المجال التعلمي I: آليات التنظيم على مستوى العضوية
(إعداد الأستاذة ب.نورة)

وضعية الإنطلاق:
تتكوّن العضوية من أجهزة مكوّنة من أعضاء مختلفة، تعمل بصورة منسقة، دليل على وجود علاقات وظيفية فيما بينها.
الإشكالية: كيف يتم التنظيم الوظيفي على مستوى العضوية؟

الفرضيات:
- تنظيم عصبي
- تنظيم هرموني
- تنظيم عصبي-هرموني

الوحدة 1: التنظيم العصبي

وضعية الإنطلاق:
تتطلب كل وضعية يتخذها الجسم تدخل أعضاء مختلفة (الجهاز العصبي، العضلات، الهيكل العظمي)، حيث تعمل هذه الأعضاء بصورة منسقة للحفاظ على وضعية الجسم.
الإشكالية: كيف يتم الحفاظ على وضعية الجسم؟

النشاط 1: المنعكس العضلي:

وضعية الإنطلاق: تلعب العضلات دورا مهما في الحفاظ على وضعية الجسم.
الإشكالية: كيف تساهم العضلات في الحفاظ على وضعية الجسم؟

1- إظهار منعكس الحفاظ على وضعية الجسم:
أ)- عند حيوان: مثال: عند الضفدع
تحليل الوثيقة 2 ص 10:
نلاحظ أنّ الطرف الخلفي للضفدع يحتوي على نوعين من العضلات: عضلات قابضة و عضلات باسطة.
يهدف العمل المنسق لهذه العضلات إلى الحفاظ على وضعية الجسم.

تحليل الوثيقة 3 ص 10:
عند الجلوس، نلاحظ أنّ الأطراف الخلفية للضفدع منثنية على شكل حرف Z، بينما أثناء القفز تكون مختلف أجزاء الطرف الخلفي (القدم، الساق، الفخذ) على استقامة واحدة.
يعود اختلاف شكل الطرف الخلفي إلى اختلاف وضعية عظامه بالنسبة لبعضها البعض، و ذلك حسب حالة الجسم (سكون أو حركة)، و هذا نتيجة تقلص بعض العضلات و استرخاء العضلات المعاكسة لها.
إذن، تعمل العضلات على تغيير الزاوية بين قطعتين هيكليتين لمفصل، أو على إيقاف المفاصل في زاوية معينة، و ذلك أثناء حفاظها على وضعية الجسم.

تجربة:
نخرب دماغ ضفدع (لمنع حدوث حركات إرادية) ثمّ نضع الضفدع على لوحة أفقية، ثمّ نميل اللوحة إمّا نحو الأمام و إمّا نحو الخلف.
الملاحظة:
- عند إمالة اللوحة نحو الأمام، يرفع الضفدع رأسه و يمدّد طرفيه الأماميين.
- عند إمالة اللوحة نحو الخلف، يخفض الضفدع رأسه و يقبض طرفيه الأماميين.
استنتاج:
عندما شعر الحيوان باختلال توازن جسمه قام بحركات إنعكاسية للحفاظ على توازن وضعية جسمه.

ب)- عند الإنسان: ص 11

استثارة منعكس رضفي:

تجرى التجربة على شخص جالس على طرف طاولة، بحيث تكون ساقه مدلاة و مسترخية. عند الضرب بمطرقة مطاطية، ضربة جافة تحت الركبة (على مستوى الوتر السفلي للعضلة الباسطة للساق)، سرعان ما نلاحظ امتداد الساق نحو الأمام، دون تدخل إرادة الشخص في ذلك، دليل على أنه منعكس.

تنبيه:

تختفي هذه المنعكسات في حالة تخريب النخاع الشوكي أو قطع الأعصاب التي تعصب هذه العضلات، نتيجة حادث مثلا.

تعميم:

ممّا سبق، نلاحظ أنّ كل من الحيوان و الإنسان يستجيب لمنبهات. تمتاز هذه الإستجابات بكونها فطرية، لاإرادية، متوقعة و عامّة. تدعى هذه الإستجابات بمنعكسات فطرية (مطلقة).

خلاصة:

يتطلب الحفاظ على توازن وضعية الجسم تعديل لاإرادي مستمر لحالة تقلص العضلات القابضة و الباسطة.

2- خصائص المنعكس العضلي:

أ)- إظهار خصائص منعكس الشدّ (المدّ): ص 12

تجربة: نعزل عضلة ساقية لضفدع مع الحفاظ على اتصالاتها العصبية الحسية و الحركية (ألياف عصبية حسية و ألياف عصبية حركية) بالنخاع الشوكي، ثمّ نعلّق العضلة من وترها العلوي في حامل، و نربط وترها السفلي بثقل (ث)، و نقوم بقياس طول العضلة و بتسجيل تواتر كمونات العمل في الليف العصبي الحسّي المتصل بها.

الملاحظة: أنظر الوثيقة 7 ص 12

* قبل تعليق الثقل:

العضلة مسترخية و طولها ثابت، و يكون تواتر كمونات العمل في الليف العصبي الحسّي المتصل بها ضعيفا.

* بعد تعليق الثقل:

- في البداية، نلاحظ تزايد طول العضلة، أي تمدّدها (حدوث شدّ للعضلة) حتى تبلغ طولا معيّنا، فتثبت عنده. يرافق تمدّد العضلة تزايد تواتر كمونات العمل في الليف العصبي الحسّي.

- بعد ذلك، نلاحظ تناقص طول العضلة نتيجة تقلصها، حتّى تعود إلى طولها الأصلي، كما يتناقص تواتر كمونات العمل في الليف العصبي الحسّي.

التفسير:

يؤدّي تمديد (شدّ) العضلة إلى تمديد المغازل العصبية-العضلية الموجودة فيها.

(المغزل العصبي-العضلي هو منطقة اتصال نهايات عصبية حسية بليف عضلي).

يؤدّي هذا التمديد إلى تنبيه النهايات العصبية الموجودة فيها، فتتولد سيالات عصبية حسية يتم إرسالها إلى النخاع الشوكي (عبر ألياف عصبية حسية)، فيحوّلها النخاع الشوكي إلى سيالات عصبية حركية و يرسلها إلى العضلة (عبر ألياف عصبية حركية)، فتستجيب العضلة بالتقلص (لمقاومة التمدّد).

استنتاج:

المنعكس العضلي عبارة عن تقلص العضلات استجابة لمدّها (شدّها).

ب)- دراسة تجريبية للإستجابة المتزامنة للعضلات المتضادة: ص 13

تجربة 1: نضع إلكترودات مستقبلة (متصلة بجهاز حاسوب) على الجلد الذي يغطي كل من العضلة القابضة و العضلة الباسطة في ساق شخص، و نطلب من الشخص أن يقوم بثني و بسط قدمه.

