المجـاهـر The Microscopes

المجهر : يعتبر المجهر من الأمور المهمة لمشاهدة الخلية ، فإن صغر حجم الخلايا يجعل من الضروري استخدام المجهر لرؤيتها ، فهو عبارة عن جهاز يتكون من عدة أنواع من العدسات التي تعمل بدورها عل تكبير العينة المراد فحصها لعدة مرات بحيث يسهل على العين المجردة رؤيتها. ويكون المجهر على نوعين هما "المجهر الضوئي" و "المجهر الإلكتروني".

اولا / المجهر الضوئي Light Microscope

ويتكون من :

١- العدسات العينية Eye Pieces (Ocular)

٢- الجسم الانبوبي Body Tube

٣- القرص الدوار Revolving nose piece

٤- العدسات الشيئية Objective Lenses

وهذه تشمل :

١- العدسة الشيئية ذات القوى الصغرى Low Power Objective Lenses (L.P)

وتكون قوة تكبيرها

أ. (4x)

ب. (10x)

٢- العدسة الشيئية ذات القوى الكبرى High Power Objective Lenses (H.P)

وتكون قوة تكبيرها (40x)

٣- العدسة الزيتية Oil Immersion

وتكون قوة تكبيرها (100x)

٥- الذراع Arm

٦- المسرح المتحرك Mechanical Stage

٧- المكثف Condenser

٨- الحاجز (الحاجب) Diaphragm

٩- المسرح Stage

١٠- المنظم التمهيدي Coarse Adjustment

١١- المنظم الدقيق Fine Adjustment

١٢- القاعدة أو القدم Foot or Base

١٣- المرآة أو مصدر ضوئي Mirror or Light Source

١٤- العمود Pillar

أنواع المجاهر الضوئية

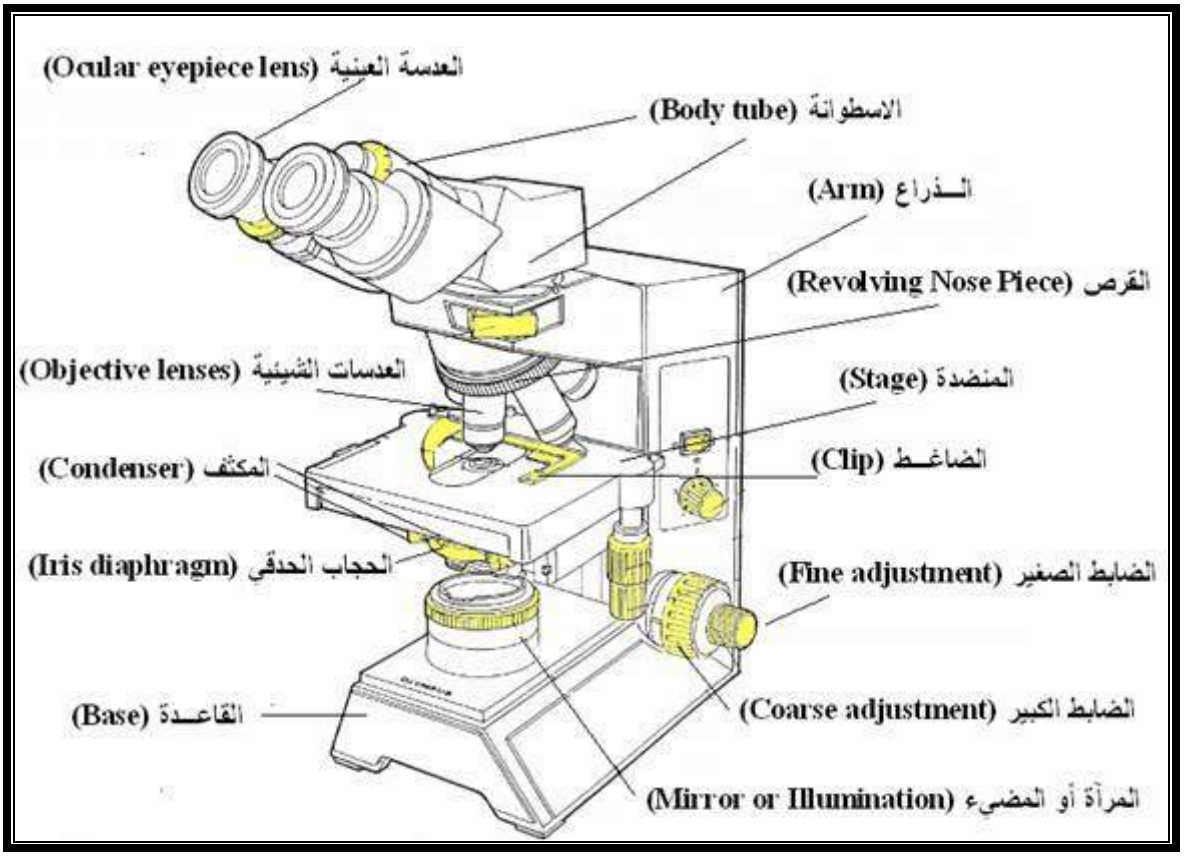
١- **مجهر تباين الطور Phase Contrast Microscope**

٢- **مجهر التألق Fluorescence Microscope**

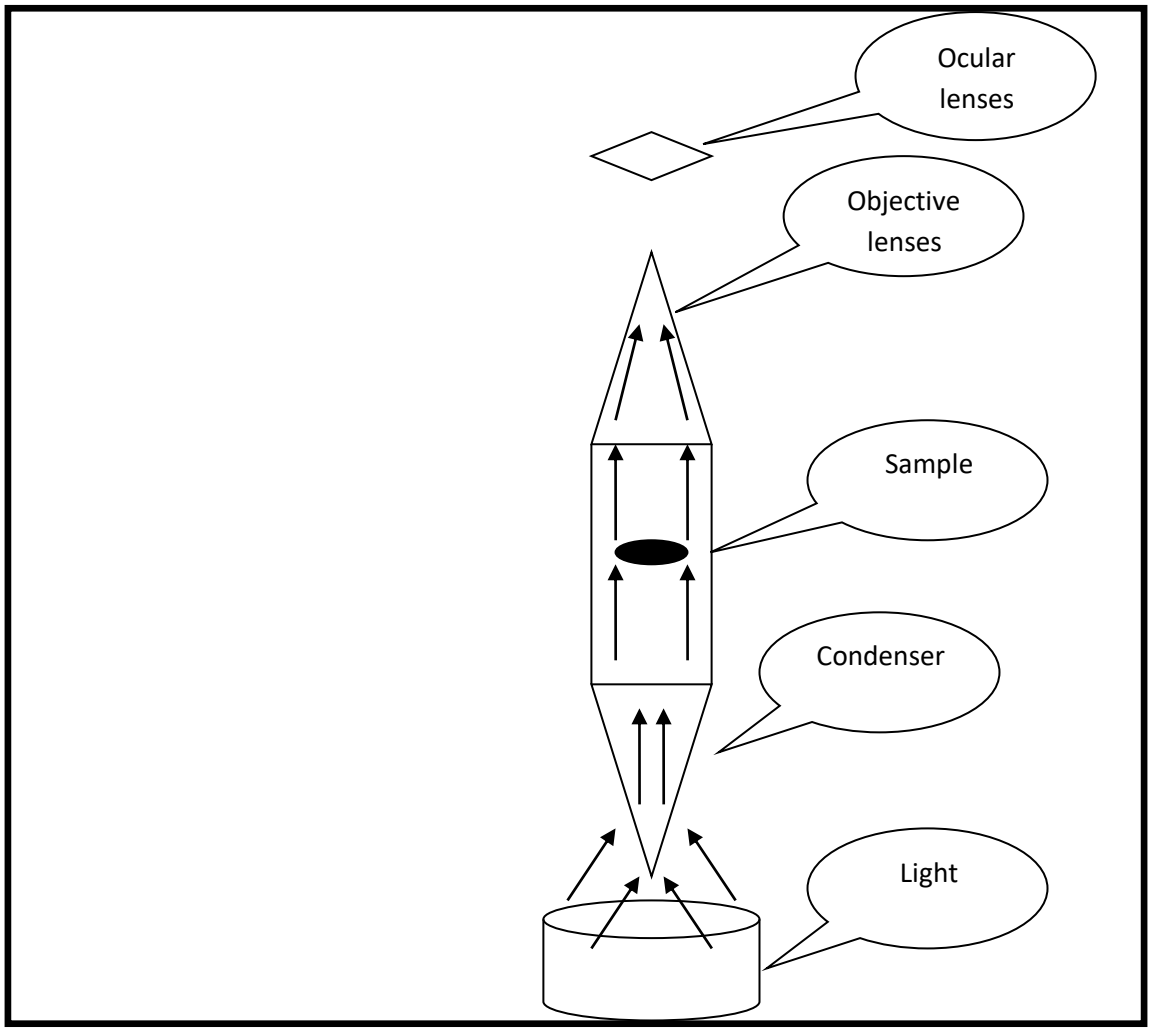
٣- **مجهر تداخل الطور Interference Microscope**

