلها المظهـري.
٤- جـدار الخليـة: التركيب الكيميائي ، المواصفـات الفيزيائيـة للجـدار .
٥- النـواة: وجـــود نواة حقيقية.
٦- دورة الحيـاة والتكاثر: نـوع التكاثـر ، تكويـن الخلايـا التكاثريـة.
٧- طبيعة الكائن الطحلبي: وحيـد الخليـة ام متعـدد الخلايا، مظهر الخليـة او المستعمرات.

واعتمادا على ماذكر تقسم الطحالب الى الشعب Phyta الاتية:

١- الطحـالب الخضراء Chloro phyta : مثل Chlamydomonase و Volvox .
٢- الطحـالب اليوغلينية Euglenophyta : مثل Euglena واغلب الانواع تحوي على بقعة عينية Eye spot وظيفتها التحسس.
٣- الطحـالب السوطيـة الدوارة(البيروتية) Pyrrhophyta : مثل جنس Ceratium
٤- الطحـالب الذهبيـة Chrysophyta مثل Diatoms .
٥- الطحـالب البنيـة (القاتمة) Phaeophyta .
٦- الطحـالب الحمراء Rhodophyta : مثل Gelidium .

Diatoms **Phaeophyta** **Gelidium**

اهمية الطحالب

١- تثبيت التربة عند توفر الرطوبة ودرجات الحرارة الملائمة وضوء الشمس ، اذ يلاحظ نمو كثيف للطحالب على سطح التربة وان سرعة النمو والكثافة للنمو تؤدي الى تجمع دقائق التربة. وسبب تجمع دقائق التربة هو تكون دقائق هلامية في الجزء الخارجي من الطحالب والتي تساعد على التصاق دقائق التربة مع بعضها. كما ان تفسخ الطحالب وتحللها بواسطة البكتريا تزيد من خصوبة التربة.

٢- من جراء تنفس الطحالب وتكون CO_2 الذي يذوب في الماء فيكون حامض الكاربونيك H_2CO_2 الذي بدوره يقوم بتفتيت الصخور التي تنمو عليها الطحالب. او تتكون ثقوب وفتحات في الصخور تنمو فيها الاعفان والبكتريا والتي بدورها تساهم في تفتيت الصخور.

٣- للطحالب دورا مهما في التوازن الحياتي في الطبيعة من خلال :

- توفير CO_2 بعملية التنفس مع استهلاك O_2.
- استهلاك CO_2 بعملية البناء الضوئي وتوفير O_2.
- التطفل على الكائنات الحية الاخرى كالابتدائيات والمفصليات واليرقات وغيرها.
- انتاج مثبطات النمو لاحياء اخرى كالبكتريا.
- انتاج مركبات سامة toxin مما يؤدي الى حدوث حالات تسمم تؤدي الى الموت ويحدث ذلك عند استخدام الطحالب كغذاء من قبل الاسماك ذات التغذية العشبية.

٤- تستخدم الطحالب في انتاج مايسمى ببروتينات الطحالب مثل Chlorella و Senedresmus التي تستخدم في تغذية الاسماك والحيوانات المائية.

٥- تستخرج من الطحالب العديد من المركبات ذات الاستخدامات الصناعية مثل :

- مادة الاكار : وهي احدى المكونات الاساس للجدار الخلوي للطحالب الحمراء Rhodophyta ومنها الـ Gelidium .
- مادة السليكا Silica : ويتم الحصول عليها من الارض الداياتومية Diatomaceous earth (الغنية بالداياتومات) والمادة الحاوية على السليكا تستخدم لاغراض متعددة منها تستخدم كمادة قاشطة في صقل المعادن وكمادة عازلة للحرارة وفي صناعة المرشحات filters في تصفية المياه.
- المواد الهلامية ومواد الاستحلاب: تتمثل هذه المواد بالكاراجينات Garrageenan والالجينات Alginates وتستخدم في عملية التهليم وعملية الاستحلاب Emulsification وعملية التثخين.

يلاحظ ان جميع هذه المواد كاربوهيدراتية او مشتقات كاربوهيدراتية تدخل في تركيب جدار خلايا بعض انواع الطحالب التي تزرع في احواض خاصة لهذا الغرض.

٦- تمتاز بعض الطحالب بأنها غنية بفيتامين A و D (وخاصة الداياتومات) اللذان لهما اهمية طبية وتجارية ويتم استخلاص هذه الفيتامينات من اكباد الاسماك التي يتم تغذيتها على الطحالب ذلك لان هذه الفيتامينات تتركز في الاسماك.