النتائج مبينة في الوثيقة 8 ص 13

الملاحظة:

عند الحركة، نسجّل حدوث تغيرات في فرق الكمون في كل من العضلة القابضة و العضلة الباسطة، إلاّ أنّ:

- تواتر كمونات العمل في العضلة القابضة أكبر من تواتر كمونات العمل في العضلة الباسطة.
- ظهور كمونات العمل يكون بالتناوب بين النوعين من العضلات، حيث لمّا يظهر كمون العمل في العضلة القابضة، لا يوجد كمون عمل في العضلة الباسطة، و العكس صحيح، أي لمّا تتنبه العضلة القابضة، تثبّط العضلة الباسطة، و العكس صحيح.

تجربة 2: تجربة شرينغتون Sherrington (1913 م): ص 13
قطع العالم شرينغتون النخاع الشوكي لقطّ، في مؤخرة الدماغ، ثمّ نبّه الطرف الخلفي للحيوان (بالوخز مثلا)، فلاحظ إنثناء الطرف، أي حدوث منعكس نخاعي.
بعد ذلك، قام بتسجيل تغيرات التوتر الآلي للعضلتين المتضادتين للفخذ (العضلة القابضة و العضلة الباسطة للساق) إثر نفس التنبيه.
النتائج مبيّنة في الوثيقة 9 ص 13.
تحليل الوثيقة 9:
تبيّن الوثيقة تغيّر توتر العضلتين القابضة و الباسطة، قبل و بعد التنبيه.
- قبل التنبيه: توتر العضلتين القابضة و الباسطة متماثل و ثابت عند قيمة معيّنة، دليل على وجود تقلص خفيف و ثابت في العضلتين (المقوّية العضليّة Tonus musculaire).
- بعد التنبيه:
* في البداية نلاحظ تزايد توتر العضلة القابضة، دليل على تقلصها، و يرافقه تناقص توتر العضلة الباسطة، دليل على استرخائها.
* بعد ذلك يتناقص توتر العضلة القابضة دليل على استرخائها، و يرافقه تزايد توتر العضلة الباسطة دليل على تقلصها.
* في الأخير، يعود التوتر في العضلتين المتضادتين (القابضة و الباسطة) إلى قيمته الإبتدائية فيثبت عندها.
استنتاج:
عند حدوث المنعكس النخاعي، تعمل العضلتان المتضادتان (القابضة و الباسطة) بصورة منسّقة، حيث عندما تتقلص إحداهما تسترخي الأخرى.

خلاصة:

تلعب العضلات دورا هامّا في الحفاظ على وضعية الجسم بتقلص البعض منها استجابة لتمدّدها. يدعى هذا النوع من الإستجابة بالمنعكس العضلي، حيث تكون العضلات الباسطة عند شخص قائم ممدّدة باستمرار تحت تأثير الجاذبية الأرضية (رسم ص 24). يسمح المنعكس العضلي المقاوم لهذا التمدّد بالحفاظ على الوضعية القائمة للجسم.

تخضع كل وضعية يتخذها الجسم إلى العمل المنسق لعضلات المتضادة (قابضة و باسطة).

النشاط 2: الدعامة التشريحية للمنعكس العضلي:

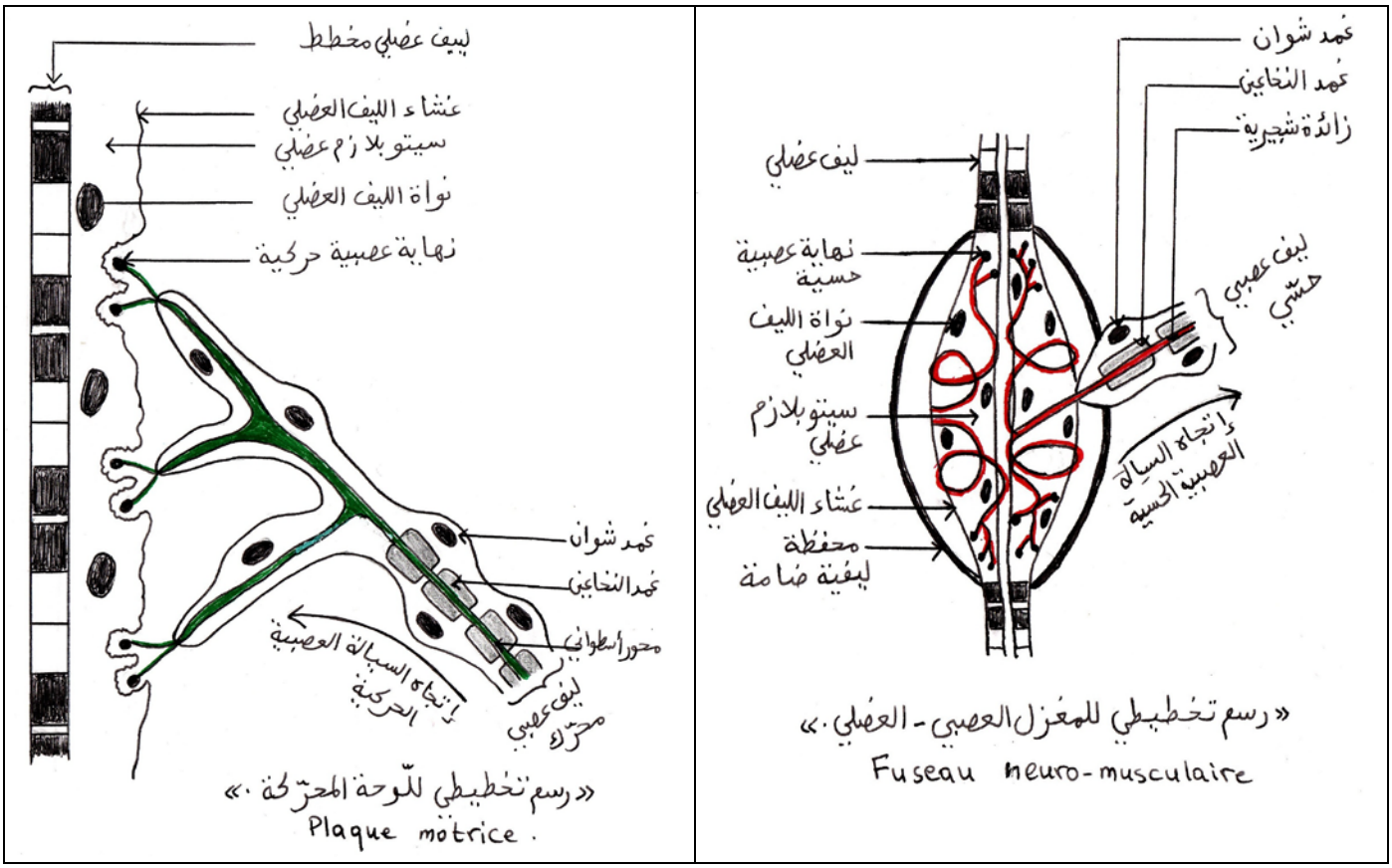
وضعية الإنطلاق: تتدخل في المنعكس العضلي بنيات تشريحية مختلفة.
الإشكالية: ما هي البنيات التشريحية المتدخلة في المنعكس العضلي؟
التقصي:

1- أنواع الإتصالات العصبية-العضلية: ص 14

في العضلة الهيكلية المخططة، يتصل بالألياف العضلية نوعان من النهايات العصبية:

أ)- نهايات عصبية حسية:

تتغلغل النهايات العصبية الحسية داخل العضلة و تتصل بألياف عضلية خاصّة، غير مخططة في منتصفها، حيث تلتف حولها لتلتقط ما يحدث في الألياف العضلية من تمدّد، فترسل سيالات عصبية حسية إلى المركز العصبي (النخاع الشوكي).
يطلق على مجموع النهايات العصبية الحسية مع هذه الألياف العضلية غير المخططة إسم المغزل العصبي-العضلي، و هو يظهر على شكل إنتفاخ محاط بمحفظة ليفيّة ضامة.