٤- **مجهر الحقل المظلم Dark Field Microscope**

٥- **مجهر الاستقطاب Polarization Microscope**



اجزاء المجهر الضوئي



اساس عمل المجهر الضوئي

ثانيا / المجهر الالكتروني Electron Microscope

<u>ويتكون من:</u>

١- قاذفة ألكترونات Electron gun

٢- عدسات كهرومغناطيسية Electromagnatic Lenses وتشمل :

A. العدسة المكثفة Condenser Lenses

B. العدسة الشيئية Objective Lenses

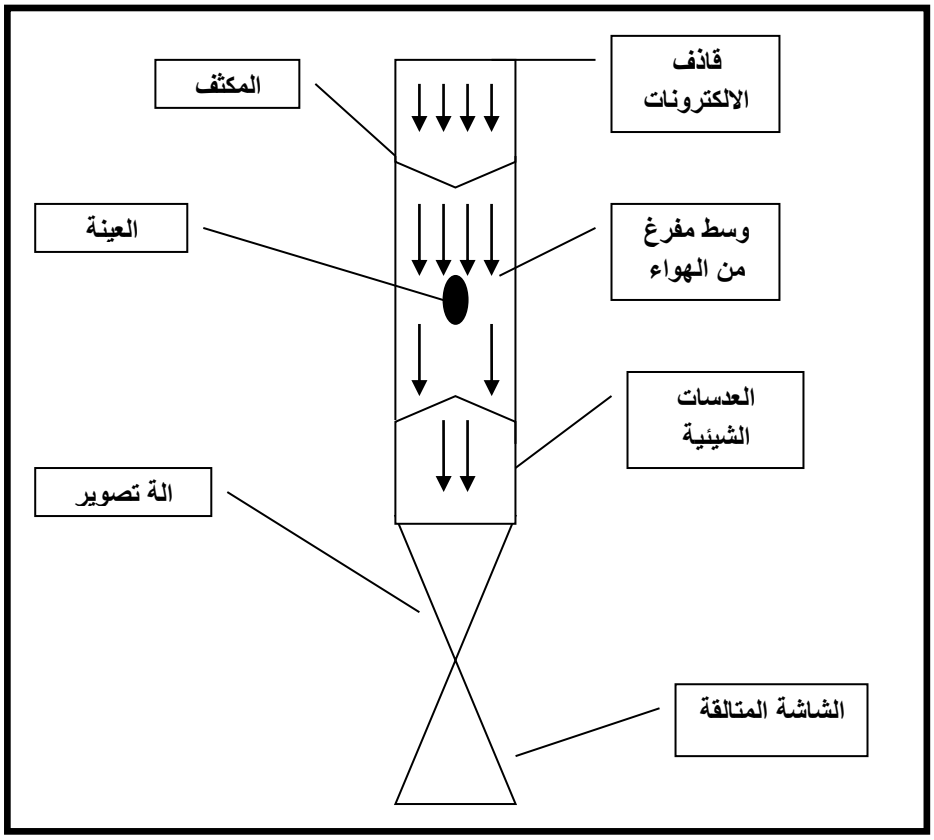
C. عدسة العرض Projector Lenses

٣- شاشة متألقة

٤- ألة تصوير

٥- جهاز تفريغ الهواء

٦- جهاز تحجيم الفولتية



اساس عمل المجهر الالكتروني

بعض اهم أنواع المجاهر الالكترونية

١- ***المجهر الالكتروني النافذ (النفاذ) Transmission Electron Microscope :***
يستخدم هذا النوع من المجاهر في دراسة التراكيب الداخلية للخلية إذ ان الالكترونات في هذه الحالة تنفذ من خلال النموذج فتعطي بذلك صورة واضحة عن التراكيب ومن أمثلة المكونات الخلوية المدروسة بهذا النوع من المجاهر هي الاغشية الخلوية .

٢- ***المجهر الالكتروني الماسح Scannig Electron Microscope :***
يستخدم لدراسة السطوح والتضاريس الخارجية للخلية إذ ان الالكترونات في هذه الحالة لا تنفذ من خلال النموذج وانما في حالة تماس مع السطوح الخارجية للخلايا فالصورة المتكونة في هذا النوع من المجاهر تكون ثلاثية الابعاد .

٣- ***مجهر الاشعة السينية X-ray Microscope :***
صمم هذا المجهر بنفس الاساس الذي أعتمد عليه في تصميم المجاهر الالكترونية الاخرى الا انه تم أستبدال مصدر الالكترونات بمصدر للاشعة السينية التي تمتاز بطولها الموجي القصير جداً والذي يمكنها من أختراق أي شئ يقف أمامها مما يمكن الباحث من الحصول على صورة واضحة اكثر من االصور المأخوذة بأنواع المجاهر الالكترونية الاخرى .

(مقـارنة بين المجهر الضوئي والمجهر الالكتروني)

المجهـر الضوئي Light Microscope	المجهـر الالكتروني Electron Microscope
المصدر المستخدم هو الضوء العادي	المصدر المستخدم هي الحزم الالكترونية المنطلقة من قاذف الالكترونـات او الاشعة السينية
طول موجة الضوء المستخدمة 5000 A	طول الموجة المستخدمة 0.05 A
العدسات العينية والشيئية و المكثفة مصنوعة من الزجاج	العدسات العينية والشيئية و المكثفة مصنوعة من مواد كهرومغناطيسية
رؤية الصورة بالعين المجردة	رؤية الصورة على الشاشة المتالقة
غير مزود بعمود مفرغ من الهواء	مزود بعمود مفرغ من الهواء ليساعد على سرعة انتقال الالكترونـات
قوة التكبير 1500 X	قوة التكبير 1000 X – 60000 X
قدرة التميز 2000 A	قدرة التميزA 2-5

التحضيرات المختبرية

أولاً: تحضير شرائح مؤقتة للخلايا الطلائية لبطانة الفم Squamous epithelial cell (خلايا حيوانية)

١- خذ مسحة من البطانة الداخلية للفم وقم بفرشها على سطح الشريحة الزجاجية النظيفة.

٢- أصبغ هذه المسحة بمحلول صبغة أزرق المثلين Methylen Blue .

٣- أفحص بواسطة Light Microscope على القوة 10X ثم 40X ، أرسم ال Squamous epithelial cell مع التأشير على أجزائها .

ثانياً: تحضير شرائح مؤقتة لخلايا لبشرة البصل *Allium cepa* (خلايا نباتية)

١- ضع قطرة من صبغة الاحمر المتعادل Neutral Red على شريحة زجاجية نظيفة .

٢- ضع قطعة صغيرة من بشرة ورقة البصل والبشرة الداخلية او الخارجية .

٣- قم بتغطية الشريحة بغطاء زجاجي ثم قم بفحصها ال Light Microscope على القوة 10X ثم 40X ، أفحص وارسم خلايا البشرة مع التأشير .

الصبغات الحيوية Vital Stain

وهي أصباغ خاصة لصبغ بعض مكونات الخلية ومن مميزات الاصباغ الحيوية انها لاتؤثر تأثيراً مباشراً في الخلية الحية ، فالخلايا الحية يمكن ان تتعرض لتلك الاصباغ لمدة طويلة لذلك يكون هناك وقت كاف لدراسة الخلية الحية . ومن هذه الصبغات:

١- Neutral Red الاحمر المتعادل ← لصبغ السايتوبلازم

٢- Methylen Blue أزرق المثلين ← لصبغ معقد كولجي

٣- Jonus Green B أخضر جانوس ← لصبغ المايتوكوندريا

(مقارنة بين الخلية الحيوانية والخلية النباتية)

الخلية الحيوانية Animal cell	الخلية النباتية Plant cell
١- صغيرة الحجم مقارنة مع الخلية النباتية	١- كبيرة الحجم مقارنة مع الخلية الحيوانية
٢- عدم وجود جدار الخلية Cell wall	٢- وجود جدار الخلية الذي يحيط الغشاء البلازمي Plasma membrane
٣- أن وجدت فجوات تكون صغيرة الحجم	٣- تمتلك فجوات كبيرة الحجم
٤- عدم وجود البلاستيدات	٤- وجود البلاستيدات
٥- الانقسام من الخارج الى الداخل	٥- الانقسام من الداخل الى الخارج
٦- وجود زوج من الاجسام المركزية Centriol	٦- عدم وجود الاجسام المركزية Centriol

تحضير الشرائح الدائمية – الخلية المثبتة Fixed cell

الخلية المثبتة: هي الخلية التي يتم قتلها بطرائق فيزيائية او كيميائية مع مراعاة حفظ مكوناتها التركيبية بحالة مشابهة قدر الامكان للحالة الطبيعية.

