



بيولوجيا حيوانية

المحاضرة الثالثة

د.مها شعبان

مقدمة في الخلية وخصائصها

يُعدُّ علم الخلية من أهم فروع علم الحياة إذ يهتم بدراسة بنية ووظيفة الخلية وجميع خصائصها الكيميائية والحيوية. وتتبع أهمية الخلية من كونها تشكل الوحدة البنائية والوظيفية الرئيسة لأيِّ كائنٍ حيّ. وتقسم الكائنات الحيّة حسب عدد الخلايا المكونة لأجسامها إلى مجموعتين:

المجموعة الأولى: كائنات وحيدة الخلية (**unicellular**) تتركب أجسامها من خلية واحدة فقط (كالبرامسيوم والمتحولات)، إذ تقوم هذه الخلية بمفردها بجميع وظائف الحياة المعروفة من نمو واستقلاب وتنفس وتكاثر وامتصاص وإفراز.

المجموعة الثانية: كائنات كثرات الخلايا (**multicellular**)، تتركب أجسامها من عدد كبير من الخلايا، تنشأ جميعها من خلية واحدة، هي البيضة الملقحة التي تنقسم انقسامات عديدة لتعطي ملايين الخلايا. تصطف هذه الخلايا بطرق متناسقة وخاصة، مع بعضها بعضاً لتشكل أنسجة الجسم المختلفة. كما تتمايز بحيث تقوم كل خلية من هذه الخلايا بوظيفة معينة وخاصة بها.

فعلى سبيل المثال: هناك قرابة 40 تريليون خلية في أجسامنا صنفت عند الانسان الى اكثر من 200 نوع خلوي يتميز بصفات بنيوية ووظيفية مختلفة تشكل 4 انسجة رئيسة هي: النسيج الظهاري- النسيج الضام - النسيج العضلي- النسيج العصبي

تتشارك جميع الخلايا الحية بثلاث أشياء رئيسة هي: الغشاء البلاسمي - المادة الوراثية - و السيتوبلازما

للخلايا الحية صفات مميزة هي:

- ❖ المحافظة على شروط وسط داخلي مستقر يختلف عن شروط الوسط الخارجي
- ❖ القدرة على استشعار تغيرات الوسط الخارجي (تغيرات الحرارة -الحموضة- الضغط....)
- ❖ تنظيم عبور الجزيئات من وإلى الخلية
- ❖ تحفيز التفاعلات الكيميائية داخلها
- ❖ توليد الطاقة (ATP)

❖ استبدال الجزيئات و العضيات المتضررة والهرمة

❖ التواصل بين الخلايا بعضها مع بعض

تمتاز خلايا النسيج الواحد بثبات حجمها. فمثلا يكون حجم خلايا الكبد في كل من الانسان و الحوت و كذلك الفأر واحد إلا أن حجم الكبد كعضو يختلف بين الكائنات باختلاف عدد الخلايا المكونة له.

العوامل الرئيسية التي تساهم في حجم الخلايا :

- نسبة حجم النواة الى السيتوبلاسما : لكل نوع خلوي نسبة ثابتة بين حجم النواة و حجم السيتوبلاسما و يعد مؤشر على نشاط الخلية . تبقى هذه النسبة ثابتة في الشروط السوية
- نسبة مساحة سطح الخلية إلى حجمها : تزداد مساحة السطح مع زيادة عدد الخلايا بينما الحجم الكلي يبقى ثابت يحدد الحجم معدل نشاط الخلية فكلما كانت الخلية صغيرة الحجم كلما كانت نشطة أكثر ، لكون نسبة حجم النواة الى السيتوبلاسما ونسبة مساحة السطح الى الحجم كبيرة جدا بينما تكون هذه النسب صغيرة في الخلايا الاقل نشاطا
- مقدرة الغشاء الخلوي على التكيف مع الوسط الخلوي : يمكن ان يتحمل الغشاء الخلوي زيادة حجم الخلية الى حد معين

العلاقة بين شكل الخلايا ووظيفتها

تمتلك الخلايا الحيوانية أشكالاً متنوعة: مغزلية - كروية - مسطحة - مكعبة - اسطوانية، الخ .. ويعزى السبب الرئيس للاختلافات في شكل الخلايا إلى عاملين اثنين هما: عدم وجود جدار خلوي و التمايز الوظيفي للخلايا

إنَّ التقدم العلمي يؤدي في كثير من الأحيان إلى اختراع أدوات تساعد الإنسان على فهم الأشياء من حوله ودراستها. فالخلية مثلاً، صغيرة جداً ولا يمكن رؤيتها أو دراستها ومعرفة آلية عملها بالعين المجردة. لذا فقد تزامنت أولى معرفتنا للخلية ودراستها مع اختراع المجهر.

المجهر The microscope:

تعد المجاهر بكافة أنواعها و اختلافاتها، أداة لا يمكن الاستغناء عنها في دراسة الخلايا، ويمكن تعريف المجهر بأنه أداة لعرض الأشياء الصغيرة جداً والتي لا يمكن رؤيتها بسهولة بالعين المجردة. وبشكل عام، هناك نمطان رئيسيان من المجاهر، تختلف فيما بينها من حيث التركيب والقدرة على التكبير والمصدر المستخدم في الإضاءة، هما **المجهر الضوئي (light microscope)** و **المجهر الإلكتروني (Electron Microscope)**.