ب)- نهايات عصبية محرّكة:

يتفرّع المحور الأسطواني لكلّ ليف عصبي محرّك إلى عدّة فروع، يتصل كلّ منها اتصالا وثيقا بليف أو عدّة ألياف عضلية مخططة. يطلق على منطقة اتصال النهايات العصبية المحرّكة بليف عضلي مخطّط إسم اللوحة المحرّكة.

تنبيه: تحتوي أوتار العضلات أيضا على نهايات عصبية حسّية، تشكّل بنيات خاصّة تدعى الأعضاء العصبية الوترية الغولجية Organes tendineux de Golgi (الوثيقة 3 ص 15).

2- إظهار الطرق الحسية و الحركية للسيالة العصبية:

س: ما هو مسار السيالة العصبية عند حدوث المنعكس العضلي؟

أ)- تجارب بال و ماجندي: Bell et Magendie (1822 م)

أجريت التجارب على كلاب صغيرة، عمرها 6 أسابيع (النخاع الشوكي و الدماغ سليمان).

التجربة 1: (تبيّن دور الجذر الخلفي لعصب شوكي)

تمّ قطع الجذر الخلفي لأحد الأعصاب الشوكية لكلب، بين النخاع الشوكي و العقدة الشوكية.

الملاحظة: لوحظ انعدام تام للإحساس في المنطقة التي تتوزع فيها ألياف هذا العصب.

إنّ تنبيه الطرف المحيطي (أ) من الجذر المقطوع، لا يتبعه أيّ استجابة. أمّا تنبيه الطرف المركزي (ب) من الجذر المقطوع، يجعل الحيوان يستجيب بصراخ الألم و بالقيام بحركات.

استنتاج: الجذر الخلفي حسّي، ينقل السيالة العصبية الحسّية من المحيط نحو المركز (النخاع الشوكي)، لهذا تسمّى السيالة العصبية الحسّية بسيالة عصبية جابذة Centripète.

التجربة 2: (تبيّن دور الجذر الأمامي لعصب شوكي)

تمّ قطع الجذر الأمامي لعصب شوكي لكلب آخر.

الملاحظة: لوحظ حدوث شلل لعضلات المنطقة التي تتوزع فيها ألياف هذا العصب.

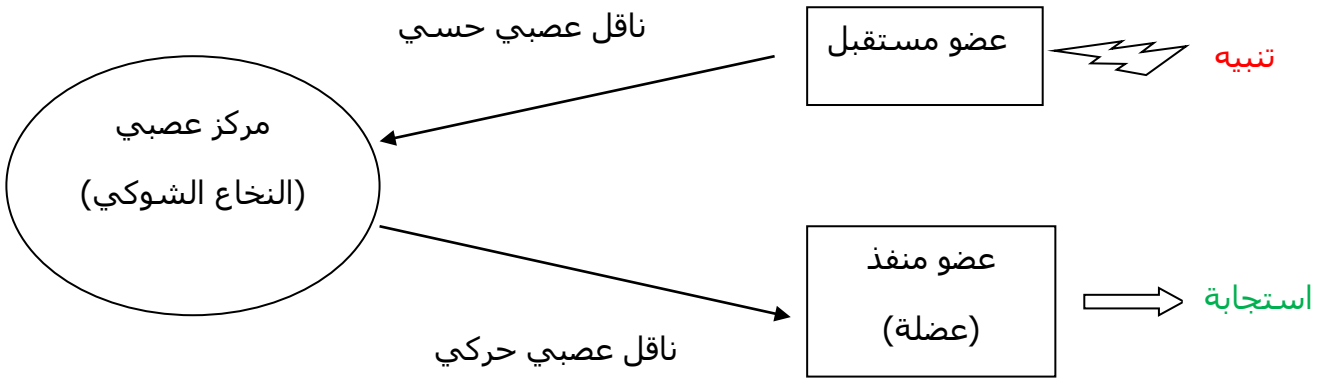
إنّ تنبيه الطرف المحيطي (جـ) من الجذر المقطوع، يسبّب تقلصا عضليا موضعيا في التي تتوزع فيها ألياف هذا العصب. أمّا تنبيه الطرف المركزي (د) من الجذر المقطوع، فليس له أيّ تأثير.

استنتاج: الجذر الأمامي حركي، ينقل السيالة العصبية الحركية من المركز نحو المحيط (العضلات)، لهذا تسمّى السيالة العصبية الحركيّة بسيالة عصبية نابذة Centrifuge.

استنتاج عام: يتكوّن العصب الشوكي من نمطين من الألياف العصبية (فهو عصب مختلط):

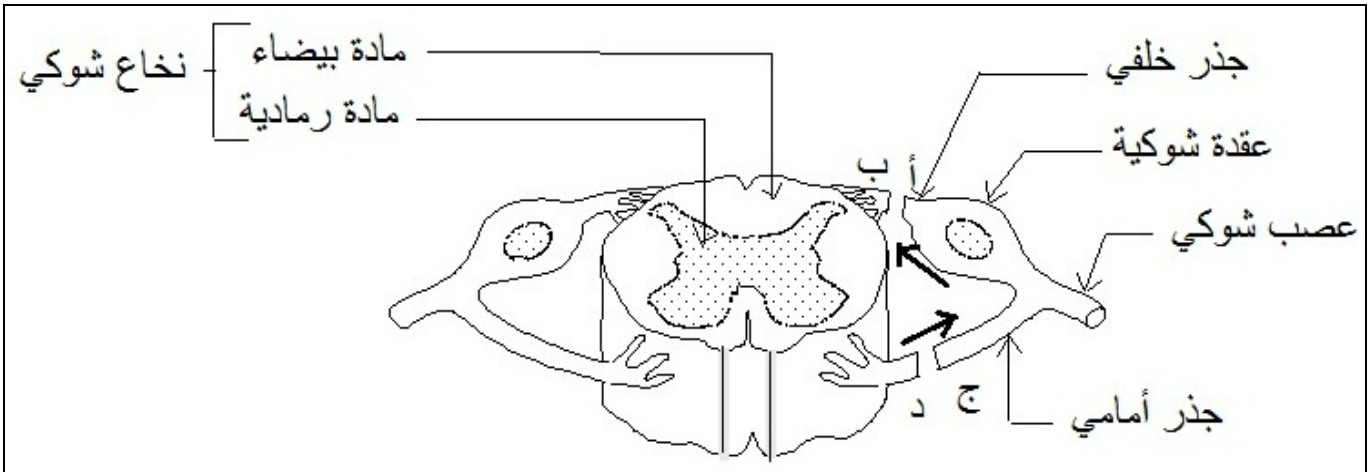
- ألياف عصبية حسية، و تكوّن الجذر الخلفي (الظهري).
- ألياف عصبية حركية، و تكوّن الجذر الأمامي (البطني).

