

Biology

علم الحياة

8

8 P

10 SP



فريق الكريات الحمراء  
كلية الطب البشري – السنة الأولى

2014/11/6

الانقسام الفتيلي Mitosis

د. مروان الحلبي

2

السلام عليكم ☺

## انقسام الخلايا (حقيقيات النوى)

### الدائرة الخلوية

لدينا في الدائرة الخلوية **ثلاث** أطوار رئيسية هي :

1. **الطور البيني Interphase** : وهو الطور الذي يسبق انقسام الخلية
2. **طور الانقسام الفتيلي Mitosis** : و التي تحدث فيه ، انقسام النواة إلى نواتين متماثلتين

3. **طور الحرائك الخلوية Cytokinesis** : و التي فيه يحدث انقسام الهيولى ( الانقسام الخلوي )

حيث يتألف الطور الأول من ثلاث أطوار جزئية هي :

1. **G<sub>1</sub> (First Gap)** : يتم فيه اصطناع

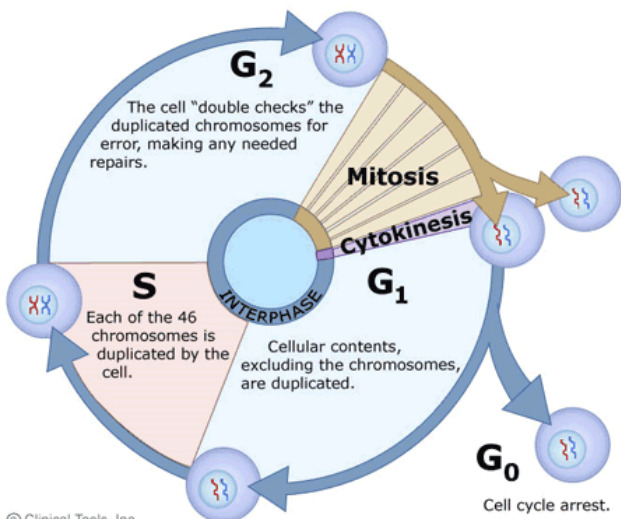
البروتينات و RNA

2. **S** : يتم فيه تضاعف DNA

3. **G<sub>2</sub> (Second Gap)** : يتم فيه اصطناع

العُضَيَّات :

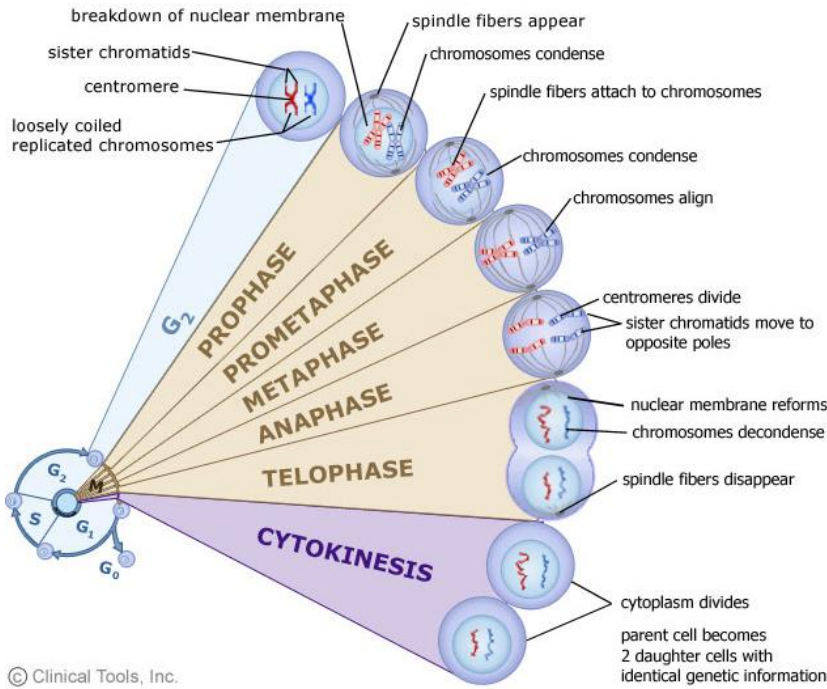
الميتاكوندريا، الصانعات و المريكز يتضاعف



