الخلية و الصبغيات

The Cell and The Chromosomes

الدكتور
عامر دباغ

الخلية

The Cell

١- الهيولى Cytoplasm

تحتوي المادة الهيولية عدداً من المكتنفات ذات العلاقة بفعالية و نشاط الخلية الحية و تختلف هذه المكتنفات باختلاف الكائن الحي.

و هي :

المصورات الحيوية: Mitochondria(الجسيمات الكوندرية)

جسيمات صغيرة غنية بحوامل الأنزيمات دورها الأساسي منح الطاقة للخلية عبر عمليات التنفس Respiration و الأكسدة Okidation .

- **جسيمات غولجي Golgi bodies** توجد في الهيولى، و مهمتها القيام بعملية الإفراز Secretion وقد يتواجد في الخلية أكثر من ٢٠ جهاز.

- **الشبكة الهيولية الداخلية Endoplasmic Reticulum** في الهيولى، و هي مؤلفة من غشاء مضاعف يتوزع على شكل طيات ضمن طبقات متصلة بالغشاء الهيولي الخارجي .

تتوزع الجسيمات الريبية Ribosomes على بعض مناطق شبكة الهيولى الداخلية ، و تلتحم بها لتشكل الشكل الحبيبي ، توجد الجسيمات الريبية منتشرة في هيولى الخلايا ذات النوى كالبكتيرياو تؤدي الجسيمات الريبية دوراً هاماً في تصنيع جزيئات ذات سلاسل طويلة، تعرف بالبروتينات Proteins.

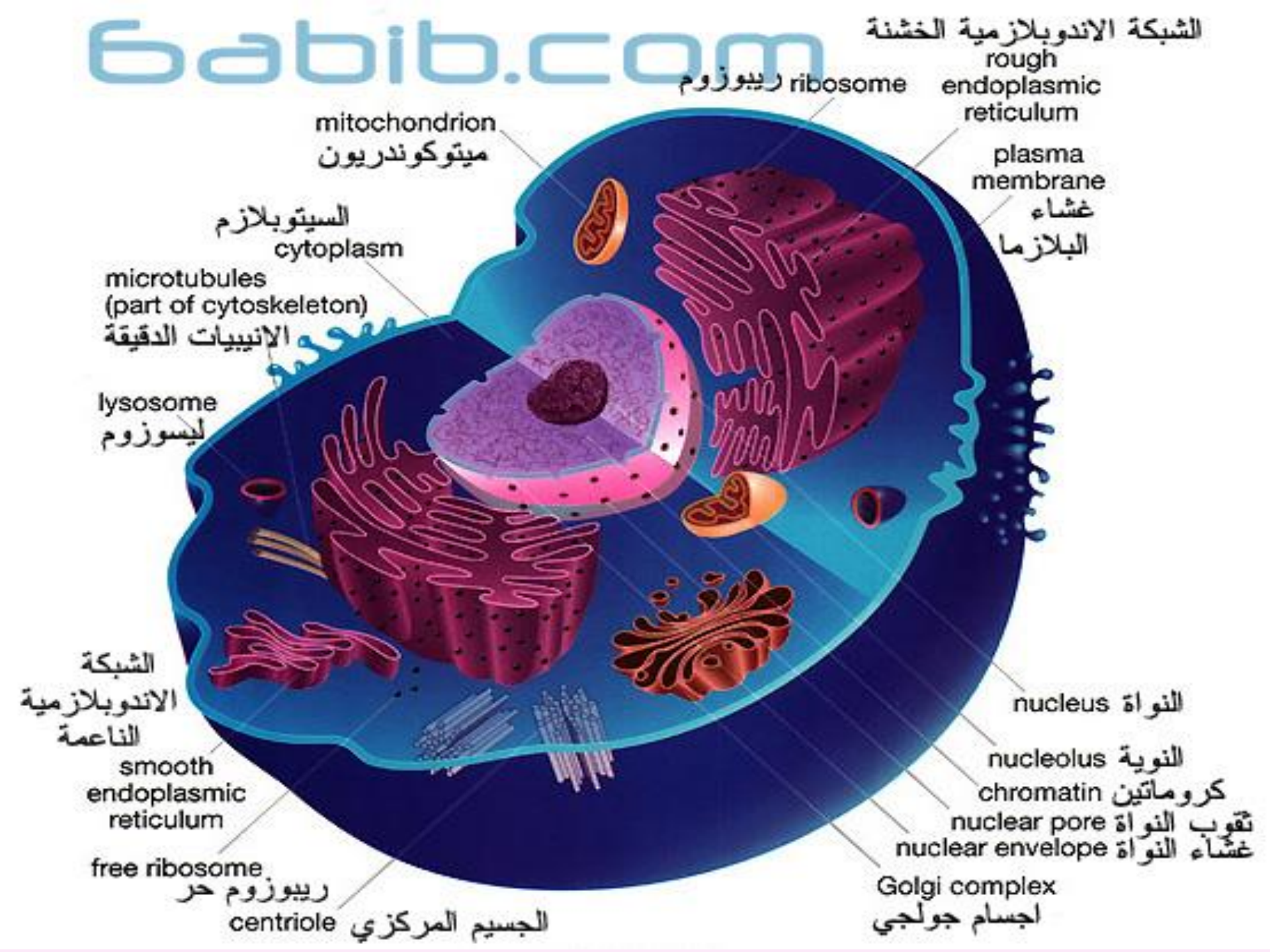
والبروتينات من أهم خصائص المتعضيات الحية ، فهي تتألف من الأحماض الأمينية Amino acids المرتبطة مع بعضها بروابط كيميائية متكافئة تعرف باسم الروابط الببتيدية Pebtide Linkager. هذا الارتباط يضم آلاف الأحماض الأمينية مشكلة سلسلة عديدة الببتيد Poly Peptide Chaim.وكل حمض أميني يدخل في تركيب السلسلة السابقة يمكن أن يكون واحداً من **عشرين** حمض أميني مختلفة عن بعضها، لذلك قد تكون سلسلتان من البروتين ،أوعديدات الببتيد قد تكون ذواتي طول واحد، و لكن تختلف عن بعضها بشكل كبير لأن كلاً منها مؤلف من أحماض أمينية متباينة عن بعضهانوعاً وعدداً، فإذا فرضنا أن هنالك ثلاثة أحماض أمينية هي الجليسين Glycine و الأرجينين Arginine و الليزين Lysine يبدأ عديد الببتيد كما يلي :

جليسين - ليزين – أرجينين بينما يبدأ عديد الببتيد الثاني ليزين – أرجينين – جليسين إن هذا النوع الخطي للأحماض الأمينية ضمن سلسلة عديد الببتيد هومن يحدد توضعه ضمن الخلية، وبالتالي يحدد الصفات النوعية والبنية الجزيئية للبروتينات الناتجة، و لكل نوع بروتيني وظيفة خاصة، فهناك بروتينات تختص بنقل جزيئات الأكسجين (الهيموغلوبين) و ترتبط الخلايا بالأنسجة كالكولاجين Collagen الموجود في النسيج الضام، أو تساهم في إنجاز التفاعلات الكيميائية كالأنزيمات.

٢- النواة Nucleus

المسؤول الأول عن إدارة الفعاليات والنشاط أو التوريث، لأنها المحدد الأساسي للمادة الوراثية يحيط بالنواة غشاء نووي مضاعف، يتصل مع الهيولى الداخلية، و تبدو بعد صباغها بلون قاتم تسمى المادة الصبغية أو الكروماتين Chromotin و في مرحلة الانقسام يطلق على هذه المادة اسم الصبغيات Chromosomes إلى جانب ذلك تتوضع حبيبات داخل النواة تسمى النويات Nucleoli تلتصق بالصبغي منظم النويات Nucleolar Organizers أو الصبغي مولد النويات.

6abib.com


الشبكة الاندوبلازمية الخشنة
rough endoplasmic reticulum
ريبوزوم ribosome
mitochondrion
ميتوكوندريون
plasma membrane
غشاء البلازما
السيتوبلازم
cytoplasm
microtubules (part of cytoskeleton)
الانيبيبات الدقيقة
lysosome
ليسوزوم
الشبكة الاندوبلازمية الناعمة
smooth endoplasmic reticulum
free ribosome
ريبوزوم حر
centriole الجسيم المركزي
nucleus النواة
nucleolus النوية
chromatin كروماتين
nuclear pore ثقوب النواة
nuclear envelope غشاء النواة
Golgi complex
اجسام جولجي

الانقسام الخلوي
Cell Division

ضرورة أساسية من أجل الحفاظ على الحياة سواء للكائنات عديدة الخلايا أو وحيدات الخلايا.

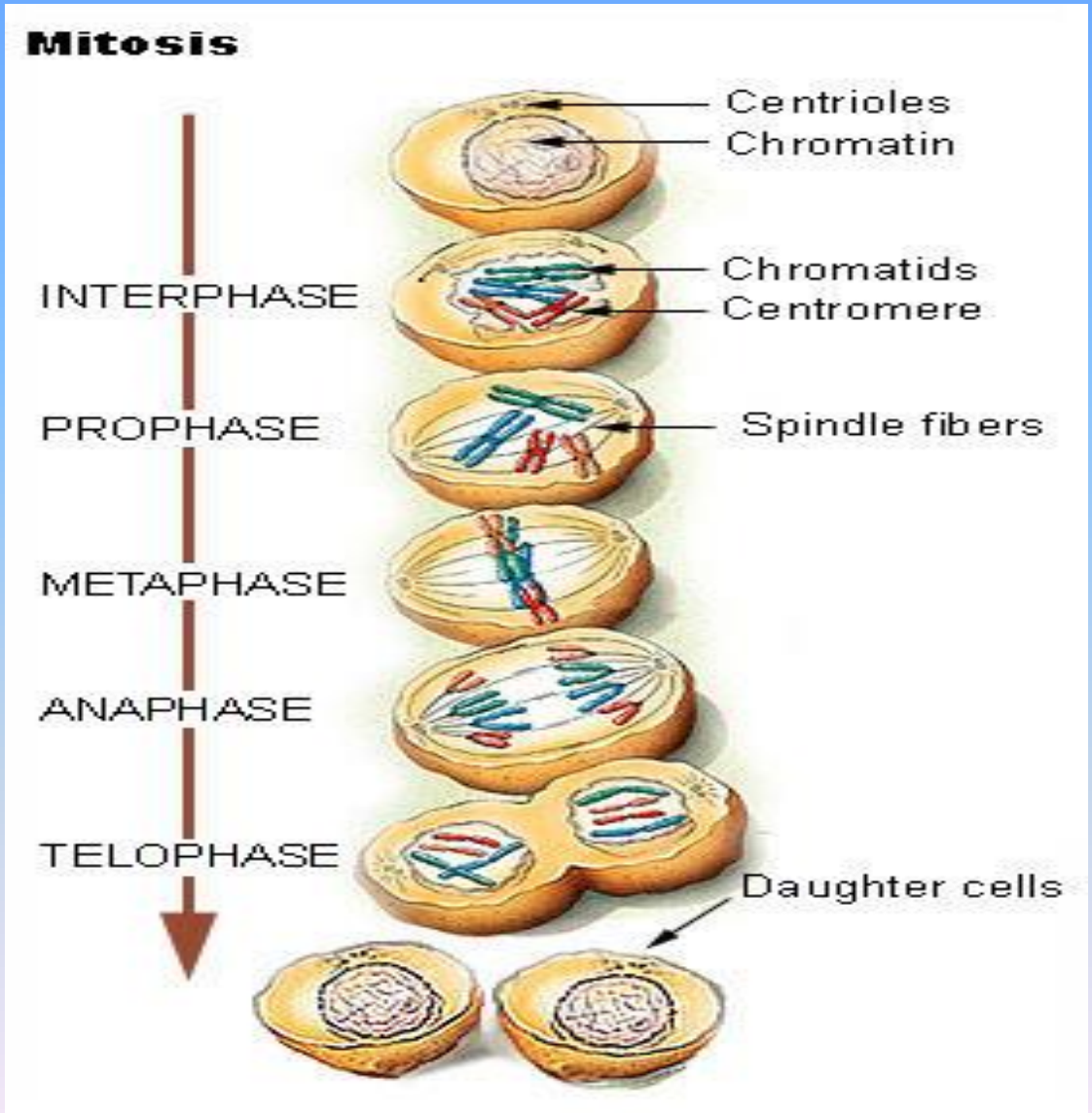
1ً– الانقسام غير المباشر: Mitosis

بات من المعلوم أن التوزيع غير التام للمادة الوراثية في الخلايا الناتجة عن الانقسام عبر الأجيال، يؤدي تعريض مستقبل حوامل المعلومات الوراثية الحيوية إلى الضياع و الخطر.