المجهر الضوئي : أوسع أنماط المجاهر انتشاراً واستخداماً. يعتمد الضوء المرئي كمصدر رئيس للإضاءة، وتتراوح قوة تكبيره ما بين 40 إلى 1000 مرة. لا يمكن للمجهر الضوئي أن يُظهر تفاصيلاً أدق من 200 نانومتر حيث يمكننا ضمن هذا المجال من التكبير رؤية الشكل العام للخلية وتمييز بعض العضيات الخلوية الكبيرة الحجم فيها، كالنواة والجسيمات الكوندرية و في مراحل معينة من الانقسام الخلوي يمكن رؤية الصبغيات.

أدخلت تحسينات كبيرة على المجهر الضوئي العادي لتحسين الرؤية والوضوح ليصبح لدينا مجموعة واسعة من أنواع المجاهر الضوئية والتي تستخدم لأغراض متنوعة ومن أهم هذه المجاهر:

❖ **مجهر الأطوار المتباينة (Phase Contrast)**: الذي يُستخدم بشكل خاص لدراسة الخلايا الحية غير الملونة، ودراسة الأحياء الدقيقة وتتبع حركة العضيات الخلوية ضمن الخلية، وكذلك المستنبتات الخلوية للتحري عن الجراثيم. يعمل هذا المجهر على أساس أنّ الأجزاء المختلفة لشيء ما، لها معاملات انكسار مختلفة للضوء فالأجزاء المختلفة للخلية تتباين في قابليتها لعكس الضوء الساقط عليها، لذا فإن الموجات الضوئية تمر خلال بعض الأجزاء بسهولة أكثر من الأجزاء الأخرى.

❖ **مجهر الفلورة (Fluorescent Microscope)**: يُعدّ نموذجاً خاصاً من المجاهر الضوئية، إذ يستخدم الأشعة فوق البنفسجية كمصدر للإضاءة. يعتمد هذا المجهر على استخدام ملونات متفلورة معينة، كالفلوريسين، الذي يصدر فلورة بلون أخضر والرودامين، الذي يصدر فلورة بلون أحمر، يمكن لتلك الملونات الارتباط بمواقع معينة من العينة المدروسة، ولدى إثارة هذه الملونات بواسطة الأشعة فوق البنفسجية تمتص الإشعاع وتصدر

ضوءاً مرئياً لامعاً وعند فحص العينة من خلال مرشحات زجاجية خاصة نشاهد تلك الجزيئات متوهجة في خلفية مظلمة. يستخدم هذا المجهر بشكل خاص في الدراسات المناعية وتحديد التوضع النوعي للمركبات الخلوية خاصة البروتينات وفي دراسة الصبغيات والتشخيص النوعي لبعض الأمراض الوراثية.

على الرغم من وجود أنماطٍ متطورة ومختلفة للمجهر الضوئي لا مجال لشرحها هنا، إلا أنه تبقى هناك كثير من البنى والعضيات الصغيرة جداً التي يعجز المجهر الضوئي بأنواعه عن كشفها لذلك فإنَّ أهم اختراع ظهر في مجال دراسة الخلية و أحدث ثورة كبرى في علم الخلية هو اختراع المجهر الإلكتروني (Electron Microscope) من قبل المهندس الألماني إرنست روسكا (Ernst Ruska) عام 1931 حيث قام هذا المجهر بتوضيح تراكيب الخلية التي لم تكن معروفة من قبل، و معرفة تفاصيل أدق للتراكيب الخلوية وعضياتها.

المجهر الإلكتروني: يستخدم الإلكترونات كمصدر للإضاءة. تعد المجاهر الإلكترونية أقوى بكثير من المجاهر الضوئية. وتتراوح قوة تكبيرها بين 2×10^5 و 6×10^5 هذا يعني أن القوة الإيضاحية للمجهر الإلكتروني تفوق القوة الإيضاحية للمجهر الضوئي بعشرة آلاف مرة، و يمكن بواسطته رؤية أشد عضيات الخلية صغراً ومعظم أنواع الفيروسات ويمكن لبعض المجاهر الإلكترونية أن تظهر الجزيئات الكيميائية الضخمة في الخلية.

من أهم أنواع المجاهر الإلكترونية :

المجهر الإلكتروني النافذ (Transmission electron microscope) :

يستخدم لدراسة التفاصيل الدقيقة في بنية الخلية وتركيبها وكافة العضيات الموجودة ضمنها. إذ يتم الاستفادة من الإلكترونات النافذة عبر العينة المفحوصة لرسم صورة مكبرة لها. يُكَبِّرُ المجهر الإلكتروني النافذ الأشياء حتى 200000 مرة. ويتطلب استخدام هذا المجهر أن تكون المقاطع الخلوية رقيقة جداً بحيث تتراوح ثخانتها بين 0.01-0.2 ميكرومتر وذلك حتى تتمكن الإلكترونات من اختراقها. من سلبيات هذا المجهر، عدم إمكانية استخدامه لمشاهدة العينات الحية.