كما أنَّ هنالك نقطة تحكم وضبط بعد التضاعف (Checkpoint) ، في الـ  $G_2$  تمثل نقطة تفتيش في حال حدث أي اضطراب أو تضاعف خاطئ في الـ DNA في أحد الخلايا (طفرة) فيتوقف الدخول إلى طور الانقسام ويحدث عملية إيقاف للتعبير الجيني الشاذ.

## I. طور الانقسام الفتيلي Mitosis

يمتد ضمن أربع مراحل أو أطوار جزئية ، تشكل حروفها الأولى كلمة **PMAT** ، الذي أشار إليها الدكتور لسهولة حفظ المراحل بالترتيب ، و هي بالترتيب :



1. الطور الطليعي Prophase

2. الطور التالي Metaphase

3. طور الهجرة Anaphase

4. الطور الإنتهائي Telophase

و في النهاية تنقسم النواة .

### 1. الطور الطليعي Prophase

- يعد الطور الطليعي هو الطور **الأطول** زمنياً بالنسبة للانقسام .
- تمر الصبغيات بمراحل متعددة أثناء الدارة الخلوية ، ففي البداية تكون على شكل **خيوط حلزونية** من الـ DNA ، من ثم يتوضع الخيط على **الهيسٽونات** (ذات الشكل الكروي) و يكون المجموع هو **نكليوزوم**.

إذا التفت الـ DNA مع الهيسٽونات 3-4 دقائق، أصبحت نكليوزوم ملتف و في حال عملت هذه الكتلة عروة، أصبح لدينا العروة النووية

كما أن لهذا النكليوزوم قدرة على الانضغاط (مثل النابض)، لإعطاء الكروماتين المتكثف أو الصبغي المتكثف ، و إذا ازداد ذلك التكثف و الانضغاط أصبح لدينا الصبغي ذات الشكل الخيطي النهائي ، الموجود في حقيقيات النوى Eukaryotes .  
و من الملاحظ تغير الأشكال أثناء الدارة :

إلى حد الطور الطليعي تكون الصبغيات على شكل خيوط كروماتين ( مثل السباحيتي ☺ ) لا يمكن التمييز بينها أو فصلها عن بعضها البعض ، و في أثناء الطور الطليعي تتكثف و تأخذ شكل الصبغيات ( و في هذا الطور يمكن التمييز بين الصبغيات ومعرفة ما اذا كان هناك نشوة صبغي حيث يمكن رؤية كل صبغي بشكل مفرد) كما أنه يعود إلى شكل الكروماتين (الخيوط) في الطور الانتهائي .Telophase

الخلاصة: يمكن تمييز الصبغيات فقط في المراحل الثلاث الاولى من الانقسام الفتيلي وهي :