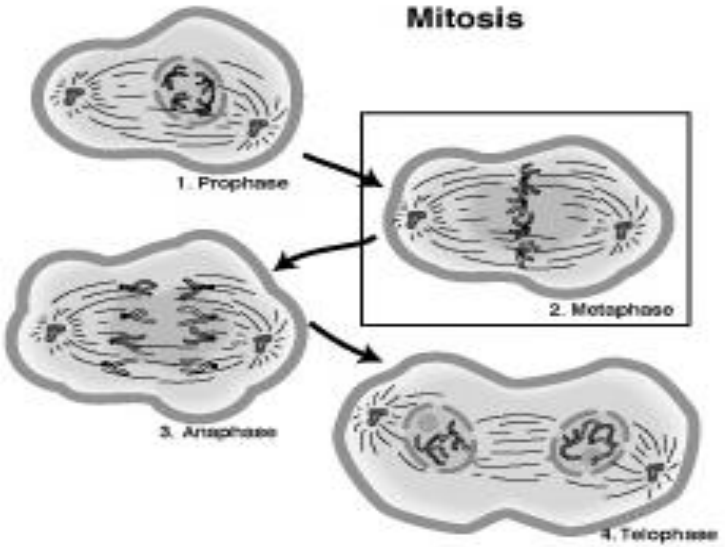
و لحسن الحظ وجدت آلية الانقسام غير المباشر لتحل هذه المشكلة و ذلك عن طريق إنتاج خلايا متزنة متماثلة في محتواها من المادة الوراثية الضرورية و الأساسية .

يحصل انقسام المادة الوراثية في **بدائيات النوى (بكتيريا)** عن طريق ارتباط الصبغي الأصلي مع الغلاف الخلوي البكتيري، وعن تطاول الخلية البكتيرية خلال عملية الانقسام ينفصل أحد أجزاء الغلاف الخلوي الحامل لأحد الصبغيات عن الجزء الآخر من الغلاف الحامل للصبغي القرين الناتج عن عملية التناسخ أو التضاعف وعند اكتمال انفصال الصبغيين عن بعضهما فإن الغلاف الخلوي بين الصبغيين ينطوي (يحدث اختناق) و ينشق أو ينفصل عندما يتم اتصال جهتي الاختناق بشكل تام ، و هكذا تحصل كل خلية ناتجة على نفس الكمية الصبغية الموجودة في الخلية الأم.

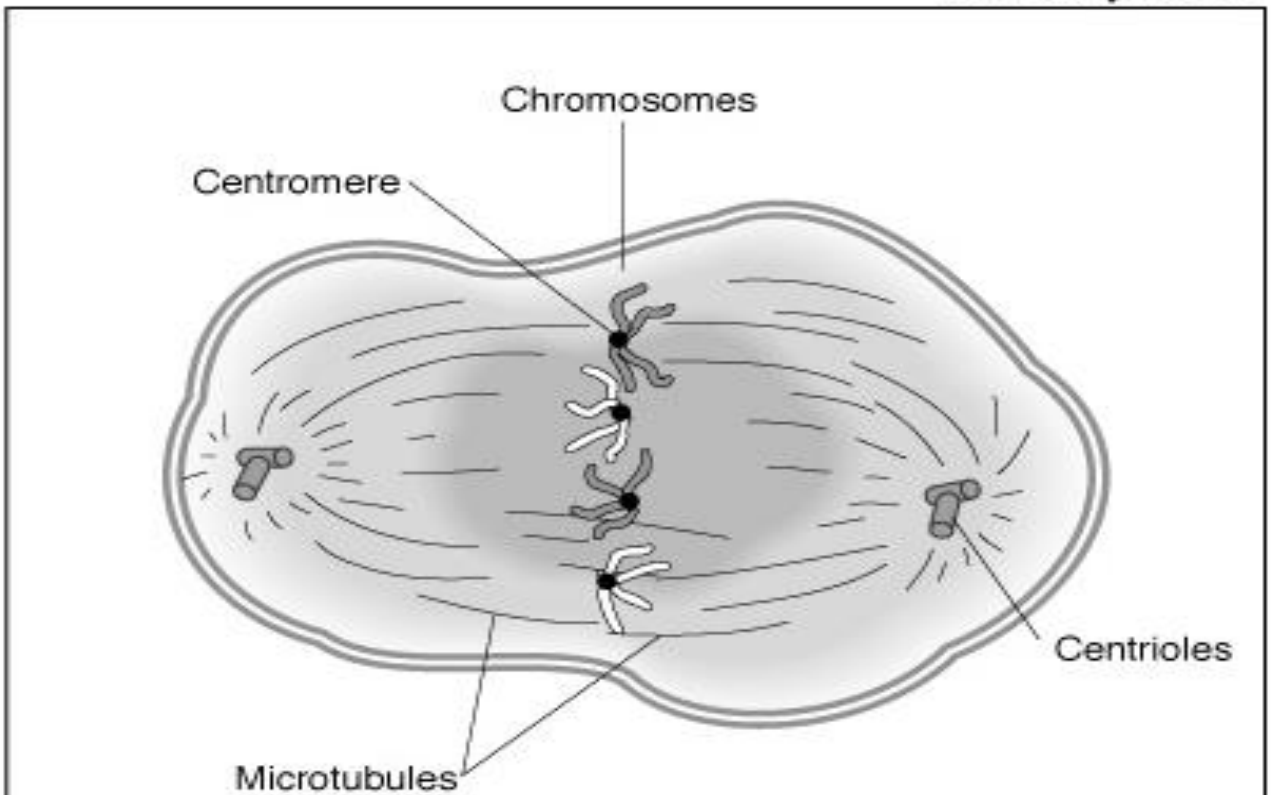
الانقسام الخلوي غير المباشر.



في الخلايا **حقيقة النوى** يكون الانقسام الخلوي أكثر تعقيداً لأن الخلية تملك أكثر من صبغي واحد، و يتم تناول الصبغيات و تحريكها بواسطة الأنابيب الدقيقة ،و هي مكتنفات خلوية تشبه في تركيبها تركيب الأسواط و الأهداب في وحيدات الخلية حيث تنظم هذه الأنابيب الدقيقة مشكلة الجسم المغزلي، و يتم ذلك بإشراف الجسيمات المركزية .

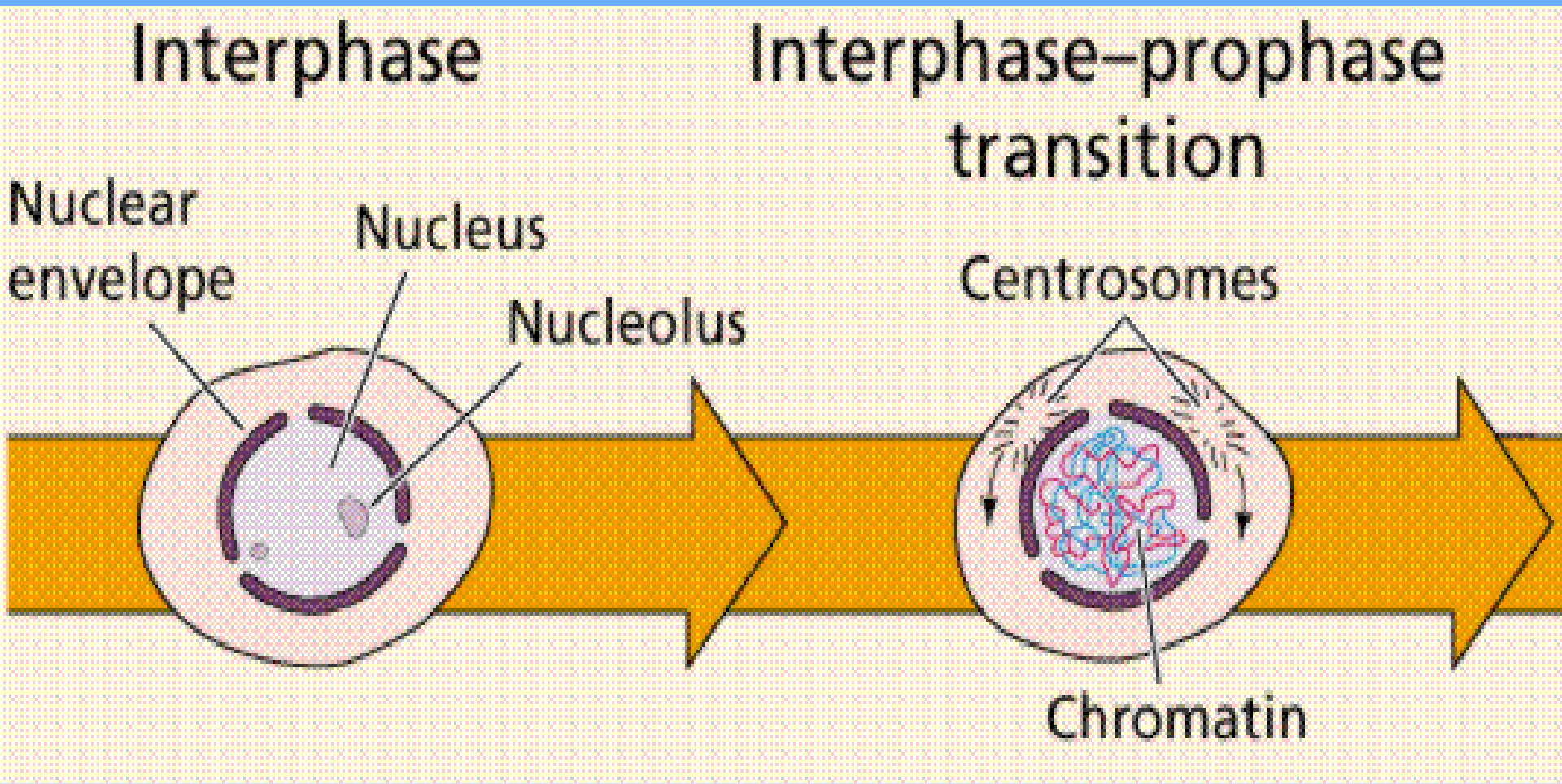

Mitosis
1. Prophase
2. Metaphase
3. Anaphase
4. Telophase

2. Metaphase


Chromosomes
Centromere
Centrioles
Microtubules

مراحل الانقسام غير المباشر

١– الطور البيني: Interphase يشكل الطور البيني فترة راحة و نمو واستعداد للدخول في انقسام غير مباشر فخلال هذه الفترة توجد المواد الكيميائية و النوعية الخاصة بتركيب الصبغيات الجديدة ، والبروتينات التي تساهم في تركيب الجسم المغزلي اللازم للانقسام و إذا قارنا المدة الزمنية لهذا الطور بالمدة الزمنية لبقية مراحل الانقسام غير المباشر التي تحتاج من (١٠) دقائق إلى بضع ساعات نجد أن المدة الزمنية أطول بكثير في غالبية الخلايا على الرغم من أن هذه المدة أقصر من مراحل الانقسام غير المباشر الحادثة في أنسجة الجينين سريعة الانقسام.


