المحاضرة ٢ : الخلية والكروموسومات والانقسام الاختزالي

الخلية Cell

الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية في الكائنات الحية، فكل الكائنات الحية تتركب من خلية واحدة أو أكثر، وتنتج الخلايا من انقسام خلية بعد عملية نموها. وتقسم الخلايا عادة إلى خلايا نباتية وخلايا حيوانية أو خلايا حقيقة النواة وخلايا غير حقيقة النواة، وهناك تقسيمات أخرى؛ وتسمى مجموعة الخلايا المتشابهة في التركيب والتي تؤدي معاً وظيفة معينة في الكائن الحي عديد الخلايا بالنسيج.

تتركب الخلايا حقيقية النواة من أربعة أجزاء رئيسية كما تشاهد بالمجهر الضوئي هي: **الغشاء الخلوي و النواة و السيتوبلازم و الهيكل الخلوي**. و القسمين الرئيسيين في الخلية هما **النواة Nucleus و السيتوبلازم Cytoplasm** . غشاء الخلية يعمل على فصل السيتوبلازم عن المحيط الخارجي في حين يعمل غشاء النواة بفصل النواة عن السيتوبلازم. هناك أجزاء أخرى في داخل الخلية والتي تكون عادة معلقة في **الجبلة أو البروتوبلازم** Protoplasm هي البنية الفيزيائية للخلية ؛ و تشمل: غشاء الخلية - غشاء النواة - الجسيمات الحالة lysosomes - المريكزات centrioles - الشبيكة بلازمية - أجسام جولجي - الجسيمات الحالّة - الميتوكندريا و البلاستيدات الخضراء (بالنسبة الخلايا النباتية). يتكون البروتوبلازم بمحتوياته من خمس مواد أساسية :

- **الماء Water:** يكون بنسبة تتراوح بين ٧٠ و ٨٥ % و توجد مذابة فيه الكثير من المواد الكيميائية في الخلية.
- **الإلكتروليت (Electrolyte)** هو أي مادة تحتوي على أيونات حرة تشكل وسطا ناقلا للكهرباء داخل الخلية.
- **البروتينات Proteins** : هي أكثر المواد وفرة في معظم الخلايا بعد الماء ؛ فهي تكون ١٠ - ٢٠ % من كتلة الخلية . و من الممكن تقسيم البروتينات هذه إلى بروتينات كريوية globular proteins وهي التي تكون الإنزيمات بصورة رئيسية، و بروتينات بنيوية structural proteins التي تدخل في تركيب الأنسجة والاعضاء مثل الجلد والشعر والكروموسومات.
- **الشحوم Fats** : تمثل حوالي ٢ % من الكتلة الكلية للخلية تتميز الشحوم بانها لاتذوب في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية ومذيبات الشحوم مثل الكلوروفورم والبنزين، من أنواعها الشحوم الفسفورية و الكوليستيرول التي تكون حواجز غشائية تفصل مختلف الأحياز داخل الخلية.
- **السكريات Carohydrates**: بصورة عامة وظائف ابتنائية قليلة في الخلية ، فيما عدا كونه جزء من جزيئات البروتين السكري glycoprotein و لكنها تقوم بدور رئيسي في تغذية الخلية.

تركيب الخلية النباتية

الجدار الخلوي: يتكوّن من خيوط رفيعة من السليولوز تُدعى بالألياف الدّقيقة، وتترتب بشكلٍ موازٍ لسطح الخلية، يعطي هذا الجدار الدعم والقوة والصلابة للخلية النباتية.

البروتوبلازم: هو مادةٌ هلاميّة غير متجانسة، تتألّف من البروتينات، والدُّهون، والماء، يتميّز بعدة خصائص كالحركة الانسيابيّة، وقدرته على الاستجابة للمؤثرات الخارجية كالإسراع أو الإقلال من الحركة، وهو مسؤولٌ عن عمليات الهدم والبناء والتحول الغذائي.

السيتوبلازم: وهو محلولٌ متجانس نسبياً، يحتوي على الريبوسومات، والأجسام الكروية، والنّواة، والبلاستيدات، والميتوكوندريا .