- **خطوات تحضير الشرائح الدائمية للعينات:**

١- **التشريح Dissection**

يقصد به قتل و تشريح الحيوان او النبات للحصول على الاجزاء المراد دراستها.

٢- **التثبيت Fixation**

وهو قتل الخلايا مع الحفاظ على المكونات التركيبية بحالة مشابهة للطبيعية قدر الامكان بأستعمال محاليل خاصة منها:

١. Formalin Acetic acid Alcohol
٢. Tanning agents
٣. Oxidation agents

٣- **سحب الماء او الانكاز Dehydration**

هو ازالة جميع المحتوى المائي من النسيج لان وجوده يعيق تداخل البرافين مع الخلايا بصورة جيدة يتم باستخدام محاليل كحولية متزايدة التراكيز تنتهي بالكحول المطلق ١٠٠% و من انواعه الشائعة:

أ- Ethyl alcohol

ب- Methyl alcohol

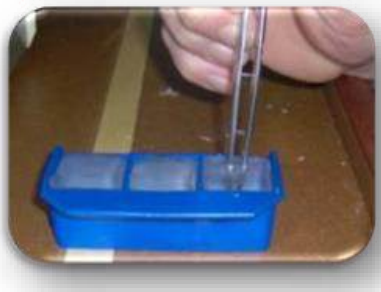
ملاحظة: خلال عملية Dehydration لا نضع العينة مباشرة في المحلول المركز لكي لا تنكمش الخلايا و تتلف.

٤- **الترويق Clearing**

هو عملية ازالة محلول الانكاز من النسيج و استبداله بمحلول يمتزج مع الشمع و جعله رائقا و شفافا خاليا من الشوائب بأستخدام محاليل مثل الزايلين Xylen او البنزين Benzen

.

٥- **الطمر Embedding** يتم بوضع العينة في قوالب تحتوي شمع البرافين النقي ومن ثم تبريدها ليتصلب البرافين.



٦- **التقطيع Microtoming** يتم بأستخدام جهاز المايكروتوم Microtome حيث يقطع النموذج الى شرائح رقيقة جدا

٧- **التصبيغ Staining**

بعد وضع المقاطع على الشريحة الزجاجية تلصق بمادة شفافة مثل زلال البيض و يزال الشمع بواسطة الزايلول ثم تمرر الشريحة بسلسلة من الكحولات متناقصة التراكيز تنتهي بالماء ثم تصبغ بصبغات معينة مثل Eosin لصبغ السايتوبلازم و Hematoxylen لصبغ النواة.

٨- **التحميل Mounting**

يتم باستخدام بعض المواد مثل:

أ- Distrene Plastezir Xylene (DPX)

ب- Canada balsm

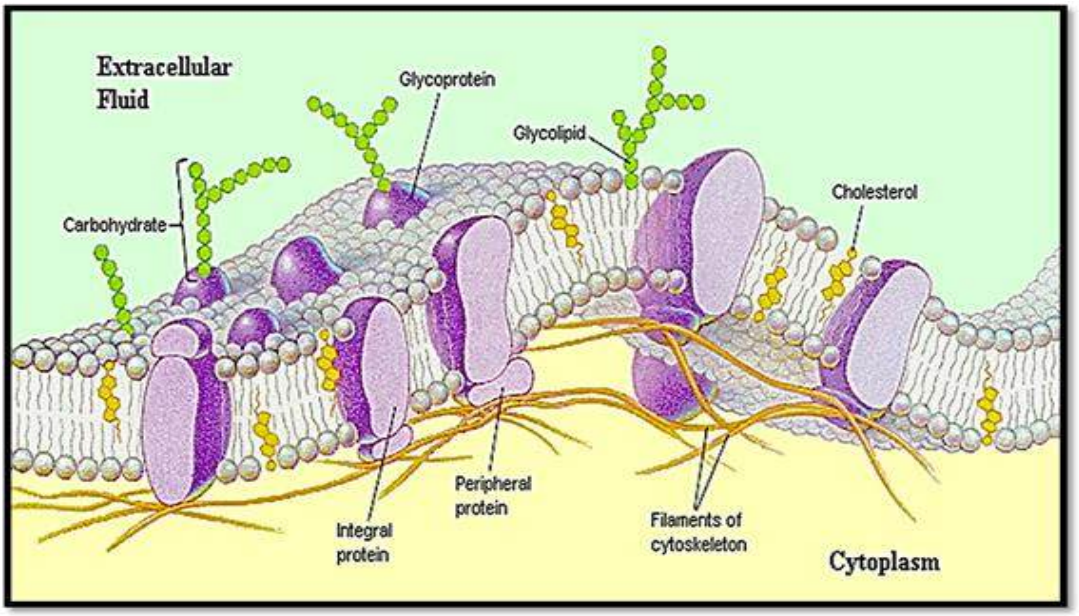
ثم يغطى النموذج بغطاء الشريحة حيث يمكن استخدام هده الشريحة لعدة سنوات.

DPX

الغشاء البلازمي Plasma membrane

وهو غشاء رقيق يحيط ببروتوبلاست الخلية الحية و لايمكن رؤيته بالمجهر الضوئي و يبدو بالمجهر الالكتروني تركيبا ثلاثي الطبقات Trilaminar structureمكون من طبقتين خارجيتين متوازيتين تقريبا داكنتي الصبغة و من طبقة مركزية فاتحة الصبغة ، و يتراوح سمك الغشاء البلازمي للخلايا بين 80-150 A .

لقد صمم نموذج افتراضي للغشاء البلازمي يوضح التداخلات بين المكونات الكيميائية للغشاء البلازمي(البروتينات و الدهون) و هو ما يعرف بالنموذج الموزائيكي السائل Fluid mosaic model و استنادا الى هذا النموذج تتمثل الدهون بطبقتان تشكلان الهيكل الرابط للغشاء اما البروتينات فتنغمر بين طبقتا الدهون و يتم حفظ تماسك الغشاء البلازمي نتيجة تفاعلات بين بروتين و بروتين و لبيد و لبيد .



شكل تخطيطي لنموذج الموزائيكي السائل Fluid mosaic model

يعمل الغشاء البلازمي كحاجز ديناميكي ينظم حركة الذائبات solutes و المذيبات solvent من الخلية و اليها ، و يكون الغشاء البلازمي اختياري النفاذية selectively permeable يسمح لبعض المواد ان تمر خلاله ويعيق مرور مواد اخرى .

يمكن عزل الغشاء البلازمي عن باقي المكونات الخلوية بالطرد المركزي التفاضلي differential centrifugation او الطرد المركزي المتدرج الكثافة density gradient centrifugation ، لدراسة الغشاء البلازمي المعزول يمكن تصبيغه بصبغة انتقائية لصبغ الغشاء البلازمي ، و يمكن دراسة الغشاء المصبغ بواسطة المجهر الالكتروني

تخصصات الغشاء اللبلازمي

قد يتخصص او يتحور جزء من الغشاء البلازمي في بعض الخلايا لاداء وظيفة معينة ومن تلك التخصصات:

١- الزغابات الدقيقة Microvilli

وهي انطواءات خارجية متعددة تشبه الاصابع توجد في السطوح الحرة لبعض الخلايا كالخلايا المبطنة للأمعاء وظيفتها زيادة المساحة السطحية المعرضة للامتصاص مسهلة بذلك نقل المواد الى داخل الخلية و بالعكس.

٢- التجاعيد السطحية Surface Ruffles

تعرف ايضا بالاقدام الصفيحية Lamellipodia وهي تجاعيد خفيفة متموجة توجد في الغشاء البلازمي للخلايا التي تحصل على موادها الغذائية من الوسط المحيط بعملية الادخال الخلوي Endocytosis كالاميبا.

٣- الاهداب و الاسواط Cilia and Flagella

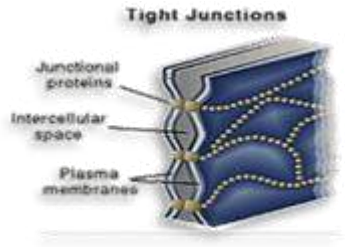
وهي امتدادات رفيعة من سطح الخلية ذات طول و قطر معين و لها تركيب داخلي متميز.