المجهر الإلكتروني الماسح (Scanning electron microscope) :

يُستخدم لدراسة التفاصيل الدقيقة لسطح الخلايا وعضياتها، حيث يستغل الإلكترونات المرتدة لا النافذة والمبعثرة بنتيجة اصطدامها بالعينة، فتتكون الصورة النهائية تبعاً لعدد الإلكترونات المحررة من كل نقطة على سطح العينة، و تنشأ بذلك صورة محاكية تماماً للعينة و مطابقة لها. لقد ساعد المجهر الإلكتروني الماسح على اكتشاف أبعاد جديدة لتفاصيل الكائنات الحيّة الدقيقة و التراكيب المتناهية في الصغر. لا يُشترط أن تكون العينات رقيقة بل من الممكن فحص عينات كاملة كحشرة أو جزء منها. تستطيع المجاهر الإلكترونية الماسحة تكبير الأشياء حتى 100000 مرة، لكن كما هي الحال بالنسبة للمجهر الإلكتروني النافذ لا يمكن استخدامها لمشاهدة العينات وهي حيّة.

أنماط الخلايا في العالم الحيّ:

يمكننا أن نميّز في عالمنا الحيّ نمطين رئيسيين من الخلايا استناداً إلى بنيتها وعضيتها الخلوي العام، فالخلية إما أن تكون حقيقية النواة (Eukaryote)، أو أن تكون من طلائعيات النوى (Prokaryotes). وكما ذكرنا سابقاً فإن حقل البكتيريا أو الجراثيم وحقل البدائيات (Archaea) يتكون حصراً من طلائعيات النوى، أما الأوليات (protista) و الفطريات (Fungi) و الحيوانات وكذلك النباتات جميعها تُعدّ من الكائنات حقيقيات النوى.

1. أوجه التشابه والاختلاف الرئيسة بين الخلايا طلائعيات وحقيقيات النوى:

تتشارك كافة الأشكال الخلوية بخصائص مشتركة رئيسية وهي:

1) وجود غشاء خلوي يفصل داخل الخلية عن خارجها، يدعى بالغشاء السيتوبلازمي، يحصر هذا الغشاء ضمنه مادة شبه سائلة تدعى العصارة الخلوية (Cytosol)، حيث تتوضع ضمنها جميع العضيات الخلوية.

2) وجود المادة الوراثية بأحد شكلها، الـ DNA أو الـ RNA .

3) وجود الأجسام الريبوسومية (Ribosomes) وهي عضيات صغيرة تُعدّ القالب الذي يتم عليه تركيب سلسلة عديد ببتيد.

4) تنقسم جميع الخلايا الحيّة لإنتاج خلايا جديدة.

إلا أنه هناك فرق جوهري بين الخلايا طلائعيات النوى والخلايا حقيقية النوى يظهر من التسمية ذاتها، والتي تشير إلى أن الاختلاف يكمن في النواة نفسها، ففي طلائعيات النوى تتركز المادة الوراثية في منطقة تدعى بالنكليويد (Nucleoid)، أو الحيز النووي حيث لا وجود لغشاء يفصل هذه المنطقة عن بقية أجزاء الخلية، وتكون المادة الوراثية في هذا النمط من الخلايا عبارة عن صبغي حلقي، وقد تمتلك بعض الأنواع DNA حلقي صغير آخر يسمى البلاسميد. في المقابل فإن الخلية حقيقية النواة تمتلك نواة تتوضع بداخلها الصبغيات والتي يكون فيها الـ DNA بشكل خيطي، وتكون محاطة بغشاء نووي يغلقها ويفصلها عن أجزاء الخلية الأخرى. كما أن جميع أشكال العضيات الوظيفية والمتخصصة المنتشرة ضمن العصارة الخلوية في الكائنات حقيقية النوى تكون محاطة بغشاء فاصل في حين أننا لا نلاحظ مثل هذه العضيات المتخصصة في الكائنات طلائعية النوى. لذا تُعدُّ الخلايا طلائعية النوى أقل تعقيداً من الخلايا حقيقية النواة من الناحية الهيكلية والكيميائية، فالخلايا حقيقية النواة لديها أعلى درجة من التنظيم بفضل وجود العديد من العضيات ذات أغشية تفصلها عن غيرها من مكونات السيتوبلازما، في حين أن الخلايا طلائعية النوى لا تحتوي على مثل هذه العضيات.

وعلى الرغم من أن عملية التضاعف والنسخ والترجمة للـ DNA هي متماثلة في الأساس بين الخلايا حقيقية النوى وطلائعيات النوى إلا أنه هناك بعض الفروق فعلى سبيل المثال، إن الجسيمات الريبية تكون أصغر في الخلايا طلائعيات النوى منها في حقيقيات النوى وتختلف في محتواها من البروتينات والـ rRNA. وتُعدُّ هذه الفروق كبيرة بشكلٍ كافٍ لتسمح لبعض أنواع المضادات الحيوية كالنتراسكلين بأن ترتبط إلى الجسيمات الريبية وتمنع تركيب البروتين في الخلايا طلائعية النوى في حين أنه لا يمكن لهذه المضادات الحيوية بأن ترتبط بتلك الأجسام في الخلايا حقيقية النوى وبالنتيجة فإننا نتناول مثل هذه المضادات الحيوية للقضاء على الجراثيم الممرضة والضارة لنا من دون أن تسبب تلك المضادات الحيوية الأذى لخلايانا.