Interphase
Interphase–prophase transition
Nuclear envelope
Nucleus
Nucleolus
Centrosomes
Chromatin

٢ – **الطور ما قبل الإستوائي** : حيث يتميزبحلزنة وتكاثف الصبغيات وقصرها التدريجي، ويظهر أن كل صبغي مؤلف من نسختين تتوضعان بجانب بعضها ، وترتبطان بالجزيء المركزي Centromere وتسمى النسختان المتصلتان ببعضهما بالكروماتيداتChromatids ،ويعد الاختفاء التدريجي للنوية،ميزة أخرى لهذا الطور لأن محتواها يتوزع في جميع أنحاء النواة،ويحدث فيه أيضاً تحطم الغشاء النووي وتضاعف للجسيم المركزي وتحرك كل منهما الى قطبي الخلية.

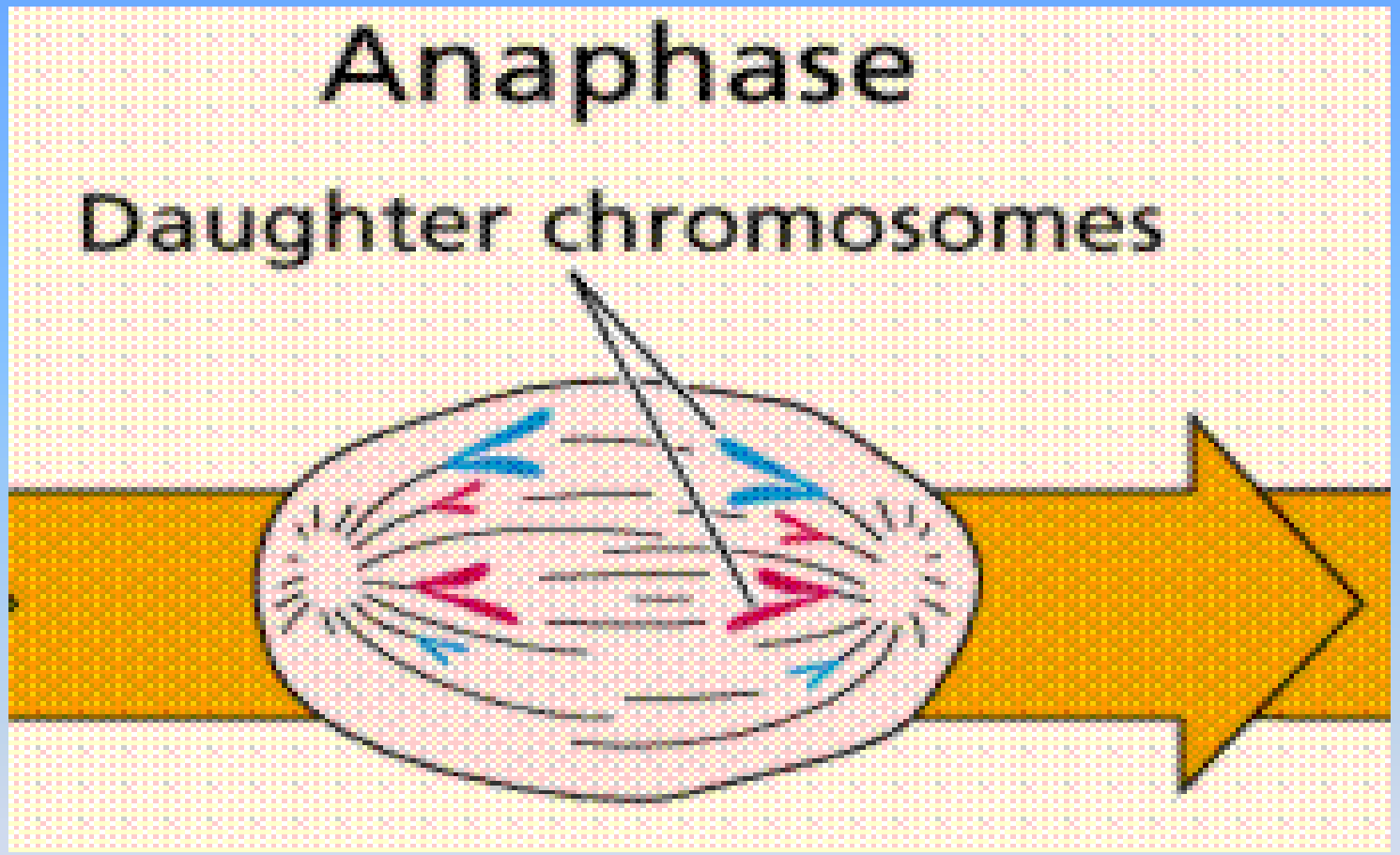
٣- الطور الاستوائي: Metaphase

عند اكتمال تصنيع مادة الصبغي الجديد و اكتمال التفاف الصبغيات تبدأ سلسلة من الحركات تبدأ بتلاشي الغشاء النووي ويرتبط كل صبغي بجزيىء مركزي على خيوط المغزل .

يتشكل الجسم المغزلي في الخلايا الحيوانية بين الجسيمين المركزيين، وعند انفصال الجسيمين المركزيين يتحركان إلى الأقطاب المتعاكسة للنواة، و تبدو بشكل نجمي، و يتشكل بينهما ألياف مغزلية أنبوبية دقيقة، و ينعدم وجود الجسيمات المركزية، و مهما كان نوع الخلايا نباتية أم حيوانية فإن كل صبغي يكون بحالة مضاعفة نتيجة عملية التصنيع، و أهم الأحداث في هذه المرحلة تحرك الصبغيات، وكل منها يحمل صبغيين شقيقين و ترتيبها على الصفيحة الاستوائية Metaphase plate ولا تعرف حتى الآن كيفية حدوث هذه الآلية.

٤- الطور الانفصالي:Anaphase

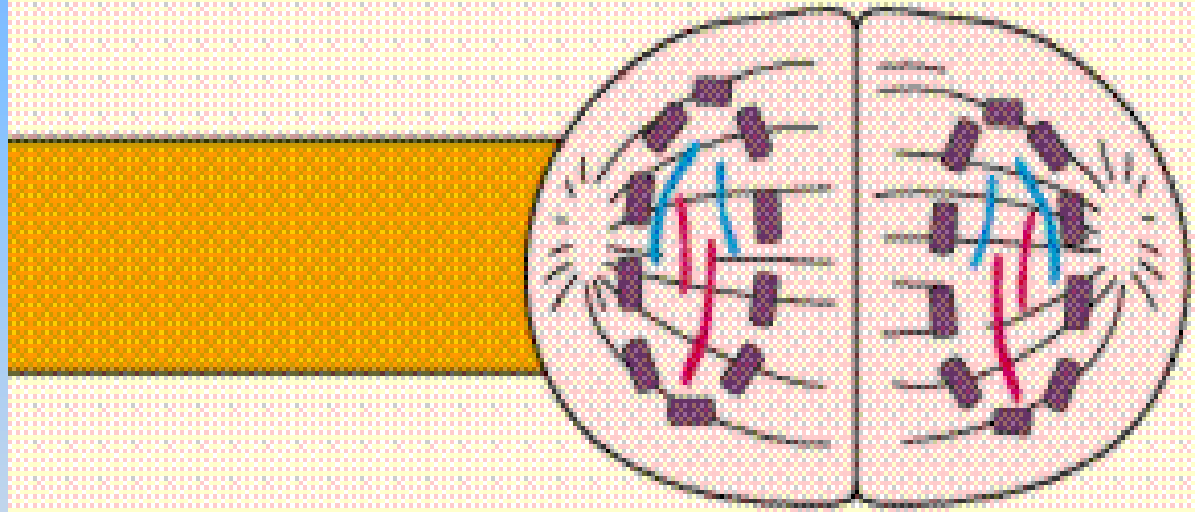
أقصر مراحل الانقسام غير المباشر، ويبدأ هذا الطور بانفصال الصبغيين الشقيقين عن بعضهما عند هذه النقطة، وتنفصل الجزيئة المركزية التابعة لكل صبغي باتجاه قطب مخالف من أقطاب الجسم المغزلي، وكأنها عملية تنافر Repulsion فعلي بين الجزيئات المركزية الشقيقة وتجركل منها صبغيها منسحبة فوق خيط المغزل الخاص حتى تصل إلى الأقطاب.


Anaphase
Daughter chromosomes

٥- الطور النهائي : Telophase

يتم خلال هذا الطور اجتماع الصبغيات القطبية، وتسمى الصبغيات الوليدة، وتخضع هذه الصبغيات لطور بيني طويل، ويتشكل الغشاء النووي من جديد، وتعود النويات للظهور، وتنقسم الهيولي بالتساوي على الخلايا البنت الناتجة عن الانقسام، ويتشكل الصفيحة الخلوية الوسطى في النبات ،والانخماص، أو التجعد المسنن في الخلايا الحيوانية لينتهي الفصل بين النواتين البنتين، والسيتوبلاسم مشكلة خليتين بنتين متساويتين .