تنتقل السيالة العصبية الحسية التي يولّدها التنبيه على مستوى العضو المستقبل عبر ألياف عصبية حسية، و تدخل إلى النخاع الشوكي عبر الجذر الخلفي للعصب الشوكي، ثمّ تخرج من النخاع الشوكي على شكل سيالة عصبية حركية، عبر الجذر الأمامي للعصب الشوكي، فتنتقل عبر ألياف عصبية حركية إلى العضو المنفذ (العضلة) الذي ينفذ الإستجابة.



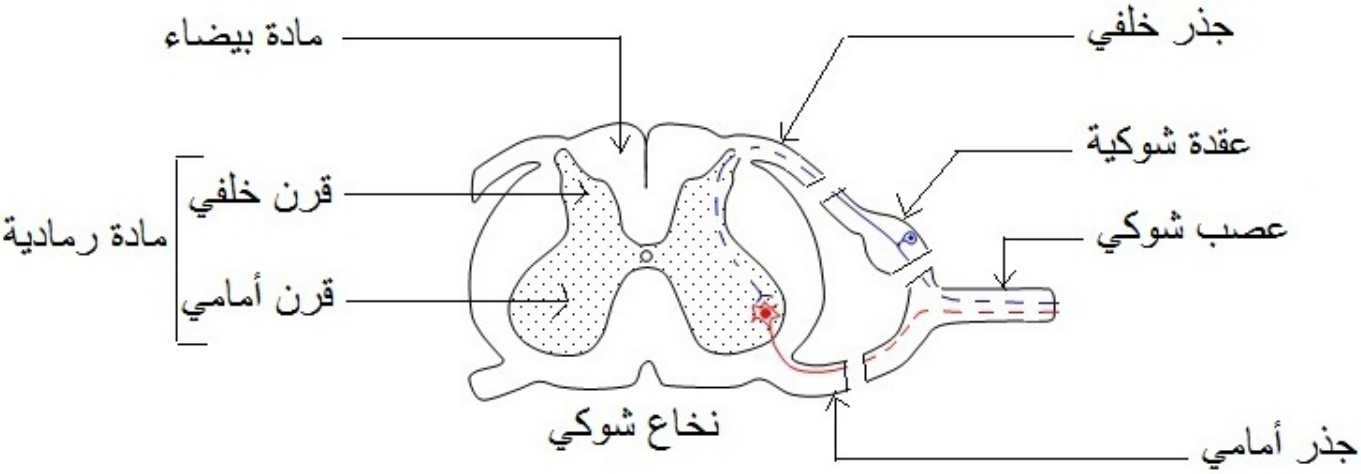
مخطط يبيّن مسار السيالة العصبية عند حدوث منعكس نخاعي

إظهار الطرق الحسّية و الحركيّة للسيالة العصبيّة



رسم تخطيطي يلخص تجارب بل و ماجندي

(تبيّن دور كل من الجذر الخلفي و الجذر الأمامي للعصب الشوكي)



رسم تخطيطي يلخص تجارب والر

(تبيّن موقع الأجسام الخلوية للعصبونات الحسية و العصبونات المحركة)

_____ ليف عصبي سليم

_ _ _ ليف عصبي في حالة استحالة واليرية

ب)- تجارب والر: Waller (1851 م)

تجربة 1: قطع والر الجذر الخلفي لعصب شوكي، على جانبي العقدة الشوكية.
الملاحظة: لاحظ والر استحالة الألياف العصبية الحسية في العصب الشوكي و في قطعة الجذر الخلفي المتصلة بالنخاع الشوكي، بينما تبقى الألياف المتصلة بالعقدة الشوكية سليمة و حيّة.
استنتاج: تقع الأجسام الخلوية للعصبونات الحسية في العقدة الشوكية، و هي عبارة عن عصبونات وحيدة القطب، تتصل زوائدها الشجيرية بالعضو المستقبل، بينما تدخل محاورها الأسطوانية في النخاع الشوكي.

تجربة 2: قطع والر الجذر الأمامي لعصب شوكي، قرب النخاع الشوكي.
الملاحظة: لاحظ والر استحالة الألياف العصبية المحركة المتصلة بالعصب الشوكي، و تستمر استحالة هذه الألياف في العصب نفسه. أما الألياف العصبية المحركة المتصلة بالنخاع الشوكي، فتبقى سليمة و حية.
استنتاج: تقع الأجسام الخلوية للعصبونات المحرّكة في القرنين الأماميين للمادة الرمادية في النخاع الشوكي، و هي عبارة عن عصبونات متعدّدة الأقطاب نجمية الشكل.

تذكير: على مستوى العصبون، تنتقل السيالة العصبية من الزوائد الشجيرية إلى الجسم الخلوي، و منه إلى المحور الأسطواني.

خلاصة: القوس الإنعكاسية للمنعكس العضلي

* يؤدّي تمدّد العضلة إلى تنبيه المغزل العصبي- العضلي (مستقبل حسّي) فتتولّد سيالة عصبية حسية، تنتقل عبر ألياف عصبية حسية، إلى النخاع الشوكي، ثمّ تخرج منه على شكل سيالة عصبية محرّكة، تنتقل عبر ألياف عصبية محركة إلى العضلة الهيكلية المخطّطة (عضو منفّذ حركي) فتستجيب بالتقلّص.