كما أن الخلايا حقيقة النوى أكبر حجماً من الخلايا طلائعية النوى حيث يُعدُّ الحجم أحد الجوانب العامة لبنية الخلية والذي يتعلق بطبيعة عملها فعلى سبيل المثال، يتراوح قطر معظم أنواع الجراثيم بين $1-10\mu\text{m}$ ، في حين يتراوح قطر الخلايا حقيقية النوى بين $10-100\mu\text{m}$. وبشكل عام، فإن الكائنات طلائعية النوى غالباً ما تكون وحيدة الخلية (unicellular) مثل الإشريكية

القولونية (*Escherichia coli*). في حين أنه غالباً ما تكون الكائنات حقيقية النوى متعددة الخلايا (multicellular) كما أنّ الخلايا حقيقية النوى تنقسم انقساماً خيطياً أو منصفاً في حين أنّ أغلب الخلايا طلائعية النوى تنقسم بواسطة الانشطار الثنائي (binary fission). ويكون نمط تكاثر الكائنات حقيقية النوى من خلال التكاثر الجنسي أو التكاثر اللاجنسي، في حين أن معظم الكائنات طلائعية النوى تتكاثر عن طريق التكاثر اللاجنسي.

2. البنية الخلوية العامة للخلايا طلائعيات النوى:

❖ **الجدار الخلوي: (Cell wall)** يُعدّ الجدار الخلوي أحد أهم الخصائص المميزة لمعظم الخلايا طلائعيات النوى، حيث يحافظ على شكل الخلية ويؤمن لها الحماية. تتألف معظم الجدر الخلوية للجراثيم من معقد بروتيني سكري هو الببتيدوغليكان (peptidoglycan) صنف العلماء العديد من أنواع الجراثيم حسب الاختلاف في بنية وتركيب جدرانها الخلوية، باستخدام تقانة التلوين بغرام (نسبة إلى العالم الدنماركي غرام) ووضعوها ضمن مجموعتين هما: **الجراثيم موجبة الغرام**؛ تكون فيها الجدر الخلوية سميكة، بسيطة التركيب والبنية وتتألف من كميات كبيرة نسبياً من الببتيدوغليكان. تأخذ لونا قمرزياً (بنفسجي) لدى تلوينها بملون غرام. **الجراثيم سالبة الغرام**؛ تكون فيها الجدر الخلوية رقيقة، لكنّها ذات بنية أكثر تعقيداً من الجراثيم موجبة الغرام حيث يتألف الجدار الخلوي من غشاء خارجي يتألف من طبقة شحمية متعددة السكريد (Lipopolysaccharide) وطبقة رقيقة داخلية من الببتيدوغليكان. تأخذ هذه الجراثيم لونا وردياً لدى تلوينها بملون غرام (انظر الشكل).

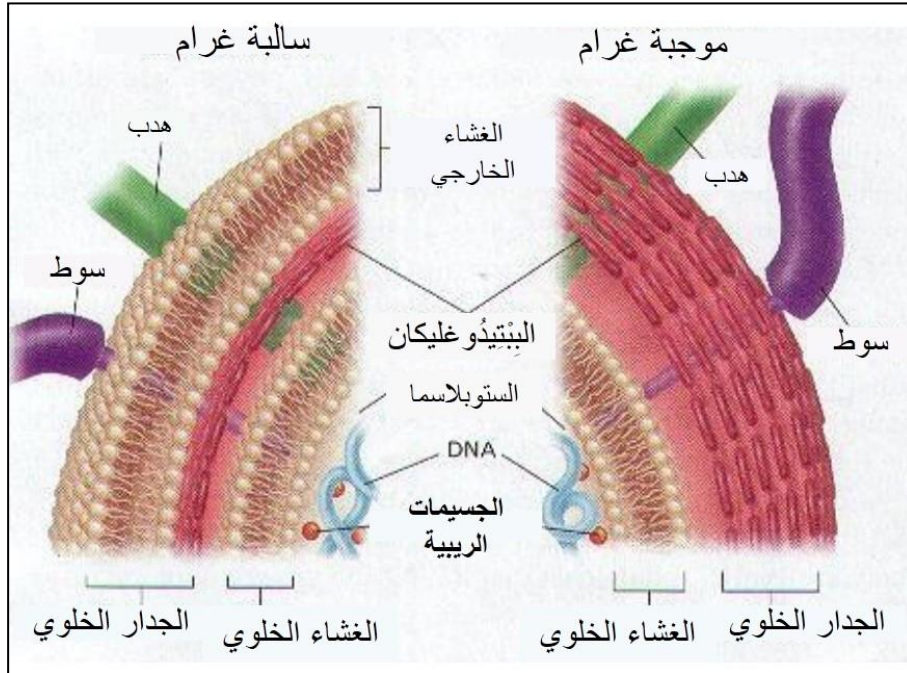
يُعدّ التلوين بملون غرام أداة تشخيصية هامة حيث تُعدّ الجراثيم سالبة غرام بشكل عام أكثر إمرضية من غيرها من أنواع الجراثيم المعروفة، وغالباً ما تكون المسبب لظهور كثير من الأمراض، فالطبقة الشحمية السكرية الخارجية التي تميز جدر الجراثيم سالبة الغرام تُعدّ سامة، وتساعد في حماية الجراثيم من المقاومة التي يبديها الجسم لها، تتميز هذه الجراثيم بأنها أكثر مقاومة للمضادات الحيوية من الجراثيم موجبة الغرام، حيث يعرقل غشاءها الخارجي دخول تلك العقاقير. إنّ فعالية بعض أنواع المضادات الحيوية كالبنسلين، تنشأ من تثبيطها لعملية ارتباط المعقدات البروتينية السكرية (الببتيدوغليكان) المكونة للجدر الخلوية، خصوصاً عند الجراثيم موجبة الغرام، مما يمنع من تشكل تلك الجدر الخلوية. يتكون الجدار الخلوي للبدائيات

(Archaea) عادة من معقد عديد السكاريد (polysaccharides) مع بروتينات خاصة ،وليس من الببتيدوغليكان المشاهد عند الجراثيم.

يُغلف الجدار الخلوي عند العديد من الكائنات طلائعيات النوى **محفظة خارجية (capsule)** وهي عبارة عن طبقة هلامية متعددة السكاريد تسمح لطلائعيات النوى بالالتصاق ببعضها بعضاً ضمن المستعمرة، و تحميها من المقاومة التي يبديها الجهاز المناعي للمضيف. تشاهد في الغالب عند الجراثيم موجبة الغرام.

تتميز بعض أنماط الكائنات طلائعية النوى بوجود زوائد تشبه الأشعار تدعى **بالأهداب**، أو **الأشعار** عادة ما تكون لها وظيفة الالتصاق لسطح الركيزة أو مع بعضها بعضاً أو أن تؤدي دوراً في عملية الاقتران (conjugation)، كما سيرد معنا لاحقاً.

شكل يوضح مقارنة بنية الجدار الخلوي لدى الجراثيم موجبة وسالبة غرام.



❖ الغشاء السيتوبلازمي (Plasma membrane)

يتكون بشكل عام من ليبيدات فوسفورية وبروتينات ويشبه في تركيبه تركيب الغشاء الخلوي في حقيقيات النوى. نميز في خلايا بعض طلائعيات النوى أغشية متخصصة تمثل انثناءات من

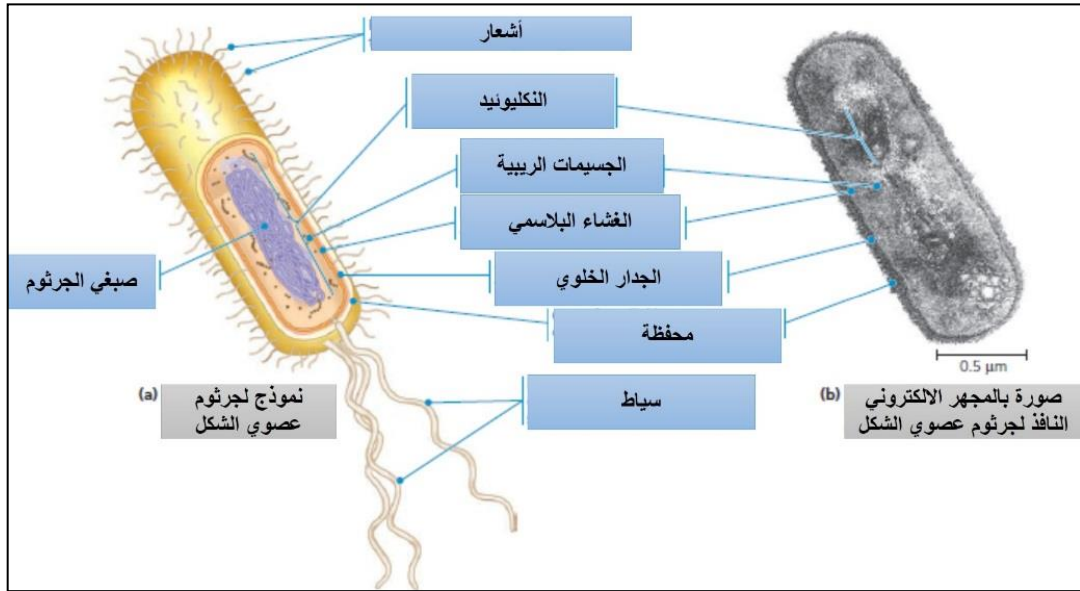
الغشاء السيتوبلازمي، تقوم بوظائف استقلابية معينة حيث ترتبط إليها البروتينات اللازمة للقيام بعملية التنفس الخلوي والتركيب الضوئي.

❖ السيتوبلازما (Cytoplasm)

تشكل المادة السائلة الداخلية في الخلية وتحوي الأنزيمات الضرورية اللازمة للقيام بجميع العمليات الاستقلابية.