Telophase



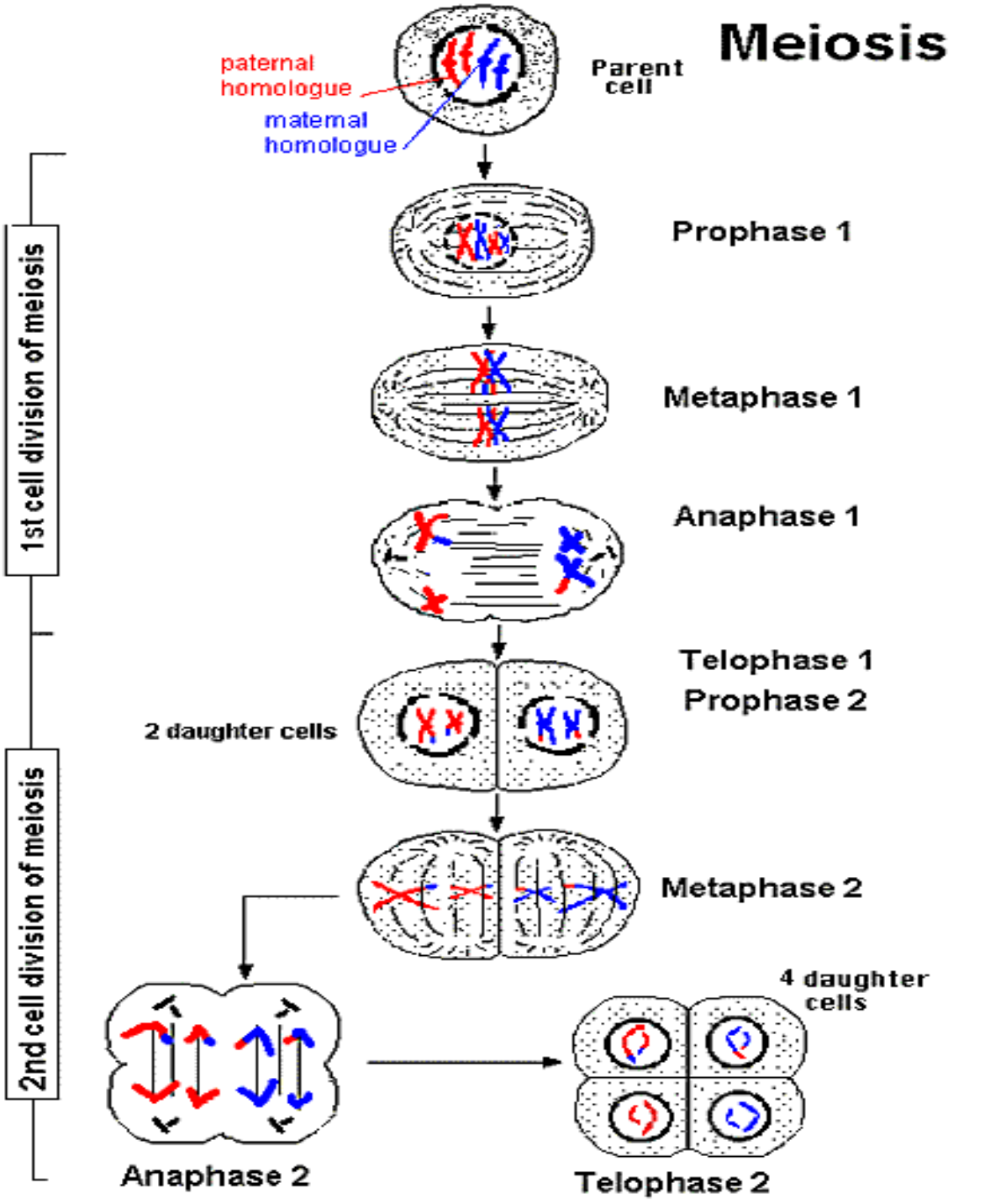
المدة الزمنية اللازمة للانقسام

النوع	الطور النهائي	الطور الانفصالي	الطور الاستوائي	الطور التحضيري	درجة الحرارة (م)
الفأر	٤	٥	١٣	٢١	٣٨
الفروج	٢-١٠	٣-٧	٢-١٠	٣٠-٦٠	٣٩
الضفدع	٦-١١	-	٢٠-٢٩	٣٢	٢٠-٢٤
النطاط	٥٧	٩	١٣	١٠٢	٣٨
قنفذ البحر	١٨	١٢	١٧	١٩	١٢
البصل	٣.٨	٢.٤	٦.٥	٧١	٢٠
البازلاء	١٣.٢	٤.٢	١٤.٤	٧٨	٢٠

الانقسام الاختزالي

تضاعف وانشقاق كل صبغي إلى شقين متشابهين و انفصالهما وتوزعهما على خليتين لا يقودان إلى حدوث تبادل أو تغير في أعداد الصبغيات بين الخلية المنقسمة والخليتين البنتين الناتجتين عن الانقسام

ثبات العدد الصبغي عبر الأجيال في الأنواع المختلفة يشير إلى عدم حدوث تضاعف مستمر في خلايا تلك الأنواع، وفي الحقيقة سيؤدي التضاعف المستمر للعدد الصبغي في خلايا المتعضيات الجنسية إلى الحصول على خلايا ضخمة غير متزنة وذات نوى ضخمة وسيتوبلازم غير كاف ،نشأت آلية الانقسام المنصف وتكوين الأعراس عبرمراحل تاريخية قديمة تشكل عنها الأنواع الحيوانية والنباتية المختلفة التي تحتوي في خلاياها على العدد (٢ن) المتشكلة بعد عملية الإخصاب الناتجة من التقاء خليتين جنسيتين (١ن) تتكون البيضة الملقحة (٢ن) وهذا ما أعطى الثبات في عدد الصبغيات ضمن النوع نفسه.

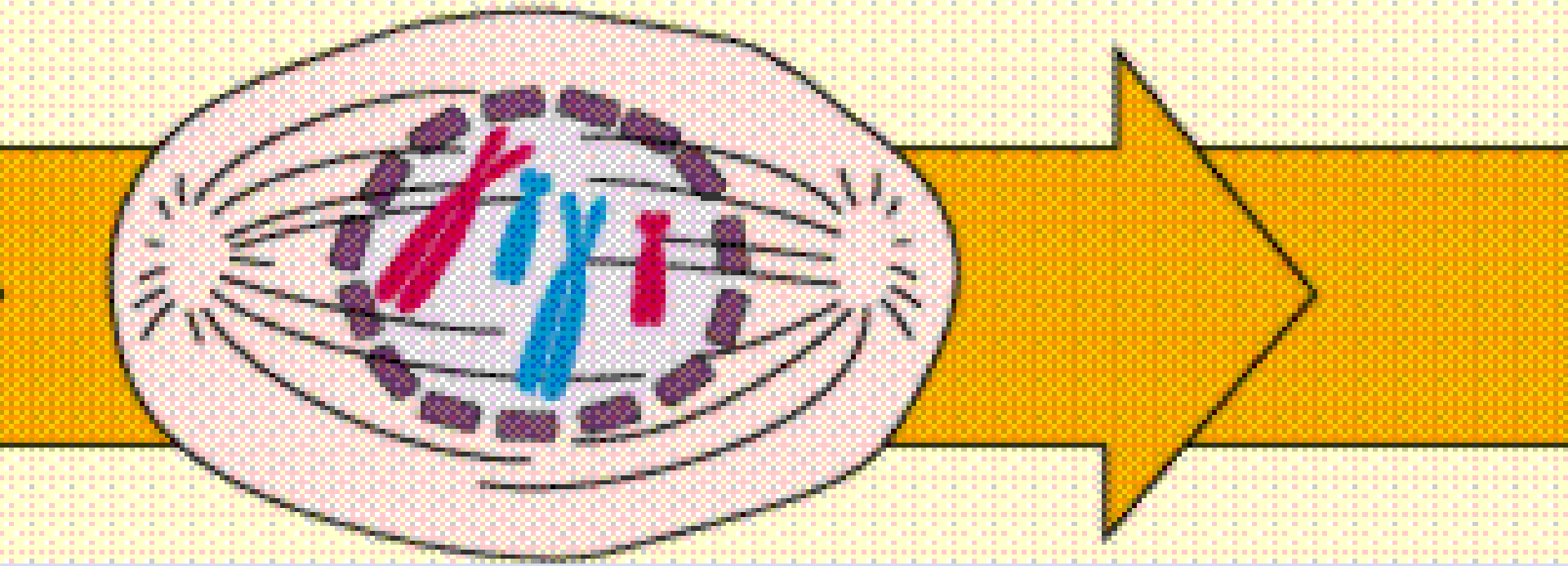

Meiosis
paternal homologue
maternal homologue
Parent cell
Prophase 1
Metaphase 1
Anaphase 1
Telophase 1
Prophase 2
2 daughter cells
Metaphase 2
4 daughter cells
Anaphase 2
Telophase 2
1st cell division of meiosis
2nd cell division of meiosis

مراحل الانقسام المنصف أو الانقسام الاختزالي

الطور التحضيري الأول: prophase 1

تتميز هذه المرحلة بانقسام الصبغيات لانقساميين متتاليين، ففي الإنقسام الأول يحدث اختزال لعدد الصبغي فتنفصل الصبغيات الشقيقة عن بعضها إلى الخليتين البنتين دون تضاعف بحيث تحتوي كل خلية بنت على نصف عدد الصبغيات من الخلية الأمية المولدة للأعراس وفي الانقسام الثاني وهذا الانقسام عادي غير مباشر يحدث تضاعف للخلايا البنات ويصبح عدد الخلايا الناتجة عن الانقسامين أربع خلايا جنسية، تحتوي كل خلية على عدد مختزل من الصبغيات (ن) .

Prophase



مميزات هذه المرحلة (الطور التحضيري الأول)، إزدواج واقتران أولي للصبغيات ثم انفصال الصبغيين الشقيقين عن بعضهما خلال الطور التحضيري الأول، ويمر (الطور التحضيري الأول) بخمس مراحل هي :

أ–مرحلة الطور العقدي:Leptotene

أول مراحل الانقسام المنصف، وتمتاز هذه المرحلة بأن الصبغيات تبدو كخيوط رفيعة طويلة تحمل عقدًا كثيرة (عقد صبغية Chromomeres) تلتف الصبغيات حول نفسها وتبدوالصبغيات مستقطبة من أطرافها مرتبطة بالجسم المركزي Centriole وتظهر الصبغيات بشكل عام مفردة وحيدة مستقلة عن بعضها حتى مرحلة الطور الضام Pachytene .

ب– مرحلة الطور الثنائي : Zygotene

تظهر الصبغيات في هذه المرحلة مقترنة مع بعضها في المناطق المتشابهة من أجسام الصبغيات، وفي بعض الكائنات الحية يمكن حدوث الاقتران الثلاثي حيث يوجد ثلاث صبغيات متشابهة كما لوحظ ذلك في الدجاج .

ج– مرحلة الطور الضام: Pachytene

تسمى مرحلة الالتفاف والحلزنة حيث تقصر الصبغيات عند اكتمال اقتران الصبغيات في مرحلة الطور الثنائي و في هذه المرحلة يرتبط زوج الصبغيات الشقيقة مشكلة رباعيات صبغية Tetrads أو ثنائيات صبغية متكافئة Bivalents ويتم سلسلة من التبادلات في المادة الوراثية للصبغيات غير الشقيقة التابعة لزوج الصبغيات الشقيق (دليل حدوث عبور) Crossing over .

د– مرحلة الطور الازدواجي: Diaplotene

في هذه المرحلة ينفصل صبغي واضح بين الصبغيات الشقيقة، وتبدو التصالبات على شكل X وتستمرحتى مرحلة الطور الاستوائي Metaphase .

هـ- مرحلة الطور المفرغ: Diahinesis

في هذا الطور يستمر التفاف وحلزنة وتقلص الصبغيات حول نفسها حتى تصبح صغيرة قصيرة كثيفة شديدة التلون، وتهاجرالثنائيات الصبغية إلى الغلاف النووي، وتختفي النويات، وفي آخر مرحلة من هذا الطور ينحل الغلاف النووي، وتلتصق الثنائيات الصبغية بواسطة جزيئاتها المركزية على خيوط المغزل .

- **الطور الاستوائي الأول: Metaphase 1**

تمتاز هذه المرحلة بقصروتغلظ ، وتبدو الصبغيات ملساء ناعمة، وتتحرك التصالبات باتجاه الأطراف وأقطاب الخلية .

- **الطور الانفصالي الأول: Anaphase 1**

يبقى الصبغي محافظًا على صبغيه الشقيق المتصل بالجزيء المركزي، وتنسحب إلى أقطاب الخلية ساحبة أذرع الصبغيات المتجهة باتجاه الصفيحة الاستوائية للمغزل أو مركز الخلية وحدوث التبادل للمادة الوراثية عبر عملية العبور مع العلم أنه كلما زاد عدد االصبغيات زادت إمكانيات العبوروالانتقالات الجديدة للمادة الوراثية ، وهذه الحالة هي مصدرمن مصادر التباين والاختلاف الوراثي بين الأعراس الناتجة عن التكاثر الجنسي للكائنات الحية .

– الطور النهائي الأول والطور البيني: Telophase 1 and Interophase

يختلف هذا الطور اختلافاً كبيراً من كائن لآخر فعند وصول الثنائيات إلى أحد أقطاب المغزل يتشكل حولها غلاف نووي، وتدخل الصبغيات طوراً بينياً قصير قبل بدء مرحلة الانقسام الاختزالي قد يحدث انقسام لسيتوبلازم الخلية خلال هذه المرحلة، وقد يتأخر حتى مرحلة تشكل أربع خلايا بنات في نهاية المرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي .

المرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي

تدخل الصبغيات الدور التحضيري الثاني، وهي على شكل ثنائيات صبغية عند انقسام الجزيء المركزي ينفصل الصبغيان الشقيقان عن بعضهما معطيين أحاديات صبغية Monads متوضعة على الصفيحة الاستوائية للجسم المغزلي، وتتحرك الأحاديات الصبغية الشقيقة المنفصلة عن بعضها بانقسام الجزيء المركزي، ويتجه كل صبغي أحادي إلى أحد أقطاب المغزل ومن ثم يبدأ الانقسام السيتوبلازمي الميكانيكي،وينتج أربع خلايا أحادية العدد الصبغي .

