المحاضرة الثانية – علم الحيوان

بنية الخلية Structure of Cell

مقدمة

- القرن 17 اكتشف العلماء أن أجسام النباتات والحيوانات تتألف من الخلايا.
- تطورت الأبحاث إلى أن استخدم المجهر الإلكتروني الذي مكن من دراسة شكل وتركيب الخلية بشكل مفصل.

أشكال الخلايا وأبعادها

تختلف أشكال الخلايا الحيوانية عن بعضها بسبب:

1- خلوها من الغلاف الخلوي القاسي الذي يوجد في الخلايا النباتية.

2- التمايز الخلوي والعضوي الكبير الذي طرأ على الخلايا الحيوانية.

ماهي أشكال الخلايا الحيوانية مع أمثلة عليها؟

1. الشكل الكروي والبيضي (خلايا النسيج الدموي).
2. اسطوانية الشكل أو مكعبة (الخلايا الظهارية)
3. مغزلية الشكل (خلايا العضلات الملساء)
4. نجمية الشكل (الخلايا العظمية).
5. أشكال أخرى (خلايا قشرة المخيخ ... وغيرها)

أبعاد الخلايا الحيوانية

- تختلف أبعادها وفق الأنواع الحيوانية وكذلك باختلاف أنواع النسج ضمن الفرد الواحد.
- تتراوح بين (10 – 20 µm ميكرومتر أو ميكرون)، إلاّ أن بعض الأنواع يكون أصغر من ذلك بكثير وبعضها أكبر بكثير.
- يبلغ طول الخلية العصبية عند الحيتان عدة أمتار، أما أصغر الخلايا فهي الخلايا الجرثومية والفيروسات.

مكونات الخلية الحيوانية: تركيبها ووظائفها

أولاً: الهيولى الأساسية Basal Cytoplasm

ثانياً: الغلف الخلوية Cellular envelopes

ثالثاً: العضيات الهيولية Cytoplasmic organelles

رابعاً: النواة Nucleus

خامساً: المشتملات الخلوية الخاملة Insert cellular inclusion أو البارابلاسم Paraplasm

أولاً: الهيولى الأساسية Basal Cytoplasm

تقسم إلى جزءاً محيطياً لزجاً وشفاف يدعى بالهيولى الظاهرة Ectoplasm وأخر داخلي ممدد أقل لزوجة وحبيبياً يدعى الهيولى الباطنة (ينتج المظهر الحبيبي من وجود العضيات الخلوية).

التركيب الكيميائي للهيولى الأساسية:

60% ماء، 4.3% مواد معدنية، 35.7% مواد عضوية (السكريدات – الليبيدات - البروتينات «الغلوبولينات والألبومينات» - أحماض أمينية حرة «السيستين، السيستئين، التريبتوفان، الهستدين» - بروتينات غير متجانسة «الفوسفوبروتينات والبروتينات الشحمية والسكرية» - الأصبغة - الأنزيمات).

الصفات الفيزيائية للهيولى الأساسية:

- عديمة اللون إلاّ في بعض الحالات التي تشتمل على مواد صباغية أو بروتينات ملونة Chromoprotein كالهيموغلوبين في الكريات الحمراء.
- PH = 6.8 (حموضة ضعيفة)
- اللزوجة تختلف من منطقة إلى أخرى في الخلية، فالهيولى الظاهرة أقل ميوعة من الهيولى الباطنة.
- تتصف الهيولى بقساوة قليلة نسبياً.
- تتصف بالمرونة (أي أن الخلية تملك القدرة على تغيير شكلها والعودة إلى الوضع الأصلي).

الوظائف الأساسية الهيولى:

- وسط مناسب لفعاليات العضيات المنتشرة داخلها.
- نقل المواد في الخلية وتغيير أماكنها بفضل التيارات الهيولية في الخلية.
- خلال الانقسامات الخلوية تعد تغيرات لزوجة الهيولى من العوامل الأساسية في ألية الحركة الأميبية وانقسام الهيولى.
- تجري فيها عمليات استقلابية مهمة كعمليات تحول البروتينات والتفكك اللاهوائي للسكريدات وما ينتج عنها من تحرر الطاقة.

