



جامعة الجزيرة الخاصة
ALJAZEERA PRIVATE UNIVERSITY

بيولوجيا حيوانية

المحاضرة النظرية الثامنة

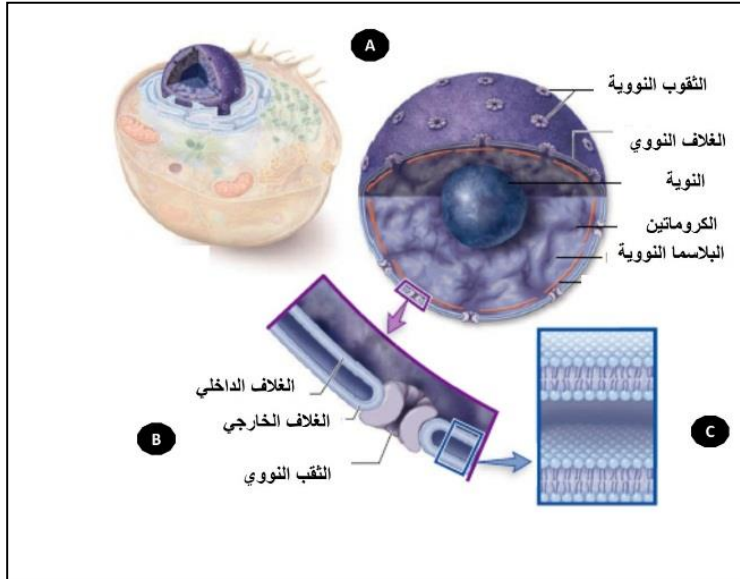
الفصل الأول 2018 - 2019

النواة ، مركز القيادة الخلوي The nucleus

النواة : هي السمة المميزة والرئيسية في الخلايا حقيقية النوى، توجد تقريباً في جميع أنواع الخلايا وأنماطها، وتُعدُّ مركز القيادة والسيطرة والتحكم في الخلية، تعمل كالعقل بالنسبة للجسم كونها تحوي المادة الوراثية الخاصة بالمتعضية أو الفرد.

البنية والتركيب: يحيط بالنواة من الخارج **الغلاف النووي** المكون من غلافين داخلي وخارجي تفصل بينهما مسافة فاصلة، ويتصل الغلاف النووي مع الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية الحبيبية. يُشبه الغلاف النووي في بنيته بنية وتركيب الأغشية الخلوية الأخرى، إلا أنه يتميز عنها بوجود **الثقوب النووية** التي تتوضع على امتداد الغلاف النووي و تصل بين البلاسما الخلوية و البلاسما النووية.

يشرف الغلاف النووي بشكل دقيق على المبادلات بين النواة و السيتوبلاسما، و تؤدي الثقوب النووية أيضاً دوراً حيوياً مهماً في هذه المبادلات، إذ تشكل البوابة التي تمر عبرها الجزيئات الكبيرة من النواة.وإليها. تعبر بعض الهرمونات الستيرويدية، مثل الكورتيزول، والأندروجينات وبعض الجزيئات القابلة للذوبان في الدهون المكونة للغشاء الخلوي بوساطة الانتثار، ثم ترتبط ضمن السيتوبلاسما بمستقبلات خاصة تدعى بالمستقبلات النووية التي تقوم بنقلها إلى النواة.

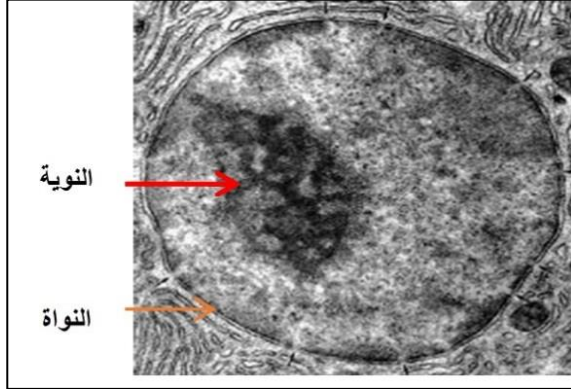


بنية النواة في حقيقيات النوى. A: رسم تخطيطي للبنية المكونة للنواة. B: شكل مكبر يوضح الغلاف النووي والثقب النووي. C: بنية الغلاف النووي.