إذن، أثناء حدوث المنعكس العضلي تسلك السيالة العصبية سلسلة من العصبونات تتضمّن:

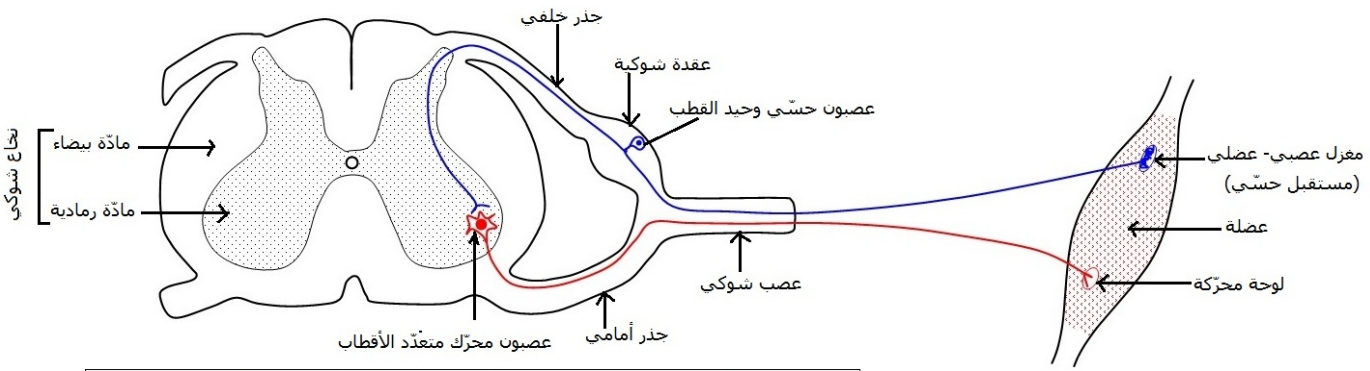
- عصبون حسّي وحيد القطب، جابذ (يقع جسمه الخلوي في العقدة الشوكية)، ينقل السيالة العصبية الحسيّة من العضو المستقبل إلى المركز العصبي (النخاع الشوكي).

- عصبون محرّك متعدّد الأقطاب، نجمي، نابذ (يقع جسمه الخلوي في القرن الأمامي للمادة الرمادية في النخاع الشوكي)، ينقل السيالة العصبية المحرّكة من النخاع الشوكي إلى العضو المنفّذ (العضلة).

* يدعى هذا الطريق الذي تسلكه السيالة العصبية، انطلاقا من العضو المستقبل إلى غاية العضو المنفّذ بـ "القوس الإنعكاسية النخاعية البسيطة".

تنبيه 1:
عند حدوث المنعكس العضلي، تمرّ السيالة العصبية عبر عصبونين فقط (أحدهما حسّي و الآخر محرّك) يتصلان ببعضهما عن طريق مشبك واحد، لهذا يدعى المنعكس العضلي بـ "منعكس أحادي المشبك".

تنبيه 2:
في المنعكس العضلي، تلعب العضلة دورا مزدوجا، فهي عضو مستقبل (حسّي) و عضو منفّذ (حركي).



رسم تخطيطي للقوس الإنعكاسية للمنعكس العضلي (منعكس أحادي المشبك)

ج- إظهار المركز الإنعكاسي للمنعكس العضلي:

* معطيات طبية:

- تؤدّي إصابة الجزء السفلي من النخاع الشوكي (نتيجة حادث مثلا) إلى حدوث شلل في الأطراف السفلية (العجز عن الوقوف و عن المشي) و إلى اختفاء المنعكسات الرضفية و الآخيلية، دليل على أنّ النخاع الشوكي هو المركز العصبي المسؤول عن المنعكسات العضلية و عن الحفاظ على وضعية الجسم.
- يؤدّي قطع (أو الضغط الشديد) الجزء من العصب الوركي الذي يصل ربلة الساق mollet بالنخاع الشوكي، إلى اختفاء المنعكس الآخيلي، دليل على أنّ سلامة الأعصاب الشوكية ضرورية لحدوث المنعكسات العضلية (لأنّها هي التي تنقل السيالة العصبية).
- تؤدّي استحالة المغازل العصبية- العضلية (نتيجة مرض) إلى انعدام المنعكس العضلي (مع بقاء الحركات الإرادية)، دليل على أنّ سلامة المغازل العصبية- العضلية ضرورية لحدوث المنعكس العضلي (لأنها تلعب دور مستقبلات حسية).

*** تجربة:** تتم على مراحل (أنظر الوثيقة 5 ص 16)

1- نتائج قطع الطرق العصبية بين المخ و الجذع المخي:

يؤدّي قطع الطرق العصبية بين المخ و الجذع المخي (الذي يضمّ البصلة السيسائية) عند قط إلى تمدّد الأطراف الأربعة للحيوان، و يصبح الرأس و الذيل قائمين.

يعود كلّ هذا إلى تقلّص العضلات الباسطة للجسم و زيادة مقويتها العضلية، فنستنتج أنّ للمخ دور في تخفيف المقوية العضلية للعضلات الباسطة للجسم (أي يخفّف من قوّة و حدّة المنعكس العضلي).

2- الإستجابة لتغيرات وضعية الرأس:

أ)- عند رفع رأس القط السابق، نلاحظ انثناء الأطراف الخلفية و زيادة تمدّد الأطراف الأمامية.

ب)- عند خفض رأس نفس الحيوان، نلاحظ العكس أي انثناء الأطراف الأمامية و زيادة تمدّد الأطراف الخلفية.

- إذن رغم إزالة تأثير المخ، بقي الحيوان قادرا على الحفاظ على توازن وضعية جسمه، دليل على أنّ المخ ليس هو المركز العصبي المسؤول عن ذلك.

3- نتائج قطع الطرق العصبية بين البصلة السيسائية و النخاع الشوكي:

يؤدي قطع الطرق العصبية بين البصلة السيسائية (الموجودة في الجذع المخي) و النخاع الشوكي إلى الحصول على حيوان شوكي، فنلاحظ ارتخاء كلّ جسم الحيوان (تصبح المقوية العضلية ضعيفة جدا) و تنعدم لديه منعكسات الحفاظ على توازن وضعية الجسم.

- إذن، أدّى فصل النخاع الشوكي عن البصلة السيسائية إلى ضعف المقوية العضلية، فنستنتج أنّ للبصلة السيسائية دور في زيادة المقوية العضلية.

استنتاج عام:

رغم كون النخاع الشوكي هو المركز العصبي المسؤول عن المنعكسات العضلية و عن المقوية العضلية، إلاّ أنه لا يعمل لوحده، فنشاطه يتأثر بالمراكز العصبية العليا حيث أنّ المخ يخفّف من المقوية العضلية و يقلّل من حدّة المنعكسات العضلية، بينما البصلة السيسائية تزيد من المقوية العضلية و تزيد من حدّة المنعكسات العضلية. إذن المراكز العصبية العليا تنظم عمل النخاع الشوكي.

النشاط 3: النقل المشبكي

وضعية الإنطلاق: تعمل العصبونات على نقل السيالة العصبية، و هي تبدي اتصالات فيما بينها أو مع خلايا أخرى كالخلايا العضلية. تسمح هذه الإتصالات المسماة بـ"المشابك" بنقل النبأ العصبي من عصبون إلى خلايا أخرى قابلة للتنبيه (عصبونات، خلايا عضلية، خلايا غدّية).

الإشكالية: كيف تساهم المشابك في نقل النبأ العصبي؟

التقصي:

1- إظهار وجود نقل مشبكي:

أ- قياس سرعة انتشار السيالة العصبية في ليف عصبي: ص 17

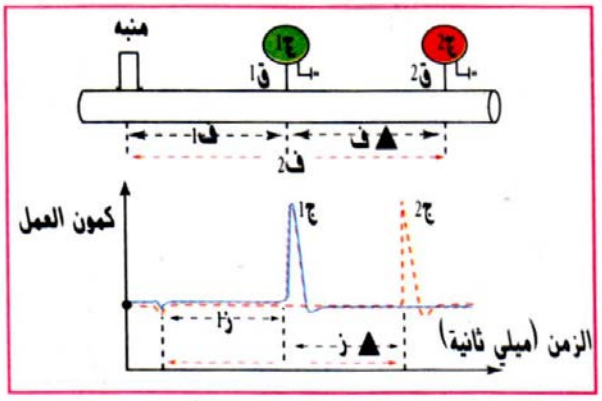
لحساب سرعة السيالة العصبية، نستعمل ليفا عصبيا معزولا، سليما، ذو قطر ثابت (كما هو مبيّن في الوثيقة 1 ص 17)، حيث:

ف1 = 10 ملم، و هي تمثّل المسافة بين المنبّه و مستقبل الجهاز (ج1).

ف2 = 20 ملم، و هي تمثّل المسافة بين المنبّه و مستقبل الجهاز (ج2).

ز1 = 0,2 ملي ثانية، و هو الزمن اللازم لانتقال السيالة العصبية من نقطة التنبيه إلى مستقبل الجهاز (ج1).

ز2 = 0,4 ملي ثانية، و هو الزمن اللازم لانتقال السيالة العصبية من نقطة التنبيه إلى مستقبل الجهاز (ج2).



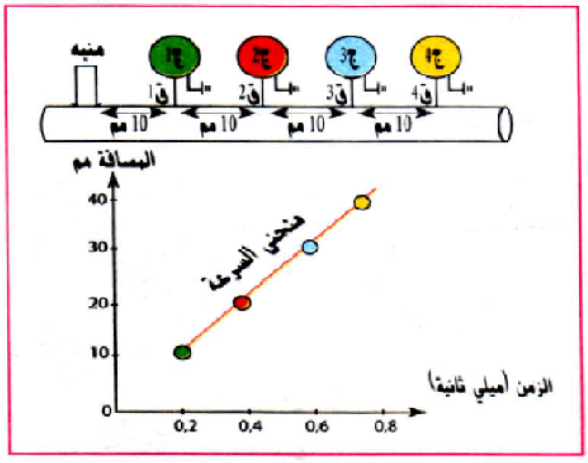
الوثيقة1:انتشار السيالة العصبية في ليف عصبي

$$\text{سرعة السيالة العصبية} = \frac{\text{فرق المسافة}}{\text{فرق الزمن}} = \frac{\Delta \text{ ف}}{\Delta \text{ ز}} = \frac{\text{ف2 - ف1}}{\text{ز2 - ز1}} \quad (\text{م\ثا})$$

$$\text{سر} = \frac{\text{ملم (10 - 20)}}{\text{ملي ثا (0,2 - 0,4)}} = \frac{\text{م } 10 \text{ x } 10^{-3}}{\text{ثا } 0,2 \text{ x } 10^{-3}} = 50 \text{ م\ثا}$$

* نعيد التجربة السابقة، لكن باستعمال عدّة أقطاب استقبال لعدّة أجهزة ر.ذ.م (ج1، ج2، ج3، ج4) الموضوعة على مسافات منتظمة.

التركيب التجريبي و النتائج المحصل عليها مبينة في الوثيقة 2 ص 17.



الوثيقة 2:سرعة السيالة العصبية.

تحليل منحنى سرعة السيالة العصبية:

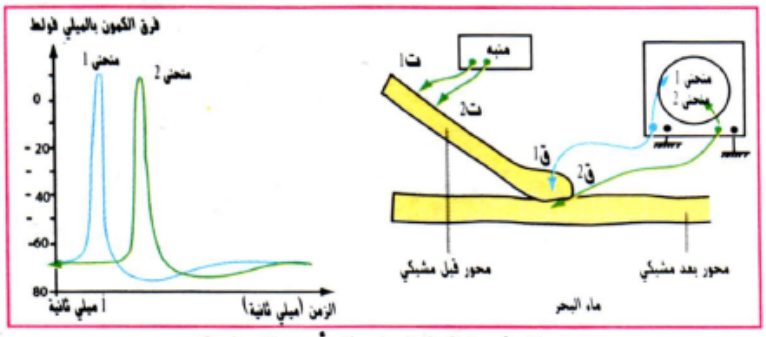
المنحنى عبارة عن خط مستقيم متزايد، حيث يوجد تناسب طردي بين الزمن الذي تستغرقه السيالة العصبية للوصول إلى أجهزة ر.ذ.م و المسافة التي تقطعها.

استنتاج:

تنتقل السيالة العصبية بصورة **منتظمة** و بسرعة **ثابتة**.

ب- قياس سرعة انتشار السيالة العصبية ضمن سلسلة عصبونية:

تجربة: الوثيقة 3 ص 17
علما بأنّ المسافة بين المنبّه و ق1 تساوي المسافة بين المنبّه و ق2 .
تحليل التسجيل المحصّل عليه:
نتحصّل على منحنيي كمون عمل أحاديي الطور متماثلين، إلاّ أنّ المنحنى 2 (المسجّل على مستوى المحور بعد المشبكي) متأخّر مقارنة مع المنحنى 1 (المسجّل على مستوى المحور قبل المشبكي)،



الوثيقة 3:إظهار التأخر المشبكي.

أي أنّ الزمن الضائع في المنحنى 2 أطول من الزمن الضائع في المنحنى 1، رغم تساوي المسافة بين نقطة التنبيه و كلّ من ق1 و ق2. يدعى هذا التأخر بـ"التأخر المشبكي".

استنتاج:

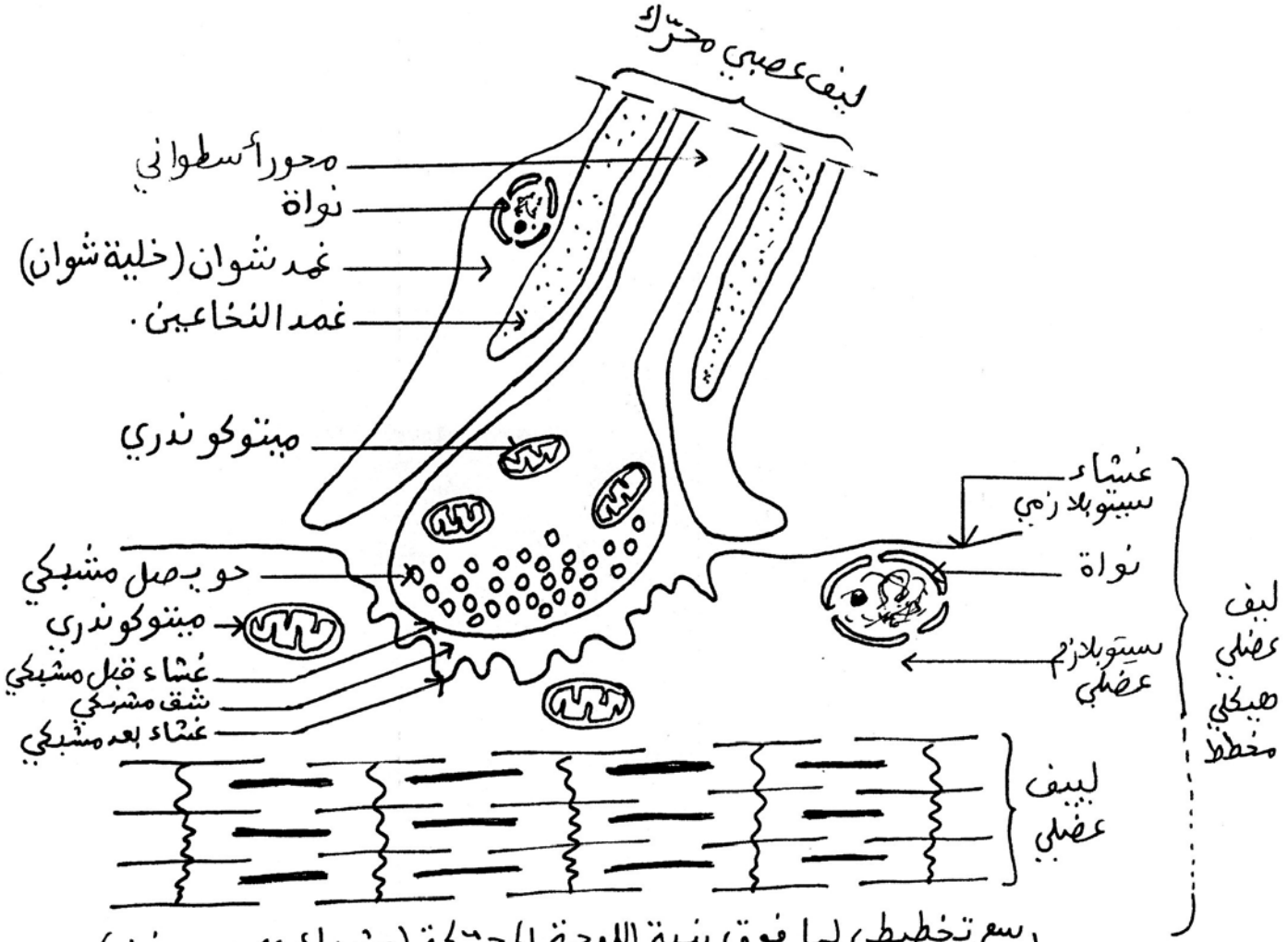
يحدث تباطئ لسرعة السيالة العصبية عند انتقالها عبر المشبك.

س- ما هو سبب التأخر المشبكي؟
ج- ربّما لا تنتقل السيالة العصبية عبر المشبك على شكل ظاهرة كهربائية، بل بظاهرة أخرى، أبطئ، قد تكون كيميائية (فرضية).

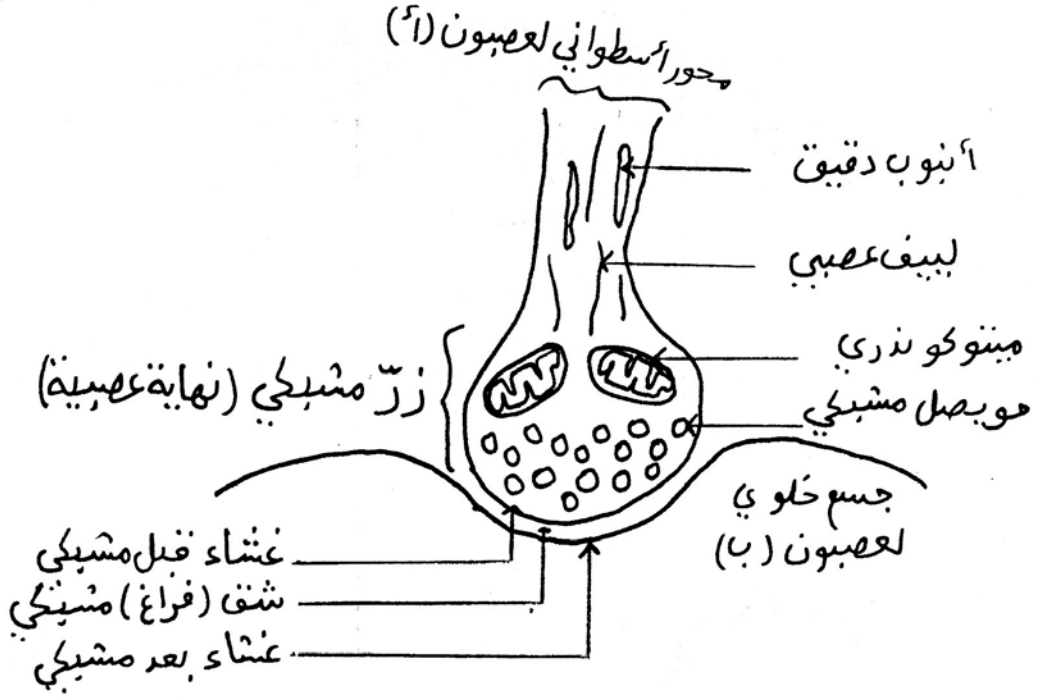
2- ما فوق بنية المشبك: (بنية المشبك بالمجهر الإلكتروني)
توجد عدّة أنواع من المشابك، منها:
أ- المشبك العصبي- العصبي: (مشبك بين- عصبوني) الوثيقة 4 ص 18
ب- المشبك العصبي- العضلي: (اللوحة المحرّكة) الوثيقة 5 ص 18

* تحديد الخصائص البنيوية للمشبك:
- بيّن المجهر الإلكتروني عدم وجود استمرارية بين الخلية قبل- المشبكية و الخلية بعد- المشبكية، حيث يفصل بين الغشاء قبل- المشبكي و الغشاء بعد- المشبكي فراغ رقيق جدا (10 إلى 40 نانومتر) يدعى "الفراغ المشبكي" أو "الشق المشبكي".
- كما بيّن المجهر الإلكتروني وجود العديد من "الحويصلات المشبكية" في النهاية العصبية (الزر المشبكي) للعصبون قبل- المشبكي.
- كما نلاحظ في الصور المأخوذة بالمجهر الإلكتروني أنّ سمك الغشاء بعد المشبكي أكبر من سمك الغشاء قبل- المشبكي (بسبب وجود مستقبلات غشائية من طبيعة بروتينية في الغشاء بعد المشبكي).

* المعلومة المستخلصة من تعرّفنا على ما فوق بنية المشبك:
ما دام لا يوجد اتصال بين الغشاء قبل- المشبكي و الغشاء بعد- المشبكي (نظرا لوجود الشق المشبكي)، لا يمكن للسيالة العصبية أن تنتقل من الخلية قبل- المشبكية إلى الخلية بعد المشبكية على شكل ظاهرة كهربائية (موجة زوال استقطاب يرافقها كمون عمل)، لهذا تنتقل السيالة العصبية بآلية أخرى، كيميائية (بواسطة مواد كيميائية تفرزها الحويصلات المشبكية).



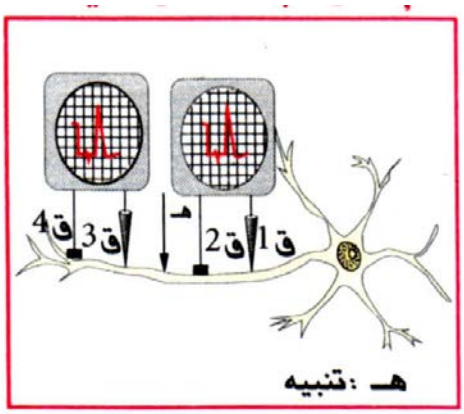
رسم تخطيطي لما فوق بنية اللوحة المحركة (مشبك عصبي - عضلي).



رسم تخطيطي لما فوق بنية مشبك بين عصبوني (عصبي - عصبي).

3- إظهار اتجاه السيالة العصبية:

أ- على مستوى ليف عصبي واحد: الوثيقة 7 ص 19



تجربة: نحدث تنبيها فعالا في نقطة معيّنة من المحور الأسطواني، و نسجّل فرق الكمون على جانبي النقطة المنبهة.

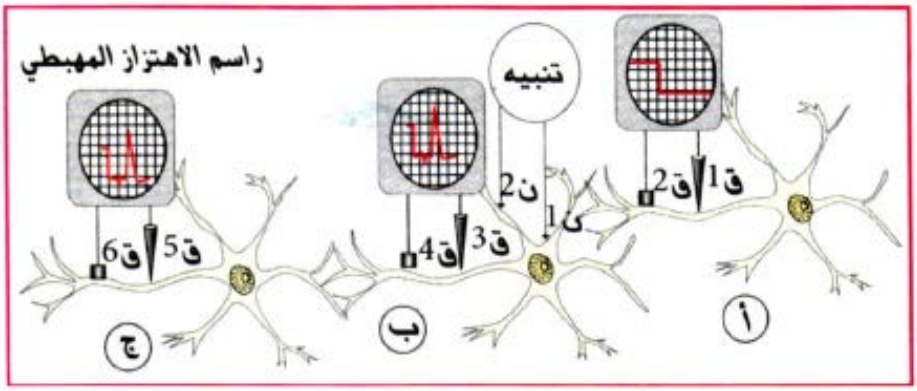
الملاحظة: نسجّل ظهور كمون عمل على جانبي النقطة المنبهة، دليل على أنّ السيالة العصبية انتقلت في الإتجاهين: إلى يمين و إلى يسار النقطة المنبهة.

استنتاج:

على مستوى الليف العصبي الواحد، يمكن للسيالة العصبية أن تنتقل في الإتجاهين.

ب- على مستوى سلسلة عصبونية: الوثيقة 7 ص 19

تجربة: نحدث تنبيها فعالا على مستوى العصبون (ب)، و نسجّل فرق الكمون على مستوى كلّ من العصبونات (أ)، (ب) و (ج).



الملاحظة: نلاحظ ما يلي:

- ظهور كمون عمل على مستوى العصبون (ب) المنبّه، دليل على أنّ التنبيه ولّد سيالة عصبية فيه.
- ظهور كمون عمل على مستوى العصبون (ج) رغم عدم تنبيهه مباشرة، دليل على انتقال السيالة العصبية من العصبون (ب) إلى العصبون (ج) عبر المشبك الموجود بينهما.
- عدم ظهور كمون عمل على مستوى العصبون (أ) إذ نسجل فيه كمون راحة فقط، دليل على أنّ السيالة العصبية لم تتمكن من الإنتقال من العصبون (ب) إلى العصبون (أ) رغم وجود مشبك بينهما.

إذن، لم تتمكّن السيالة العصبية من الإنتقال من العصبون بعد المشبكي إلى العصبون قبل المشبكي.

استنتاج:

النقل المشبكي **أحادي الإتجاه**، حيث تنتقل السيالة العصبية فقط من الخلية قبل المشبكية إلى الخلية بعد المشبكية، و لا يمكنها الإنتقال في الإتجاه المعاكس.

4- انتقال السيالة العصبية على مستوى المشبك:

س- كيف تنتقل السيالة العصبية على مستوى المشبك؟

تجربة 1: الوثيقة 8 ص 19

تحليل النتائج:
المرحلة 1: عند تنبيه المحور المحرّك نلاحظ:
- ظهور كمون عمل في المحور المحرّك، دليل على تنبيهه.
- ظهور كمون عمل متأخر على مستوى الليف العضلي، دليل على انتقال السيالة العصبية من المحور المحرك إلى الليف العضلي عبر المشبك العصبي- العضلي (اللوحة المحرّكة)، و تأخرها عند انتقالها عبر المشبك (تأخر مشبكي).

المرحلة 2: عند وضع قطرة من محتوى الحويصلات المشبكية في الفراغ المشبكي نلاحظ:
- عدم ظهور كمون عمل في المحور المحرّك، دليل على عدم تنبيهه.
- ظهور كمون عمل في الليف العضلي، دليل على تنبيهه بواسطة المادة المستخلصة من الحويصلات المشبكية.
إذن، عند تواجد هذه المادة في الفراغ المشبكي فإنها تستطيع تنبيه الخلية بعد المشبكية فقط.
تنبيه: تدعى هذه المادة المستخلصة من الحويصلات المشبكية بـ "الأستيل- كولين". Acétylcholine

المرحلة 3: عند وضع قطرة من الأستيل- كولين **على** الليف العضلي المعالج بمادة الإزرين Esérine (مادة تمنع تفكيك الأستيل- كولين)، نلاحظ:
- عدم ظهور كمون عمل في المحور المحرّك، دليل على عدم تنبيهه.
- ظهور سلسلة من كمونات العمل في الليف العضلي، دليل على دوام التنبيه، بسبب عدم تفكيك الأستيل- كولين (عدم تعطيله).

المرحلة 4: عند حقن قطرة من الأستيل- كولين **داخل** الليف العضلي نلاحظ:
- عدم ظهور كمون عمل في المحور المحرّك، دليل على عدم تنبيهه.
- عدم ظهور كمون عمل في الليف العضلي ، دليل على عدم تنبيهه، فالأستيل كولين لا يؤثر على السطح الداخلي للغشاء بعد المشبكي (بل يