

1

الفصل الأول الخلية وانتقال المواد عبر الاغشية

أ- علم وظائف الاعضاء، physiology
نظره تاريخية



أ - علم وظائف الأعضاء Physiology

الفسيولوجيا وفروعه:

تبحث الفسيولوجيا أو علم وظائف الأعضاء في فعاليات المادة الحية (على مستوى الكائن الحي بأكمله أو عضو منه أو مستوى الخلية أو جزء منها)

✳ تختلف الفسيولوجيا عن العلوم البيولوجية بأنها متعلقة بديناميكية المادة الحية وليس فقط باستاتيكية هذه المادة كما في علم التشريح أو الخلية وغيرها من العلوم.

✳ الفسيولوجيا تعني دراسة النظم الحية التي هي في تبدل وتغير مستمر من لحظة لأخرى وتعني بذلك دراسة معنى الحياة.

✳ هناك مدرستان لتفسير الحياة ومظاهرها:

1- المدرسة الحيوية "Vitalism School" ودعاتها الحيويون "Vitalists":

وتعتقد بوجود قوة أو طاقة حيوية تتحكم بالمادة الحية وتكون هذه القوة كامنة خارج الجزيئات والذرات المكونة للمادة الحية.

2- المدرسة الميكانيكية (Mechanism School) ودعاتها الميكانيكيون (Mechanists) أو المدرسة المادية (Materialism School) ودعاتها الماديون (Materialists).

ولا تعتقد هذه المدرسة بوجود القوة الكامنة وإنما تحاول تفسير مظاهر الحياة على أسس مادية لا تتعدى حدود الذرات والجزيئات المكونة للمادة الحية. لذلك فإن هذه المدرسة تلجأ إلى الوسائل الفيزيائية والكيميائية كمحاولة لفهم كنه الحياة.

✳ لقد أظهرت الدراسات الحديثة رجاحة اعتقاد المدرسة الميكانيكية أو المادية حيث ثبت بأن المادة الحية تتبع القوانين الفيزيائية والكيميائية في فعاليتها، ففعاليات المادة الحية عبارة عن فعالية الذرات والجزيئات المكونة لها.

كما أن فلسفة المدرسه الميكانيكية أكثر واقعية من فلسفة المدرسة الحيوية وأكثر تحفيزاً للبحث والاستقصاء والكشف عما خفى من أسرار المادة الحية.



نظرة تاريخية:

- * يبدأ كل علم بداية بسيطة تعتمد على التجارب البسيطة والملاحظات الصغيرة
- * بمرور الزمن يقود البحث البسيط إلى بحوث أكثر عمقاً وتعقيداً.
- * يجري العلماء بعض التجارب كمحاولة للإجابة على بعض الأسئلة التي تدور في خلدنا أو تثيرها تجارب من سبقهم.
- * لذلك ينمو أي علم من علوم المعرفة على مر السنين كما ينمو الكائن الحي ويكون غذائه هنا التجارب والملاحظات التي يجريها العلماء.
- * نتيجة لتراكم النتائج لهذه البحوث يبرز ضرورة تجزئة العلم إلى فروع عديدة.
- إن أقدم فرعين من فروع الفسيولوجيا وذلك لعلاقتها الوثيقة بعلم الطب وفن الشفاء هما:-

❖ الفسيولوجيا البشرية Human Physiology

❖ فسيولوجيا الثدييات Hammalian Physiology

لقد حضى هذان النوعان باهتمام العلماء في عهدي الإغريق والحضارة الإسلامية وذلك لإهتمام أطباء هذين العصرين بدراسة وظائف أعضاء الجسم في الإنسان والحيوان. ويستند الطب الحديث على دراسة الفسيولوجيا:-

* وأول من أكد ضرورة الفسيولوجيا في الطب هو العالم والطبيب الفرنسي الشهير كلود برنارد Claud Bernard في كتابه الطب التجريبي Experimental Medicine.

* وبظهور نظرية التطور العضوي Organic Evolution للعالم الإنجليزي المعروف Charles Darwin بداية النصف الثاني من القرن التاسع عشر تبلورت فكرة العلاقة الطبيعية بين الكائنات الحية المختلفة. لذلك ظهر فرعان جديداً من فروع الفسيولوجيا هما:

❖ الفسيولوجيا المقارنة Comparative Physiology

❖ الفسيولوجيا العامة General Physiology



الأول (Comp.Physiol) : مع إيمانه بوحدانية الحياة (Unity of Life) وهي الفكرة التي تؤمن بأن جوهر الحياة واحد وأن اختلفت مظاهره (وهي إحدى نتائج التطور العضوي). يبحث في الوسائل المتباينة التي تتبعها الحيوانات المختلفة في أداء وظيفة معينة كالحصول على الأوكسجين أو الغذاء أو طرح الفضلات وغيرها من الفعاليات الحيوية.

أما الثاني (General Physiol) : فيعترف باختلاف الوسائل التي بواسطتها تؤدي الكائنات الحية وظائفها المتعددة إلا أنه يؤكد على وحدانية القوانين المتحركة بالمادة الحية.

* يدرس الأسس العامة التي بموجبها تؤدي المادة الحية وظائفها العامة كالتنفس مثلاً سواء في خلايا جسم الإنسان أو الحيوان أو البكتيريا أو النباتات الأخرى.

* يعتبر هذا النوع من الفسيولوجيا تجسيداً لنظرية التطور العضوي.

* عند دراسة ظاهرة التنفس في الخميرة وعلاقته بما يحدث أثناء تنفس نبات الحنطة مثلاً فإن ذلك يبين العلاقة التطورية بين الخميرة ونبات الحنطة.

* ولقد أظهرت الأبحاث صحة فلسفة علماء الفسيولوجيا العامة.

فمثلاً: التنفس الخلوي (أي تحرر الطاقة من المواد الغذائية وتحولها إلى CO_2 وماء) يكون متشابه في جميع الكائنات الحية من الأميبا إلى الإنسان.

لا شك أن هناك اختلاف في تفاصيل عملية التنفس ولكنها من الضئيلة بحيث لاتناقض وحدانية العملية. ونفس الشيء يقال عن انتقال الإيعاز العصبي (Nerve impulse)

* طبيعة الإيعازات العصبية متشابهة إلى حد كبير بغض النظر عن المصدر الذي يكون للييف العصبي.

* فلولا صحة النظرية الفسيولوجية العامة لما أمكن إحراز هذا التقدم في الطب لأن الأكثر التجارب تجري على الحيوانات ثم تطبق على الإنسان.

بظهور النظرية الخلوية Cell Theory :

القائلة : بأن جميع الكائنات الحية تتألف من خلية أو مجموعة خلايا وهي وحدات بنائية



إضافة إلى كونها وحدات وظيفية ظهر علم فسيولوجيا الخلية Cell physiology. ويدرس الفعاليات الأساسية للخلايا الحيوانية والنباتية، وفيه تعتبر الفعاليات الحيوية للكائن الحي أو العضو أو النسيج عبارة عن المجموعة الكلي لفعاليات الخلايا المكونة له.

فمثلاً: تقلص العضلة: هو تقلص آلاف الألياف العضلية المكونة لها.

وتنفس الحيوان : مجموعة الفعاليات التنفسية للملايين من خلايا جسمه.

وهناك فروع أخرى لعلم الفسيولوجيا تهتم ببعض المجاميع الحيوانية والنباتية مثل فسيولوجيا الحشرات Insect physiology، وفسيولوجيا الأسماك Fish physiology، وفسيولوجيا النبات Plant physiology .

طرائق دراسة الفسيولوجيا:

يعتبر علم الفسيولوجيا وعلم الكيمياء الحيوية Physiology & Biochemistry من العلوم التجريبية Experimental sciences أي أن نتائجها ومعطياتها Data يتم الحصول عليها من التجارب.

بينما تعتبر العلوم الحياتية الأخرى على الأكثر وصفية Discriptive sciences أي أنها تعتمد على الوصف Description والملاحظة Observation الدقيقة دون الحاجة إلى التجارب.

مثلاً: عندما يدرس عالم التشريح Anatomist عضلة معينة في الجسم فإنه يحدد موقعها في الجسم وعلاقتها بالعضلات الأخرى وكيفية استنادها على العظم والأعصاب المتصلة بها والأوعية التي تغذيها. وربما أن يدرس ليف عضلي تحت المجهر ليوقف على دقائق تركيب العضلة.

أما عالم الفسيولوجيا Physiologist فإنه لا يدرس العضلة بمجرد النظر إليها وإنما يعرض العضلة إلى ظروف مختلفة، كيف تتقلص وقوتها ومقدار ما تصرفه من المواد الغذائية والأكسجين، والفضلات الناتجة عن التقلص وعلاقة التقلص بمقدار الحافز ..إلخ.

ومهمة عالم الفسيولوجيا معقدة وتحتاج إلى نظام معقد من التجارب المعقدة وتحتاج إلى مهارة خاصة للعمل وتفسير النتائج. لذلك فقد جندت كل العبقريات لمساعدة علماء



الфизиولوجيا لتصميم أجهزة دقيقة فأصبح مختبر الفسيولوجيا زاخر بكافة الأجهزة والمعدات الألكترونية والميكانيكية.

وبمقدور عالم الفسيولوجيا الآن أن يضع حيواناً، كالجرذ مثلاً في جهاز خاص ليسجل ما يستهلكه من الأوكسجين وما يطرحه من CO₂ بواسطة حركة المؤشرات بدون الحاجة إلى تحليل الهواء داخل أو خارج رئتيه.

الأجهزة التي تساعد في البحث:

1- المجاهر Microscopes : وهي عديده ومختلفة في فعاليتها وتطورها ومقدار تكبيرها للأشياء وتشمل:

أ- المجهر المركب Compound Microscope

ب- المجهر ذو الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Microscope

ج- المجهر المقطب Polarizing Microscope

د- المجهر ذو الحقل المظلم Dark - field Microscope

هـ- المجهر الألكتروني Elecrtion Microscope

2- الكيمياء النسيجية Histochemistry :

وهي دراسة التوزيع الطبيعي للإنزيمات والمواد الأخرى في المناطق المختلفة من الخلية عن طريق تفاعلات تحدث بين مادة الخلية ومواد تضاف إليها. مثلاً صبغ الخلية للإستفادة من حامضية وقاعدة الأجزاء الخلوية المختلفة. وتسمى الأجزاء التي تأخذ من الصبغات الحامضية Acidophilic والتي تأخذ القاعدية Basophilic.

3- دراسة الطيف الشمسي Spectroscopy :

وهي دراسة مقدار امتصاص المواد للأشعة المرئية عن طريق إمرار أشعة فوق بنفسجية ذات أطوال أمواج مختلفة خلال أجزاء الخلية وقياس مقدار الأشعة الممتصة في كل حالة.

مثلاً: أقصى إمتصاص للأحماض النووية هو في طول موجة مقدارها A 2600 وأقصى امتصاص للبروتينات هو في طول موجه مقدارها A 2800



4- النظائر المشعة Radioisotopes :

وقد أحدث استعمالها في البحوث البيولوجية ثورة عارمة ويلاحظ في الفسيولوجيا والكيمياء الحيوية والوراثة.

5- فصل الأجزاء الخلوية Cell fractionation :

يمكن فصل الأجزاء الخلوية عن بعضها البعض وتنقيتها ثم دراستها مثل الميتوكوندريا أو الريبوسومات. وتتم الطريقة عن طريق مجانسها Homogenization في محلول ثم فصلها بواسطة جهاز الطرد المركزي Centerifuge.





علم وظائف الأعضاء 23

The Living cell ب- الخلية الحية
التركيب والوظيفة



ب - الخلية الحية The Living cell

The cell الخلية

وهي الوحدة التركيبية Structural unit والوظيفة Functional في الكائنات الحية. وبالإضافة إلى ذلك فهي وحدة الإنقسام والوراثة وهي أصغر وحدة حياتية. وتتكون جميع الكائنات الحية إما من :

1. خلية واحدة Unicellular وأمثالها بدائية النواة Prokaryotes.

2. عدة خلايا Muticellular وأمثالها حقيقية النواة Euocaryotes

الكائنات بدائية النواة Prokaryotes

تحتوي على خلايا بسيطة ويشتق اسمها من أصل إغريقي وتتكون من جزأين من كلمة Pro وتعني بدائي أو قبل Before وكلمة Keruel وتعني نواة Nucleus. لذلك فإن جميع الكائنات بدائية النواة لا تحتوي على نواة ومن أمثلتها البكتيريا والطحالب الخضراء - المزرقعة Blue- green algae.

والخلية بدائية النوى تحتوي على سايتوبلازم داخلي وغشاء بلازمي تحيط بهما طبقة خارجية تشكل جدار الخلية Cell wall. وقد ينعقد مثل هذا الجدار في بعض الخلايا مثل المايكوبلازما. وقد تتحرك هذه الكائنات بواسطة سوط Flagella (والذي إن وجد) فهو يتكون من بروتين شبيه بالخيط Thread- like protein كما في البكتيريا. وتتكون الطحالب الخضراء - المزرقعة من طيات في الغشاء البلازمي تحتوي على أنزيمات وصبغات ضرورية للتفاعلات الضوئية وهناك أنواع منها تقوم بعملية البناء الضوئي.

الكائنات الحية حقيقية النواة Euokaryotes :

وتحتوي هذه الكائنات على خلايا أكثر تعقيداً من الأولى وتتكون من أقسام داخلية. وكل خلية حقيقية النواة تحتوي على نواة تضطلع بمهمة مركز السيطرة. ولا تحوي هذه الخلايا جدار خلوي ولكنها تحتوي جسم حال Lysosome يحوي انزيمات هضمية. كما أنها تحتوي على ميتوكوندريا Mitochondria تعمل كبيوت للطاقة Power house. وكذلك فإنها تنقسم



داخلياً بواسطة الشبكة الأندوبلازمية Endoplasmic reticulum. ويحرك هذه الخلايا سوط يعد أكثر تعقيداً مما هو عليه في البكتيريا.

مم تتكون الخلية النموذجية؟

تتكون الخلية النموذجية من:

1. غشاء الخلية cell membrane : ويحيط بها ويتميز بخصائص خاصة تجعله في اتصال مع بقية الخلايا المحيطة.
2. منطقة النواة nuclear region: وتعمل على توجيه نشاطات الخلية. ففي البكتيريا مثلاً تتضمن جميع المواد الجينية genetic material في الدنا DNA . أما في الخلايا حقيقية النواة فهناك غشائين حيث يحيط الغلاف النووي nuclear envelope بالنواة الحاوية على الدنا DNA.
3. مادة خلالية Matrix: نصف سائلة تكون السايروبلازم في خلايا البكتيريا. أما في الخلايا حقيقية النواة فإن السايروبلازم يحتل المنطقة بين النواة والغشاء الخلوي. وتحتوي هذه الخلايا على شبكة اندوبلازمية ومايتوكوندريا. وكذلك تحتوي على جدار خلوي كما في النباتات والبكتيريا والفطريات Fungi. وتحتوي النباتات والطحالب أيضاً على بلاستيدات خضراء.
4. إن معظم الخلايا تكون صغيرة جداً بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. ويحتوي جسم الإنسان مثلاً على ما يقارب مائة تريليون (100 trillion) خلية تولف كل واحدة منها ما بين 5-20 مايكرومتر. ولو أننا صففنا هذه الخلايا مع بعضها البعض فإنها ستؤلف صفّاً يمتد إلى أكثر من 500 مليون كيلو متر.

النظرية الخلوية The cell theory

ولأن الخلية تكون من الصغر بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة فإن إكتشافها لم يتم حتى أكتشف المجهر Microscope في أواسط القرن السابع الميلادي Mid-seventeenth century.



ففي عام 1665 وصف لأول مرة روبرت هوك Robert Hook الخلية عند فحصه لقطعة فلين فوجدها تتكون من حجيرات فارغة تشبه خلايا النحل أطلق على كل حجيرة منها مصطلح خلية Cellulae مستعملاً الكلمة اللاتينية التي تعني غرفة صغيرة Small room.

وبعد سنين قليلة أعلن انتوني فان ليفنهوك Antonie van Leeuwenhock عالم الطبيعة الألماني عن اكتشافه لأول مره خليه حيوانية سماها باللاتينية Animalicule وتعني حيوان صغير Little animal.

في عام 1838 أعلن الألماني ماثيس شلايدن Matthias Schleiden بعد دراسته لأنسجة النبات مقولته الأولى في النظرية الخلوية Cell theory والتي مفادها : أن جميع النباتات تحتوي على خلايا.

أما في عام 1839 التالي فقد نشر ثيودر شفان Theodor Schwann تقريراً بين فيه أن جميع الحيوانات تحتوي على خلايا أيضاً.

لذلك فقد اعتبرت الأوساط العلمية كل من شلايدن وشفان Schleiden & Schwann مؤسساً للنظرية الخلوية حيث عرفت بعد ذلك بإسميهما وسميت نظرية شلايدن وشفان Schleiden & Schwann.

مبادئ النظرية الخلوية Principles of cell theory :

تنضمن النظرية الخلوية في شكلها الحديث أربعة مبادئ وهي:

1. إن جميع الكائنات تحتوي على خلية واحدة أو أكثر.
2. إن الخلية هي أصغر شيء حي.
3. إن الحياة على الأرض تمثل خط مستمر ومتصاعد من الخلايا المبكرة Early cells.
4. تتكون الخلايا عن طريق إنقسام خلايا سبق أن تكونت Previously existing cells.

لم لا تكون الخلايا أكبر حجماً؟

لقد أظهرت البحوث بأن للخلايا أحجام مختلفة. فإن حجم الخلية المفردة للطحالب البحرية Marine Alge المعروفة بالأسستبيولارس Acetabularis مثلاً تكون كبيرة حيث تصل إلى ما

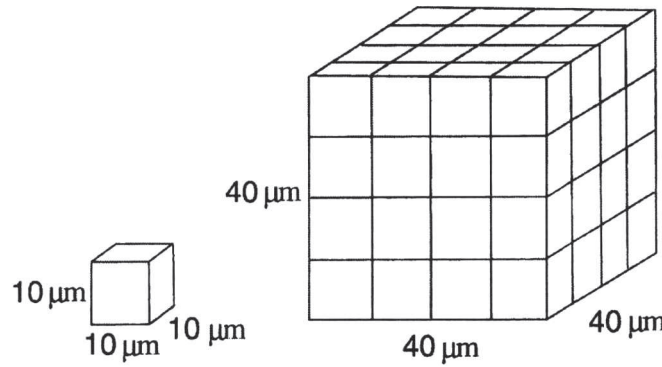


يقارب خمسة سنتيمترات في الطول. أما جسم الإنسان فيحتوي على خلايا تبلغ أقطارها ما بين 5-20 مايكرومتر. كما أن جميع الكائنات الحية على الأرض تتكون من خلية واحدة أو مجموعة خلايا هي جميعاً إمتداد لخلايا سبق أن تكونت من خلايا أولية.

لماذا تتكون أجسامنا من هذا العدد الكبير من الخلايا الصغيرة؟

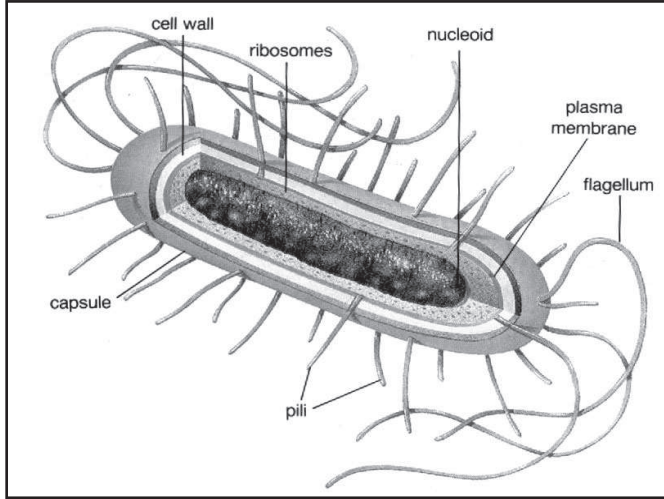
تعد السيطرة المركزية في جميع الخلايا ضرورية لإدامة الحياة. وتنتقل المواد خلال عملية الانتشار Diffusion. فإذا كانت الخلية كبيرة جداً فإنها لا يمكن أن تعمل بكفاءة عالية، لأن مرور المواد من النواة إلى جميع أجزاء الخلية بواسطة الانتشار تستغرق وقتاً طويلاً لكي تصل إلى أطراف الخلية.

لذلك فإن فائدة صغر حجم الخلية تتجلى بما يصطلح عليه معدل نسبة السطح الى الحجم Surface - to - volume ratio. ومفاد هذا المصطلح هو أن سعة الخلية تزداد بزيادة الحجم أكثر من المساحة السطحية. لذلك فإن وجود عدد كبير من الخلايا الصغيرة يكون أفضل من وجود عدد قليل من الخلايا الكبيرة لأن الخلايا الصغيرة ستعمل بكفاءة عالية وتكون لها فرصة أعظم لأن تتصل فيما بينها وكذلك مع المحيط (شكل رقم 1-1).