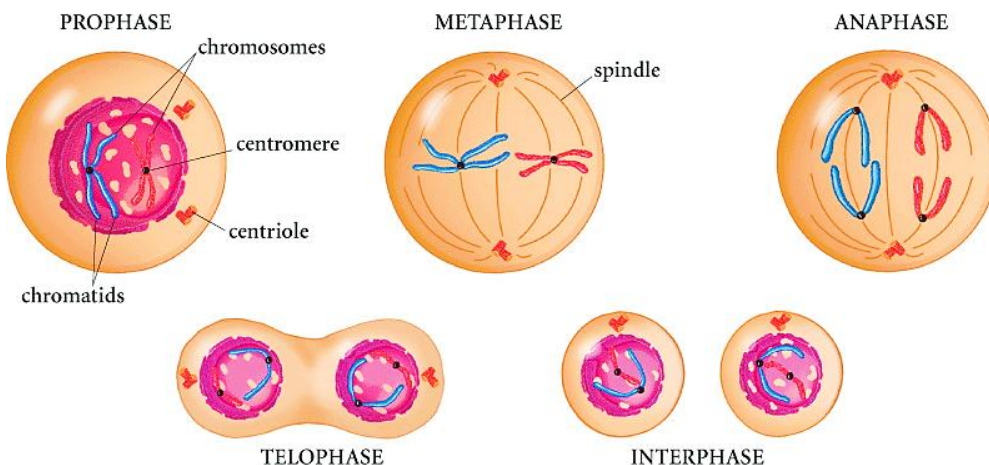
1- الطور الطليعي Prophase

2- الطور التالي Metaphase

3- طور الهجرة Anaphase

**ملاحظة :** يتكثف الكروماتين بشكل كبير، لكي يتسع في النواة، حيث طول ال DNA 2 متر وقطر النواة 5 ميكرون أو أقل

لا تحدث المراحل السابقة إلا في حقيقيات النوى، لأن بدائيات النوى تتضاعف بالانشطار إلى جزئين ، حيث تتضاعف الهادة الصبغية و تنشط الخلية، مع العلم أن لا يوجد نواة في بدائيات النوى Prokaryotes ، حيث تسبح الهادة الصبغية في الهيولى (لا يوجد غلاف نووي).



## تشكل مغزل الانقسام

### 1- القسم المركزي Centromere:

في جسم الإنسان لدينا 23 صبغي يأتي من الأب و 23 صبغي يأتي من الأم ، حيث يتقابل كل صبغي من صبغيات الأب مع الصبغي القرين له من صبغي الأم. و بما أن تلك الصبغيات متناظرة Homologous يكون لدينا في مرحلة تشكل الصبغيات في وسطها تماماً منطقة تحوي تسلسل من الـ DNA عند الأب مطابق تماماً تسلسل الـ DNA الموجود في صبغي الأم. هذا التسلسل يجذب نوع من أنواع البروتينات اللصوقة التي تلتصق على هذا التسلسل حيث تتشكل نقطة تجمع الصبغيين مع بعضهم البعض و التي تعرف ب اسم القسم المركزي

كل صبغي يتألف من صبيغيين 1 Chromosome = 2 Chromatids

كما أن المنطقة النظيرة لها من الخارج نؤضع عليها بروتينات معينة لنشكل لنا منطقة اسمها الحيز الحركي Kinetochore ، نثبت عليه ألياف مغزل الانقسام التي تمر من منطقة القسم المركزي والتي نشد الصبغي في مرحلة الهجرة لطرف الخلية

### 2- المريكزان Centrioles:

بنية قرب نواة الخلية ، في أغلب الأحيان يبرز منها أهداب( أو ذيل في بعض الخلايا المذنبة كالنطاف )، كما يعد مميز للخلايا الحيوانية و غير موجود في الخلايا النباتية . و هو عبارة عن قطعتين ، تنفصل كل قطعة و تتولد من كل قطعة قطعة أخرى نظيرة و تتشكل منه أشعة بشكل نجمة Asters تشبه أشعة الشمس تعطينا لاحقاً مغزل الانقسام.

المريكز رغم إنه لا يحوي الـ DNA فإنه يتضاعف في نهاية الطور البيني Interphase في G2 ، و في الطور الطليعي Prophase يكون متضاعف أو في نهاية التضاعف ، أي يكتول تضاعفه في الطور الطليعي .

