الفصل الرابع عشر

النواة البينية THE INTERPHASE NUCLEUS

اكتشف روبرت براون فى عام ١٨٣١ النواة كجزء اساسى ودائم في الخلية ومنذ ذلك الوقت والدراسات مستمرة على المكونات الخلوية. وتمر النواة في تاريخ حياتها بمرحلتين هما المرحلة البينية وهى الطور بين انقسامين متعاقبين وهذه المرحلة أيضية وهي التى كان يطلق عليها " بالطور الساكن " وهو وصف غير دقيق إذ أن النواة تكون نشطة وتقوم بجميع الأنشطة الحيوية فى كل الأوقات .

أما المرحلة الثانية للنواة ، مرحلة الانقسام ، فهى فترة الانقسام فى الخلية ، والنواة تركيب دائم فى كل الخلايا الحية عدا خلايا الدم الحمراء الناضجة للثدييات . وفى الحيوانات الدنيئة لا ترجد نواة أصيلة موحدة التركيب كما فى خلايا الحيوانات المعقدة التركيب ولكن الذى يمثل النواة ما هو إلا عدد من الحبيبات من المادة النووية (حبيبات كررماتينية) مبعثرة فى سيتوبلازم هذه الخلايا كما فى بعض الحيوانات الأولية السوطية . أما فى البكتريا فلا يوجد تركيب نووى يظهر بالتحضيرات التى تتبع لاظهارها . ويعتقد بعض علماء الخلية أن هذه الحبيبات المنتشرة ذات خواص كيميائية تتميز بها الأنوية الحقيقية .

وقد أمكن بواسطة المجهر الالكتيرونى تعيين بعض الجسيمات النووية فى البكتريا والتى تتميز بخواص الأنوية . ولا يوجد غلاف أو غشاء نووى فى خلايا البكتريا .

وفي الفيروسات فان المواد النيكليوبرتين المتواجـدة تعتبر على أنها تمثل الأجسام النووية .

شكل النواة : Shape of nucleus

شكل النواة غالبا ما يكون مرتبطا بالشكل العام للخلية ولكن أحيانا ما تكون النواة غير منتظمة تماما . وكقاعدة عامة فإن معظم الأنوية تكون كروية أو بيضاوية الشكل . وفى بعض الاحيان تكون مستطيلة أو مكونة من نصوص كما فى كرات الدم البيضاء للفقاريات . وقد يحدث أن يكون شكل النواة غير منتظم التفرع كما فى الخلايا الافرازية لبعض الحشرات .

حجم النواة : Volume of nucleus

غالبا ما يكون حجم النواة كثير التغير ولكن توجد عامة علاقة بين حجم النواة وحجم سيتوبلازم الخلية . ويعبـر عن هـــذا بمعادلة تصـرف " بالفهرس السيتوبلازمى النووى " وهى ن ب (NP) .

حجم النواة

$$(NP) = \frac{Vn}{Vc - Vn} =$$

(Vc) = حجم الخلية (Vn) = حجم النواة

وهذا يعنى أن حجم السيتوبلازم حينما يزيد فإن حجم النواة لابد أن يتبعه فى الزيادة . ولهذا فإنه عند حدوث قصور فى الاحتفاظ بالنسبة الثابتة N/P يحتمل أن يكون هذا أحد العوامل التى تدخل الخلية فى طور الانقسام .

أما بالنسبة لعدد الأنوية فى الخلية الواحدة فقد وجد أن معظم الخلايا ذات نواة واحدة ولكن الخلايا ثنائية النواة تتواجد فى الخلايا الكبدية والعصبية والغضروفية .

أما الخلايا عديدة الأنوية فى الخلايا العظمية التى توجد في نخاع العظام والمدمج الخوي ما هو الا كتلة من البروتوبلازم تحتوى على عدد كبير من الأنوية كماهوالحال فى الألياف العضلية المخططة .

تمركز النواة : Nuclear location

يتغير موقع النواة فى الانواع المختلفة من الخلايا ولكنه مميز وثابت فى النوع الواحد من الخلايا . ففى الخلايا الجنينية تحتل النواة عادة المنطقة الوسطية للخلية ولكن كثيرا ما يتغير مكانها بتقدم عملية تمييز الخلية وتكون المواد المختزنة فى السيتوبلازم والمثال على ذلك الخلايا الدهنية أو البويضات الفنية بالمح نجد أن النواة قد أزيحت عنوة ناحية محيط الخلية نتيجة

لتجمع هذه النواتج الغير حية . (المواد الدهنية أو المح) . أما فى الخلاياالغدية فإن النواة تتمركز فى الجزء القاعدى للخلية حيث تشغل الحبيبات الافرازية الجزء العلوى من الخلية . وعموما تشغل النواة موقعا يقرب من مركز السيتوبلازم وفى بعض الحالات تقع في أحد جوانب الخلية .

تركيب النواة : Structure of nucleus

النواة الحية : Living nucleus

تظهر النواة فى الخلية الحية المصبوغة أو غير المصبوغة على هيئة كرة لامعة تقع فى وسط السيتوبلازم ومحددة بالغشاء النووى . ويبدو - عموما - داخلها متجانسا عدا وجود جسم أو أجسام كروية لامعة تعرف بالنويات . ولكن فى بعض الحالات نجد ان النواة غير متجانسة ولكنها محببة التركيب .

وتبدو النواة فارغة فى صور المجهر الالكترونى ولكن قد تتميز النويات بظهورها كأجسام مضيئة والنواة أكثر كثافة من السيتوبلازم ويمكن فصل أو استخراج النواة باستخدام إبر دقيقة جدا وفي بعض الحالات عندما يتمزق الغشاء النووى فإن مادة سائلة هى العصير النووي أو ما يطلق عليه بالكاريوليف تسيل من النواة والغشاء النووى يسلك سلوك الغشاء الظاهر الحقيقى وليس مجرد وجه فاصل حيث انه يبذل مقاومة معينة للضغط الخارجى وله القدرة على الانتفاءة والتكرمش .

عندما تخترق إبرة دقيقة خلال الغشاء النووى فانها تتحرك داخل النواة دون مقاومة ويمكن تغيير مكان النوية بسهولة .

الأنوية المثبتة : Fixed nuclei

تظهر النواة أكثر تعقيدا فى التركيب فى العينات المحفوظة والمصبوغة ويمكن تمييز التراكيب التالية داخل أمثال هذه الانوية .

١- **الغشاد النووى** Nuclear envelope

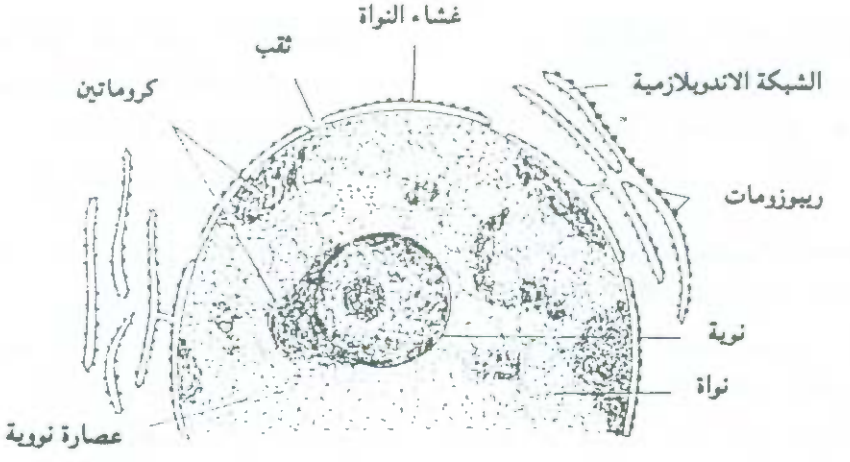
٢ - **الكاريولف (العصير النوى)** Karyolymph

٣ - النويات والكروموسومات Nucleoli and chromosomes

٤ - الكروماتين Chromatin

١ - الغشاء النووى أو الكاريوثيكا :

يظهر على هيئة حد واضح فى القطاعات الضوئية . ويتميز الغشاء النووى بخاصية القوة الميكانيكية التى تتضح عند التعامل معه بالالات الدقيقة ويقوم الغشاء النووى بتقسيم الخلية الى منطقتين هما النواة والسيتوبلازم كلاهما يمتلك خواصا طبيعية وكيميائية متباينة وهذا الغشاء ينظم اندفاع بعض الموادمن النواة الي السيتوبلازم والعكس .



(شكل ٩٢)

الغشاء النووى وارتباطه بالشبكة الاندوبلازمية (بالميكروسكوب الالكترونى)

وقد أوضح المجهر الالكترونى بأن الغشاء النووى أو الغلاف النووى يتركب من طبقتين : طبقة خارجية مسامية وطبقة أخرى داخلية تبدو مستمرة . وسمك هذه الطبقة المسامية هو ضعف الطبقة الداخلية تقريبا . ويبلغ قطر الثقوب ٤٠٠ انجستروم تقريبا ولها ترتيب منتظم والمسافة بين ثقب واخر هى ١٠٠٠ أنجزوم تقريبا وعند حافة الثقب نجد أن طبقتى الغلاف النووى تكونان طبقة واحدة مستمرة . وقد افترض أن الجزيئات الكبيرة يحتمل أن تمر خلال هذه الثقوب بينما قد تمر الجزئيات الصغيرة عن طريق الانتشار خلال الطبقة الخارجية للغلاف النووى ترتبط باغشية الشبكة الإندوبلازمية .

ويعتبر الغلاف النووى جزءا من الجهاز الفجوى (يتكون من الشبكة الإندوبلازمية وجهاز جولجى) . وقد عرف منذ أمد طويل أن الحدود النووية إما أن تختفى أو يحدث بها تنظميات رئيسية أثناء عملية الانقسام مما ينتج عنه تكون حدود جديدة تحيط بكل من النواتين الناتجتين (الاختيين) . وأثناء المرحلة التمهيدية للانقسام المتيوزي (غير المباشر) فان الغلاف النووى يتمزق ويعطى عددا كبيرا من الحويصلات التى تنتشر فى السيتوبلازم والتى يصعب تمييزها من عناصر الشبكة الإندوبلازمية . ويتكون الغلاف الجديد فى المرحلة النهائية للانقسام لمتيوزى حول كل من النواتين الناتجتين ، وهذا يستلزم هجرة العناصر الغشائية للشبكة الإندوبلازمية حول سطح الكروموسومات حيث تتجمع وتلتحم وتترتب فى تركيب غشائى مزدوج .

ولقد درست خاصية النفاذية للغشاء النووى فى أنوية منفصلة عن الخلايا وقد وجد أن انوية بويضات الحيوانات البرمائية نفاذة للأملاح والسكريات وبعض المواد الذوتينية مثل الهموجلوبين . وقد وجد أيضا فى الخلايا المتصلة أن صبغة البيرونين التى تصبغ النوية تختفى بعد فترة ١٥ دقيقة من معاملة الخلايا بإنزيم الريبونيكليز وقد فسر هذا علي أن هذا الانزيم دو الوزن الجزيئى الذى يبلغ ١٣٠٠٠ يدخل النواه عن طريق الثقوب النووية .

٢ - النويـــات : Nucleoli

تحتوى كل نواة بينية على نوية أواكثر - كروية الشكل تقريبا . والنويات غالبا ذات احجام ملحوظة (خاصة فى الخلايا العصبية والبويضات) . وتتركب النوية كما يبدو - من جزئين مختلفين : جزء متميز وجزء آخر خيطي الشكل . وقد كشف المجهر الالكترونى عن وجود ترتيب محدد بداخل النوية ، ففى بعض الخلايـا يلاحـظ وجـود تراكيـب ليفية غير منتظم داخل النويـة وفى بعـض الحالات الأخـرى تبدو النويـة متماسـكة ومتجانسة نسبيا .

فى أثناء الانقسام الميتوزى تتعرض النويات لتغيرات دورية فهى تختفى فى بداية الانقسام وتعود للظهور فى نهايته . وتظهر النويات فى المرحلة الانفصالية للانقسام الميتوزى ويكون ظهورها مرتبطا بمناطق معينة فى كروموسومات معينة تعرف بالكروموسومات النووية وذلك لتمييزها عن بقية المجموعة الكروموسومية ، وتحتوى النوية على نسبة عالية من البروتين ونسبة من **حامض الريبونيكيك** RNA وبعض الدهون .

(شكل ٩٣) شكل بالميكروسكوب الالكترونى يوضح الغشاء النووى والشبكة الاندوبلازمية

(شكل ٩٤) شكل آخر بالميكروسكوب الالكترونى يوضح الغشاء النووى والشبكة الاندوبلازمية مرتبطة به

وتشبه النويات السيتوبلازم فى أنها تصبغ بسهولة بالصبغات الحامضية . ويوجد فى الانوية أجسام أخرى تصبغ بالأصباغ القاعدية مثل النويات الكروماتينية (النويات الكاذبة) التى تعرف بالكاريوسوم ، والكاريوسوم ماهو الا كتلة من الكروماتين التى تستخدم كمستودع للمادة الكروماتينية التى تسحب منها الكروموسومات جزء منها على الأقل - عند اقتراب عملية انقسام النواة . وفى بعض الأحوال نجد ان الكاريوسوم يمثل كروموسوما منفردا والذى استمر متماسكا فى الطور البينى للنواة . أما النوية الحقيقة فإنها غالبا ما تكون مستودعا للمواد الغذائية .

٣- الكاريوليمف : أو الليمف النووى

يوجد داخل غشاء النواة سائل يعرف بالعصير النووى أو البلازما النووية أو اللمف النووى الذى يبدو عادة كسائل حمضى رائق وذو لزوجة منخفضة . وأحيانا يكون العصير النووى فى حالة جيلاتينية ويملأ هذا السائل النووى المسافات التى توجد بين مكونات النواة .

وتظهرالبلازما النووية فى صور المجهر الالكترونى على أنها تتركب من جسيمات غير منتظمة الشكل أو حبيبات . والتيوكلوبلازم ذو طبيعة بروتينية ويحتوى على بعض RNA ويعطى تفاعلا ايجابيا للجليكوبروتين (كيمياء الخلية) . كما يوجد عدد من الإنزيمات المميئة مثل الريبونيكليز - الفوسفاتيز القاعدى وثنائى البيتيديز فى الكاريوبلازم وهذه المكونات تعتبر نوعية أى يتميز بها هذاالسائل النووى .

٤ - الكروماتين :

يظهر فى النواة البينية المثبتة عادة شبكة من مادة مصبوغة صبغا خفيفا والتى تحمل عليها أو بداخلها حبيبات أو كتلا غير منتظمة من مادة لها قابلية عالية للصبغات وتعرف هذه المادة بالكروماتين . والكروماتين هو القاعدة الجسدية للتوريث والذى يحتوى على الجينات او العوامل التى تكون الوحدات المادية الكيميائية التيت شيد عليها كل صفات الكائن الحى اثناء نموه والشبكة انووية والحبيبات لا ترى فى الخلية الحية وتعتبر هذه كشوائب فى التقنية .

وكما يلاحظ فى الحالة الحية عندما تمر خلية من الطور البينى الى المرحلة التمهيدية للانقسام الخلوى فإن الحبيبات الكروماتينية المميزة للنواة البينية لاتستمر طويلا بل تختفي ويأخذ مكانها التراكيب المصبوغة باللون الأزرق الداكن والتى يطلق عليها بالكروموسومات أو

الصبغيات وهذه التراكيب سميت بهذه التسمية لأنها جسيمات قائمة الصبغة وترجمتها الحرفية الاجسام المصبوغة (كروموسومات) .

والكروموسومات عادة لا تظهرفى الطور البينى للنواة الحية وهذا يرجع إلى أن لها تقريبا نفس معامل إنكسار العصير النووى وبالرغم من ذلك ففى حالات قليلة ترى كروموسومات خيطية الشكل .

كان معتقدا ان الكروموسومات تختفى فى نهاية كل انقسام نووى وتتكون مرة أخرى عند ابتداء الانقسام المتيوزى التالى وبمعنى آخر - كان يعتقد أنه بعد كل انقسام تتكسر الكروموسومات إلى حبيبات كروماتينية التى تتجمع عند ابتداء الانقسام المتيوزى التالى مرة ثانية وتكون الكروموسومات ولكن عموما فانه من المقبول الآن أن الكروموسومات تستمر فى البقاء خلال فترة المرحلة البينية للنواة أى أن الكروموسومات تحتفظ بفرديتها من انقسام إلى انقسام أخر حيث أن نفس الكروموسوم الذى يختفى فى نهاية انقسام يظهر مرة أخرى عند ابتداء الانقسام التالى وهذا مؤسس على الدلائل التالية :-

١ - أنتقال مجموعة الكروموسومات المتطابقة ضوئيا من خلية الى أخرى .

٢ - الدليل الوراثى الخاص بتوزيع العوامل الوراثية أو الجينات التى تنظم بطريقة طولية معينة محددة .

٣ - وفى بعض الحالات - وخاصة عند استخدام الميكروسكوب المتعدد المراحل المتباينة- تظهر الكروموسومات فى بداية أحد الانقسامات فى نفس المكان التى كانت تشغله فى نهاية الانقسام السابق ومثال ذلك : أثناء مراحل تفلج بويضة الاسكارس نجد أن نهايات الكروموسومات فى المرحلة النهائية تظهر فى الفصوص التى كانت تشغلها فى نهاية المرحلة النهائية السابقة . ويدعم حقيقة تواجد الكروموسومات خلال المرحلة البينية فصل الخيوط الكروماتينية من الانوية غير الحية لخلايا الليكمياء اذ أن الشبكة النووية لخيوط شبكة الكتان المصحوبة بحبيبات الكروماتين عند نقط التقاطع ليست بشوائب تقنية وهى لا ترى فى الحالة الحية . الكروموسومات فى النواة البينية لا تثبت وذلك ربما يرجع الى احتوائها على نسبة عالية من الماء ولكن توجد شواهد على أنه فى التحضيرات المثبتة للنواة والمنقسمة ميتوزيا أنها تعطى صورة دقيقة جدا لما يحدث داخل الخلية الحية .