ثانياً: الغلف الخلوية Cellular envelopes

تقسم إلى نوعين:

1-غشاء رقيق داخلي يلاصق الهيولى ويدعى بالغشاء الهيولي: يوجد في خلايا جميع الكائنات الحية.

2- غشاء خارجي أكثر ثخانة يدعى بالجدار الخلوي: يوجد في الخلايا النباتية وعند بعض الحيوانات الأوالي وبيوض مفصليات الأرجل والديدان وفي الأغلفة الخارجية للخلايا البشرية وبعض النسج الظهارية التي تبطن بعض الأعضاء. له وظيفة تكوين شكل الخلايا والأعضاء.

الغشاء الهيولي Cytoplasmic membrane

بنية الغشاء الهيولي:

- طبقة شحمية مزدوجة.
- بروتينات محيطية: مرتبطة بالسطح الخارجي والسطح الداخلي للطبقة الشحمية المزدوجة.
- بروتينات كاملة: تخترق الطبقة الشحمية المزدوجة قليلاً أو كثيراً وذلك في ثلاثة أشكال:

- جزيئات بروتينية تتوضع في محور الطبقتين الشحميتين (بينهما)
- جزيئات بروتينية تمتد في طبقة شحمية واحدة.
- جزيئات بروتينية تعبر كلا الطبقتين الشحميتين.

التركيب الكيميائي الغشاء الهيولي:

- البروتينات الكروية Globular proteins.
- البروتينات السكرية Glycoproteins.

ملاحظة: معظم بروتينات الغشاء الهيولي هي: بروتينات وظيفية كالأنزيمات والمستقبلات البروتينية وغيرها.

- الشحميات الفوسفورية والستروئيدات والشحميات السكرية: تدخل بتركيب الطبقة الشحمية المزدوجة للغشاء الهيولي.

وظائف الغشاء الهيولي:

1. النقل الجزيئي Molecular transport: (يتصف بالانتقائية أي يسمح لبعض الجزيئات بالمرور ويمنع بعضها الأخر)
    A. النقل المنفعل Passive transport.
    B. النقل الفعال Active transport.
2. الإدراك الكيميائي والإدراك الضوئي Chemoreception and photoreception.
3. الابتلاع الخلوي Endocytosis.
4. الالتفاظ Exocytosis.

أولاً- النقل الجزيئي Molecular transport:

النقل المنفعل Passive transport

تعريفه: انتقال الجزيئات عبر الغشاء الهيولي بألية فيزيائية دون استهلاك الطاقة.

يتم انتقال الجزيئات الصغيرة من وسط مرتفع التركيز ← وسط منخفض التركيز عبر الغشاء الهيولى (تدعى هذه الظاهرة الفيزيائية بالانتشار).

لظاهرة الانتشار نوعان: انتشار بسيط (أو حر) وانتشار مسهل (أو ميسر).

الانتشار البسيط أو الحر: هو انتقال المواد ذات الجزيئات الصغيرة عبر الغشاء الهيولي من الوسط مرتفع التركيز إلى الوسط منخفض التركيز بين الخلية والوسط المحيط دون أن تتدخل الخلية في تنظيم هذا الانتقال.

من المواد التي تنتقل بهذه الطريقة:

1. الجزيئات المحبة للمواد الشحمية (حموض دسمة وسكريدات وبعض الحموض العضوية والأستيرات والستيرولات).
2. الجزيئات المحبة للماء (كحول، بولة وغيرها).
3. بعض المواد الفعالة كالأدوية وبعض الأصبغة وكل أنواع السموم الخلوية.

عدم تدخل الخلية في تنظيم عملية الانتشار يؤدي لاستمرار عبور المواد خلال الغشاء الهيولي حتى يتساوى التركيز على جانبي الغشاء.