تحتــوي خليــة أم مولــدة للأعــراس (٤) صــبغيات (٢ن) أو زوجين من الصبغيات القرينة تدخل الانقسام الاختزالي مارة بمراحلــه المختلفــة، وتقــود إلــى حــدوث اختــزال فــي العــدد الصبغي وتلخص المراحل على الشكل التالي :

المرحلة الأولى الانقسام الاختزالي

١-**في الطور الاستوائي الأول**: يتوضع على الصفيحة للجسم المغزلي زوجان من **الصبغيات الشقيقة Bivalents** أو رباعيتان صبغيتان (أربع صبغيات أو ثماني صبغيات)

٢-**في الطور الانفصالي الأول**: يهاجر باتجاه كل قطب من أقطاب المغزل ثنائيات صبغيان Dyad (صبغيان أو أربع صبغيات) .

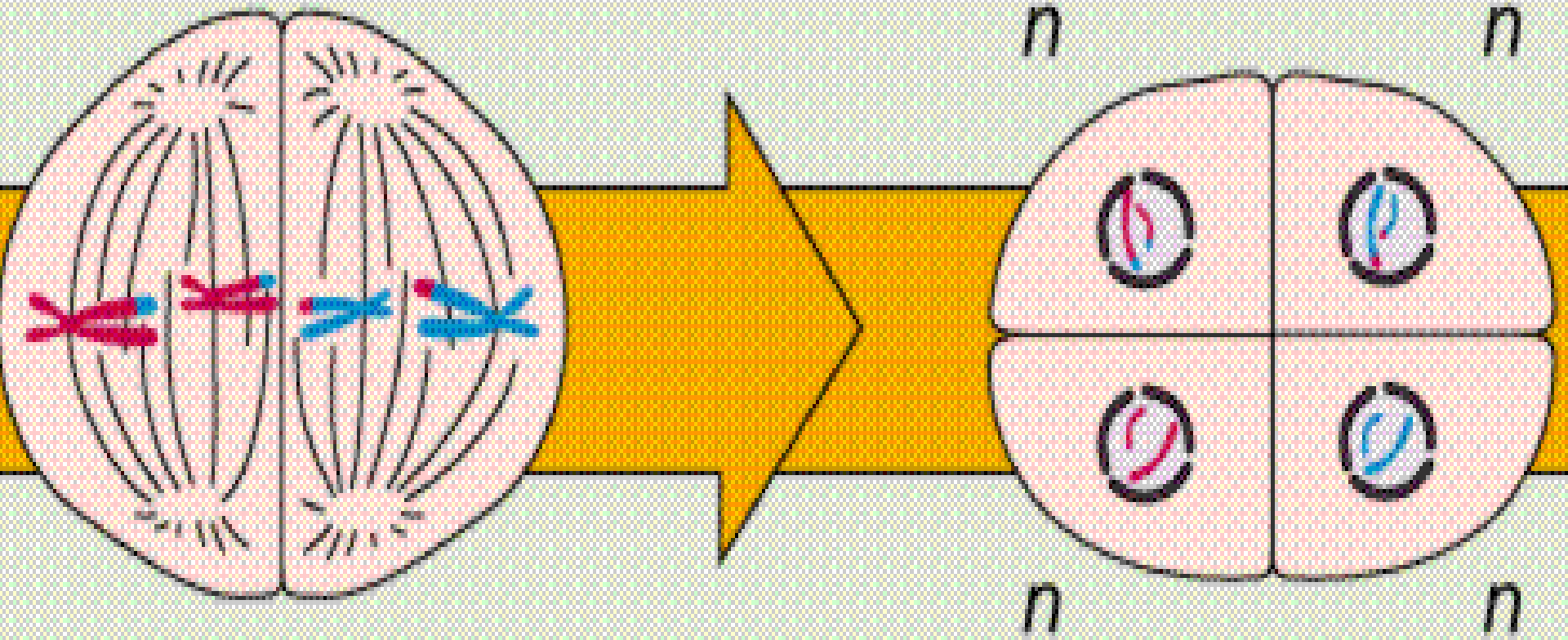
المرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي

أ-في الطور الاستوائي الثاني: يتوضع ثنائيان صبغيان على الصفيحة الاستوائية لكل خلية بنت ناتجة عن الانقسام الأول .

ب-في الطور الانفصالي الثاني: يهاجر أحاديا الصبيغيان باتجاه كل قطب من أقطاب المغزل والشكل (٢ - ٩) يبين المخطط المقارن بين الانقسام الغير مباشر والانقسام الاختزالي والخلاف الأساسي الحاسم بين الانقسامين هو حدوث الازدواج والاقتران بين الصبغيات الشقيقة في الطور التحضيري من الانقسام الاختزالي وعدم حدوث انفصال وانقسام للجزيئية المركزية إلا في المرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي .

Metaphase II

Four daughter cells



نقاط الاختلاف بين الانقسام الاختزالي والانقسام غير المباشر

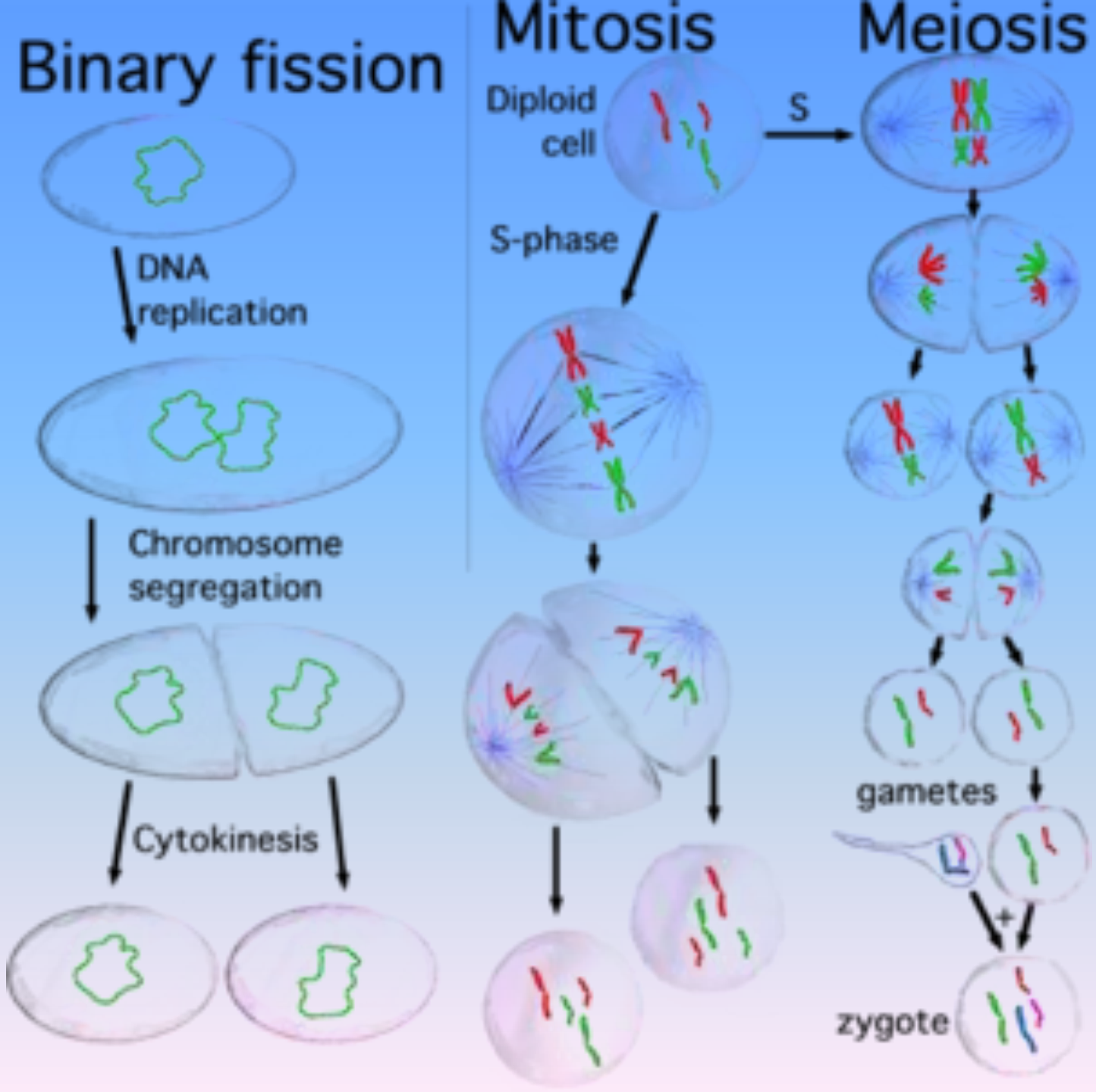
١-تتشكل أربع خلايا تناسلية جديدة تحمل كل منها جهازاً كروموزوميًا واحدًا
(Haploid – ln) أي نصف عدد كروموزومات خلايا النوع .

٢-تختلف الكروموزومات الناتجة في الأعراس التناسلية **وراثياً** عن الخلايا الجسمية نتيجة حدوث العبور بإحتوائها على تراكيب جديدة .

٣-يحصل الاختزال في عدد الكروموزومات كما لاحظنا في الانقسام الاختزالي الأول فقط دون أن يحدث ذلك في الانقسام الثاني .

٤-تنفصل الأليلات عن بعضها خلال الانقسام الاختزالي الثاني بحيث يوجد كل أليل وحده في عروس تناسلية .

٥-يحدث الانقسام المنصف في الخلايا الجنسيةأما الانقسام العادي فحدث في الخلايا الجسمية وفي مرحلة من مراحل تكوين الأعراس في الخلايا الجنسية .


Binary fission
DNA replication
Chromosome segregation
Cytokinesis
Mitosis
Diploid cell
S-phase
Meiosis
S
gametes
+
zygote

الصبغيات

تعد الصبغيات التي تحمل المادة الوراثية من المكونات الخلوية التي درست بشكل دقيق ،وقد سميت الصبغيات من قبل العالم Waldeyer عام ١٨٨٨وقبل هذا التاريخ بأربعين عاما قام الباحث النباتي Hofmeisterبدراسة الصبغيات في الخلايا الحية لأمهات الطلع في نبات Tradescantia ورسمها ، ويعد هذا أول تمثيل للصبغيات في **المراجع البيولوجية.**

وتمتلك الصبغيات وظيفة هامة جداً تنحصر نتيجة تعضيها الخاص واستقلاليتها ، وبفضل قدرتها على التضاعف الذاتي الدقيق والمنظم بنقل المعلومات من جيل إلى آخر .وتحتفظ الصبغيات بخواصها المورفولوجية والفيزيولوجية على امتدادالسلسلة المتعاقبة للانقسامات الخلوية ، وتتوزع في الخلايا الجسميةفي نهايةالميتوز ، وفي الخلايا الجنسية بعد الميتوز .

تظهر الصبغيات في الطور البيني بشكل كتل صغيرة حبيبية تسمى المادة لكروماتينية Chromatinالتي ستشكل الصبغيات ثابتة العدد في النوع أثناء الانقسام ومن ثم تحتفظ الصبغيات بذاتيتها كاملة ويعد الدوران الثاني، والثالث للميتوز أفضل الأدوار ملاءمة لدراسة الصبغيات ، ففي الدور الثاني تكون متحلزنة وقصيرة جداً وأكثر كثافة من الأدوار الأخرى،وأيضاً تتلون بشدة بالملونات الأساسية وتتفاعل مع ملون فولكن Feulgenبشكل ايجابي ويمكن ملاحظة الصبغيات بوساطة المجهر متباين الأطوار Phase- contrast microscopyفي الخلايا الحية بعد تثبيتها وتلوينها، حيث تمتص الأشعة فوق البنفسجية Ultravioletوبموجة طولها ٢٦٠٠ انغستروم.