البلاستيدات: هي أجسام بروتوبلازميّة تستطيع النمو والانقسام، تتصنّف تبعاً لوجود الصبغة بداخلها؛ فمنها الخضراء وهي المحتوية على الكلوروفيل الذي يحوّل الطاقة الضوئية المستمدة من الشمس إلى طاقة مخزنة على شكل سكريات ونشويات، ومنها الملونة بالأصفر، والبرتقالي، والأحمر المحتوية على أصباغ الكاروتين والزانثوفيل، وهي المسؤولة عن لون الأزهار، وهناك نوعٌ ثالثٌ هو البلاستيدات عديمة اللون؛ حيث إنّها لا تحتوي على صبغات مطلقاً، وتكون وظيفتها تخزين المواد الغذائية الزائدة

عن حاجة النباتات، وتوجد في الدرنات والكورمات، والأندوسبروم، والفلقات، وقد تختلف البلاستيدات في شكلها فمنها القرصي، والكروي، والبيضاوي.

جهاز كولجي هو عبارة عن عضية تتواجد في خلايا الكائنات الحية وسميت هذه العضيات نسبة إلى العالم الإيطالي كاميلو كولجي الذي اكتشفها عام ١٨٩٨. وظيفتها تكوين وإنتاج بعض الجزيئات مثل البروتينات والشحوم. توجد حول النواة.