الداياتومات Diatoms

وهي صنف من الطحالب التي تنتمي الى شعبة الطحالب الذهبية Chrysophyta تعيش في المـــياه المالحة والعذبة والتربة وتتميز بأنها تمتلك جدارا خلويا صلبا تتكون من السليكون الذي يكون نسبـــة عالية اضافة الى البكتين والكالكتويورونك والكالسيوم. وتكون هذه الانواع شائعة بين الكائنات العالقة او تتواجد بشكل طبقة رقيقة على الصخور والنباتات. يعطيها الجدار الخلوي الصلب مظهـــرا يشبه العلبة Frustule او صحن بتري وعند انقسام الخلية فأن كل خلية جديدة تحتفظ بنصف علبـــة الام ومن ثم تكون النصف المماثل الاخر.

كلية الزراعة/ جامعة الانبار احياء مجهرية / نظري المرحلة الثانية

قسم التربة والموارد المائية المحاضرة الثامنة

الاحياء المجهرية الممرضة

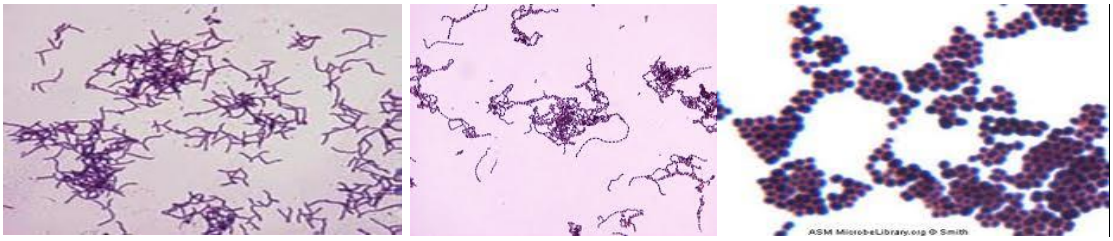
Pathogenic microorganisms

للاحياء المجهرية المرضية اهمية كبيرة جدا لما لها من علاقة مباشرة بصحة الانسان واقتصاده . وقد تم التعرف على الكثير من المسببات المرضية المايكروبية و طرق علاجها . الا ان الاحياء المجهرية مازالت تفاجئ الانسان بظهور مسببات مرضية جديدة مما يجعل الانسان في صراع مستمر مع كل ماهو جديد في هذا المجال محاولة منه في التغلب عليها.

العلاقة بين الانسان والاحياء المجهرية

هنالك العديد من الاحياء المجهرية التي تعيش بصورة مستمرة على جلد الانسان وبعض من اجهزته كالجهاز الهضمي وتدعى بالفلورا الطبيعية Normal flora ومما يميز هذه المجموعة انها لاتحدث اي مرض للانسان ، في حين هنالك مجموعة من الاحياء المجهرية تدعى بـ Transient flora اي انها الاحياء المجهرية التي تستوطن جسم الانسان وبفترات متقطعة . ومن الاحياء المجهرية الموجودة طبيعيا في جسم الانسان (الفلورا الطبيعية) هي:

Staphylococcus epidermidis و *Propionibacterium* sp. المجودة على الجلد وبكتريا *Streptococcus viridans* الموجودة في الحنجرة اضاف للبكتريا المعوية في الامعاء.

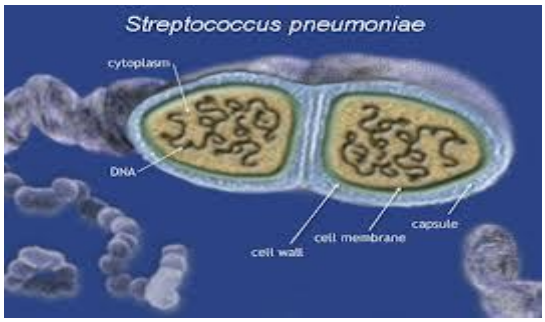


Staphylococcus epidermidis ***Streptococcus viridans*** ***Propionibacterium***

ان اختراق الكائنات المجهرية سطح جسم الانسان ووصولها الى الانسجة الداخلية السليمة وتكاثرها هناك سيؤدي الى احداث الاصابة Infection فيصبح الشخص عندئذ مصابا Infected ، الا ان الكائنات المجهرية التي لها القدرة على توليد المرض هي الوحيدة التي تدعى بالممرضة Pathogenicity اي قدرة الكائن المجهري على توليد المرض. اما الكائن الانتهازي Opportunist فهو الكائن الذي الذي يستطيع احداث المرض في العائل او المضيف (Host) عند ضعف الياته الدفاعية وهذا يحدث عند الجروح او تعاطي المضادات الحيوية Antibiotic لفترة طويلة وبكميات كبيرة او عند العلاج بعقاقير تؤثر في الجهاز المناعي .