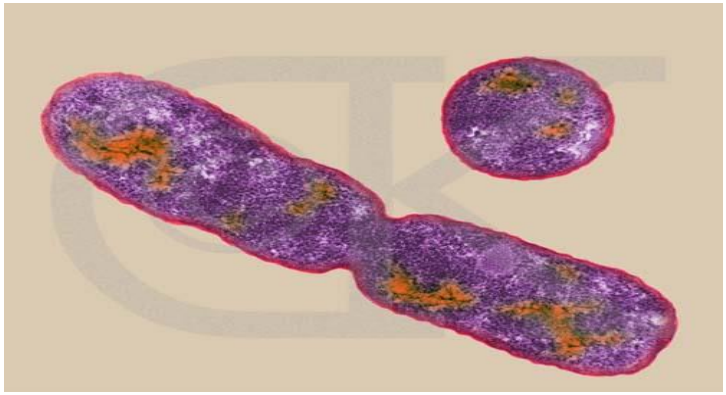
وتعد الصبغيات تشكلات خيطية طويلة ، تكون في فترة انقسام الخلايا منكمشة وقصيرة ومتغيرة الحلزنة ، ويمكن أن نميز في كل صبغي جزيئاً مركزياً Centromere أو منطقة الإنخماص الأولي Primaryconstraction وذراعاً واحداً أو ذراعين وبحسب موقع الجزيء المركزي نستطيع أن نميز **أربعة** أنماط من الصبغيات

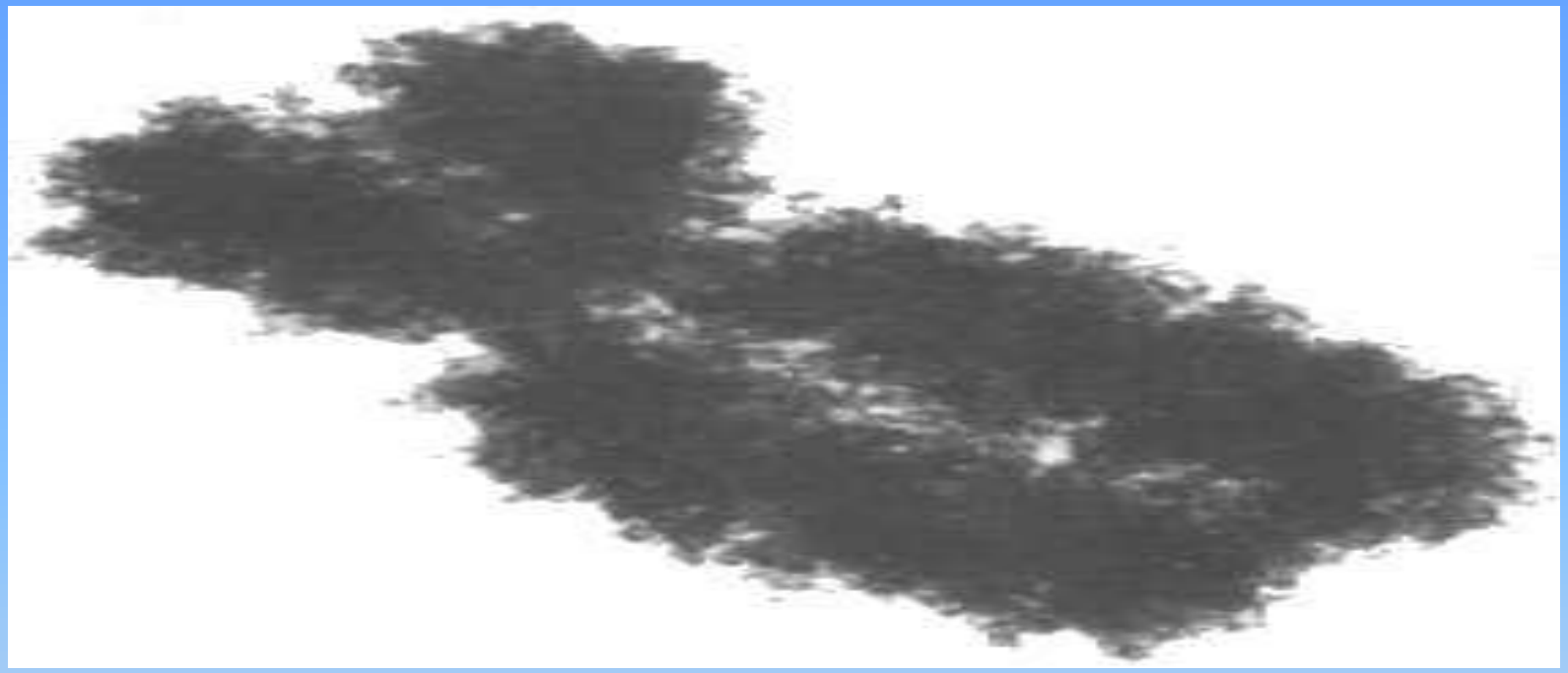
صبغيات مركزية الجزيء المركزي Metacentric: تمتلك ذراعين متساويين طولاً أو تقريباً متساويين ،و يقع الجزيء المركزي في منتصف الصبغي

صبغيات قرب مركزية الجزيء المركزي Submetacentric تختلف بطول الذراعين (ذراع طويلة وآخر قصيرة) وذلك نتيجة توضع الجزيء المركزي قرب منتصف الصبغي.

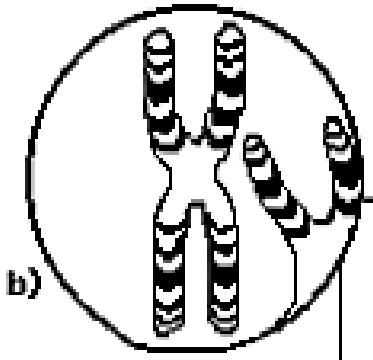
صبغيات قرب طرفية الجزيء المركزي Acrocentric تمتلك ذراعاً قصيرة جداً بسبب توضع الجزيء المركزي قرب نهاية الصبغي.

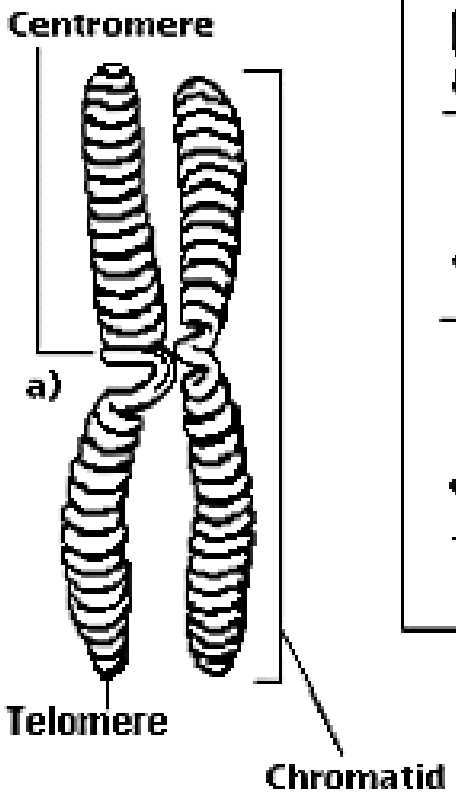
صبغيات طرفية الجزيء المركزي Telocentric غير موجودة عند الإنسان .

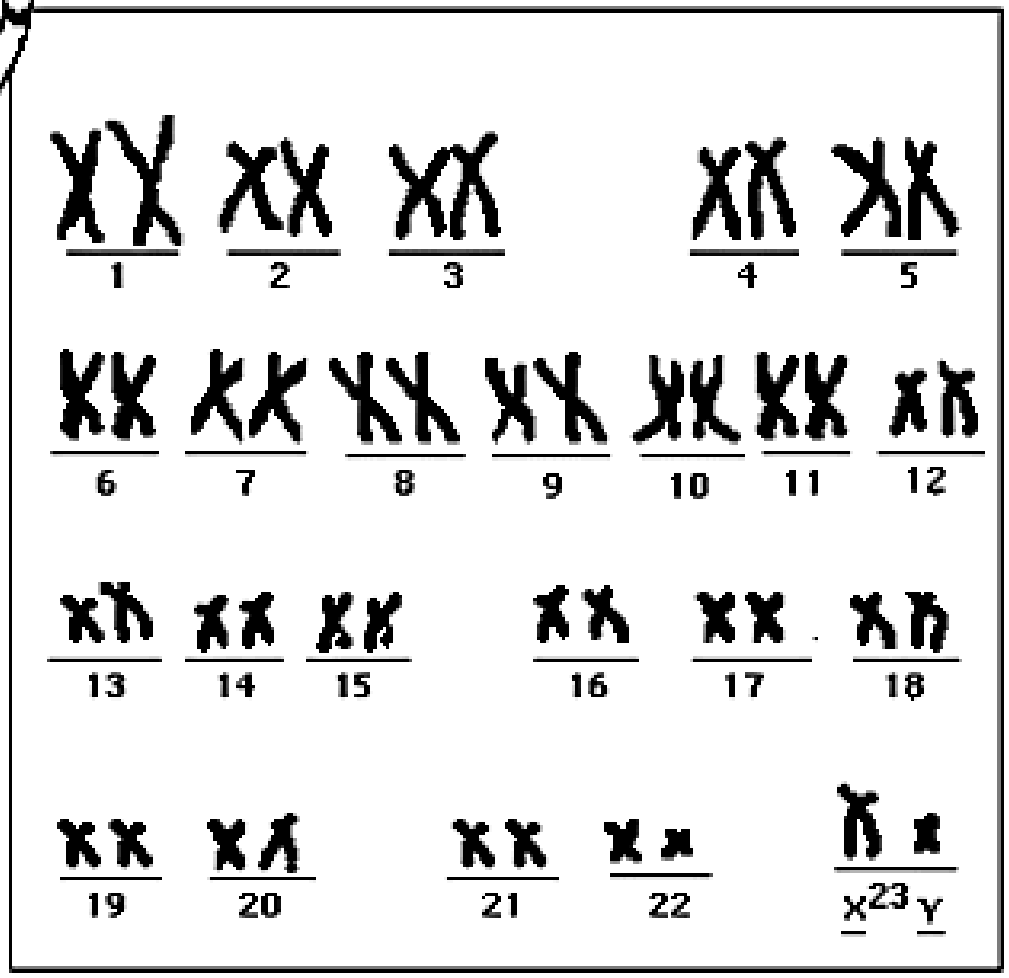




HUMAN CHROMOSOMES







c)

إذن يحدد موقع الجزيء المركزي (وهو مكان ارتباط ذراعي الصبغي) شكل الصبغي . ويؤدي الجزيء المركزي الذي يملك بنية مقعدة جداً **دوراً هاماً** في حركة الصبغي أثناء أدوار الانقسام ، وأيضاً يعد نقطة تثبيت لخيوط المغزل ، فهو يجذب هذه الخيوط أثناء الدورالإستوائي.وقد يحتوي الصبغي أحياناً على جزيئين مركزيين أو أكثر كما هو الحال عند Ascaris megalocephala أوعند بعض الحشرات من رتبة Hemiptera .