الأغشية البلازمية: هي مكوّنةٌ من طبقتين من البروتينات تفصل بينهما طبقة دهنية.

الشبكة الإندوبلازمية: هي عبارة عن مجموعةٍ من الأنابيب الدقيقة المتشابكة، والتي تقسم إلى نوعين: شبكة إندوبلازمية خشنة، وذلك لوجود الريبوسومات عليها. شبكة إندوبلازمية ملساء، وذلك لخلوّها من الريبوسومات.

الريبوسومات: هي أجسام بروتوبلازمية صغيرة الحجم، تتواجد بشكلٍ حُرٍّ في السيتوبلازم أو على الشبكة الإندوبلازمية الخشنة.

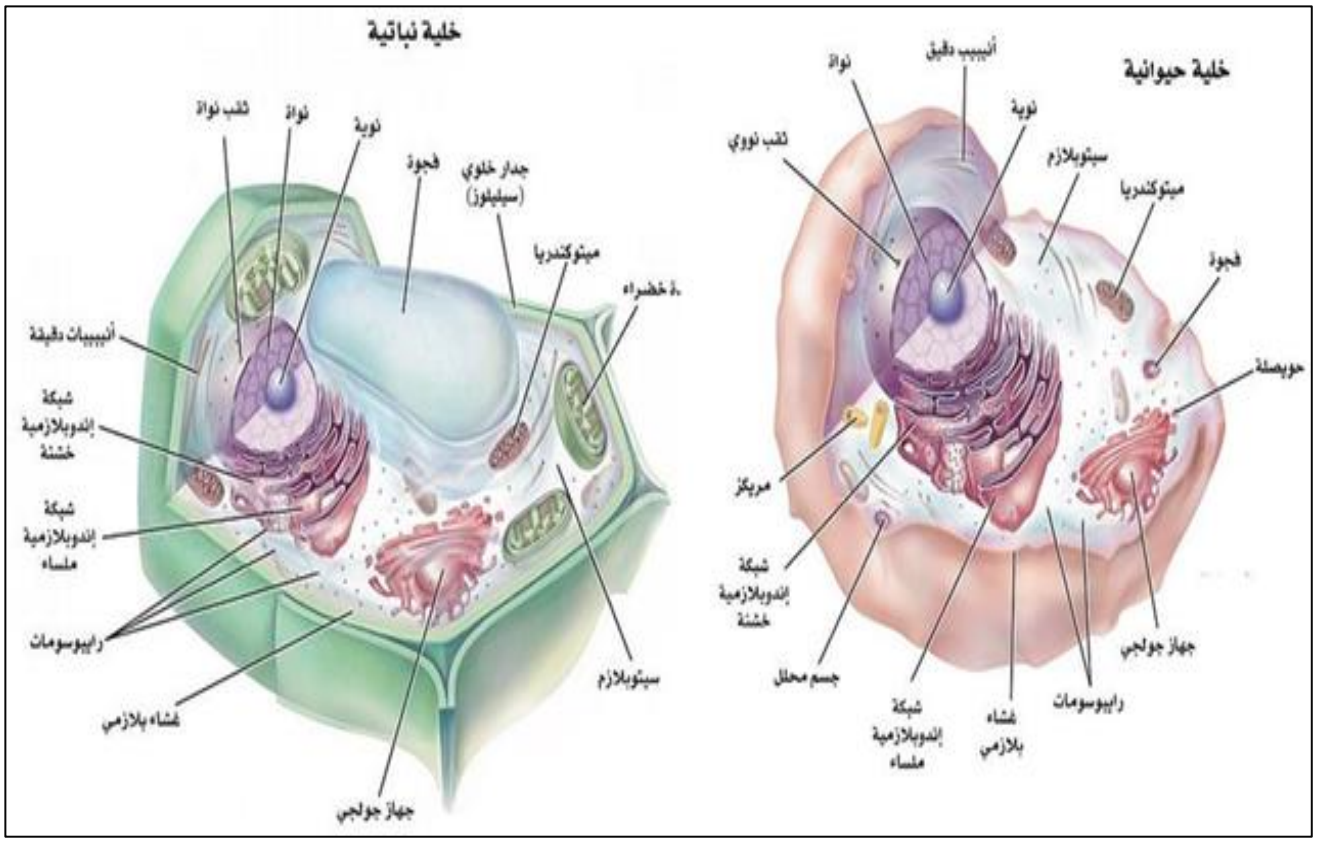
الفجوة العصارية: هناك فجوة عصاريّة مركزيّة كبيرة تعتبر كوحدة تخزين للماء، وهي مُحاطةٌ بغشاء يُعرف باسم تونوبلاست، يتحكم في حركة السائل الموجود، ويُخزّن مواد تساعد على هضم مخلفات البروتينات.