روابط اواتصالات الاغشية البلازمية للخلايا المتجاورة

تؤدي الى ارتباط الخلايا و تماسكها ضمن النسيج الواحد و منها الروابط الموجودة في الانسجة الحيوانية :

أ- الاتصالات المحكمة Tight Junctions

وهي المنطقة الواقعة تحت السطح الحر مباشرة و فيها يتحد نصف الغشاء الخارجي للخلية بنصف الغشاء الخارجي للخلية المجاورة بنقطة واحدة او اكثر و ينتج عن ذلك الاتحاد صفيحة مشتركة وبذلك تختفي الفسحة مابين الخلايا

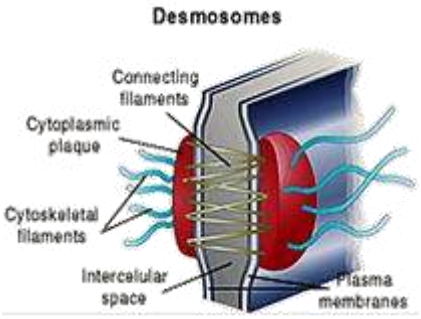


ب- الاتصالات المتوسطة Intermediate Junctions

وهي احزمة مكونة من خيوط الاكتين ذات القابلية التقلصية تكون هذه الخيوط منضغطة على الاسطح للاغشية المتجاورة ، وتعد مواقع لتثبيت التراكيب الخيطية في الخلية.

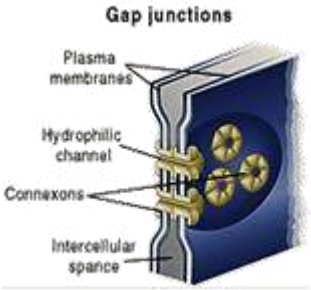
ت- الدسموسومات البقعية Spot Desmosomes

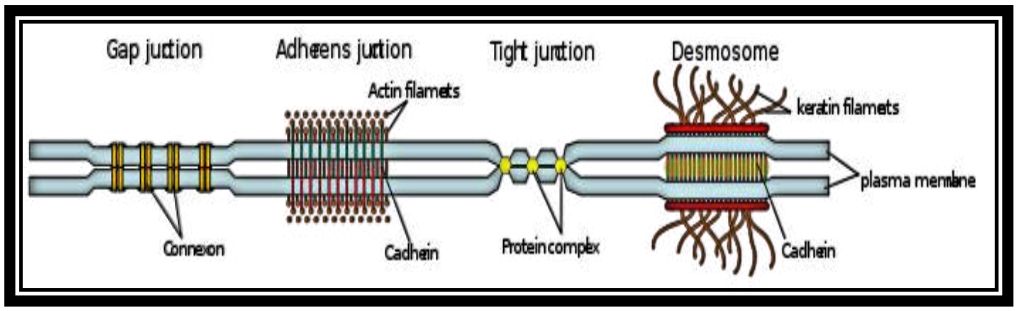
وهي نقاط اتصال متميزة تشبه الازرار تنتشر على الاسطح الغشائية للخلايا المتجاورة ، يحتوي الفراغ بين الخليتين في تلك المناطق على حزم كثيفة مركزية تعرف بالصفيحة المركزية Central lamella كما توجد خيوط دقيقة تعرف بالخيوط التوترية Tonofilaments و تكون اتصالات مع دسموسومات بقعية اخرى ، و يعد هذا النوع من الاتصالات الخلوية من اقوى انواع الاتصالات الخلوية و تعد مواقع لتثبيت التراكيب الخيطية.



ث- الاتصالات الممرية Gap Junction

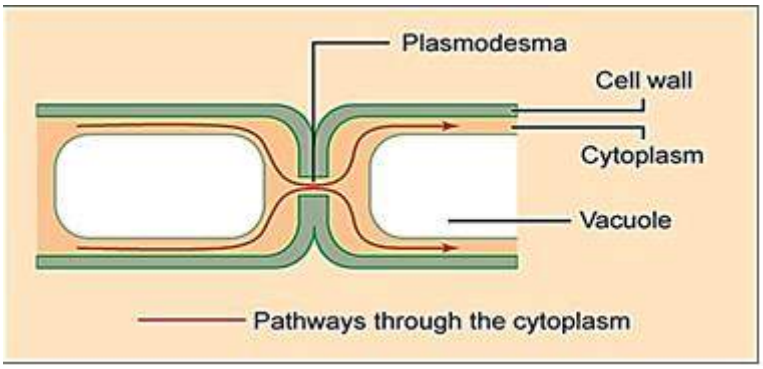
تعد اعقد الاتصالات الخلوية وفيها يخترق الغشاء البلازمي للخلايا المتجاورة تراكيب شبيهة بالاسطوانات تعرف بالكونيكسون Connexon ويتكون كل كونيكسون من ست وحدات ثانوية تلعب دورا في فتح القنوات و غلقها بين الخلايا المتجاورة.





مخطط يوضح انواع تخصصات الاغشية البلازمية للخلايا المتجاورة

اما الخلايا النباتية فتكون الروابط البلازمية فقط موجودة بين الخلايا تعمل على نقل المواد بين الخلايا



القياسات المجهرية Microscope measurement

تتراوح الاحجام و الابعاد الحقيقية للخلايا بين 1mm و 0.1 µm وبذلك تكون ابعاد التراكيب الخلوية اصغر من ذلك بكثير لذا لقياس ابعاد الخلايا و عضياتها نحتاج الى قوة تكبير المجاهر الضوئية و الالكترونية.

القياسات المجهرية باستخدام المجهر الضوئي

١- طابق مايكرومتر العدسة العينية Eye piece micrometers – Ep M- مع مايكرومتر الهدف Objective micrometer-O M- بحيث تتوازى خطوط Ep M مع نهايات O M و تتم هذه العملية باستخدام عتلة المسرح.

٢- المسافة بين كل خطين من O M معلومة (0.01MM-10Um) يمكن حساب المسافة بين كل خطين من Ep M باستخدام قوة التكبير 10x ثم 40x من المعادلة التالية:

م = ب / ا * ف

م = المسافة بين كل خطين متتالين من تدريجات العدسة العينية.

ب = عدد تدريجات O M حتى التطابق.

ا = عدد تدريجات Ep M حتى التطابق.

ف = المسافة بين كل خطين من تدريجات O M.

٣- ارفع O M وضع الشريحة المراد قياس ابعادها الخلوية و احسب عدد تدرجات Ep M التي تشغلها الخلية ، ثم يتم حساب البعد الحقيقي حسب المعادلة التالية:

البعد الحقيقي للخلية = عدد تدرجات Ep M * المسافة بين كل تدريجين

٤- ارسم في دفترك النموذج الخلوي المذكور انفا ثم جد قوة التكبير للرسم باستخدام المعادلة التالية :

قوة تكبير الرسم = بعد الخلية المرسومة بالملم / البعد الحقيقي للخلية بالميكرومتر * 1000

مثال/ جد البعد الحقيقي لبكتريا *E.coli* اذا علمت ان قيمة أ تساوي ٩٣ وعدد التدريجات مسطرة العدسة الشيئية تساوي ١١ وان عدد تدريجات مسطرة العدسة العينية للعينة هو ٦، ثم ارسم الشكل في دفترك وجد قوة التكبير اذا علمت ان بعد الخلية المرسومة ٠,١٢ ملمتر

الحل

م = ب / ا * ف ⟸ **م = ١١/٩٣* ٠,٠١**

= ٠,٠٠١ µ

البعد الحقيقي للخلية = عدد تدرجات Ep M * المسافة بين كل تدريجين

= ٠,٠٠١ * ٦ ⟸ ٠,٠٠٦

قوة تكبير الرسم = بعد الخلية المرسومة بالملم / البعد الحقيقي للخلية بالميكرومتر * ١٠٠٠

= ٠,٠٠٦/٠,١٢ *١٠٠٠

=٢٠

القياسات المجهرية باستخدام المجهر الالكتروني

١- باستخدام المسطرة يمكن قياس الابعاد الخلوية للصور الماخوذة باستخدام المجهر الالكتروني ، حيث ان قوة التكبير تكون معلومة و باستخدام المعادلة التالية يمكن حساب البعد الحقيقي:

قوة تكبير الصورة = البعد الخلوي بالملم / البعد الخلوي الحقيقي بالميكرومتر * 1000

٢- باستخدام مقياس التكبيرالذي يكون مثبت على الصورة الماخوذة بالمجهر الالكتروني يمكن ايجاد قوة تكبير الصورة و ذلك بقياس طول مقياس التكبير بالمسطرة و من ثم تطبق المعادلة التالية:

قوة تكبير الصورة = طول مقياس الرسم بالملم / البعد الحقيقي لمقياس الرسم بالميكرومتر * 1000

معلومات حسابية:

1 cm = 10 mm

1 mm = 1000 nm

1nm = 1000 µm

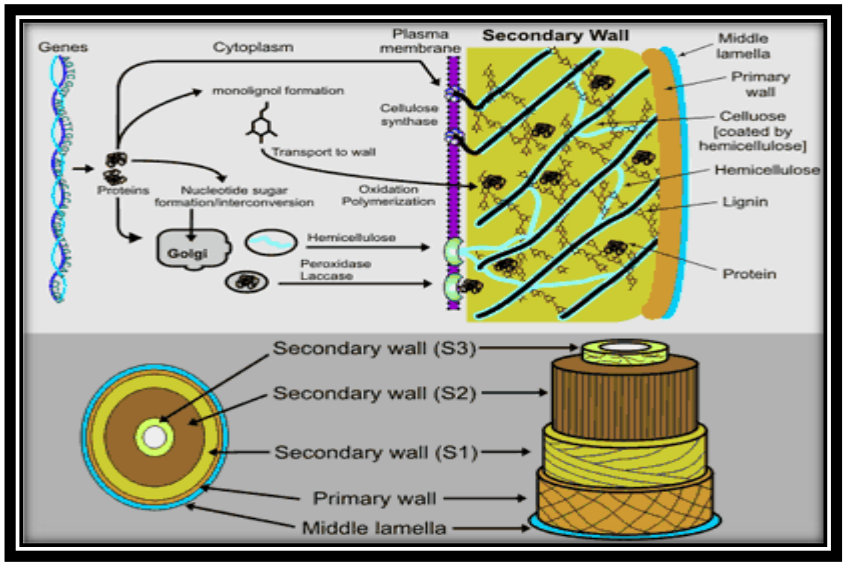
1 µm = 10 A

الاغلفة الخلوية The cell coats

١- جدار الخلية Cell wall

هو تركيب سميك يحيط بالغشاء البلازمي للخلية النباتية يعمل على حماية الخلية و دعمها لجدار الخلية تركيب طبقي مميز يبدا تكوينه بترسيب المواد البكتينية و انصاف السليلوز في منطقة الفراكموبلاست Phragmoplast

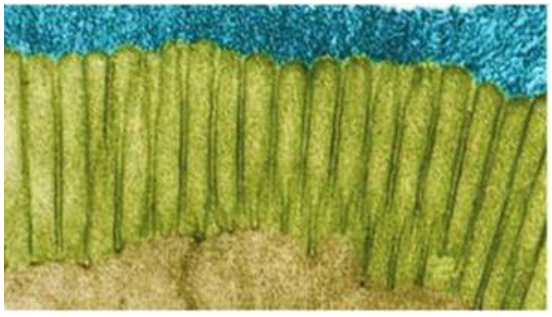
معظم الخلايا النباتية تكتفي بتكوين جدار ابتدائي فقط و هناك خلايا يترسب فيها جدار ثانوي Secondary wall على الجدار الابتدائي حيث يتكون الجدار الابتدائي من السليلوز و مواد اخرى مثل لكنين و سوبرين و يكون الجدار الثانوي قليل المرونة مقارنة بالجدار الابتدائي.



تركيب الجدارالخلوي

٢- الغطاء السكري Glycocaly

تشكل السلاسل السكرية التي هي جزء من جزيئات البروتينات السكرية و اللبيدات السكرية للغشاء البلازمي غطاء يشبه الشبكة على السطح الخارجي للغشاء يعرف بالغطاء السكري.
يكون الغطاء السكري سميكا تقريبا في بعض الخلايا كما هو الحال في الخلايا الظهارية الماصة للامعاء التي تتميز بوجود غطاء سكري سميك حول الزغابات الدقيقة.



البلاستيدات

البلاستيدات Plastids : هي عضيات خلوية متخصصة توجد في السايتوبلازم للخلايا النباتية حقيقية النواة تختلف في شكلها و حجمها وتركيبها ووظيفتها وعلى هذا الاساس صنفت الى ماياتي:

١- البلاستيدات الاولية Proplastids :هي تراكيب صغيرة عديمة اللون توجد في الخلايا الفتية او المنقسمة.

٢- البلاستيدات الشاحبة Etioplasts : توجد في اوراق النباتات النامية في الظلام.

٣- البلاستيدات النشوية Amyloplasts : وهي التي تلعب دورا رئيسيا في تمثيل النشأ يوجد بداخلها من ١-٨ حبيبات نشوية وقد تصبح تلكالحبيبات كبيرة تساعد على تمزق الغشاء المحيط بها كما هو الحال في درنات البطاطا.

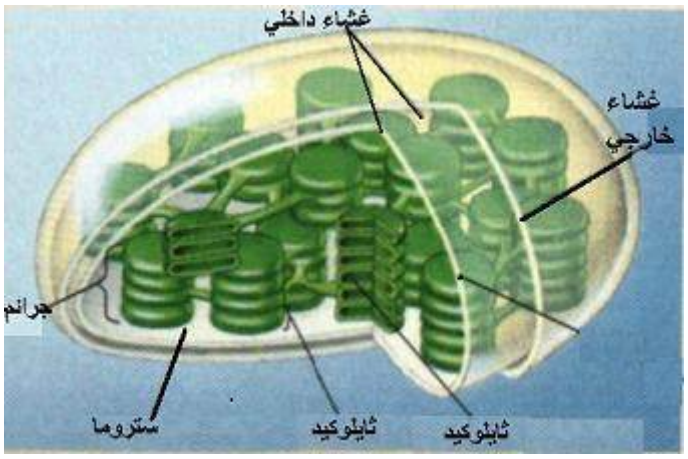
٤- البلاستيدات الملونة Chromoplasts : تحتوي على صبغة اشباه الكاروتينات Carotenoids المسؤولة عن اعطاء اللون الاصفر و البرتقالي و الاحمر لبعض الاجزاء النباتية (تويج الزهرة – الجزر – الطماطم).

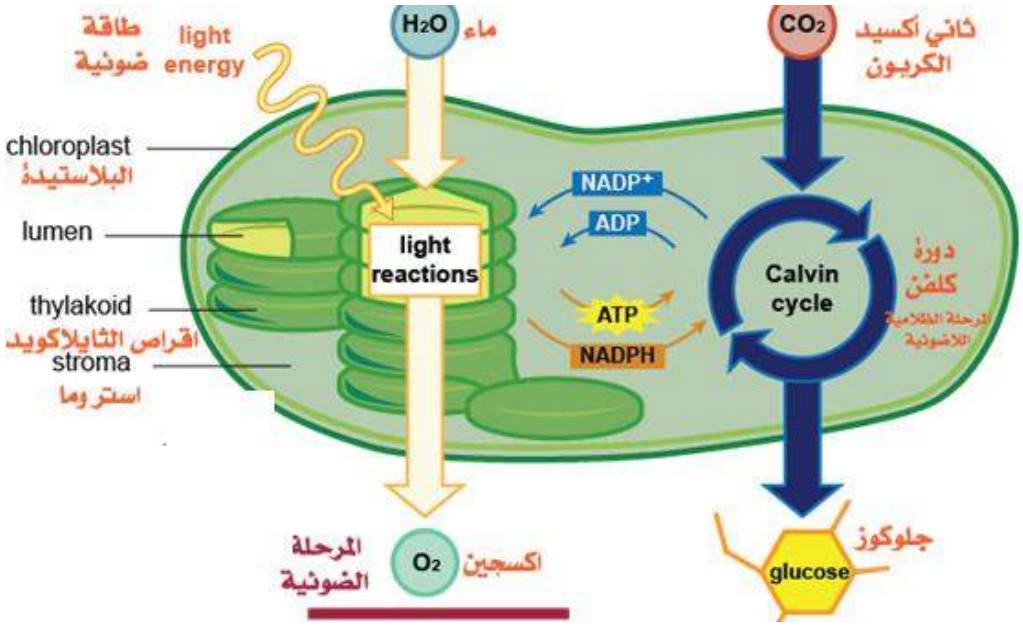
٥- البلاستيدات الزيتية Elioplasts
٦- البلاستيدات البروتينية Proteinoplast
٧- البلاستيدات الستيرونولية Sterinochloroplasts : البلاستيدات ٥ و ٦ و ٧ لاتوجد بصورة متكررة في الانسجة النباتية.

٨- البلاستيدات الخضراء Chloroplasts : هي اكثر الانواع اهمية وشيوعا وتوجد في انسجة النباتات الخضراء تحتوي على صبغة الكلوروفيل الخضراء ويختلف شكلها وعددها في الخلية باختلاف الكائنات الحية فقد تكون قرصية او كروية او بيضوية ويختلف شكلها وحجمها باختلاف كمية الضوء المسلط عليها .

تتركب الChloroplast بشكل دقيق زوج من الاغشية الي تحيط بالعضية ويوجد بداخلها مجاميع من اكياس مسطحة يعرف الكيس الواحد بالThylakoid وهذه بدورها تترتب بشكل مجاميع تسمى المجموعة الواحدة Granum جمعها Grana تتصل Thylakoids احدى الـ Granum بـ Thylakoids لـ Granum اخرى عن طريق Stroma Thylakoids

تنغمر الـ Grana في مادة الـ Stroma التي تحتوي ايضا على جزيات DNA و الرايبوسومات .
وظيفة ال Chloroplast هي القيام بعملية البناء الضوئي من بداية العملية الى نهايتها.