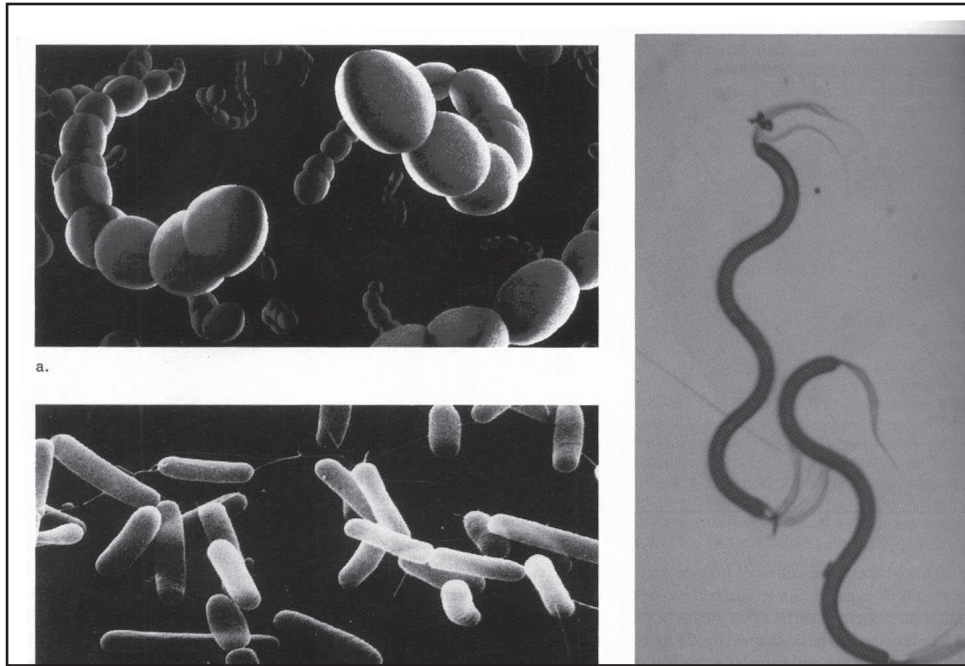
البناء الخلوي للبكتيريا Structure of Bacteria

تعد البكتيريا واحدة من الكائنات وحيدة الخلية. وهناك ما يقارب 2500 نوع من أنواع



شكل رقم (2-1 أ)
البناء الخلوي للبكتيريا

البكتيريا المعروفة. وتختلف أشكال البكتيريا ما بين العصوية Rod-shaped والبيضوية Spherical واللولبية Spiral. وتلتصق البكتيريا أحياناً مع بعضها البعض لتكون مسبحة أو تكون على شكل متكتل. وهي صغيرة الحجم وتفتقر إلى التنظيم الداخلي وليس فيها نواة (شكل رقم 2-1 أ و ب).



شكل رقم (2-1 ب)

خلايا البكتيريا لها اشكال مختلفة كما ترى تحت المجهر



وكما هو الحال مع بقية الخلايا الحية فإن الخلية تحاط بغشاء بلازمي وتحفظ داخل جدار خلوي يتكون من مواد كربوهيدراتية تتخللها وحدات ببتيدية قصيرة. وفي بعض أنواع بكتيريا البناء الضوئي photosynthetic يتكون الغشاء من طيات تقع صبغات البناء الضوئي فوقها. ولأن البكتيريا لا تحتوي على حجات منفصلة عن بعضها فإن الأنزيمات والحامض النووي الرايبي منقوص الأكسجين (دنا DNA) يكون في تماس مع جميع أجزاء الخلية. كذلك يكون سايتوبلازم الخلايا البكتيرية وحدة واحدة في داخلها.

البناء الخلوي لحقيقية النواة : Structure of eukaryotes

وتعد هذه الخلايا أكثر تعقيداً من الأولى حيث تحتوي على عضيات تشابه تلك الموجودة في البكتيريا في الحجم والمظهر تدعى الميتوكوندريا Mitochondria وهي معامل الطاقة -En- ergy factories في الخلية.

أما دواخل الخلايا حقيقية النواة فتشترك في بناء هندسي أساسي Basic architecture يحده غشاء بلازمي يحتوي على مادة خلالية Matrix تتكون من البروتينات تدعى الهيكل الخلوي Cytoskeleton ويحتوي على عدد من العضيات. وهناك نوعين من العضيات:

أ. عضيات تشتق من الغشاء وهي عضيات المرتبة الأولى (Class1) وتشكل:

1. الشبكة الأندروبلازمية

2. النواة

3. أجسام كولجي

4. الأجسام الحالة

5. الأجسام الدقيقة

ب. عضيات تحتوي على الحامض النووي الرايبي منقوص الأكسجين (دنا DNA) وهي

عضيات المرتبة الثانية (Class2) وتشمل :

1. الميتوكوندريا

2. البلاستيدات الخضراء

3. الجسيمات المركزية