تشكل الثقوب النووية قنوات مائية تقع ضمن الغلاف النووي وتتألف من بروتينات متعددة. يتكون الثقب النووي الواحد من ثمان أقتنية منفصلة عن بعضها بعضاً يبلغ قطر القناة الواحدة 9 نانومتر. تسمح الثقوب بمرور الشوارد والجزيئات الصغيرة (البروتينات الصغيرة والنكليوتيدات الضرورية لتركيب الـ DNA والـ RNA) غير القابلة للدخول بحرية عبر الغلاف النووي، في حين تمنع الجزيئات الكبيرة كالحموض النووية والبروتينات الضخمة من الدخول أو الخروج من النواة، وحتى تدخل الجزيئات الكبيرة الحجم، كالأنزيمات الداخلة في تركيب الـ DNA والـ RNA

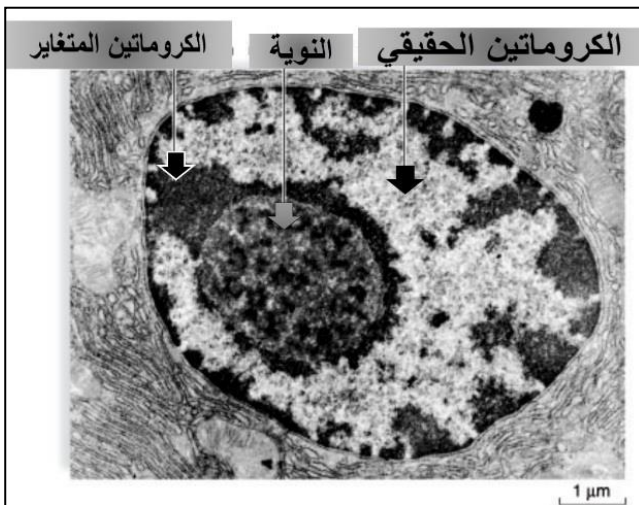
وتحت وحدات الجسيمات الريبية عبر الثقوب، يجب أن تُنشَط ويتم دخولها أو خروجها عبر تلك الثقوب بآلية النقل الفعال والتي تتم بوجود مصدر للطاقة وبوجود بروتينات خاصة توجه الجزيئات الداخلة عبر الثقوب بآلية معقدة.

تحتوي البلازما النووية عضوية مهمة هي **النوية (Nucleolus)**: تكون النوية ذات بنية كثيفة وغير محاطة بغشاء أي أنها غير مفصولة عن مكونات النواة وتوجد مختلطة مع مكونات البلازما النووية، غالباً ما تتوضع بالقرب من الغشاء النووي. يمكن لبعض الخلايا أن تحوي نوية واحدة أو أكثر. يوجد ضمن النوية DNA الريبوزومي (rDNA) الذي ينسخ عنه أنواع مختلفة من الـ rRNA الخاص بالجسيمات الريبية وهي 18s والنمط 5s والنمط 28s



صورة بالمجهر الإلكتروني تظهر النواة وبداخلها النوية

يلاحظ ضمن البلازما النووية أيضاً، شبكة من الخيوط الدقيقة الحبيبية تدعى بالكروماتين النووي، والتي تُمَيِّز الخلايا حقيقيات النوى. يُظهر المجهر الإلكتروني وجود نمطين من هذه الخيوط ضمن البلازما النووية هي: الكروماتين الحقيقي euchromatin والكروماتين المتغاير heterochromatin. يحتل الكروماتين الحقيقي معظم النواة ويمتاز بكونه قليل الالتفاف مقارنة مع الكروماتين المتغاير الشديد التكثف والالتفاف والذي يوجد بالقرب من الغشاء النووي.