تتفاوت الكائنات المجهرية بدرجة امراضيتها بأختلاف النوع Species او السلالة Strian ضمن النوع نفسه. وتوصف الاحياء المجهرية التي تمتلك قدرة عالية على الامراضية بالضارية Virulence لما تمتلك من اسباب هذه الضراوة قياسا بالاحياء المجهرية الاخرى المماثلة لها على مستوى النوع والتي لاتمتلك مثل هذه الاسباب وتسمى بـ Non- Virulence ومن اهم عوامل الضراوة هي :

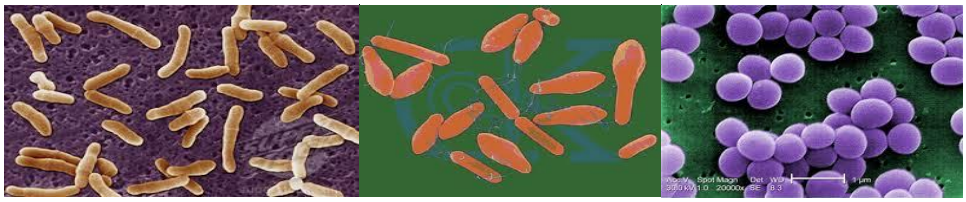
١- المحفظة Capsule : كما في بكتريا *Streptococcus pneumonia* المسببة لذات الرئة، فسلالات البكتريا الحاوية على الكبسولة تتميز بضراوتها في احداث المرض اما السلالات التي لاتمتلك القدرة على تكوين الكبسولة فتكون غير ضارية او قدرتها على احداث المرض تكون ضعيفة.



٢- السموم (الذيفانات) Toxins : غالبا ماتنتج الاحياء المجهرية المرضية سموم لها تـأثيرات ضارة في المضيف ويمكن تقسيم الذيفات البكتيرية الى :

- الذيفات او السموم الخارجية Exotoxins : وهي مركبات ذات طبيعة بروتينية تتولد في السايتوبلازم من خلايا بكتيرية موجبة وسالبة لصبغة كرام، غالبا ماتكون حساســـة للحــرارة اضافة الى زوال مفعولـــها عنـــد معاملتها بالفورمالديهايـد (الفورمالين) Formaldehyde ، الا انها تحتفظ بخاصيتها المستضدية Antigenecity وبهذه الطريقة يمكن تحويل هذه الذيفات من شكلها السام الى شكلها غير السام الذي يعرف بالذوفانات Toxoids والاخيرة تستخدم كلقاحات لتحفيز الجهاز المناعي لدى الانسان والحيوان على انتاج الاجسام المضادة لهذه الذيفانات Antitoxins وهذا مايسمى بالمناعة المكتسبة الفعالة او تستخدم الـAntitoxins كعلاج للانسان وهذا مايسمى بالمناعة المكتسبة المنفعلة. من البكتريا المنتجة للسموم الخارجية هي *Staphylococcus aurues* التي تنتج سموم تدعى بالذيفات المعوية

Entero- toxin المسببة للتسمم الغذائي، كما تنتج بكتريا *botulinum Clostridium* المسببة لنوع من التسمم يدعى Botulism ، وبكتريا *tetani Clostridium* مسببة الكزاز وبكتريا *Corynebacterium diptheriae* التي تصيب الجهاز التنفسي مسببة مرض الخناق .



Corynebacterium diptheriae ***Clostridium botulinum*** ***Staphylococcus aurues***

تعد ذيفات الكزاز (Tetanus) وذيفات Botulism من اقوى الذيفات الخارجية البكتيرية خطرا على الانسان ، اذ ان ٣ كغم من هذه السموم كافة لابادة سكان الكرة الارضية. القليل من اليفات الخارجية كتلك المنتجة من *S.aureus* يقاوم الغليان (١٠٠)م° لمدة ٣٠ دقيقة او اكثر.