وتوجد صفة مورفولوجية أخرى في الصبغيات هي المناطق المنظمة للنويات (NOR) أو **الانخماص الثانوي Secondary contriction** ونظراً لثبات موقع هذه المناطق فإنها تستخدم أيضاً كالجزيء المركزي في **تصنيف** الصبغيات . ويوجد في كل مجموعة صبغية أحادي صبغي واحد على الأقل يحمل الانخماص الثانوي (في الذرة الصبغي رقم ٦ ،وفي الإنسان الصبغيات ١٣ – ١٤ – ١٥ – ٢١ – ٢٢) . ويؤدي فقدان NOR إلى الموت بسبب تخريب المورثات التي تنسخ ال rRNA الضروري لتشكيل الجسيمات الريبية ، حيث يتم **اصطناع البروتين.**

في بعض الصبغيات تشكلات مورفولوجية تسمى التوابع Satellites تكون بشكل جسيم دائري أو طويل ومنفصل عن الأجزاء الأخرى للصبغي بخيط دقيق كروماتيني طويل أو قصير. ويكون شكل التابع وحجمه والخيط المرتبط به ثابتة لكل صبغي ، وتوجد التوابع عند الإنسان في الصبغيات ١٣ – ١٤ – ١٥ – ٢١ – ٢٢ .

وتصل الصبغيات كما نعلم الى أقصى حالة لها من التراص والحلزنة الشديدة في الدور الثاني ويتألف الصبغي من صبيغيين أو كروماتيدين . لكن لا يعد الكروماتيد الوحدة البنيوية الأساسية في الصبغي ، وتم بمساعدة المجهرالالكتروني و تمييز خيط حلزوني ملتف يسمى الخيط الصبغي Chromonemaداخل كل كروماتيد

ويلاحظ خلال الميتوز والميوز ونتيجة تباين التحلزن في الخيط الصبغي ظهور الصبغيات بأشكال مختلفة ، ما هي إلا ترديد لخصائص الخلية الأم في الخلايا البنات الناتجة عن الانقسام . وقد يحتوي الكروماتيد الواحد على خيط صبغي واحد أو على ٢ – ٤ خيوط صبغية، ويظهر المجهر الالكتروني أن الخيط الصبغي يتألف من لييفات (يلاحظ في المقطع العرضي لذراع الصبغي حتى ١٠٠ لييف ثخانتها من ١٠ – ٤٠ A) ويعد الليف Fibre المكون من بروتين نووي الوحدة الأساسية في **بنية الكروماتيد** .

ويتوضع على معظم أقسام الخيط الصبغي حبيبات ولوعة بالملونات تسمى الحبيبات الصبغية Chromomeres تبدو عاتمة بالمجهر الضوئي بسبب شدة التحلزن والتكثف . **وتفيد** هذه الحبيبات في تصنيف الصبغيات وتحديد ذاتيتها لأنها تمثل مواقع ثابتة ولها أشكال وأحجام محددة في الصبغيات غير المتقابلة .

الطابع النووي للصبغيات

هو مجموع خصائص المجموعة الصبغية (عدد الصبغيات شكلها حجمها طولها وبنيتها) .
ولدراسة الطابع النووي ترتب الصبغيات في مجموعات وذلك وفقاً لطول الصبغي وموقع الجزيء المركزي .
وتستخدم كمادة لدراسة الصبغيات في **النباتات** مقاطع عرضية لقمة الجذور المنقسمة ، أما في **الحيوانات والإنسان** فتدرس عن طريق زراعة أو استنبات Cultura الكريات البيضاء ، عناصر نخاع العظم والخلايا الليفية الأصلية ..... الخ .

ولدراسة الطابع النووي (١) **تضاف** مادة الكولثيسين Colchicine أو الكولسيميد Colcemide في وقت مناسب من الدورة الخلوية . وتعمل هذه المواد على منع هجرة الصبغيات الى قطبي الخلية ، ويعود ذلك إما إلى تعطيل انفصال الصبغي طوليا أو إلى تخريب مغزل الانقسام ، مما يؤدي عدم تمكن الصبغيات من الانتقال الى القطبين . ويتم بعد ذلك(٢) **تلوين** الصبغيات بملون Aceto-orcein وبلون Feulgen . ثم(٣) **تصور** الصبغيات وتحمض وتقطع الصور لترتب حسب الطول تنازليا (من الأطول إلى الأقصر) واعتمادا على موقع الجزيء المركزي.

تصنيف الصبغيات حسب أطوالها

المجموعة	الأشفاع	موقع الجزيء المركزي
١	١ – ٣	مركزية
٢	٤ – ٥	قرب مركزية
٣	٦ – ١٢ +XX (المرأة) ٦ – ١٢ + X (الرجل)	قرب مركزية
٤	١٣ – ١٥	قرب طرفية الجزيء المركزي
٥	١٦ – ١٨	١٦ مركزياً – ١٧ – ١٨ قرب مركزية الجزيء المركزي
٦	١٩ – ٢٠	مركزية الجزيء المركزي
٧	٢١ – ٢٢ (المرأة) ٢١ – ٢٢ + Y(الرجل)	قرب طرفية الجزيء المركزي

ويتميز كل صبغي ضمن المجموعة الصبغية الأحادية بطول وحجم ثابتين وبشكل محدد . وبالتالي فإن أبعاد الصبغي من الصفات الثابتة له، وتتراوح أطوال الصبغيات من ٢.٠- ٥٠ميكرونا وقطرها من ٢.٠ - ٥ميكرونات .

ملاحظة : لا يوجد علاقة بين عدد الصبغيات ودرجة رقي المتعضية فالسرطان Paralithodes يحتوي على 2 n = 208 والقردة إنسانيات الشكل تحتوي على 48 2n =

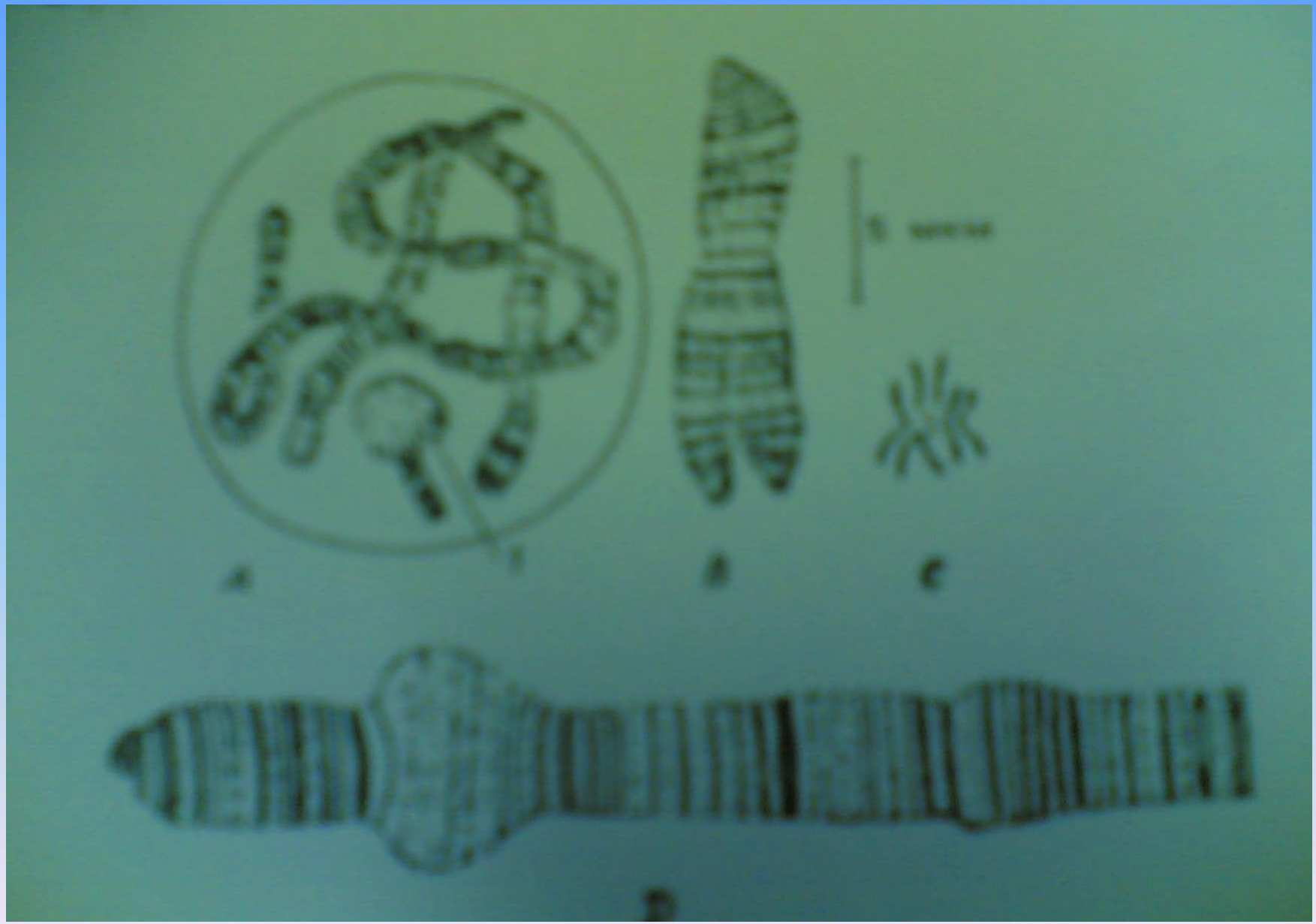
وفي الوقت الحاضر يمكن التمييز بين صبغيات المجموعة الواحدة بفضل طرق تلوين خاصة تسمى **التعصيب الصبغي Chromosone banding** ، ذلك أن تفاعلات خاصة تتم بين الملونات وال DNA مما يسمح بتوضيح نماذج مختلفة من العصابات الملونة وغير الملونة ومن الملونات المستخدمة ملون Quinacrine Giems وقد تحتاج عملية ظهور عصابات محددة إلى المعالجة المسبقة ب HCL و NaOH .

الصبغيات العملاقة :

تعد الصبغيات العملاقة Gigantic chomosomes مادة مناسبة لدراسة بنية المادة الوراثية ووظيفتها **وتوجد** هذه الصبغيات في نوى خلايا يرقات ثنائيات الأجنحة كالذباب والبعوض مثلا:(الغدد اللعابية ،أوعية مالبيكي والخلايا المغذية للمبيض والجسم الدهني) . وتصل إلى أقصى حجم لها في **الغدد اللعابية** ، لذلك تكون ذات بنية واضحة جداً.

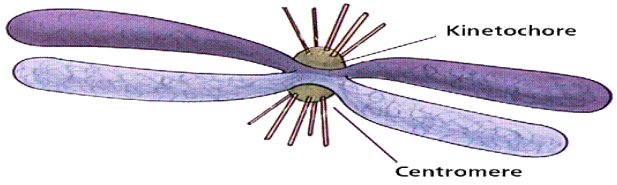
وتعود ضخامة هذه الصبغيات إلى تضاعف الكروماتيدات مرات متعددة بوساطة الميتوز الداخلي ،فبدلا من انشطار الكروماتيدات طولياً تلتصق بعضها ببعض مكونة حزماً من الخيوط المتعددة ، وتصل درجة التعدد حتى ١٦.٠٠٠ كروماتيد ، مما يدل على القطر الضخم لهذه الصبغيات.

وهي أطول من الصبغيـات العادية ب١٠٠ مرة، والجدير بالذكر أن حجم النواة يتعلق بحجم الصبغيات الموجودة بداخلها، وأن الميتوز الداخلي يؤدي إلى زيادة حجم النواة التي ستصبح عملاقة . ويتوضع على حزم الخيوط المتعددة حبيبـات صبغية ملتصق بعضها ببعض بشـدة .