❖ منطقة النكليويد (nucleoid region)

وهي منطقة من السيتوبلازما، تحوي المادة الوراثية، أو جينوم الخلية طلائعية النوى، تبدو فاتحة اللون عند دراستها بواسطة المجهر الإلكتروني مقارنة بالسيتوبلازما المحيطة بها. يختلف جينوم طلائعيات النوى كثيراً عن نظيره عند الكائنات حقيقية النوى، إذ يكون الجينوم لدى طلائعيات النوى عبارة عن صبغي حلقي مؤلف من DNA عارٍ يرتبط إليه عدد قليل نسبياً من البروتينات، على عكس صبغيات الخلايا حقيقية النوى، التي تكون متوضعة ضمن النواة و يحيط بها الغشاء النووي. تمتلك الكائنات طلائعية النوى النمذجية إضافةً للصبغي الحلقي حلقات صغيرة أيضاً من الـ DNA تدعى بالبلازميدات Plasmids. إنّ البلازميدات غير ضرورية لحياة الجرثوم وتكاثره، وهي تتضاعف بشكل مستقل عن تضاعف الصبغي الحلقي، إلا أنها تمنح الجرثوم صفات إضافية مثل مقاومة المضادات الحيوية. وللبلازميدات على العموم أهمية تطبيقية كبيرة بسبب امتلاكها مورثات مهمة، وتستعمل كنواقل في مجال الهندسة الوراثية



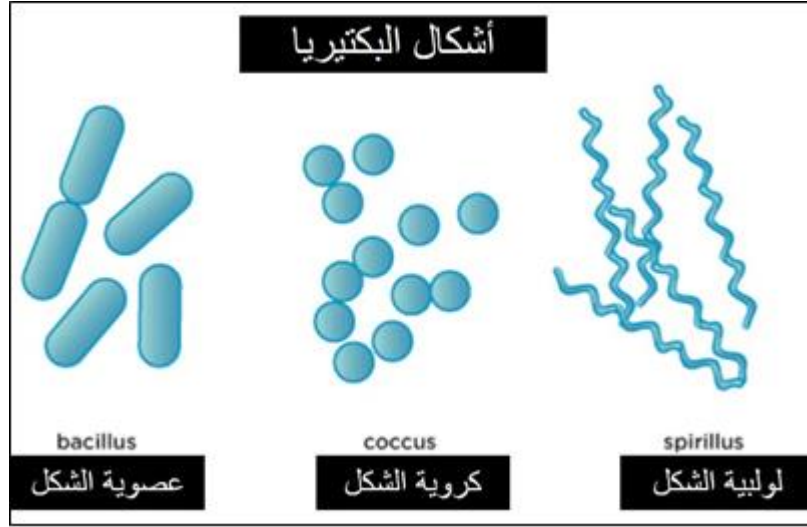
البنية الخلوية العامة للجرثوم: يمثل (a) شكل تخطيطي للبنية النموذجية لأحد الجراثيم
عصوية الشكل ويمثل (b) صورة حقيقة مأخوذة عن المجهر الالكتروني النافذ تظهر التفاصيل
الخلوية الدقيقة للجرثوم

3. نمط حياة الكائنات طلائعيات النوى وأشكالها:

تُعدُّ طلائعيات النوى أصغر وأبسط الكائنات الحيّة. وتوجد بغزارة في الهواء والماء والتربة.
وتوصف غالباً، بأنها وحيدة الخلية (unicellular) كالإشريكية القولونية (*Escherichia coli*)
نوع من أنواع الجراثيم التي تعيش في أمعاء الثدييات)، إلا أنه يمكن لطلائعيات النوى أن تعيش
ضمن مستعمرات (colonies) على مستوى عالٍ من التعقيد أيضاً.

يستخدم العلماء شكل الخلية كمعيار لتصنيفها، حيث يمكن أن يميّز ثلاثة أشكال رئيسية: فقد
تكون الخلايا كروية الشكل (spherical) كالمكورات (coccus) التي تظهر إما بشكل مفرد أو
كأزواج (diplococci) أو تبدو كسلاسل متعددة الخلايا مثل المكورات العقدية
(streptococci)، أو بشكل عناقيد مثل العنقوديات (staphylococci). أو يمكن أن تكون
الخلايا عصوية الشكل (rod-shaped) كالعصيّات (bacillus)، والتي تظهر غالباً بشكل
مفرد، إلا أن بعض الأنواع تتجمع في سلاسل مثل العصيّات الشمعية (streptobacilli) أو

أن تكون الخلايا بشكل لولبي (spiral). كالحُيْرَة (spirillum)



الأشكال الثلاثة المميزة للجراثيم

يمكن تصنيف الكائنات الحيّة وفق نمط تغذيتها، و كيفية حصولها على الطاقة، و كذلك مصدر الحصول على الكربون المستخدم في بناء الجزيئات العضوية المكونة لخلاياها. وبشكل عام، فإننا نجد تنوعاً غذائياً كبيراً بين الكائنات طلائعيات النوى لا نظير له عند الكائنات حقيقيات النوى. فبالإضافة إلى وجود كل أنماط التغذية الملاحظة عند الكائنات حقيقية النوى فإن الكائنات طلائعية النوى تتميز بأنماط غذائية فريدة وخاصة بها.