النّواة: هي جسمٌ كرويٌ يتوسّط السيتوبلازم، تتكوّن من الغلاف النّووي والذي هو عبارة عن غلاف رقيق يحمل على سطحه الرايبوسومات، وتوجد فيه عدّة ثقوبٍ تمتلئ بمادة لزجةٍ تفصل بين السائل النووي والسيتوبلازم الذي هو عبارة عن مادة هلامية غنية بالبروتينات الدهنية، والمكوّن الأخير هو النويّة؛ حيث توجد وسط السائل النووي وتظهر أهميّتها باعتبارها مركزاً للحمض النووي RNA، وتحتوي النواة على نوعين من الأحماض: حمض الدي اكسي ريبوز النووي DNA، وحمض الريبوز النووي RNA، **وتظهر أهمية النواة فيما يلي:**

- تتم فيها الانقسامات الخلوية لاحتوائها على المادة الكروماتينية.

- يتم فيها تركيب الإنزيمات لاحتوائها على مادة الـ DNA.

- تنقل الصفات الوراثية والتي تحملها الجينات على سلّم الـ DNA.



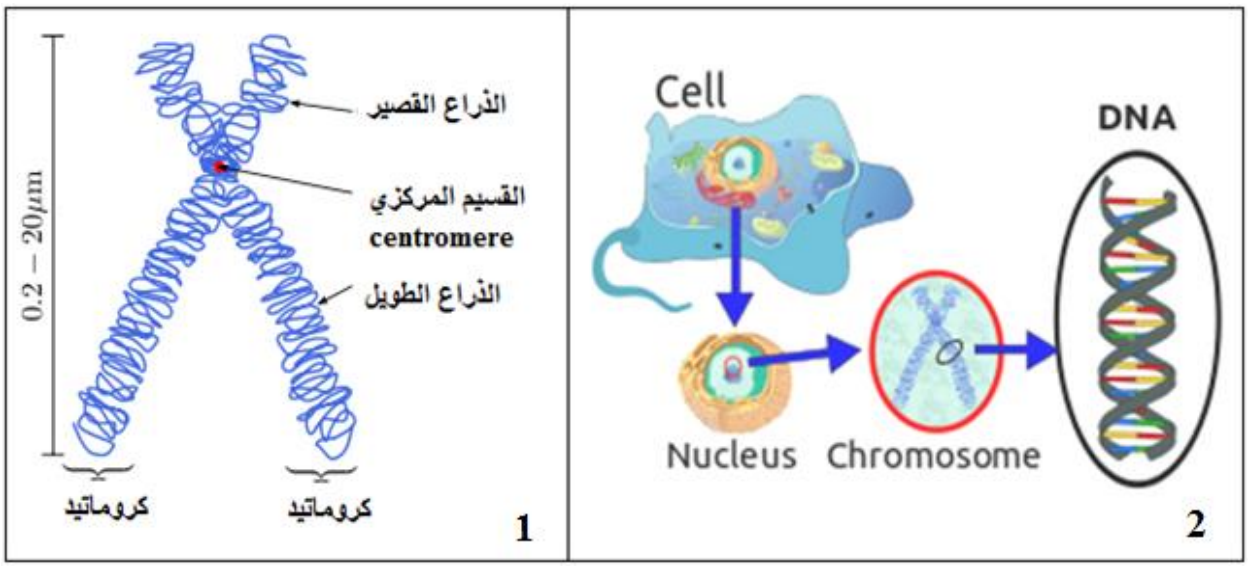
الكروموسومات Chromosomes

الكروموسومات (أو الصبيغات الوراثية) كلمة يونانية تعني الجسم الملون هي عبارة عن عصيات صغيرة (قصيرة عصوية الشكل) توجد داخل النواة nucelus في الخلية، تتكون من بروتينات هيكلية تدعى **هستون** وحمض نووي ريبوزي منقوص الاوكسجين **DNA**، تحمل هذه الكروموسومات في داخلها تفاصيل كاملة لخلق الكائنات الحية. في الانسان يحمل الشخص العادي (ذكراً كان أو أنثى) ٤٦ كروموسوم، تكون على شكل أزواج (أي٢٣ زوج) وكل زوج يتصل ببعضها عند نقطة قرب المركز تسمى القسيم المركزي أو السينترومير Centromere. هذه الأزواج مرقمة من ١ الى ٢٢ ، بينما الزوج الأخير(الزوج٢٣) لا يعطى رقماً بل يسمى الزوج المحدّد للجنس وبذلك يكون عدد الكروموسومات الجسدية ٤٤ و الجنسية ٢ فقط. يرث الإنسان نصف عدد الكروموسومات (ثلاثة وعشرين) من أمه والثلاثة والعشرون الباقية من أبيه. تم ملاحظة الكروموسوم لأول مرة في النباتات من قبل عالم نبات سويسري اسمه كارل ولهيلم Karl Wilhelm في عام ١٨٤٢ ويختلف الخلايا في الكائنات الحية في عدد الكروموسومات الموجودة فيه ففي كل خلية جسمية في الأنسان هناك ٤٦ كروموسوما اما في القرد فهناك ٤٨ كروموسوما في كل خلية جسمية ولا يعتمد عدد الكروموسومات على حجم الكائن الحي فالفيل مثلا عنده ٥٦ كروموسوم في كل خلية جسمية بينما تمتلك الفراشة ٣٨٠ كروموسوما في كل خلية جسمية.

كل خيط مفرد من زوج الكروموسوم يطلق عليه تسمية **كروماتيد Chromatid** ، لكل كروماتيد في الكروموسوم الواحد ذراعان احدهما طويل والأخر قصير، كل كروماتيد يترتب بشكل حلزوني ويحمل في طياته على عشرات الألاف من الجينات genes (المورثات) وبذلك يحمل كل كروموسوم في طياته ما يقارب ٦٠,٠٠٠ الى ١٠٠,٠٠٠ جين وكل جين لها موقع خاص بها على التركيب الحلزوني للكروماتيد مشابه بالضبط لموقع نفس الجين على الكروماتيد المقابل.