يتم انتقال المواد المحبة للشحوم وهي بحالة محاليل لأنها تملك قابلية انحلال في الطبقة الشحمية المزدوجة بعد أن تدخل هذه المواد من خلال المسافات الموجودة في الطبقة البروتينية.

أما الجزيئات المحبة للماء فإنها تعبر الغشاء الهيولى من خلال الأماكن التي تتجمع فيها البروتينات الكاملة الممتدة من السطح الخارجي إلى السطح الداخلي للغشاء الهيولي.

أما انتشار الشوارد Na^+, K^+, Cl^- فهو يخضع لتركيز المادة وللكمون الكهربائي للغشاء، لذا يسمى انتشار الشوارد بالانتشار الكهربائي.

الانتشار المسهل (أو ميسر): يتم بواسطة ناقل ذو طبيعة بروتينية لذا يدعى بالبروتين الناقل الذي يوجد في الغشاء الهيولي.

المواد التي تنتقل بواسطة الانتشار المسهل هي: الأحماض الأمينية وأحاديات السكريد (الفركتوز) والشوارد.

إذاً: الانتشار المسهل للجزيئات لا يحتاج طاقة وإنما يتم من الوسط ذو التركيز المرتفع إلى الوسط منخفض التركيز (مثل الانتشار البسيط ولكن بوجود ناقل).

ترتبط سرعة نقل المواد بهذه الطريقة بـ:

- ✓ مقدار ما يألف البروتين الناقل المادة المنقولة،
- ✓ عدد البروتينات الناقلة في الغشاء الهيولي،
- ✓ سرعة الحركة الانتقالية للناقل في الغشاء،
- ✓ ارتفاع تركيز المادة المنقولة يؤدي لزيادة سرعة انتقالها للجهة الاخرى من الغشاء الهيولي ولكن لحد معين بحيث أنه مهما زاد التركيز تبقى السرعة ثابتة وذلك بسبب ارتباط جميع النواقل في الغشاء الهيولي مع جزيئات المواد المنقولة.

النقل الفعال Active transport

تعريفه: انتقال الجزيئات عبر الغشاء الهيولي من الوسط منخفض التركيز ← الوسط مرتفع التركيز مع استهلاك طاقة (تنتج الطاقة عن تفكك الـ ATP الذي يتشكل في المتقدرات). والناقل هنا عبارة عن بروتين مقترن بوظيفة أنزيمية.

مثال: مضخة الصوديوم والبوتاسيوم:

في داخل بعض الأنواع الخلوية (كالكريات الحمر وخلايا الدماغ وغيرها) تكون نسبة تركيز شوارد البوتاسيوم K^+ مرتفعة جداً، بينما تكون نسبة تركيز شوارد الصوديوم Na^+ مرتفعة في الوسط المحيط بها أي في السائل الخلالي.

لذا يحصل انتشار شوارد الصوديوم من الوسط المحيط بالخلية إلى داخلها، وانتشار شوارد البوتاسيوم من داخل الخلية إلى خارجها حسب قوانين الانتشار (أي من الوسط مرتفع التركيز إلى منخفض التركيز) لذلك لابد من نقل فعال مستمر يعيد شوارد الصوديوم إلى خارج الخلية ويعيد شوارد البوتاسيوم إلى داخلها للإبقاء على الحالة الطبيعية لتوزع هذه الشوارد داخل الخلية (K^+) وخارجها (Na^+).

النقل الفعّال للشوارد:

تجري عملية النقل الفعال لشوارد الـ (K^+ و Na^+) بواسطة ناقل بروتيني يتمتع بخاصة أنزيمية، فعلى أحد جانبي الغشاء يرتبط الناقل أنزيمياً مع الشاردة ويشكل معها معقداً يعبر الغشاء إلى ناحيته الثانية حيث يتم بوجود أنزيم نوعي تفكيك المعقد وتحرير الشاردة المنقولة.

من الأمثلة الحيوية على ظاهرة النقل الفعال نذكر:

1- امتصاص المواد الغذائية في جهاز الهضم، وذلك بواسطة النسيج الظهاري المعوي.