ويمكن بالتالي تصنيف الكائنات حسب نمط تغذيتها ضمن أربع مجموعات رئيسية وهي:

- الكائنات ذاتية التغذية الضوئية **Photoautotrophs** : تقوم بعملية التركيب الضوئي وتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية تُستخدم في اصطناع الجزيئات العضوية. من الأمثلة الشائعة لهذا النمط من الكائنات البكتيريا الزرقاء **cyanobacteria**.
- الكائنات ذاتية التغذية الكيميائية **Chemoautotroph** : تقوم بأكسدة المواد غير العضوية، مثل كبريتيد الهيدروجين (H_2S) والنشادر (NH_3) أو شوارد الحديد (Fe^{+2}). للحصول على الطاقة اللازمة لاصطناع جزيئاتها العضوية. ويُعدّ هذا النمط

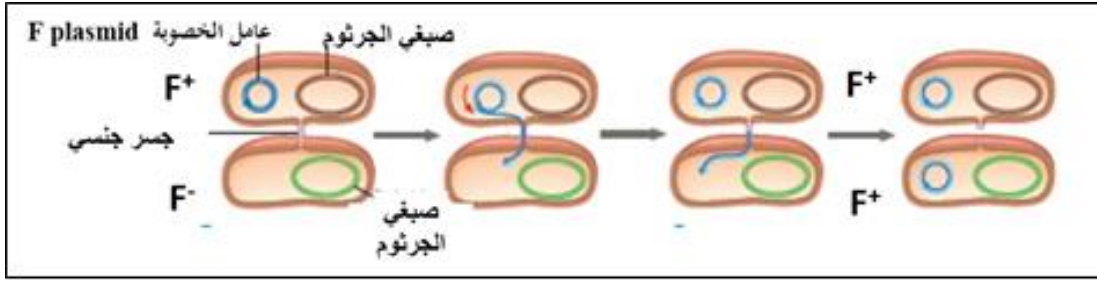
من التغذية خاصاً ومميزاً لبعض أنواع طلائعيات النوى مثل *sulfolobus*، وهو جنس ينتمي إلى حقل البدائيات Archaea .

- **الكائنات غيرية التغذية الضوئية Photoheterotrophs**: وهي كائنات تستخدم الضوء للحصول على الطاقة لكن لا تستطيع استخدام غاز ثنائي أكسيد الكربون كمصدر وحيد للكربون، لذا فإنها تستخدم المركبات العضوية من البيئة لتلبية متطلباتها من الكربون. حيث تستخدم مركبات مثل الكربوهيدرات والأحماض الدسمة والكحول كمصدر لغذاءها العضوي. يُعدّ الـ *heliobacteria* أحد نماذج هذه الكائنات.
- **الكائنات غيرية التغذية الكيميائية Chemoheterotroph**: تقوم بأكسدة الجزيئات العضوية للحصول على الطاقة. إنّ هذا النمط من التغذية شائع بشكل كبير بين الكائنات طلائعية النوى مثل الإشريكية القولونية (*Escherichia coli*).

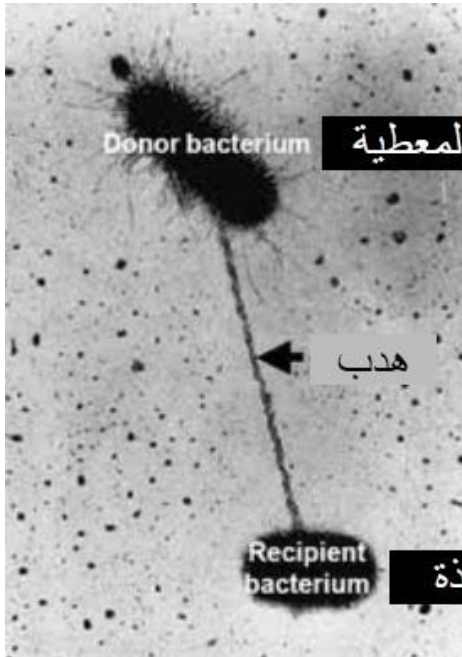
4. التكاثر لدى طلائعيات النوى:

تتكاثر طلائعيات النوى لا جنسياً بواسطة الانشطار الثنائي (**binary fission**)، ويُعرّف الانشطار الثنائي بأنه شكل من أشكال التكاثر اللاجنسي والانقسام الخلوي. ففي الظروف البيئية المناسبة تنقسم الخلية الأم طلائعية النواة لتعطي خليتين بنتين متماثلتين ومشابهتين للخلية الأم. تنقسم هاتان الخليتان بعدها لإعطاء 4 خلايا ثم 8 ثم 16 وهكذا.

لا تتكاثر الكائنات طلائعيات النوى جنسياً كما في الكائنات حقيقيات النوى، لكنها تقوم بمجموعة من العمليات التي تهدف إلى تبادل المعلومات الوراثية وإعادة التركيب الوراثي. وأهم هذه العمليات هي: **الإقتران (Conjugation)** وتُعرّف هذه العملية بأنها اتحاد مؤقت بين كائنين اثنين من الجراثيم بهدف تبادل المعلومات الوراثية. وتعتمد آلية هذه العملية على اقتراب خليتين من بعضهما بعضاً، حيث يتشكل بينهما ما يدعى بالجسر الجنسي الذي يستخدم لعبور ونقل أجزاء من المادة الوراثية (DNA) من إحدى الخليتين والتي تسمى بالخلية المعطية إلى الخلية الثانية والتي تدعى بالخلية المستقبلة أو الآخذة، حيث يكون النقل بطريق واحدة فقط (انظر الشكلين 3-9 و 3-10).