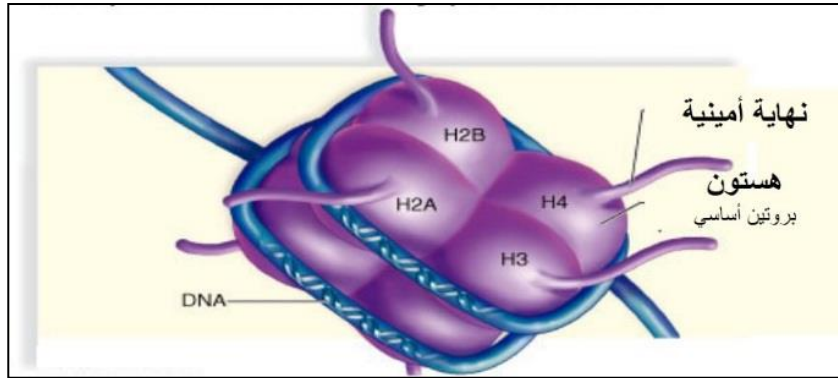


صورة بالمجهر الإلكتروني تظهر بنية النواة ويظهر بشكل واضح الكروماتين النووي بنوعيه الحقيقي والمتغاير وكذلك النوية

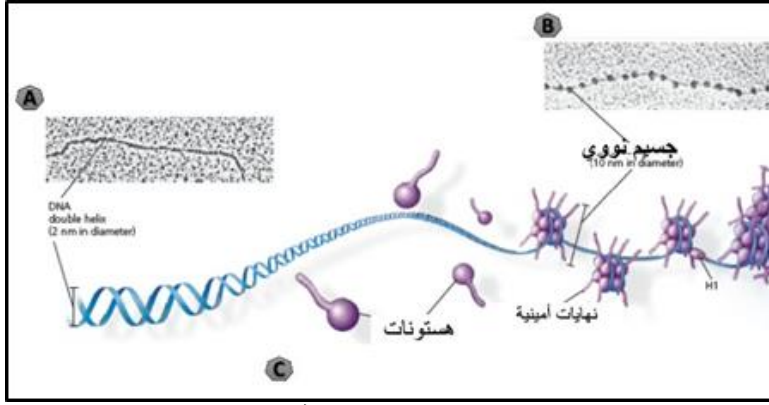
يتكون **الخيوط الكروماتيني** من DNA وبروتينات أساسية تدعى **بالهستونات** والتي هي بروتينات أساسية بسبب احتوائها على نسبة عالية من الأحماض الأمينية الأساسية خاصة (الأرجينين والليزين). توجد هذه البروتينات في

نوى الخلايا حقيقيات النوى. يمكن تمييز خمسة أنماط رئيسة من الهستونات هي : H1,H2A,H2B,H3,H4 وهي جميعها بروتينات صغيرة الحجم ومنخفضة الوزن الجزيئي، تتميز هذه الهستونات بالثبات (لا يختلف تركيبها بين معظم الكائنات حقيقية النوى). تكون الوظيفة الأساسية لهذه البروتينات هي رزم وترتيب الـ DNA في بنية هيكلية تدعى الجسيمات النووية nucleosomes، إذ تعمل كالبكرات يلتف حولها جزيء الـ DNA وبذلك فهي تؤدي دوراً مهماً في تنظيم التعبير الوراثي .

يلتف خيط الـ DNA حول الهستونات مشكلة بنية تدعى الجسيمات النووية nucleosomes ، تشبه هذه البنية عقد اللؤلؤ حيث تشكل كل حبة من حبات العقد جُسيماً نووياً واحداً يتكون من لبّ مؤلف من معقد من ثمانية هستونات بحيث تجتمع جزيئتان من كل نمط من الهستونات وهي H4, H3, H2B, H2A ، يلتف حول هذا اللبّ بنحو مرتين شريط من الـ DNA بطول 146 زوج من النكليوتيدات (bp). يفصل كل جسيم نووي عن الجسيم النووي الذي يليه بخيط من الـ DNA الذي يدعى بالرابط (Linker) يقوم الـ H1 بربط لب الجسيم النووي مع مواقع دخول وخروج الـ DNA وبذلك يثبت جزيء الـ DNA في مكانه ويسمح بتشكيل بنية ذات تنظيم عالي الدقة والتنظيم.