المايتوكوندريا

المايتوكوندريا Mitochondria : هي عضيات خلوية صغيرة تنتشر في سايتوبلازم الخلايا حقيقية النواة محاطة بزوج من الاغشية خارجي Outer membrane و داخلي Inner membrane يحيط الخارجي بالعضية اما الداخلي فيتميز بكثرة انطواءاته التي تمتد الى ارضية المايتوكوندريا مكونة الاعراف Cristae.

يختلف شكل الاعراف و عددها باختلاف الخلايا و الكائنات الحية حيث تكون على انواع :

١- **موازية للمحور الطولي**
٢- **عمودية على المحور الطولي**
٣- **بسيطة**
٤- **متفرعة**
٥- **انبوبية**
٦- **صفيحية**

تتصل بالغشاء الداخلي للمايتوكوندريا من جهة الارضية دقائق كروية تعد المواقع الرئيسية للفسفرة التاكسدية كما تحتوي الارضية عددا من الانزيمات لدورة كربس و املاح وماء و تنتشر فيها اشرطة ال DNA الدائرية و الرايبوسومات.

يختلف شكل المايتوكوندريا و عددها ضمن الخلية الواحدة باختلاف الخلايا و حالتها الفسيولوجية فهي:

١- **كروية Spherical**
٢- **اسطوانية Cylindrical**
٣- **شبكية Reticular**
٤- **دمبلية Dumbbell**
٥- **شكل المضرب Racket shape**

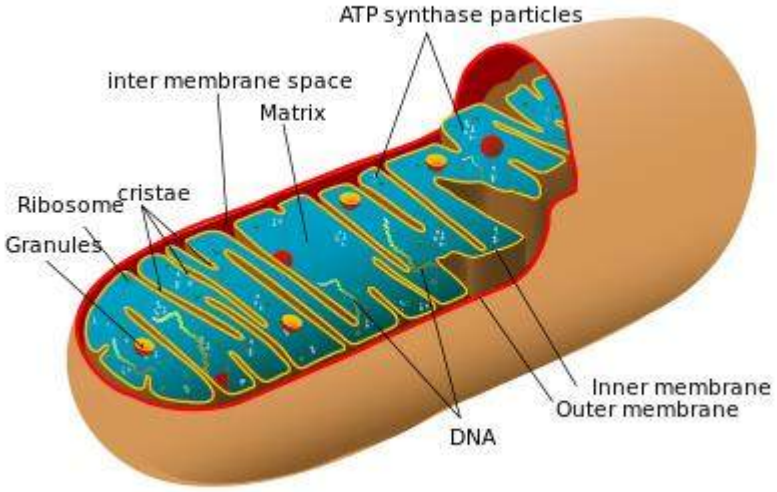
اعداد المايتوكوندريا تختلف بختلاف انواع الخلايا و النشاط الايضي للخلية باعتبارها المجهز للطاقة لذلك يتم فيها انتاج ال ATP ، حيث تكون عضية واحدة كما في بعض انواع الطحالب او قد يصل الى ١٠٠ عضية للخلية الواحدة في خلايا الكلية و ١٠٠٠ عضية في الخلية الواحدة كما في خلايا الكبد.

تعد المايتوكوندريا مراكز للتنفس الخلوي Cellular Respiration و هو سلسلة من التفاعلات الكيميائية المسرعة انزيميا يتم عن طريقها تحرر الطاقة المخزونة في الاواصر الكيميائية للبروتينات و الكاربوهيدرات و الدهنيات التنفس الخلوي في الكائنات الهوائية يسمى التنفس الهوائي Aerobic respiration حيث تبينه المعادلة الاتية :

$$C6H12O6 + 6O2 \rightarrow 6CO2 + H2O + ATP$$

اما في الكائنات اللاهوائية فتعرف عملية التنفس اللاهوائي Aerobic respiration كما هو الحال في الخمائر المنماة تحت ظروف لاهوائية.

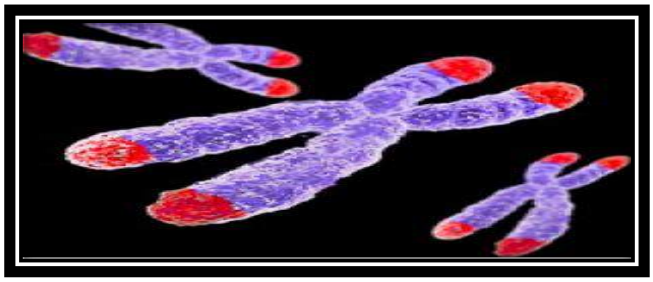
SPL


ATP synthase particles
inter membrane space
Matrix
cristae
Ribosome
Granules
Inner membrane
Outer membrane
DNA

النواة Nucleus : وهي اكبر عضية متميزة داخل الخلية و تكون كروية عادة او تتخذ اشكالا اخرى ، تكمن اهمية النواة في نقل الصفات الوراثية و النشاط الايضي للخلية.

الكروموسومات Chromosomes : هو تركيب يقع في نواة الخلية الحية مكون من بروتينات الهستون يلتف عليها شريط ال DNA مقدار لفه و٤/٣ لكل هستون.

- انتقال الصفات الوراثية من الاباء الى الابناء يتم بواسطة الكروموسوم سواء الكائن الحي نبات او حيوان .
- لكل كائن حي عدد وشكل ثابت من الكروموسومات موجودة على شكل ازواج متقابلة فالانسان مثلا يمتلك ٤٦ كروموسوم (٢٣ زوج او Pair) ٢٢ زوج مسؤول عن تحديد الصفات الوراثية الجسمية وزوج واحد مختص بتقرير نوع الجنس اما انثى (X) او ذكر (Y)



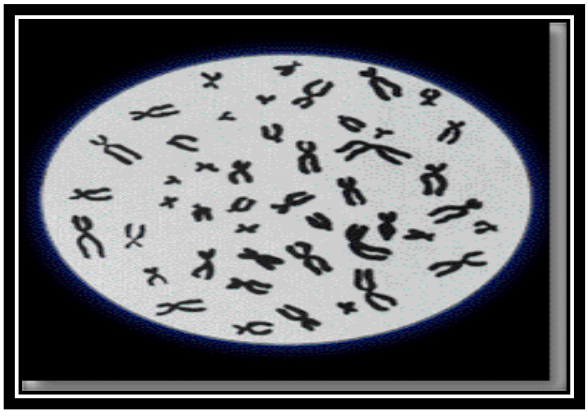
الهيئة الكروموسومية Karyotype : وهي دراسة الصفات الكروموسومية التكميلية من حجم و شكل و عدد لانواع حقيقية النواة ، ان تحضير و دراسة الهيئة الكروموسومية يعد جزء من علم حياتية الخلية – التكوين الخلوي Cytogenesis

يستخدم karyotype للكشف عن زيادة او فقدان او تغير الموقع الطبيعي للقطع الكروموسومية حيث ان هذه الزيادة او النقصان او تغير الموقع تسبب مشاكل في وظائف الجسم و نمو الفرد و تطوره.

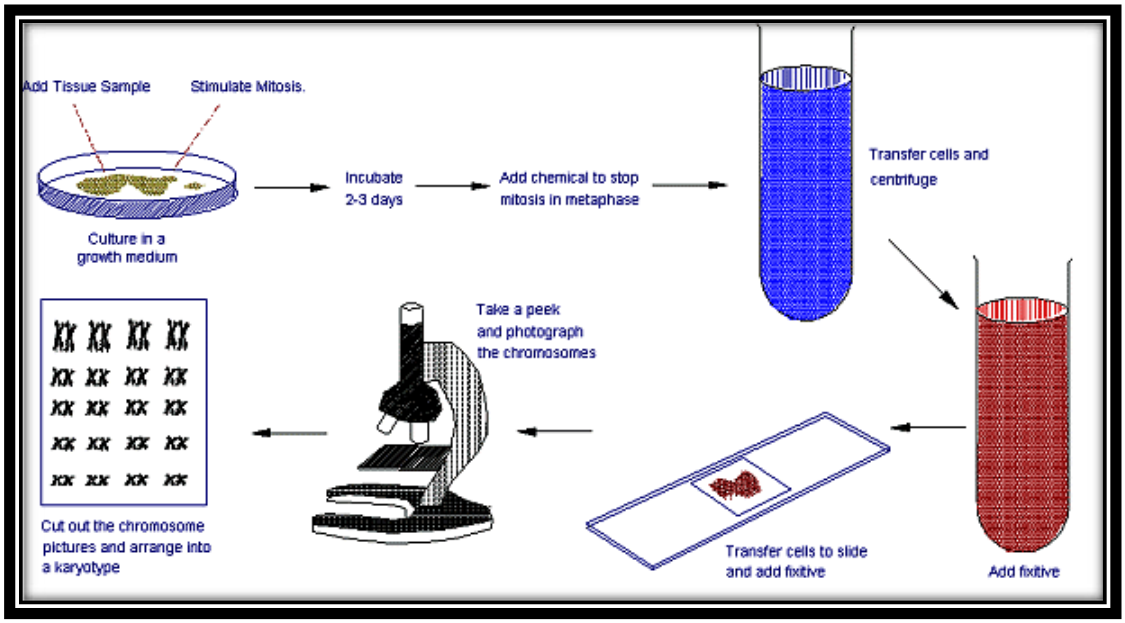
تحليل الهيئة الكروموسومية Karyotype Analysis