2- عودة امتصاص بعض الجزيئات في الأنابيب الكلوية كالغلوكوز وغيره من المواد المهمة للجسم.

ثانياً- الإدراك الكيميائي والإدراك الضوئي Chemoreception and photoreception.

الإدراك الكيميائي: يعني مقدرة المتعضيات الحيوانية على استقبال المعلومات الناشئة عن المؤثرات الكيميائية مع رد فعل المتعضية على هذه المؤثرات.

مثال: الانجذاب الكيميائي عند الحيوانات الأوالي والحس الذوقي عند الكائنات الأرقى.

تتواجد المستقبلات الكيميائية في الغشاء الهيولي وتتصف بأنها جزيئات بروتينية تتأثر بالمنبهات الكيميائية، وتملك القدرة على تحويل التنبيهات الكيميائية إلى دفعات عصبية تصل إلى الجملة العصبية المركزية عن طريق الأعصاب.

الإدراك الضوئي: يتمثل بالمستقبلات الضوئية التي تتألف من بروتين واحد هو الرودوبسين Rodopsin.

ثالثاً- الابتلاع الخلوي Endocytosis

تعني هذه الظاهرة دخول المواد ذات الجزيئات الكبيرة إلى داخل الخلية وتتحقق هذه الظاهرة بأسلوبين هما: الاحتساء (الارتشاف أو الشرب) والبلعمة.

الاحتساء Pinocytosis: تعني إمكانية عبور المواد المنحلة في الوسط الخارجي إلى داخل الخلية. وتتم هذه الظاهرة بانخماص الغشاء الهيولي ثم تنغلق هذه الحفرة على محتوياتها من ماء ومواد منحلة، وتنفصل عن سطح الخلية مشكلة الحويصل الاحتسائي الذي يحاط بالجزء المنفصل من الغشاء الهيولي.

البلعمة Phagocytosis: تعني دخول المواد ذات الجزيئات الكبيرة وذات القوام الصلب (حبيبات الأصبغة أو الجراثيم أو نفايات خلوية) من الوسط الخارجي إلى داخل الخلية عبر الغشاء الخلوي. لابد من الإشارة إلى أن الغشاء الهيولي يتجدد بعد كل احتساء أو بلعمة ليعوض الجزء المقطوع منه.

ألية حدوث البلعمة:

ترسل الخلية استطالات هيولية (أرجل كاذبة) ناتجة عن الحركة الفعالة للهيولى لتحيط بالجسم الملتهم فتشكل بذلك الحويصل البلعمي الذي ينفصل عن الغشاء الهيولي ليصبح في الهيولى الأساسية. تحصل ظاهرة البلعمة في بعض أنواع الخلايا كالأوليات والكريات البيض والبلاعم Macrophages.

رابعاً- الإلتفاظ Exocytosis

- تتلخص هذه العملية بتحرير المواد من الخلية إلى الوسط المحيط وتتشابه أليتها مع عملية الابتلاع الخلوي إلا انها تسير باتجاه معاكس.
- تلتصق الحويصلات الموجودة داخل الخلية مع الغشاء الهيولي ويحدث تحرر محتوياتها إلى خارج الخلية.

ثالثاً: العضيات الهيولية Cytoplasmic organelles

1. المتقدرات (الميتوكوندريا) Mitochondria

- تأخذ أشكالاً مختلفة (حبيبية، إهليلجية، عصوية)، وأبعادها مختلفة (قطرها 0.5 µm وطولها 7 µm).
- توجد عند جميع أنواع الخلايا ماعدا الجراثيم والكريات الحمر عند الإنسان.
- تتوزع عشوائياً في الهيولى لكنها تتركز في المناطق ذات النشاط الفيزيولوجي لتأمين الطاقة اللازمة لهذا النشاط الفيزيولوجي.
- يرسل الغشاء الداخلي نحو داخل المتقدرة استطالات تدعى أعراف، تفصل جوفها إلى غرف متصلة، يتوزع على السطح الداخلي للغشاء الداخلي وحدات ثلاثية الاجزاء تتألف من: رأس كروي يحمل العوامل المساعدة على تركيب الأتب ATP وساق وقاعدة.