كما ان بعض البكتريا السالبة لصبغة كرام تقوم بأفراز سموم خارجية وان التمنيع بذوفانات Toxoide هذه السموم لاتفي لغرض الوقاية من الامراض المتسببة عن هذه الانواع من البكتريا مثل بكتريا *Vibrio cholerae* التي تسبب مرض الهيضة (الكوليرا) و *Bordetella pertussis* المسببة للسعال الديكي و *Shigella dysenteria* التي تسبب الزحار Dysentery و *Yersinia pestis* التي تسبب مرض الطاعون Plague .

Bordetella pertussis ***Yersinia pestis*** ***Shigella dysenteria***

- الذيفات الداخلية Endotoxin : تنتج من قبل بعض الانواع البكتيرية السالبة لصبغة كرام وتكون هذه السموم احدى مكونات الجار الخلوي للبكتريا السالبة لصبغة كرام تتحرر عند موت الخلية وتحللها وتكون معقدة التركيب تتكون من سكريات متعددة مرتبطة بدهون فوسفاتية ومواد بروتينية، غالبا ماتكون مقاومة للحرارة، والجزء السام من هذا المعقد غالبا مايؤثر في جهاز الدوران ويسبب ارتفاعا بدرجة حرارة الجسم Fever وجميعها متشابهة التأثير في الانسان تقريبا، ولايمكن تحضير Toxoids منها او تعد الذيفات الداخلية مستضدات ضعيفة Weak antigens اي تحتاج لجرع عالية لتحفيز الجسم لتكوين الاضداد Antibodies تجاهها. ومن اهم انواع البكتريا المولدة لهذه الذيفات بكتريا *Salmonella* sp. و*Shigella* sp. .

٣- قدرة الغزو: وهي من الخواص المهمة لضراوة الكائنات المجهرية الممرضة وتعتمد على عدد من العوامل التي تعزز من ضراوة المسببات المرضية ومنها:

- انزيم Collagenase : وهو الانزيم المحلل للكولاجين الذي يمثل بروتين موجود في معظم الانسجة الرابطة . ويفرز هذا الانزيم من بكتريا *Clostridium perfringens* .
- انزيم Coagulase : يؤدي هذا الانزيم الى تخثر بلازما الدم اذ انه يعمل على احاطة البكتريا بالفبرين Febrin مما يساعدها على مقاومة الوسائل الدفاعية للجسم . ويفرز هذا الانزيم من قبل *Staphylococcus aureus* .
- انزيم Hyaluronidase : يحلل هذا الانزيم حامض Hyaluronic الذي يمثل المادة الرابطة لخلايا الانسجة . ويفرز من قبل بكتريا *Staphylococcus aureus* وبكتريا *Streptococcus pyogens*.
- Leucocidins : يقوم هذا المركب بتحليل او تثبيط كريات الدم البيضاء ويفرز من قبل *Staphylococcus aureus* .

فضلا عن مركبات وانزيمات اخرى مثل Phospholipase ، Hemolysin الذي يحطم كريات الدم الحمراء، Lipase ، Deoxyribonuclease .

فرضيات كوخ Kochs postulates

للاستدلال على ان كائنا من الكائنات المجهرية هو المسبب لمرض من الامراض ولاثبات ذلك بصورة قطعية لابد من تحقيق متطلبات معينة سميت بفرضيات كوخ الاربعة نسبة للعالم الالماني الذي وضعها روبرت كوخ في نهاية القرن التاسع عشروهي:

١ ـ أن الكائنات المجهرية أو الجراثيم لابد أن تكون موجوده وحيه فى أى حالة مرضية .

٢ ـ يجب عزل البكتيريا المسببة للمرض من الشخص المصاب وتركها لتنمو بصورة نقية فى بيئة مناسبة .

٣ ـ هذه البكتيريا أو الجراثيم المعزولة تسبب نفس المرض عند حقن أحد حيوانات التجارب السليمة بها .

٤ ـ عند عزل هذه الكائنات من الحيوانات المحقونة أو الملقحة ، يجب أن تكون مثل التى تم عزلها من المصاب الأصلى .