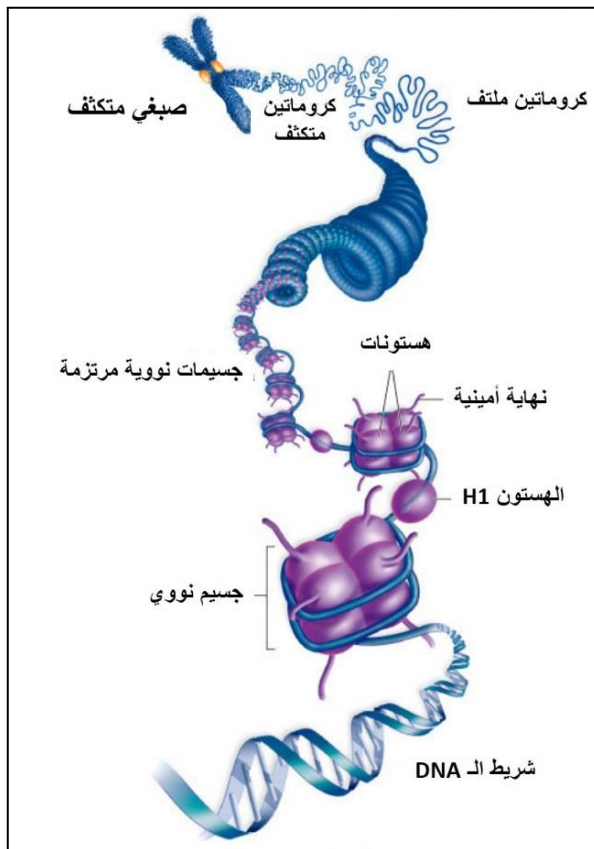


رسم توضيحي يوضح بنية الجسيم النووي nucleosome. يلتف خيط الـ DNA حول الهستونات مشكلة بنية تدعى الجسيم النووي nucleosomes ، يتكون الجسيم النووي من لبّ مؤلف من ثمانية هستونات بحيث تجتمع جزيئتان من كل نمط من الهستونات وهي H2A, H4, H3, H2B ، يلتف حول هذا اللبّ بنحو مرتين شريط من الـ DNA بطول 146 زوج من النكليوتيدات (bp). يبرز من كل هستون نهاية طويلة مكونة من مجموعة من الحموض الأمينية تكون هذه الحموض عرضة لتعديلات فوق وراثية مختلفة وشاملة. تشكل هذه التعديلات عنصراً رئيساً في تنظيم التعبير الوراثي .



A: صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ تظهر جزيء الـ DNA الحر (غير المرتبط مع الهستونات) والذي يبلغ قطره 2 نانومتر. B: صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخيط الكروماتين الذي يبلغ قطره 10 نانومتر، تُشبهه هذه البنية بعقد اللؤلؤ إذ يلتف خيط الـ DNA حول بروتينات الهستونات مشكلة بيئة تدعى الجسيم النووي. C: رسم تخطيطي يوضح الصور السابقة الملتقطة بواسطة المجهر الإلكتروني.

تُعدُّ عملية لف ووزم الـ DNA حول الهستونات في غاية الأهمية وذلك من أجل السماح لجزيء الـ DNA الطويل جداً (2 متر) بأن يتناسب مع حجم النواة، والتي لا يتجاوز قطرها بضعة ميكرونات. ويؤدي التقاف جزيء الـ DNA حول الهستونات إلى تشكيل خيط الكروماتين بطول 30 ميكرومتر. تتحول خيوط الكروماتين عندما تدخل الخلية مراحل الانقسام الخلوي إلى عدد من الخيوط المستقلة القصيرة والثخينة المميزة تحت المجهر الضوئي والتي تعرف عندها باسم الصبغيات (chromosomes)



رسم تخطيطي مبسط يوضح عملية رزم الكروماتين. يؤدي ارتزام خيط الكروماتين بشكل كبير إلى تشكيل الصبغي.

تعتمد بنية الكروماتين وشكله على حالة الخلية والمرحلة التي تمر بها من الدارة الخلوية، ففي أثناء الطور البيئي من الانقسام يكون الكروماتين بشكل خيوط منتشرة وقليلة الالتفاف والنكثف وتسمح بذلك لل DNA و RNA بوليميراز بالقيام بعملية النسخ والتضاعف.

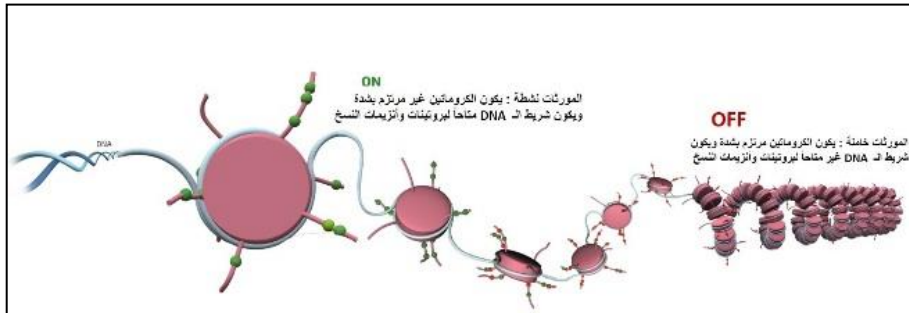
إنّ المورثات النشطة الوظيفية والتي تكون بحالة "تشغيل On" تكون غير مرتزمة بإحكام (ارتزام غير محكم) وتكون مرتبطة مع RNA بوليميراز وتشكل الكروماتين الحقيقي، في حين أنّ المورثات الخاملة "المعطلة Off" تبدو مرتزمة بشكل محكم ومرتبطة مع بروتينات بنيوية وتشكل الكروماتين المغاير. وبالتالي يمكن القول بأنّ الوظيفة الرئيسية للكروماتين هي :

1- تعبئة جزيء ال DNA الطويل جداً ليناسب حجم نواة الخلية.

2- دعم جزيء ال DNA في أثناء عملية الانقسام المتساوي والمنصف وحمايته من التخریب والتكسر.

3- تنظيم عملية التعبير المورثي وتضاعف ال DNA.

4- تُسهّل عملية الارتزام، انفصال الصبغيات في أثناء طور الصعود وتساعد في إمكانية رؤية الصبغيات تحت المجهر.



الصبغيات عند الإنسان Human Chromosomes

جاء مصطلح الصبغي (الكروموزوم chromosome) من التسمية اليونانية وهو مؤلف من كلمتين هما: الكروما chroma وتعني اللون، و زوما soma وتعني الجسم. فالصبغيات هي جسيمات قابلة للتلون الشديد. ويعرّف الصبغي بأنه جزيء عملاق مفرد يُشكل الـ DNA الوحدة الأساسية فيه ويحتوي على المورثات في ترتيب خطي. لذا تُعرّف الصبغيات بنواقل المورثات لأنها تحمل المعلومات الوراثية لتكوين الإنسان وبهذا تدعى باسم الحقيبة الوراثية البشرية.

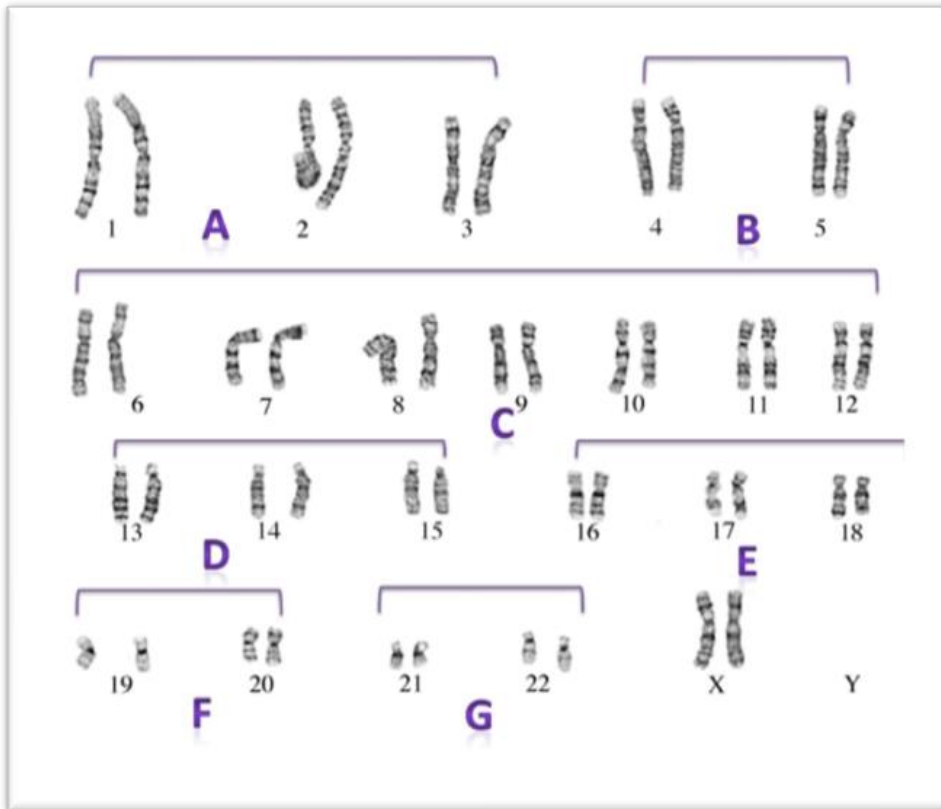
يُعبأ DNA الصبغي على بكرات هستونية بالتفاف مكثّف وضمن هندسة معينة تبدو في المجهر على شكل صبغيات متميّزة هندسياً في الطور الاستوائي metaphase من الانقسام الخلوي.

تتألف الصبغيات عند الإنسان من 46 صبغياً، موزعة ضمن أزواج، ويتمثل كل زوج صبغي بنسختين واحدة جاءت من الأم والأخرى من الأب، بحيث تُمثّل كل مجموعة منها بكتاب يحمل المعلومات الوراثية الآتية من الأم والكتاب الآخر يحمل المعلومات الوراثية الآتية من الأب، وهذا معنى الصيغة المضاعفة. وعلى هذا تُصنّف الصبغيات إلى صبغيات جسمية (autosomes) غير جنسية مؤلفة من 22 زوجاً من الصبغيات من الرقم 1 إلى الرقم 22 في الطابع النووي Karyotype وهي نفسها في المرأة والرجل وتكون مسؤولة عن البناء الجسمي بكل خصائصه، أما الصبغيات الأخرى فهي الصبغيات الجنسية (sex chromosomes). التي لها دور في تحديد الجنس وتكون XX في المرأة و XY في الرجل.

يتألف صبغي الطور الاستوائي metaphase من صبيغين أخوين (كروماتيدين أخوين) sister chromatids متماثلين بحملهما لنفس المعلومات الوراثية ومرتبطين معاً بالجزء المركزي. ويمتلك كل صبغي ذراعين يرمز للذراع القصيرة p (مأخوذة من الفرنسية petite) ويرمز للذراع الطويلة q (من queue) ويقع بين الذراعين الجزء المركزي centromere المؤلف من مئات الآلاف من الأسس bases في تسلسلات تكرارية يؤمن الجزء المركزي حركة الصبغي في أثناء عملية الانقسام الخلوي كما ينتهي كل ذراع صبغي بجزء انتهائي يدعى بالقسيم الانتهائي أوبالتيلومير (telomere)، الذي يؤدي دوراً مهماً في إغلاق نهايات الصبغيات والمحافظة على بنيتها سليمة.