- يمتلئ جوف المتقدرة بمادة أساسية تدعى المطرق Matrix: تحتوي على جسيمات صغيرة تدعى الريباسات المتقدرية Ribosomes، ويحتوي المطرق أيضاً على حبيبات غنية بشوارد الكالسيوم والمغنيزيوم والصوديوم. يدخل في التركيب الكيميائي للمطرق بروتينات أنزيمية وشحميات وفيتامينات وDNA وRNA وADP وATP.
- يتألف غشاء المتقدرة من مواد بروتينية وشحميات فوسفورية وبروتينات ذات طبيعة أنزيمية.

ماهي وظائف الميتوكوندريا؟

- مكان إنتاج الطاقة في الخلية: يتم فيها أكسدة السكريات والحموض الأمينية وتفكيكها إلى مواد لاعضوية (Co_2 وH_2O) وطاقة. تتم هذه الأكسدة بواسطة إنزيمات السلسلة التنفسية مثل: أنزيم السيتوكروم وغيرها.
- يتم اختزان جزء كبير من هذه الطاقة في ATP الذي ينتج عن فسفرة مركب ثاني أدينوزين الفوسفات ADP (تدعى عملية تحول الـ ADP إلى ATP بالفسفرة التأكسدية، وتتم هذه العملية في مستوى الغشاء الداخلي).
- يجري بداخلها تفاعلات التركيب الحيوية (في الطبقات الداخلية للمطرق Matrix وهي الجوف الداخلي للمتقدرة).
- أما الغشاء الخارجي للمتقدرة فإنه يشتمل على الأنزيمات الضرورية لعملية البناء وتقويض الشحوم الثلاثية.

2. الشبكة الهيولية الباطنة Endoplasmic reticulum

وهي أقنية غشائية مسطحة مجوفة ولها شكلان:

1- شكل حبيبي وتدعى بالشبكة الهيولية الباطنة الحبيبية، تتوزع الريباسات (أو الريبوسومات) على السطوح الخارجية للشبكة (توجد في الخلايا الغدية للجهاز الهضمي والمعثكلة).

2- الشكل اللاحبيبي وتدعى بالشبكة الهيولية الباطنة اللاحبيبية (أو الملساء) وفيها تخلو سطوح هذه الشبكة من الريبوسومات (توجد في الخلايا المختصة بإنتاج الستروئيدات والخلايا التي يتم فيها استقلاب الغليكوجين في الكبد وفي الخلايا العضلية).

ملاحظة: يمكن أن يتواجد النمطان للشبكة الهيولية في الخلية نفسها حيث تتصل إحداهما بالأخرى مثل الخلايا اللوتينية للجسم الأصفر.

تنويه: الريبوسومات = الريباسات

ماهي وظائف الشبكة الهيولية الباطنة؟

1. تركيب المواد البروتينية ذات الطبيعة الإفرازية عن طريق الريباسات المتوزعة على سطوحها ثم تنتقل المواد المصنعة عبر قنوات الشبكة إلى جهاز غولجي حيث يتم تكثيف المواد البروتينية وتحويلها إلى حبيبات إفرازية يتم طرحها لخارج الخلية.
2. نقل المواد داخل الخلية.
3. تركيب المواد الشحمية والسكريدية: تقوم بها الشبكة اللاحبيبية (الملساء) لاحتواء أغشيتها على مختلف الانزيمات اللازمة لهذا التركيب.
4. تقوم الشبكة الهيولية الباطنة اللاحبيبية (الملساء) بوظيفة تخريب فاعلية المواد السامة.

3. الريباسات أو الريبوسومات Ribosomes:

- هي المكان الذي يتم فيه تشكيل البروتينات في الخلية.
- تتألف من وحدتين: تحت وحدة صغيرة وتحت وحدة كبيرة، ترتبطان معاً خلال تشكل البروتين بواسطة شوارد المغنيزيوم وبعد انتهاء عملية التركيب البروتيني تنفصلان عن بعضهما.