كل جين gene بدوره يتألف من سلسلة من النيوكليوتيدات nucleotide وتطلق عليها اسم الأليل allel (جاءت تسميته من كلمة allelomorph والتي كانت تستخدم في الأيام الأولى لعلم الوراثة من أجل وصف الصيغ المختلفة للجين التي تبينت من خلال الأنماط الظاهرية المختلفة). هذا الأليل يتحد مع أليل اخر في الكروماتيد المقابل فاذن كل جين تتكون في حقيقة الأمر من أليلين، أليل تم وراثته من الأب وأليل تم وراثته من الأم.

اذا كان الأليلين متشابهين بالضبط في تسلسل النيوكليوتيدات فيطلق على هذه الحالة لاقحة مماثلة Homozygote واذا كان الأليلين مختلفين في تسلسل النيوكليوتيدات فيطلق على هذه الحالة لاقحة متباينة Heterozygote.



1- جسم الكروموسوم 2- صورة توضح وجود الحامض النووي الدنا في الكروموسوم في نواة الخلية

الأنقسام الخلوي

نعيش في عالمٍ ضخمٍ مليءٍ بالمخلوقات المتنوعة، التي لو أردنا تخيل تنوعها وأعدادها لما استطعنا ذلك أبداً، هذه الأنواع والأعداد لم تأتِ من محض الصدفة أو دون عمليةٍ مسؤولةٍ عن هذا التنوّع، بل هي أعداد كبيرةٌ جاءت نتيجة التكاثر، والتكاثر هو عملية يقوم بها الفرد لزيادة أعداده والبقاء على قيد الحياة منعاً من انقراضه. وينقسم التكاثر بدوره إلى نوعين التكاثر اللا جنسي، و الجنسي، حيث يعتمد اللا جنسي على **الانقسام المتساوي** الذي يحدث في الخلايا الجسدية في الكائنات الحية و يساهم في نمو الكائنات الحية وتعويض أنسجتها التالفة، كما يساهم في نقل الجينات الموجودة على الكروموسومات من الخلية الأصلية إلى الخليتين الجديدتين.
أمّا التكاثر الجنسي يعتمد على **الانقسام الاختزالي** الذي يحدث في الخلايا الجنسية في الكائنات الحية و اهميته ضروريه للحفاظ على الكائنات الحية التي تتكاثر جنسيا.

الإنقسام الإختزالي

هو إنقسام يحدث في الخلايا الجنسية (التناسلية) ويعتمد إعتماداً كلياً على إختزال عدد الكروموسومات إلى النصف، فمثلاً الإنسان يحدث الإنقسام الاختزالي (المنصف) في كلا الجنسين (الذكر والأنثى)، بحيث يحدث الإنقسام لدى الخلية التناسلية الذكرية فتكون أربع خلايا تحمل كل خليةٍ منها نصف عدد الكروموسومات الأصلية، وفي الوضع الطبيعي يكون عدد الكروموسومات في الإنسان مساوي ٤٦ كروموسوم، وفي الخلية الناتجة عن الانقسام الاختزالي تكون ٢٣ كروموسوماً، وكذلك يحدث لدى الأنثى فتنتج خلايا تناسليةً تحتوي على٢٣ كروموسوماً، وفي عملية الإخصاب تندمج خلية من الذكر مع خليةٍ من الأنثى داخل الرحم، وتنتج خلية تحتوي على ٤٦ كروموسوماً(بويضة مخصبة).

مراحل الانقسام الاختزالي

للانقسام الأختزالي مرحلتان أساسيتان تضاف إليهما مرحلة قبلهما وهي الطور البيني، وشرحه كالآتي:

الطور البيني

يحتل هذا الطور الجزء الأكبر من حياة الخلية -عادة- ويسبق مرحلة الانقسام نفسها. وفي هذا الطور تكون (الكروموسومات قد تضاعفت في مرحلة التخليق (مرحلة بناء DNA) وهي إحدى مراحل الطور البيني - بحيث يتكون كل كروموسوم من كروماتيدين متماثلين تماماً في المادة الجينية ، ويسميان الكروماتيدين الشقيقين ويتحدان في نقطة تسمى القسيم المركزي (أو السنترومير). وفي هذا الطور أيضاً يتضاعف المُرَيْكِز (السنتروسوم).