وهي تقنية يتم من خلالها فحص الكروموسومات تحت المجهر وفق الخطوات التالية:

١- تجمع الخلية من الواهب و تحفز على الانقسام بواسطة مادة Phyto Haem Agglutinene (PHA)
٢- ايقاف الخلايا المنقسمة خلال الطور الاستوائي Metaphase (في هذا الطور يتكثف الكروموسوم حيث يكون مهيء للفحص) بواسطة مادة Colchicine المستخلصة من نبات Colchicium autumnale
٣- يعامل الكروموسوم بمادة التربسين Trypsin لاذابة البروتين وبقاء ال DNA لوقت محدد
٤- يصبغ ال DNA بصبغة Giemsa لكي تظهر طرز التحزم الداكنة و الفاتحة و تسمى هذه الطرز بنمط التحزيم Banding pattern .



صورة بواسطة المجهر الضوئي توضح Human Karyotype



مخطط يوضح تحليل الهيئة الكروموسومية

تصنف الكروموسومات حسب موقع القطعة المركزية Centromere

١. **وسطية القطعة المركزية Metacentric Chromosome**

ويكون الذراعان متساويان بنسبة ١:١

٢. **شبه وسطية القطعة المركزية Submetacentric Chromosome**

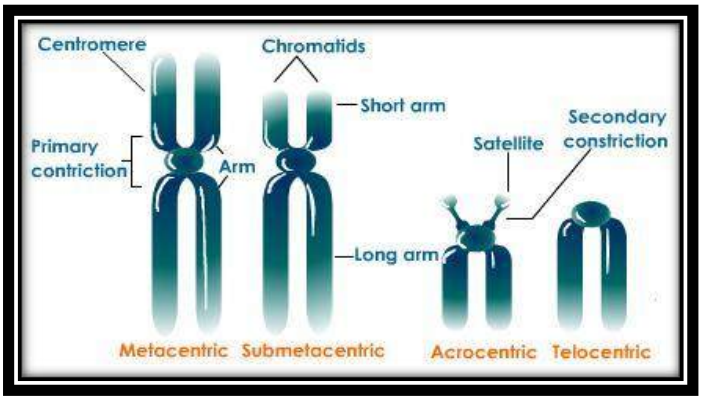
ويكون الذراعان غير متساويان بنسبة ١:٢

٣. **شبه نهائية القطعة المركزية Acrocentric Chromosome**

ويكون أحد الاذرع قصير والثاني كبير بنسبة ١:٣

٤. **نهائية القطعة المركزية Telocentric Chromosome**

نادر الوجود وتكون القطعة المركزية قمية الموقع بنسبة 1:0



شكل يوضح موقع الكروماتين (مطلوب)

الكروموسومات الخاصة

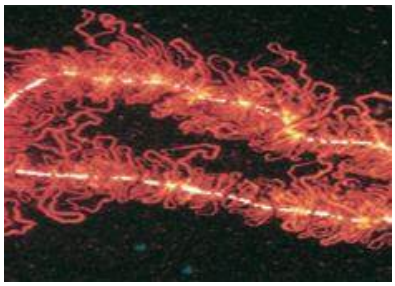
١. الكروموسومات العملاقة Giant Chromosome وتقسم الى قسمين :

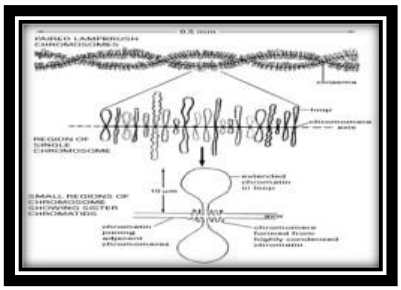
أ- متعدد الخيوط Polytene

توجد في الغدد اللعابية ليرقات ذبابة الفاكهة والديدان الدموية ، تتصف بكبر حجمها نتيجة لانقسامات كروموسومية طولية متتالية وتؤدي هذه العملية الى زيادة مفرطة في عدد الخيوط الكروموسومية التي تبقى جنباً الى جنب مكونة ما يسمى الكروموسوم العملاق نوع Polytene تتميز هذه الكروموسومات بوجود سلسلة متصلة من مناطق مصبوغة وأخرى فاتحة على طولها تدعى الحزم Bands وتتكون هذه الحزم نتيجة أصطفاف الكروموميرات

ب-فرشاة البطل Lampbrush

هو اطول بحوالي ثلاث مرات من الكروموسوم متعدد الخيوط ويتكون من محور يحمل فروعا جانبية بشكل عروات ويفقد هذا الكروموسوم شكله المشابه للفرشات بانتهاء الانقسام الاختزالي.

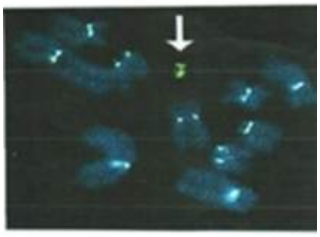




شكل كروموسوم (فرشاة البطل) (مطلوب)

٢. الكروموسومات الثانوية B- Chromosome

تدعى ايضاً الكرموسومات الاضافية لتمييزها عن الكروموسومات الجسمية الاعتيادية وتتميز بصغر حجمها وتتكون من Heterochromatine وتكون غير فعالة وراثياً وبذلك تشبه الكرموسوم Y .



الانقسامات الخلوية Cell Division

اولا : الانقسام الخيطي Mitosis : هو عملية انقسام المادة النووية مصحوبا بانقسام السايتوبلازم بين الخليتين البنيوتين .

يسبق عملية الانقسام الخيطي الطور البيني Inter phase و الذي يتميز بالاتي :

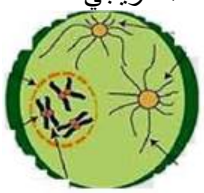
- طول مدته
- الكروموسومات تكون بشكل خيوط طولية نحيفة (الشبكة الكروماتينية)
- وجود نوية واحدة او اكثر لونها داكن
- يظهر الغلاف النووي بصورة متكاملة يحيط بالنواة

مراحل الانقسام الخيطي

١- الطور التمهيدي Prophase

ميزاته

- تبدا الكروموسومات بالظهور بشكل تراكيب خيطية شبيهة بالخيوط بعد تضاعفها بالطور البيني السابق
- تزداد قابلية اصطباغها
- يبدا تكون خيوط المغزل
- اختفاء تدريجي للغلاف النووي و النويات



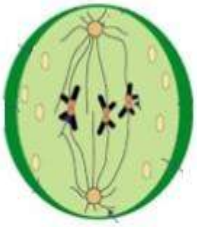
٢- الطور الاستوائي Metaphase

يسبق هذا الطور مرحلة تسمى الطور ماقبل الاستوائي Prometaphase والتي تتميز بالآتي:

- اكتمال الياف خيوط المغزل و وضوح ارتباطها بالقطع القطع المركزية للكروموسومات
- حركة الكروموسومات باتجاه الصفيحة الاستوائية
- يزداد تكثف الكروموسومات فيظهر كل كروكوسوم مكون من كروماتيدين يواجه كل كروماتيد احد قطبي الخلية

أما الطور الاستوائي Metaphase فيتميز بالاتي :

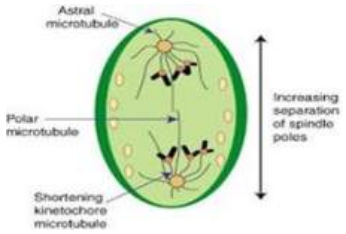
- تأخذ الكروموسومات في هذا الطور الهيئة النهائية لها وتصطف في خط استواء الخلية بشكل متوازي (نتيجة الشد المسلط عليها من قبل المراكز الحركية و النبيبات الدقيقة للقطبين المتعاكسين



٣- **الطور الانفصالي Anaphase**

ميزاته

- انشطار ال Centromer لكل كروموسوم و ابتعاد الكروماتيدات الشقيقة عن بعضها
- شكل الكروموسومات يختلف اذ ان قسم منها يشبه حرف V - Metacentric - قسم يشبه حرف J - Acrocentric - وقسم يشبه حرف L - Submetacentric



٤- **الطور النهائي Telophase**

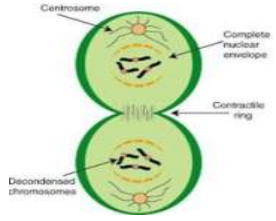
ميزاته

- وصول الكروموسومات الى قطبي الخلية وزوال شد الياف المغزل عنها
- تفكك حلزنة الكروموسومات البنيوية و قلة اصطباغها
- بداء ظهور النويات و الغلاف النووي

انقسام السايتوبلازم

الخلية الحيوانية Cytokinesis

يتم الانقسام السايتوبلازمي بتخصر السايتوبلازم عند خط استواء الخلية بتاثير نظام الخيوط الدقيقة الشبيهة بالاكتين



الشكل يوضح الطر النهائي وانقسام السايتوبلازم

ثانيا : الانقسام الاختزالي Meiosis

تحدث عملية الانقسام الاختزالي في النبات و الحيوانات التي تتكاثر جنسيا اثناء تكوين الكميتات Gametogenesis حيث ينتج عن Meiosis خلايا بنصف العدد الكروموسومي (1n)

يتضمن Meiosis انقسامين خلويين متعاقبين هما:

الانقسام الاختزالي الاول Meiosis I : حيث يتم اختزال العدد الكروموسومي الى النصف (2n اقسام اختزالي 1n) ويشمل :

١- الطور التمهيدي الاول Prophase I

يمتاز بانه بطيء واكثر تعقيدا مقارنة بال prophase لل Meiosis حيث يقسم الى خمس ادوار:

أ- الدور القلادي Leptotene

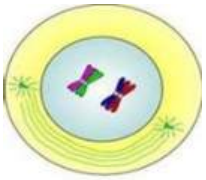
تظهر الكروموسومات يشكل خيوط مفردة و طويلة و نحيفة ذات تثخنات شبيهة بالخرزات تمنح الكروموسوم شكل القلادة ، ويتميز ايضا بكبر النواة و النوية.

ب- الدور الازدواجي Zygotene

تبدا الازواج الكروموسومية المتماثلة بالتراصف مع بعضها ثم يلي ذلك عملية تقارب الكروموسومين بعضها مع بعض و اتحادهما و التفافهما بصورة كاملة وتسمى هذه العملية الاقتران Synapsis مكونا ثنائيات كروموسومية

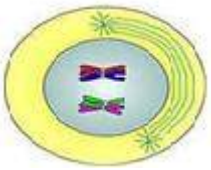
ج- الدور التغلظي Pachytene

يقل طول الكروموسومات المزدوجة و يزداد سمكها فيظهر كل زوج كروموسومي مكون من اربعة كروماتيدات تدعى هذه الحزمة الرباعي ، تحتوي خلية الانسان عند مرورها بهذا الدور على ٢٣ رباعيا .تتخذ هذه الكروماتيدات الاربعة وضعا يسهل حدوث عملية التعابر Crossing Over وتسمى مناطق التعابرات بالتصالبات Chiasma تظهر بشكل حرف X وهو دليل فيزيائي لحدوث العبور للجينات الذي يحدث بين كروماتيدين فقط من مجموع الكروماتيدات الاربعة.



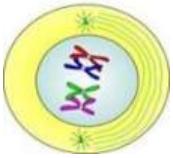
د- الدور الانفراجي Diplotene

تبدا عملية انزلاق التصالبات الى نهاية الكروموسومات حيث تظهر الكروموسومات مكونة من كروماتيدين ، تستمر عملية التقلص و يبدا كل كروموسومين متماثلين بالابتعاد عن بعضها البعض .



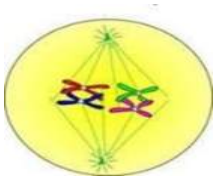
ه- الدور الحركي Diakinesis

يصل التغلظ الى اعلى درجاته ينفصل الكروموسومين المتماثلين عن بعضهما و لكن يبقيان متقابلين ينتهي هذا الدور باختفاء النويات و الغلاف النووي وتحرك الكروماتيدات الرباعية وتبدا خيوط المغزل بالظهور.



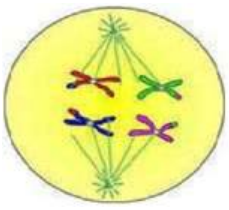
٢- الطور الاستوائي الاول Metaphase I

تصل ازواج الكروموسومات المتماثلة منطقة استواء المغزل ويصل الالتفاف الى اقصاه



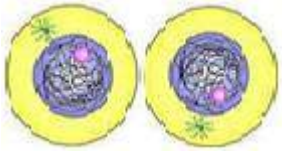
٣- الطور الانفصالي الاول Anaphase I

كل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة يتحرك الى قطب من اقطاب الخلية وهذا يدل على ان الانقسام الاختزالي يحدث في هذا الطور بالذات اي ان الخليتين البنيوتين تستلم كل منها نصف العدد الكامل من الكروموسومات .



٤- الطور النهائي Telophase I

احداث هذا الطور بسيطة مقارنة بال telophase خلال الانقسام الخيطي ، تحتوي نواة كل خلية كروموسوما واحدا من كل زوج من الكروموسومات المتماثلة ، في بعض الانواع لايوجد مثل هذا الطور.

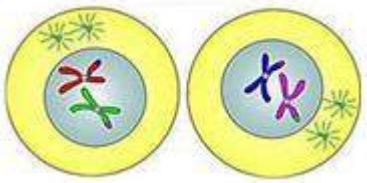


مرحلة مابين الانقسامين Interkinesis هي الفترة مابين Meiosis I و Meiosis II وهي مرحلة قصيرة جدا وقد لا توجد هذه المرحلة.

الانقسام الاختزالي الثاني Meiosis II

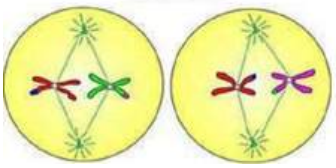
أ- الطور التمهيدي الثاني Prophase II

يكون سريع وهو مشابه لاي طور تمهيدي اخر



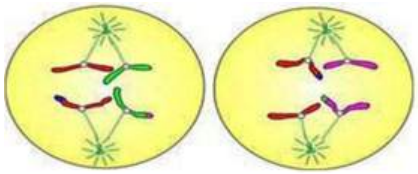
ب- الطور الاستوائي الثاني Metaphase II

مشابه لمثيله في ال Mitosis



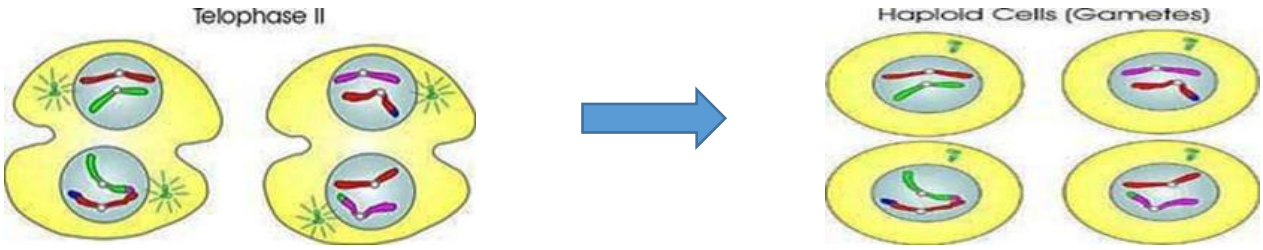
ج- الطور الانفصالي الثاني Anaphase II

وفيه تنشطر القطع المركزية في وقت واحد وتنفصل الكروماتيدات بعضها عن بعض وتتجه نحو القطبين المتعاكسين للخلية لتعطي بذلك اربع مجاميع كروموسومية احادية .



د- الطور النهائي الثاني Telophase II

في هذا الطور تبداء عملية اعادة تكوين نوى الطور البيني وكذلك تتكون اغشية او جدران الخلية وتكون المحصلة النهائية اربع خلايا



مقارنة بين Mitosis و Meiosis

Mitosis	Meiosis
١ـ تمر به الخلايا الجسمية غير التكاثرية بغرض التضاعف العددي .	١ـ تمر به الخلايا التكاثرية لغرض تكوين الكميتات.
٢ـ الخلايا الناتجة: عددها اثنان تملك عدد كروموسومات الكاملة 2n متطابقة جينيا مع الخلية الابوية	٢ـ الخلايا الناتجة: عددها اربعة تملك نصف العدد الكروموسومي 1n غير متطابقة جينيا مع الخلية الابوية
٣ـ تمر الخلايا المنقسمة بمرحلة انقسام نووي واحد و انقسام سايتوبلازمي واحد	٣ـ تمر الخلايا المنقسمة بمرحلتي انقسام نووي و مرحلتي انقسام سايتوبلازمي
٤ـ عدم حدوث ازدواج بين الكروموسومات المتماثلة عدم حدوث عملية التعابر عدم تكون الرباعي	٤ـ حدوث ازدواج بين الكروموسومات المتماثلة حدوث عملية التعابر تكون الرباعي