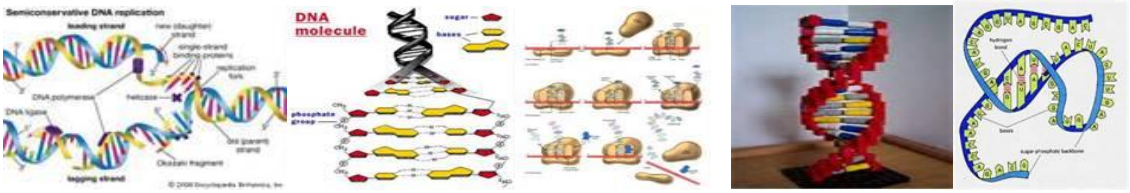
العلاقة النوعية بين الميكروب والمضيف

هناك علاقة نوعية متخصصة بين الاحياء المجهرية والمضايف التي تسبب لها الامراض، فقد لوحظ ان عددا كبيرا من البكتريا يسبب امراضا للنبات الا انه ليس له القدرة على اصابة الانسان او الحيوان. كما ان العديد من البكتريا مثل المسببة للتيفوئيد والزحار والخناق لاتصيب أي نوع من الكائنات في الطبيعة غير الانسان أي انها تتصف بالعلاقة الامراضية النوعية مع هذا

المخلوق تحديدا، ويرجع ذلك الى طبيعة الاختلافات الفسيولوجية وعوامل الضراوة التي تمتلكها هذه الاحياء المجهرية مقرونة بالاختلافات الفسيولوجية للمضيف، اذ ان المرض هو ناتج ناتج التفاعل المشترك بين مسبب المرض والمضيف. ان هذه العلاقة النوعية لاتقتصر على البكتريا فقد وجد ان الفايروسات هي الاخرى تتصف بالخاصية نفسها ففايروس الجدري Small pox و الحصبة Measles لاتصيب الا الانسان. وهناك امراض مشتركة بين الانسان والحيوان مثل حمى مالطا التي تسببها بكتريا *Brucella melitensis* والجمرة الخبيثة والمسبب لها هي بكتريا *Bacillus anthracis* والسل والمسبب له هي بكتريا *Mycobacterium tuberculosis* والطاعون والمسبب له بكتريا *Yersinia pestis* وفايروس داء الكلب Rabies وفايروس الحمى الصفراء Yellow fever virus .

وراثة الاحياء المجهرية

Microbaial Genetic



علم الوراثة هو علم دراسة توارث Heredityالصفات والعناصر المميزة للكائنات الحية و البحث في سبب الاختلاف او التباينVariation في هذه الصفات.وهذا هو الحال بالنسبة للعلم الذي يعنى بدراسة وراثة الاحياء المجهرية.ويذكر ان البكتيريا تعد من الكائنات الممتازة للدراسات الوراثية من بين الكائنات المختلفة فهي صغيرة لذا تحتاج حيزا مختبريا صغيرا جدا. ثم انها تتكاثر وتنمو على نحو سريع بحيث يسمح بانجاز العديد من التجارب ضمن مدة زمنية قصيرة ويمكن الحصول الملايين من الخلايا تحت الظروف المناسبة وبتقنيات بسيطة ذات كلفة واطئة وخلال مدة زمنية قياسية. لهذه الاسباب ساهمت دراسة البكتريا من الناحية الوراثية في توضيح وتفسير الكثير من الظواهر الوراثية ليس في البكتريا وحدها وانما في الكائنات الحية الاخرى.

ان التنوع الهائل في الاحياء المجهرية والكائنات في الطبيعة يعود الى عاملين هما:

١- المعلومات الوراثية المتميزة التي يمتلكها كل كائن والتي تختلف من كائن الى اخر على مستوى النوع Species . وهذا يفسر سبب عدم نشوء البكتريا الا من البكتريا وعدم نشوء الفطر الا من الفطر وهكذا.
٢- تأثير العوامل البيئية على الكائنات التي تتواجد فيها. فالكائنات التي تنتمي الى النوع نفسه يحتمل ان تظهر سلوكا مختلفا عند تعرضها الى بيئات مختلفة.

تركيب الحامض النووي DNA

ان المادة الوراثية الاساسية في جميع الكائنات الحية (بأستثناء بعض الفايروسات الحاوية على RNA) هي الـ DNA (Deoxyribonucleic acid) (دنا بالعربية)الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين. وتتركب جزيئة الدنا الواحدة من سلسلتين طويلتين من النيوكليوتيدات ملتفتين حول بعضهما البعض على شكل ظفيرة او حلزونيعرف بالحلزون المزدوج Double helix . وكل جزيئة نيوكليوتيدة Nucleotldes تتألف من ثلاث جزيئات مميزة وهي قاعدة نتروجينية وسكر رايبوز منقوص الاوكسجين ومجموعة الفوسفات. وهناك اربعة انواع من القواعد النتروجينية التي تدخل في تركيب النيوكليوتيدات الموجودة في الدنا وهي:

الادنين Adenine (A) و الكوانين Guanine (G) والسايتوسين Cytosine (C) والثايمين Thymine (T) وهذا يعني ان النيوكليوتيدات الموجودة في تركيب الدنا على اربعة انواع حسب القاعدة النتروجينية في النيوكليتيد. اذ ان :

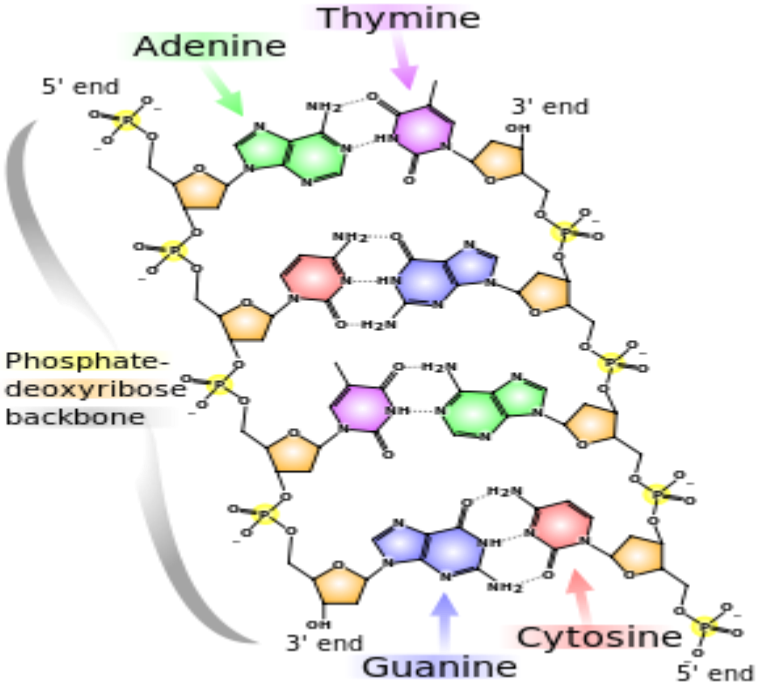
النيوكليتيد= قاعدة نتروجينية + سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين + الفوسفات

هناك نوعان من القواعد النتروجينية وهي:

١- البيريميدات Pyrimidines وتشمل على C و T.

٢- البيورينات Purines وتشمل على A و G.

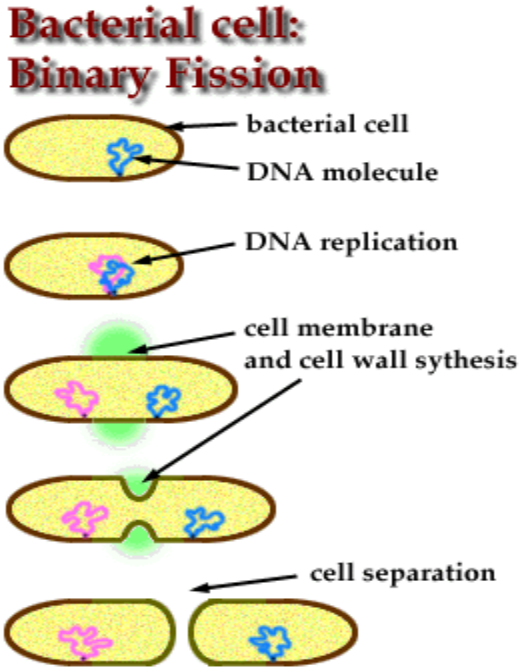
ان جميع هذه الوحدات البنائية ترتبط ببعضها البعض بنظام دقيق وترتيب محسوب لتكوين شريط الحامض النووي دنا. وعادة مايتقابل شريطان من الدنا ليكونا جزيئة الدنا ذو الشكل الحلزوني المزدوج. ويرتبط شريطا الدنا مع بعضهما بوساطة اواصر هيدروجينية تنشأ بين القواعد النتروجينية المتقابلة المكملة لبعضها البعض اذ ان T من شريط يقابله A من الشريط المقابل دائما. كما ان G يقابله C دائما ، وكما موضح في الشكل الاتي:



وتكمن كل معلومة وراثية في جزء معين ومحدد من الدنا ذو تتابع خاص من القواعد النتروجينية ويسمى هذا الجزء الجين Gene (المورثة) . ويتم ترجمة كل ثلاثة قواعد نتروجينية متتالية ومتتابعة الى حامض اميني معين وتسمى كل ثلاثة قواعد نتروجينية تشفر لحامض اميني بالشفرة الوراثية Genetic code او بوحدة الشفرة Code unit او بالثلاثيات Triplets وهذا يعني ان كل جين Gene يتألف من عدد من الشفرات. ان الجين يستنسخ اولا الى مايعرف بـ mRNA (m= messenger) وهو

نسخة من احد الجينات في احد شريطي الدنا والذي يتم ترجمته الى البروتين او الانزيم المطلوبة بمساهمة tRNA في الرايبوسومات الحاوية في تركيبها على rRNA.

ومن ملاحظة الشكل بدقة تبين ان كمية A في اي جزيئة DNA تساوي كمية T وان كمية C تساويG . ان نسبة GC / AT تختلف بأختلاف البكتريا على مستوى النوع لذا فقد استغلت هذه الصفة في تصنيف البكتريا الى انواع ذلك لان هذه النسبة ثابتة لكل نوع. واثناء انقسام الخلية البكتيرية ينفصل شريطا الدنا عن بعضهما ويتكون على كل شريط شريط اخر جديد متخذا من الشريط الاصلي قالبا له وهكذا تتكون داخل الخلية جزيئتين من الدنا متشابهتين في تسلسل القواعد النتروجينية اذ تنعزل كل جزيئة الى خلية من الخليتين الناتجتين عن الانقسام او الانشطار الثنائي البسيط.



الانشطار الثنائي البسيط

تركيب الحامض النووي RNA

ان تركيب RNA وبأنواعه الثلاثة يختلف عن الدنا DNA في النقاط الاتية:

١- ان RNA يحتوي على سكر الرايبوز Ribose بدلا من سكر Deoxyribose فيDNA .
٢- يحتوي RNA على القاعدة النتروجينية Uracil بدلا من Thymine في الـDNA .

*انواع الـRNA :

١- mRNA (messenger) : ويمثل نسخة مستنسخة من احد الجينات التركيبية في الـ DNA.

٣- rRNA (ribosomal): وهذا من الحوامض النووية التركيبية يدخل في تركيب الرايبوسومات ويقوم بتنظيم الشفرات الوراثية مع مايقابلها من الشفرات المضادة Anticodon مابينmRNA وtRNA .

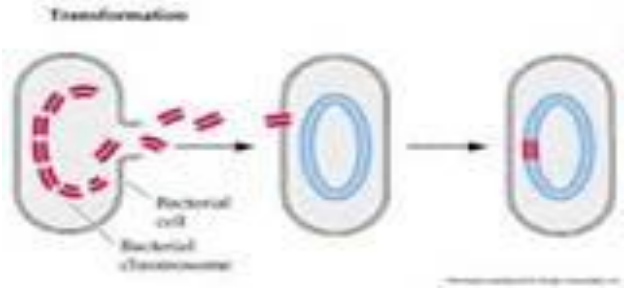
٣-tRNA (transfer): ويقوم بنقل الاحماض الامينية الحرة الى الرايبوسومات لربطها مع بعضها البعض حسب تسلسل يحدده تسلسل الشفرات على mRNA لتكويت جزيئة بروتينية ذو وظيفة معينة داخل الخلية.

تبادل المعلومات الوراثية genetic exchange

تتبادل الكائنات الحية في الطبيعة المعلومات الوراثية فيما بينها ولاسيما الاحياء المجهرية ومنها البكتريا بأساليب وطرائق مختلفة ومتباينة وهي:

١- التحول Transformation

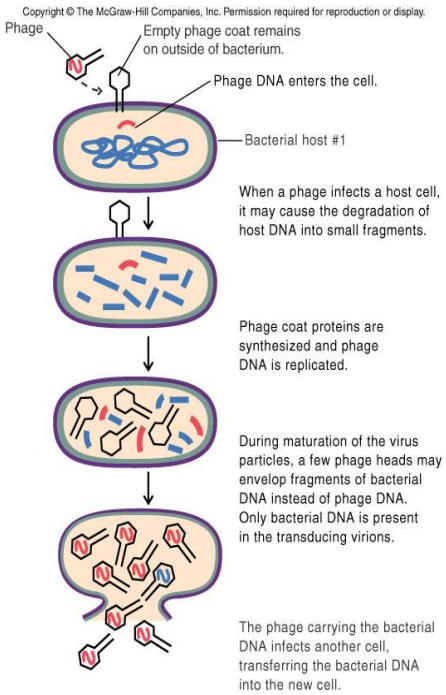
يحدث في الطبيعة ان تتحلل الاحياء المجهرية بعد موتها ومن المواد الخلوية المهمة التي تتعرض الى التحلل الحامض النووي DNA اذ يتجزء الى قطع صغيرة.ان هذه القطع الصغيرة يحتمل ان تنتقل الى خلية بكتيرية من النوع الذي تحللت منه ونشأت عنه هذه القطع الصغيرة من الدنا . وحال دخول اي قطعة صغيرة من هذا الدنا الى داخل خلية بكتيرية تندمج مع دنا الخلية وتصبح جزءا منها وبذلك تمنح الخلية صفة او مجموعة من الصفات الوراثية المحمولة على القطعة، فتعبر الخلية التي اخذت القطعة عن الصفات الوراثية المحمولة عليها مثلما تعبر عن اي صفة اخرى محمولة على الكروموسوم الخلوي. ويتراوح عدد الصفات الوراثية المحمولة على القطع التي تدخل الخلايا البكتيرية احيانا من ١٥ ــ ٥٠ صفة او جينا. لوحظت هذه الظاهرة في عدد من البكتريا مثل *Streptococcus pneumomia* و *Haemophlus* و *Nissria* و *Bacillus* وغيرها.



Transformation

٢- Transduction

وهو عبارة عن انتقال جزء من DNA من بكتريا لاخرى بوساطة العاثية البكتيرية Bacteriophage . ففي مرحلة النضج من دورة حياة الفاج او تضاعف الفاج في البكتريا التي يصيبها، هناك احتمال ان يعبأ رأس الفاج بقطعة من DNA البكتيري (الذي يتحلل الى قطع صغيرة حال اصابة البكتريا بالفاج)بدلا من الحامض النووي الخاص بالفاج. وعند تحرر هذا الفاج فأنه يحمل معه هذه القطعة. وفي عملية التضاعف اللاحق ، اي اصابة خلية بكتيرية جديدة بهذا الفاج، فأن الفاج سوف ينتقل الى البكتريا مع القطعة التي يحملها من DNA . تندمج هذه القطعة مع الـDNA البكتيري وتصبح جزءا منه وبهذا تكون البكتريا قد اكتسبتصفة او مجموعة من الصفات الجديدةز وليس بالضرورة ان يكون الـ DNAالمنقول بوساطة الفاج جزءا من الـDNA البكتيري وانما قد يكون جزء من البلازميدولاسيما البلازميدات المقاومة للمضادات الحيوية (Resistant plasmid) كما يحدث في بكتريا *Staphylococcus aureus* اذ ان سلالات البكتريا اكتسبت صفة مقاومة المضاد الحيوي البنسلين بمرور الزمن بهذه الطريقة.



٣-الاقتران Conjugation

وهي عملية اقتران خليتين من البكتريا تسمى احداها بالواهب Donar لاحتوائها على عامل او بلازميد الخصوبة الذي يحمل صفة تكوين الشعيرة الجنسية Sex pili ويرمز له (F^+). اما الخلية البكتيرية الثانية التي تساهم في عملية الاقتران فيدعى بالخلية المستلمة recipient وتكون خالية من بلازميد

الخصوبة ويرمز لها (F^-). وفي بعض الخلايا من (F^+) وقبل حدوث الاقتران يرحل بلازميد الخصوبة باتجاه الكروموسوم البكتيري فيندمج معه وتسمى الخلية البكتيرية في هذه الحالة HFr .وحين يحدث الاقتران بين خلية من نوع (F^-) و HFr عبر تجويف الشعيرة الجنسية فأن نسخة من بلازميد الخصوبة يتوجه الى الخلية(F^-) فتتحول الخلية(F^-) بفعل اكتسابها نسخة من بلازميد الخصوبة الى خلية من نوع(F^+). على ان انتقال بلازميد الخصوبة قد يصاحبه انتقال جزء من DNA الخلية الواهبة وهذا يعني ان الخلية المستلمة (F^-) سوف تكتسب الى جانب بلازميد الخصوبة ،قطعة من DNA الخلية الواهبةوماتحمله هذه القطعة من الصفات الوراثية او الجينات. شوهدت هذه الظاهرة في بكتريا *E.coli* وبقية انواع البكتريا المعوية Enterobacteriaceae و Pseudomonas و Vibrio وغيرها.