أولا: الانقسام الاختزالي الأول:

١- **الطور التمهيدي الأول:** يحتل هذا الطور القسم الأكبر من عملية الإنقسام الأختزالي (حوالي ٩٠ %) وفيه تجتمع الكروموسومات المتشابهة في أزواج، وتحدث **عملية العبور** هذه العملية مسؤولة عن وجود صفات جديدة في الجيل التالي، تختلف عن الجيل الأول.، حيث يتم تبادل قطع من كل كروموسومين متجاورين. وتختفي النواة في هذا الطور. لتنتقل الكروموسومات الى طرف الخلية. تتميز هذه المرحلة **باختفاء غشاء النووي والنوية** و **تشكل المغزل اللا لوني** و **تلولب و تكثف الكروموسومات أو ما يسمى بالرباعيات**.

٢- **الطور الاستوائي الأول:** تترتّب الكروموسومات في خط استواء الخلية، مكونه ما يسمى بالصفيحة الاستوائية، وتكون مثبتة بخيوط المغزل اللالوني.

٣- **الطور الانفصالي الأول:** تنقسم الكروموسومات فيه مكوّنة أزواجاً من الكروماتيدات، دون انفصالها عن المركز، حيث تتّجه كل مجموعة نصفية إلى أحد أقطاب الخلية فيما يسمى بالهجرة القطبية أو الصعود القطبي بواسطة تقلص خيوط المغزل اللالوني.

٤- **الطور النهائي الأول:** تتجمّع الكروموسات في أقطاب الخلية وتحاط كل مجموعة من الكروموسومات بغشاء نووي، ثمّ تبدأ النوية بالظهور، وكذلك ينقسم الستوبلازم، وفي النهاية تظهر خليتان وليدتان، تدخلان في الانقسام الاختزالي الثاني.

ثانيا: الانقسام الاختزالي الثاني:

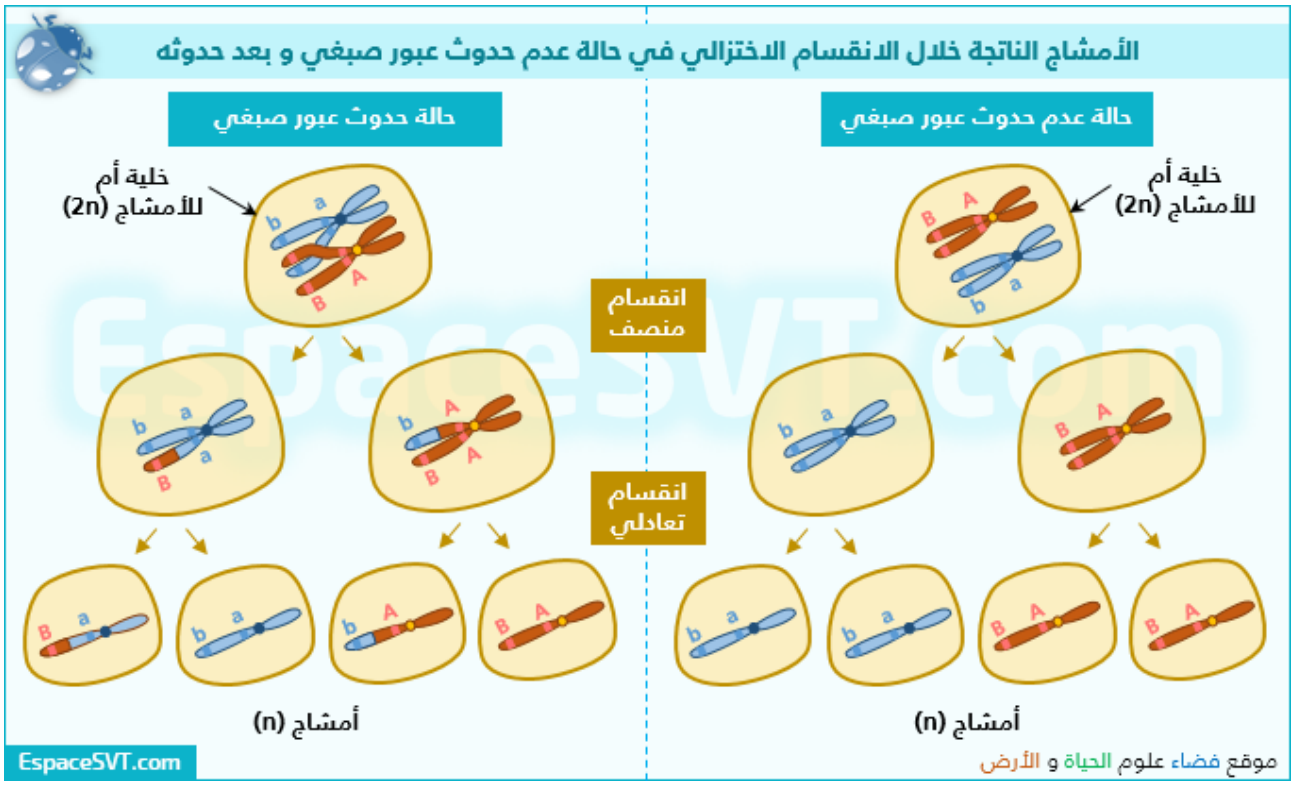
١- **الطور التمهيدي الثاني:** تنقسم الكروماتيدات ولكنها تبقى متصلة بالسنترومر في هذا الطور وتتجه كل مجموعة من الكروماتيدات المنفصلة إلى أحد أقطاب الخلية، ويختفي الغشاء النووي وكذلك النوية.