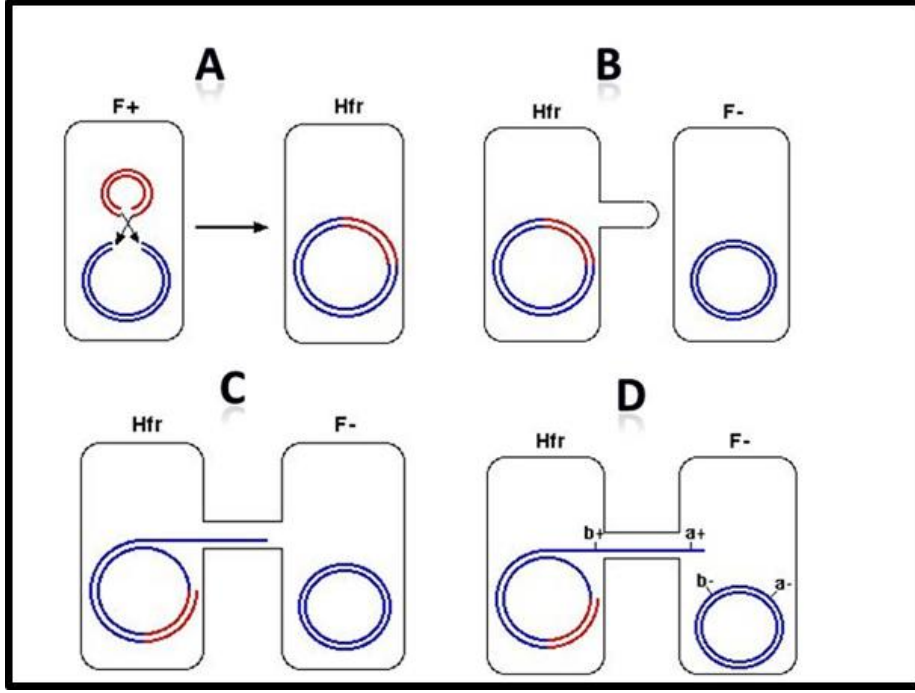
يوضح عملية الاقتران بين خليتين من الجراثيم. إن وجود عامل الخصوبة F plasmid يمنح الجرثوم المقدرة على القيام بعملية الاقتران وتدعى الخلية التي تملك هذا العامل بالخلية F^+ أما الخلية التي لا تملك مثل هذا العامل فتدعى بالخلية F^- . ينمو اعتباراً من الخلية F^+ جسر يتشكل من الأهداب أو الأشعار الموجودة على الجدار الخلوي يتضاعف العامل F وينتقل عبر الجسر إلى الخلية F^- التي تصبح عندها خلية معطية F^+ .



صورة بالمجهر الإلكتروني تبين عملية الاقتران بين خليتين من الجراثيم. تدعى الخلية الأولى بالخلية المعطية والتي يتشكل منها الجسر الجنسي اعتباراً من الأهداب المحيطة بجدارها الخلوي، وتدعى الخلية الثانية بالخلية الآخذة التي ينتقل إليها جزء من المادة الوراثية.

يرتبط في بعض الأحيان عامل الخصوبة F plasmid بالصيفي الجرثومي الحلقي وتدعى الخلية عندها بالخلية ذات الضم الجديد عالي التواتر

Hfr (high frequency of recombination). تحل المورثات المنقولة محل مثيلاتها في الخلية المستقبلة بفضل بعض الأنزيمات الموجودة. وقد استفاد العلماء من هذه العملية لوضع الخرائط الوراثية لسلاسل مختلفة من الجراثيم، ولمعرفة أماكن توضع مورثاتها. يوضح الشكل الآتي انتقال الخلية F^+ إلى الحالة Hfr وكيفية حدوث عملية الاقتران.



شكل تخطيطي يوضح عملية الاقتران بين خليتين من الجراثيم، حيث A: كيفية الانتقال من الحالة F^+ إلى الحالة Hfr حيث يكون العامل F في الخلية F^+ بشكل حلقي ويتضاعف بشكل منفصل عن تضاعف الصبغي الجرثومي الحلقي أيضاً، يدخل هذا العامل ضمن DNA الخلية الجرثومية بسبب وجود مناطق تقابل بينهما ولدى اتحادهما معاً تدعى الخلية عندها بالخلية ذات الضم الجديد عالي التواتر. Hfr (high frequency of recombination)

B: يوضح بداية عملية الاقتران بين الخلية Hfr والخلية F^- وهي الخلية الآخذة مع بداية تشكل الجسر الجنسي. C و D: عملية الاقتران و عبور جزء من المادة الوراثية إلى الخلية F^- ، حيث تسبق عملية العبور تضاعف للـ DNA ثم حدوث قطع في منطقة من الـ DNA الحلقي وتحوله إلى بنية خطية تعبر إلى الخلية F^- وتحل المورثات المنقولة محل مثيلاتها في الخلية المستقبلة بفضل بعض الأنزيمات الموجودة في الخلية.