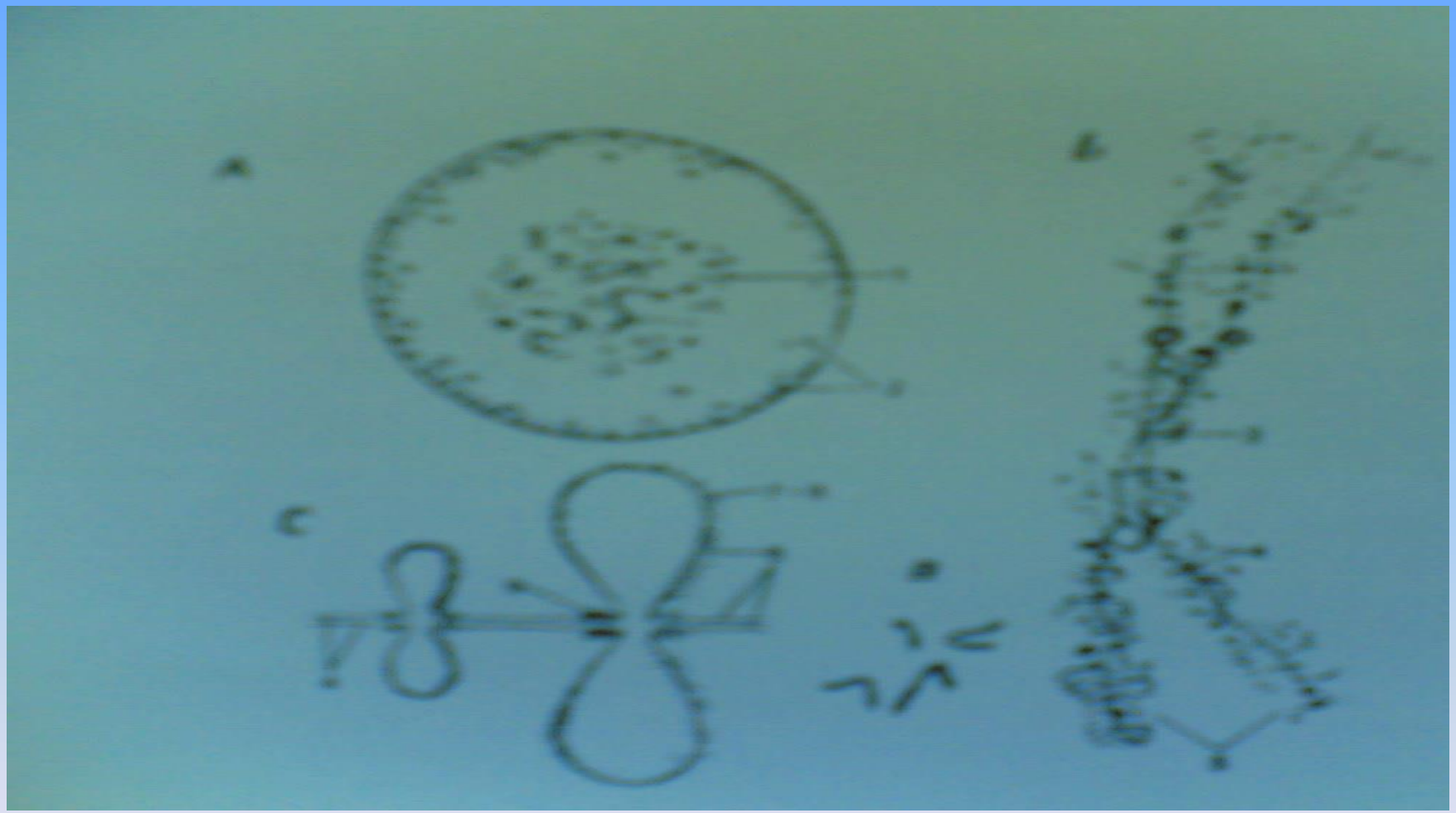


وللصبغيات العملاقة أهمية خاصة في الأبحاث الوراثية ، فهي التي أدت إلى معرفة التوزع الخطي للمورثات ومواقعها على الصبغيات . ويصل عدد الأقراص في ذبابة الخل إلى٥٠٠٠ قرص ويتطابق هذا بشكل عام مع العدد الأدنى للمورثات الأساسية التي ظهرت عند دراسة الطفرات، وعلى ما يبدو يشكل القرص مع المسافة بين القرص وحدة وظيفية بالرغم من أن هذه المسألة لا تزال موضع نقاش.

وتستخدم الصبغيات العملاقة في معرفة الفعالية المورثية، ففي مرحلة محددة تفقد بعض الأقراص بنيتها الواضحة ، فتتضخم لتشكل ما يسمى الانتفاخات Puffs(شكل٢ –١٥) وفيما بعد قد يختفي الانتفاخ Puff ليتشكل آخر من قرص آخر وهكذا . وقد تأكد أن ال DNA في هذه الانتفاخات ينسخ ال RNA الذي يتراكم حول الانتفاخ وتميز الانتفاخات **مراحل التحول الشكلي Metamorphosis** لأن الانتفاخات تظهر وتختفي خلال التشكل الفردي الانتفاخات في تعاقب محدد ومنظم، وهذا يثبت فعالية وكظم المورثات في وقت معين ومكان معين كما في.


Kinetochore
Centromere

الصبغيات الفرشاتية:Lampbrush chromosomes صبغيات عملاقة (طولها حتى ١مم) وذات فعالية خاصة توجد هذه الصبغيات في نوى الخلايا المولدة للبيوض Oocytes للفقاريات (شكل٢- ١٦) وفي الخلايا المنوية Spermatocytes لذبابة الخل، ويمكن رؤية الصبغيات الفرشاتية في مرحلة الخيوط للدور الأول. وتتحد الصبغيات المتقابلة فقط في منطقة التصالب، وتبرز من الكروماتيد عقد صبغية تشبه الشعر الخشن لفرشاة المصابيح (ومن هنا جاء اسم هذه الصبغيات) وتتوزع هذه العقد كأقراص الصبغيات العملاقة بترتيب خاص، وفي الصيغة الصبغية المضاعفة لل Triturus يتشكل نحو ١٠.٠٠٠عقدة عصبة ويصل طول DNA في الحالة الممددة إلى ١٤٠٠سم . ويتم في العقد نسخ ال RNA من ال DNA وبهذه الصورة تؤمن الخلية البيضية الناضجة مادة النويات الكثيرة العدد، وبالتالي الريبوزومات علاوة على ذلك، وفي الوقت نفسه يتم نسخ ال mRNA الضروري لاصطناع البروتينات بعد الإلقاح



البنية الجزيئية للصبغيات

في عام ١٨٨٠ لاحظ Flemming عند تلوين خزعة من خصية برمائي أن النواة تحتوي على مادة حبيبية تتلون بالأحمر ، فسماها المادة الصبغية أو الكروماتينية . ويمكن ملاحظة هذه المادة الحبيبية في طور الراحة بوساطة المجهر الضوئي ، لكن المجهر الالكتروني يوضح أن الكروماتين مكون من خيوط طويلة جداً.

وعند بدء انقسام الخلية تتجمع المادة الكروماتينية في أشفاع من أجسام خيطية الشكل هي الصبغيات الحقيقية وقد وجد أن الصبغيات تتركب كيميائيا من ال DNA والبروتينات الأساسية (الهيستونات) وبروتينات حمضية أخرى، وتشغل هذه البروتينات ٣١ % من المادة الكروماتينية للكتلة الجافة من نوى الإنسان في طور الراحة ، ويوجد أيضا كمية صغيرة من ال RNA وقد تشترك بعض هذه المواد في تنظيم ترجمة المعلومات الوراثية لل DNA أي التحكم في التعبيرالوراثي للمورثات ويعد ال DNA والهيستونات المركبات الرئيسة للصبغيات ، وتبقى نسبتهما ثابتة في كل نواة، وذلك لتضاعف الهيستونات مع ال DNA في المرحلة S من الطور البيني

ويبرهن على وجود ال DNA والبروتينات في الصبغيات بمعالجة الصبغي بأنزيم **التربسين** وأنزيم **Deoxyribonuclease** (اختصارا DNAasej) ويزيل الأنزيم الأول البروتينات ويبقي على أشرطة ال DNA مما يؤدي إلى شكل متآكل للصبغي مع الاحتفاظ بطوله ، بينما يزيل الأنزيم الثاني أشرطة ال DNA ويبقي البروتينات مما يؤدي إلى تفكك الصبغي إلى قطع أو وحدات صغيرة تسمى الجسيمات النووية أو النكليوزومات Nucleosomes التي تتوزع على طول الليف الكروماتيني للصبغي.

، ويتألف النكليوزوم الواحد من ١٤٠شفعا من أسس ال DNA التي تحيط بثمانية أنماط من الهيستونات ، أربعة في المركز (اثنين H3 واثنين من H4) وأربعة في المحيط (اثنين من H2A واثنين من H2B) ويقع بين كل نكليوزومين ٦٠ شفعا من أسس ال DNA التي تحيط بهيستون واحد من النمط H1 (شكل ٢-١٧).ونجد في الصبغيات نمطين من الكروماتين الكروماتين الحقيقي Euchromatin والكروماتين غير المتجانس.

الكروماتين الحقيقي:

يشكل الكروماتين الحقيقي جزءا رئيسا من بنية الصبغي ، فهو يحتوي على عدد كبير من المورثات التي تملك قدرة كامنة للترجمة،وبخلاف الكروماتين غير المتجانس تكون الأسس الميتيلية قليلة ، ويحتوي على كميات كبيرة من ال DNA والبروتينات الهيستونية وغير الهيستونية والكروماتين الحقيقي **متكثف** بشكل قليل جداً ،مما يدل على أهميته في عملية الترجمة وتشكيل الأنزيمات والبروتينات المختلفة ،وقد يكتسب صفات الكروماتين الاختياري غير الفعال ، ويعد هذا أحد الأساليب التي تنظم آلية التعبير المورثي، وقد تحدث الطفرات بشكل كبير في الكروماتين الحقيقي،ويتم نسخه في وقت مبكر من المرحلة S للدورة الخلوية ويكون بحالة منتشرة في الطور البيني وبحالة حلزنة في طور الانقسام.

الكروماتين غير المتجانس:

ويكون هذا الكروماتين بحالة مكثفة خلال جميع مراحل الدورة الانقسامية، ويتلون بشدة بأصبغة النواة ، لذا يمكن رؤيته جيداً تحت المجهر الضوئي حتى في الطور البيني، **وكقاعدة عامة** ينسخ الكروماتين غير المتجانس في وقت متأخر من نسخ الكروماتين الحقيقي ، ولا يترجم ، أي أنه خامل وراثياً، ولوحظ فيه عدد قليل من الطفرات (شكل ثابت من ال DNA) وتحتوي نواة النسج الفعالة والخلايا الجنينية على كمية قليلة من الكروماتين غير المتجانس ويميز في الكروماتين غير المتجانس نمطان **هما** :

الكروماتين الاختياري Facultative heterochromatin وكروماتين أساسي أو بنيوي Constitive heterochromatin ويوجد الأول في أحد الصبغيات المتقابلة، فمثلا يكون أحد الصبغيات X عند إناث الثدييات وراثيا ، الذي يصبح من جراء تكثفه الدائم في مرحلة مبكرة من التشكل الجنيني غير الفعال Inactivation وقد ينقلب الكروماتين الاختياري إلى حقيقي يحتوي على مورثات فعالة أما الكروماتين الأساسي فيوجد في كلا الصبغيين المتقابلين. ويكون مكثفا وخاملا ، ويوجد في الجزيء المركزي وفي نهاية الصبغي Telomere وفي منظم النوية ويتوضع في طور الراحة بالقرب من الغشاء النووي ويؤدي الكروماتين الأساسي دورا هاما في انجذاب صبغيات وحركتها لذا فهو ضروري للانقسامات النووية المتكررة خلال حياة الفرد