### 3- الجسيم المركزي Centrosome :

و هو عبارة عن مجموع الـ : المريكز مع المجموعة المحيطة به الموجود في قطبي الخلية ، بالإضافة إلى بعض البروتينات و مَلْتَنَغَات الخلية .  
فهو بنية أشعل من المريكز ، و منه تتشكل الـ Asters والتي هي عبارة عن نجمة تخرج منها ألياف مغزل الانقسام.  
 • كما أنه لو دور موجه للصفيحة الاستوائية ، و التي سيقوم عليها طور الانقسام التالي ، أي له دور في رسم محور الانقسام ، كما أن مسؤول عن جمع ألياف مغزل الانقسام.

#### كيف ينشكّل مغزل الانقسام

تتجمع بروتينات التيوبولين مع بعضها لتشكل النيبات الرفيعة microtubules لمغزل الانقسام ، و التيوبولين جزيئات مبعثرة ضمن هيولى الخلية ، و تتواجد بكثافة ضمن الجسيم المركزي .  
 و منه فاطواد الأولية لمغزل الانقسام موجودة في الهيولى و الجسيم المركزي .  
 و النيبات الدقيقة ثلاث أقسام حسب موقعها ضمن مغزل الانقسام،  
 1- قسم منها يهاجر ليتصل بالقسم القادم من الجسيم المركزي الموجود في القطب الآخر .  
 2- قسم منها يهاجر إلى الجزء الحركي و يرتبط معه.  
 3- قسم منها يبقى حر.

#### دور مغزل الانقسام

عبارة عن مسار حركة للصبغيات ، تتحرك و تنزلق عليها الصبغيات على الألياف لكي لا تتحرك بشكل عشوائي، و تعد هذه الوظيفة مؤقتة حيث يتشكل في الطور الطبيعي و يتلاشى في الطور الانتهائي بعد انتهاء وظيفته

لا يوجد في الخلايا النباتية جسيم مركزي ، و لكنه يتشكل مغزل انقسام

إذاً في مرحلة البروفاز نلاحظ :

تكتف الصبغيات ، و زوال الغلاف النووي و النوية ، انقسام المريكز لمريكزان و تشكل مغزل الانقسام، حيث يزول الغلاف النووي لتتعلق ألياف مغزل الانقسام بالحيز الحركي لتصبح كالسكة بالنسبة للصبغيات .

## 2. الطور الثاني Metaphase

وفيه تتوضع الصبغيات على الصفيحة الاستوائية Equator Plate حيث تكون الصبغيات (شق صبغي) مثبتة على الحيز الحركي في المغزل بزاوية 90° مع الصفيحة الاستوائية.

ملاحظة: تتضاعف الصبغيات ويذهب كل صبغي إلى خلية جديدة أي أن صبغي الأب يتضاعف ويذهب كل منهما إلى خلية جديدة وكذلك الأمر بالنسبة لصبغي الأم.

## 3. الطور الثالث Anaphase

- وهو **أسرع** طور خلال عملية الانقسام.
- يسمى أيضاً بطور الهجرة أو طور العبور أو طور الافتراق.
- في هذه المرحلة تقوم ألياف المغزل Spindle Fibers بالتقلص والتالي شد الصبغيات بشكل قاسي فينفصل الصبغيان ويتجه كل منهما باتجاه القطب المعاكس للقطب الآخر حيث توجد المريكزات.
- نتيجة الشد تصبح الصبغيات بشكل حرف V.
- بعدها تتلاشى المغازل وتدخل الخلية في الطور الأخير.

ملاحظة: الصبغيان المتماثلان يكونان مرتبطين في القسم المركزي Centromere حيث يكون الارتباط ضعيف مع الصبغي القرين كما توجد البروتينات اللاصوقة في منطقة القسم وبالتالي فإن ألياف المغزل لا تلتصق إلا في منطقة القسم المركزي.

## 4. الطور الأخير Telophase

- وهو الطور المعاكس لـ Prophase أي ما تم تنفيذه في طور الـ Prophase سيتم إرجاعه في طور الـ Telophase.