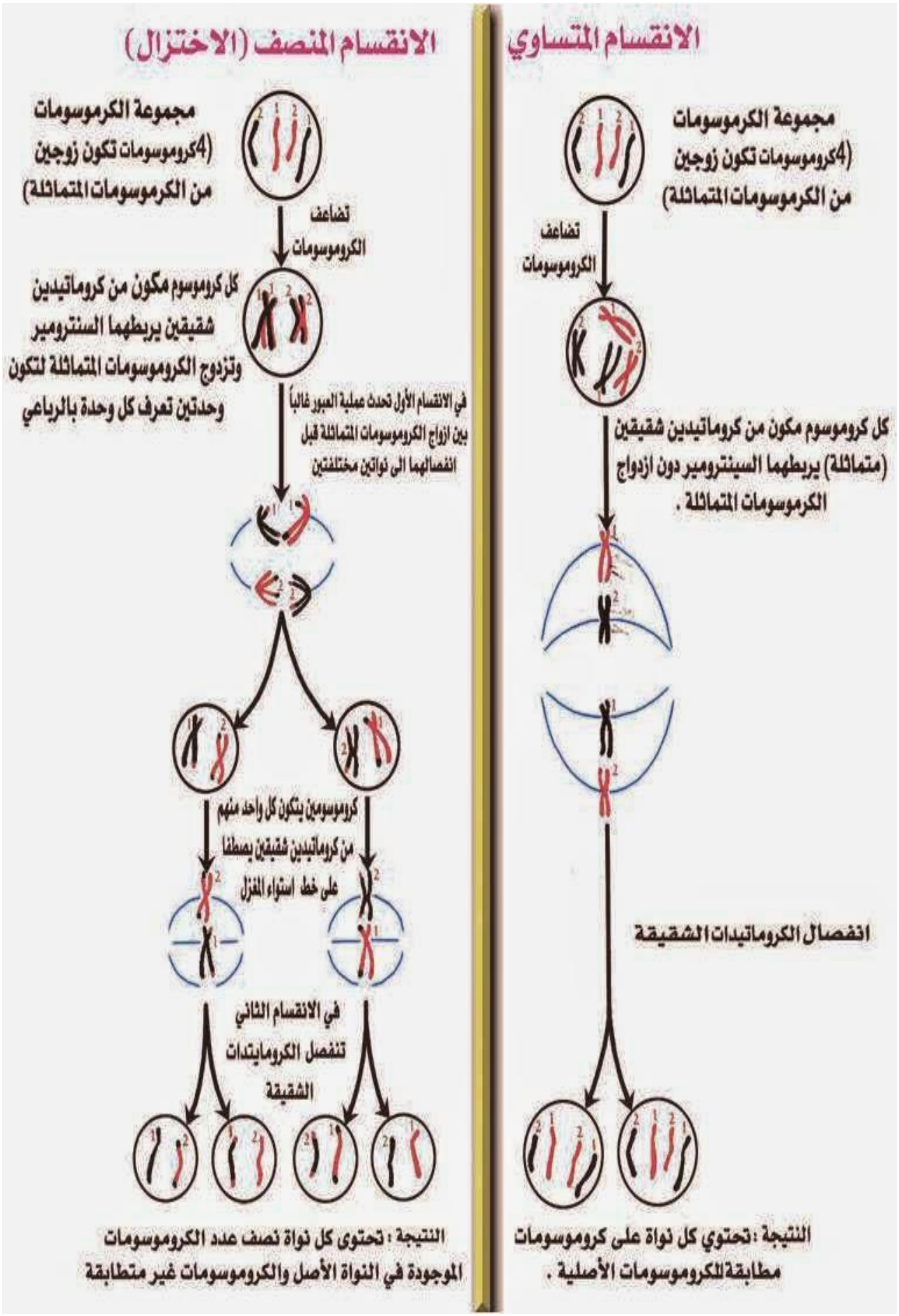
٢- **الطور الاستوائي الثاني:** تنتظم الكروماتيدات في وسط الخلية، ثم تنقسم السنتروميرات، ثم تتصل بأحد الكروماتيدات الموجودة في الأقطاب.