تدعى الصبغيات التي يقع فيها الجزء المركزي في المنتصف بالصبغيات مركزية الجزء المركزي metacentric ويكون للصبغي ذراعان متساويان تقريباً. بينما تدعى الصبغيات التي يتوضع فيها الجزء المركزي بالقرب من منتصف الصبغي بالصبغيات قرب مركزية الجزء المركزي submetacentric. أما الصبغيات التي يتوضع

فيها الجزء المركزي بالقرب من نهاية الصبغي فتدعى قرب طرفية الجزء المركزي acrocentric ويكون أحد ذراعي الصبغي فيها قصيراً جداً. تصنف صبغيات الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي وفقاً لأطوالها وموقع الجزء المركزي في سبع مجموعات؛ تمثل المجموعة A المجموعة الأولى والتي تكون الصبغيات فيها مركزية الجزء المركزي وتحوي أطول الصبغيات، أما المجموعة السابعة G فتحتوي أقصر الصبغيات وتكون قرب طرفية الجزء المركزي. (تتميز الصبغيات عند الإنسان بعدم احتوائها على صبغيات طرفية الجزء المركزي) وقد وضعت الصبغيات الجنسية خارج الترتيب حيث يكون الصبغي X قرب مركزي الجزء المركزي والصبغي Y قرب طرفي الجزء المركزي



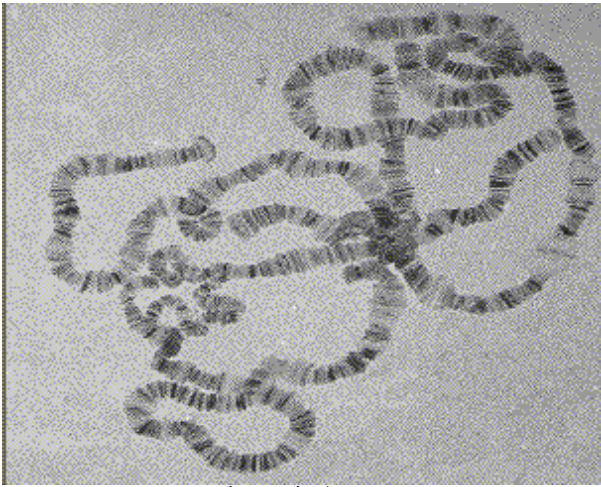
الطابع النووي Karyotype عند المرأة 46,XX وتبدو المجموعات السبع التي تصنف ضمنها الصبغيات لمزيد من الشرح يرجع إلى النص.

أنماط فريدة من الصبغيات

يمكن أن تشاهد لدى الكائنات حقيقيات النوى، بالإضافة إلى النمط المعتاد من الصبغيات، بعض الأنماط الفريدة والتميزة من الصبغيات في بعض خلايا الجسم أو أن هذه الأنماط الفريدة من الصبغيات تظهر في مرحلة معينة

من الحياة ، بعض هذه الأنماط من الصبغيات هي: **الصبغيات العماليق giant chromosome** أو **الصبغيات متعددة الخيوط polytene chromosomes**

تشاهد في نوى خلايا الغدد اللعابية عند يرقات بعض الحشرات مثل ذبابة الفاكهة fruit fly أو ذبابة الخل *Drosophila melanogaster* صبغيات عملاقة تكبر بمئة إلى مئتي مرة الصبغيات المشاهدة خلال الانقسام المنصف أو المتساوي عند النوع نفسه. يتضاعف الـ DNA في الانقسام المتساوي عدة مرات و يصل عدد خيوط الـ DNA إلى المئات ضمن الصبغي الواحد، يدعى هذا النمط من الانقسام **بالانقسام الداخلي endomitosis** وتصبح بذلك الصبغيات وبشكل استثنائي ضخمة جداً ، تدعى هذه الصبغيات بالصبغيات عديدة الخيوط polytene أو الصبغيات العماليق.



صورة بالمجهر للصبغي العملاق عند ذبابة الفاكهة

تتمثل الوظيفة الرئيسية للصبغيات العماليق بالتضخيم المورثي، إن وجود نسخ متعددة من المورثات يسمح بمستوى عال من التعبير المورثي وبالتالي إنتاج كميات كبيرة من البروتينات والأنزيمات الضرورية وهذا ما يفسر وجود هذا النمط من الصبغيات في الخلايا النشيطة استقلابياً مثل الغدد اللعابية.