4. جهاز غولجي Golgi apparatus

- يوجد في معظم الخلايا الحيوانية والنباتية.
- يظهر بعدة أشكال تختلف باختلاف الخلايا فهو إما:

1- خيطياً متكتلاً يتوضع قرب النواة في خلايا النسيج الظهاري للمعي الدقيق عند البرمائيات،

2- أو على شكل حبيبات أوعصيات (يطلق عليها الجسيمات المشتبكة) في العقد الشوكية عند الثدييات.

وظائف جهاز غولجي:

1- يعد مركزاً لتجميع وتكثيف المواد البروتينية التي تفرز من الخلية.

2- يتم فيه ربط المواد اللابروتينية مع البروتينات مثل: ارتباط السكريدات مع البروتينات لتشكيل بروتينات سكرية.

5. اليحاليل Lysosomes:

توجد في معظم الخلايا على شكل حويصلات بيضوية الشكل، تحتوي أنزيمات عديدة قادرة على تفكيك المواد البروتينية والشحمية والسكريدية والحموض النووية.

وظائف اليحاليل:

1. تندمج اليحاليل مع الحويصلات الحاوية على المواد الغذائية التي تدخل إلى الخلية عن طريق البلعمة أو الاحتساء مشكلة الفجوة الهاضمة حيث تختلط أنزيمات الإماهة مع المواد الغذائية مما يؤدي لتفكيك هذه المواد إلى عناصرها الأولية.
2. تساهم اليحاليل بعملية الانحلال الذاتي للخلية بعد موتها نتيجة للخلل في بنية الأغشية الخلوية ووظائفها بما في ذلك أغشية اليحاليل، وهذا ما يؤدي إلى تفكك هذه الأغشية وتحرير أنزيمات الإماهة في الهيولى والقيام بهضم جميع مكونات الخلية.

6. الأجسام البيروكسية Pyroxysomes:

هي عناصر حويصلية، تقوم بعملية استحداث السكر Gluconeogenesis انطلاقاً من الحموض الأمينية والمواد الشحمية بواسطة أنزيمات الأوكسيداز.

7. الجسيم المركزي Centrosome:

- يوجد في معظم الخلايا النباتية،
- يوجد في جميع الخلايا الحيوانية (باستثناء الخلايا العصبية)،
- يتكون من الأشعة الكوكبية والكرة الجابذة والمريكز
- يشتمل الجسيم المركزي في بعض الخلايا على مريكزين متجاورين يتوضع أحدهما عمودياً على الأخر.

وظائفه:

1. تشكيل مغزل الانقسام ويحدد قطبية الخلية وذلك بانشطاره إلى جسيمين مركزيين يتوضع أحدهما في قطب والأخر في القطب المقابل وبالتالي يشكل الاماكن التي تهاجر إليها الصبغيات.
2. يلعب دوراً هاماً في حركة العضيات الخلوية كالسياط والاهداب.
3. يقوم بتشكيل الحبيبات القاعدية.

8- الأهداب والسياط Flagella and Cilia: هي استطالات هيولية تغطي سطح الخلايا.

9- الخييطات Microfilaments: توجد في أنواع خلوية مختلفة كالنسيج العضلي (تؤدي وظيفة حركية) والنسيج الظهاري (تؤدي وظيفة دعامية) وأحياناً تؤدي وظيفة حركية ودعامية بأن واحد.

10- الأنيبيبات Microtubulus: توجد بجميع أنواع الخلايا،

وظائفها:

- تقوم بالمحافظة على شكل الخلية،
- كما تعمل كصلة وصل بين الغشاء الهيولي والهيولى من جهة ومسامات الغشاء النووي،
- تلعب دوراً مهماً في الانقسامات الخلوية حيث تشكل مغزل الانقسام وتوجيه المريكزان بعد تضاعفهما باتجاه قطبي الخلية وتعمل على حركة الصبغيات باتجاه المريكزين المتوضعين في قطبي الخلية.

يتكون الجسيم المركزي من:

- **الأشعة الكوكبية:** خيوط بروتينية تصدر عن الكرة الجابذة وتأخذ وضعاً شعاعياً.
- **الكرة الجابذة:** هي كتلة هيولية تحيط بالمركز.
- **المريكز:** شكله أسطواني، بنيته متشابهة في جميع الخلايا بحيث يتألف سطحه من 9 مجموعات من الأنيبيبات الطولية وتتألف كل مجموعة منها من 3 أنيبيبات.

رابعاً: النواة Nucleus

موقعها: مركز الخلية عادة ولكن أحياناً تتوضع قرب الغشاء الهيولي (كما في الخلايا الشحمية) أو قرب أحد قطبي الخلية (كما في بعض الخلايا البيضية) أو تتوضع قاعدياً (كما في الخلايا ذات الإفراز الخارجي).

أشكالها: تأخذ النوى شكلاً كروياً أو بيضوياً، وتكون أحياناً متغصنة أو مفصصة كما في الكريات البيض أو تكون نضوية أو عصوية كما في الخلايا العضلية الملساء.

أبعادها: تتعلق أبعادها بعمر الخلية ووظيفتها، ففي الخلايا الفتية تكون النواة أكبر منها في الخلايا الكهلة، ماعدا الخلايا الغدية التي تحافظ على حجوم نواها باستمرار.

وظائف النواة:

1. وظيفة وراثية: حيث تحوي على المادة الوراثية DNA
2. وظيفة استقلابية: إذا نزعنا النواة من الخلية تنخفض عملية تركيب RNA والسكريدات وATP وبعض المواد البروتينية.

أجزاءها:

1. **الغشاء النووي:** يفصل بين الهيولى واللمف النووي، يتألف من غشائين داخلي وخارجي، يشاهد في الغشاء النووي مسامات Pores قطرها 20-50 نانوميتر تؤدي وظيفة تنظيم المبادلات بين الهيولى والنواة.
2. **اللمف النووي:** يحيط الغشاء النووي باللمف النووي الذي يمثل وسطاً تتوزع فيه الحبيبات والليفات الكروماتينية والنويات.
3. **الكروماتين:** يؤلف الكروماتين مادة الصبغيات التي تظهر في مرحلة الانقسامات الخلوية، ويظهر فقط في طور الراحة (أو الطور البيني) من الدورة الخلوية، تظهر على شكل حبيبات أو ليفات حلزونية داخل اللمف النووي ويوجد منه نوعان: الكروماتين الغيري (وهو قابل للتلون بالملونات الأساسية)، والكروماتين الحقيقي (ضعيف التلون).

4. **النوية:** تأخذ شكلاً كروياً او بيضوياً توجد في نوى جميع الحيوانات، يوجد في النواة نوية أو أكثر تتوضع في وسط النواة، وهي غير محاطة بغشاء.

وظائف النوية:

- تشترك مع النواة في اصطناع بعض المواد البروتينية.
- هي المكان الذي يتشكل فيه الرنا الريبوزومي r-RNA الذي يدخل في تركيب الريباسات
- تساعد على انتقال الرنا المرسال m-RNA من النواة إلى الهيولى.
- تختفي النوية خلال الانقسامات الخلوية وتتشكل من مادتها بعض أجزاء الصبغيات وفي نهاية الانقسامات تتشكل نوية جديدة.

خامساً: المشتملات الخلوية الخاملة Insert cellular inclusion:

- مواد ادخارية ومواد ناتجة عن نشاط الخلية وتدعى بالمشتملات الخلوية أو ما يسمى بالمواد العاطلة (ليبيدات وكربوهيدرات وبروتينات وصباغ).
- الهيكل الخلوي (الجسم المركزي +الخيوط الدقيقة + الأنيبيات الدقيقة).

ملحق مع الصور التوضيحية في ملف بوربوينت PDF

د. ظلال الصافتلي