٣- **الطور الانفصالي الثاني:** ينفصل كل كروماتيد عن نظيره مكوناً كروموسوماً، ثمّ تتجه الكروموسومات إلى قطب الخلية القريب منها، وبذلك تتكوّن مجموعتان من الكروموسومات في كل قطب.

٤- **الطور النهائي الثاني:** تحاط كل مجموعة من الكروموسومات بغشاء نووي، وتنتج أربع أنوية نصفية (أي أنها تحوي نصف العدد من الكروموسومات الأصلية)، ثم ينقسم السيتوبلازم، وبهذا ينتج لدينا أربع خلايا تحتوي نصف العدد الأصلي من الكروموسومات.

هنا أن الناتج في عملية الانقسام المنصف هو ٤ خلايا كل منها يحتوي العدد النصفي من الكروموسومات، ولاحظ أيضاً أن كل خلية من الخلايا الناتجة لا تشبه في صفاتها أياً من الخلايا الأخرى وذلك بسبب عملية العبور التي حدثت في الطور التمهيدي الأول.




الانقسام المتساوي
مجموعة الكرموسومات
(4كروموسومات تكون زوجين
من الكرموسومات المتماثلة)
تضاعف
الكروموسومات
كل كروموسوم مكون من كروماتيدين شقيقين (متماثلة) يربطهما السينترومير دون ازدواج
الكرموسومات المتماثلة .
انفصال الكروماتيدات الشقيقة
النتيجة :تحتوي كل نواة على كروموسومات
مطابقة للكروموسومات الأصلية .
الانقسام المنصف (الاختزال)
مجموعة الكرموسومات
(4كروموسومات تكون زوجين
من الكرموسومات المتماثلة)
تضاعف
الكروموسومات
كل كروموسوم مكون من كروماتيدين
شقيقين يربطهما السنترومير
وتزدوج الكروموسومات المتماثلة لتكون
وحدتين تعرف كل وحدة بالرباعي
في الانقسام الأول تحدث عملية العبور غالباً
بين ازواج الكروموسومات المتماثلة قبل
انفصالهما الى نواتين مختلفتين
كروموسومين يتكون كل واحد منهم
من كروماتيدين شقيقين يصطفا
على خط استواء المغزل
في الانقسام الثاني
تنفصل الكروماتيدات
الشقيقة
النتيجة : تحتوى كل نواة نصف عدد الكروموسومات
الموجودة في النواة الأصل والكروموسومات غير متطابقة