Telophase	Prophase
إزالة التكثف أي عودة الصبغيات إلى كروماتين	تكثف الصبغيات
إعادة تشكل الغلاف النووي والنوية	يزول الغلاف النووي والنوية
تلاشي مغزل الانقسام	تشكل مغزل الانقسام



وفي هذا الطور ينتهي الانقسام النووي بتشكيل نواتين وصيغتين صبغيتين متماثلتين.

## II. الانقسام الهيولي Cytokinesis (الحرائك الخلوية)

يتبع الـ Telophase.

وفيه تنقسم الهيولى إلى قسمين متماثلين وبالتالي تشكل خليتين مشابهتين للخلية الأم.

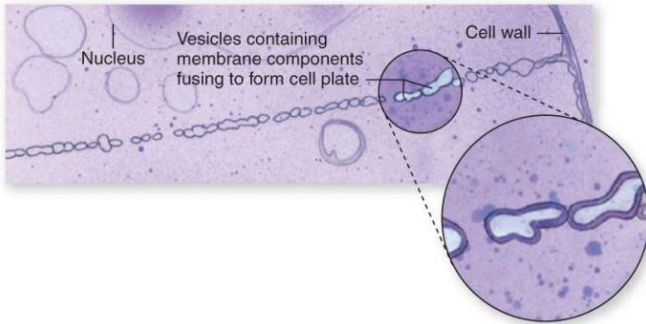
الخلايا التي لا تنقسم بعد الـ G1 لا تكمل إلى الطور S وإنما إلى الطور G0 بينما الخلايا التي تنقسم تكمل إلى الطور S:

○ **إما إلى G<sub>0</sub>** : فالخلايا العصبية المتخصصة تدخل مرحلة G<sub>0</sub> ولن تنقسم بعدها

○ **أو إلى G<sub>1</sub>** : الخلايا التي تدخل إلى مرحلة G<sub>1</sub> تتابع وتقوم بوظيفتها كالخلايا الدرقية التي تفرز هرمون الدرق والخلايا المتوضعة على قشر الكظر والتي تفرز الكورتيزون أو الموجودة في لب الكظر والتي تفرز الأدرينالين وغيرها العديد من الخلايا الوظيفية الأخرى .

إن الانقسام الهيولي cytokinesis يختلف بين الخلايا النباتية والحيوانية

في **الخلايا الحيوانية** تتشكل حلقة من ألياف دقيقة وهذه الألياف تنقل إلى أن تنقسم الخليتين حيث يتشكل ثلم الانشطار cleavage furrow.



أما في **الخلايا النباتية** تتجمع حويصلات جهاز غولجي (جهاز إفرازي) في المنتصف في المنطقة الاستوائية وتتشكل صفيحة ثم يتشكل جدارين خلويين منفصلين.

## مراجعة سريعة للأطوار Overview

تضاعف الـ DNA والمكتنفات	Interphase
تلاشي الغلاف النووي وغياب النوية وتكثف الصبغيات وقصرها وانفصال الجسيم المركزي إلى المريكزين وتكوين مغزل الانقسام.	Prophase
توضع الصبغيات في منتصف الخلية على اللوحة الاستوائية.	Metaphase
انفصال الصبغيات وهجرتها إلى قطبي الخلية	Anaphase
يتشكل فيه الغلاف النووي وتعود النوية ويزول مغزل الانقسام وترجع الصبغيات إلى الشكل الكروماتيني ( طويلة وغير متكثفة )	Telophase

## هناك افتراضات بين الفرايا النباتية و الحيوانية

	Plant cell	Animal Cell
Centrioles, Centrosomes & Aster	Absent	Present
Cytokinesis	Cell plate formation	Cleavage furrow

## Check points نقاط التفتيش في الدارة الفلوية :

A. نهاية G2

B. أثناء الـ metosis

C. بداية G1



هنا تنتهي محاضرتنا 😊

مع أطيب الأمنيات بالنجاح والتوفيق .. ^ \_ ^



<https://www.facebook.com/groups/RBCs.Med.2020>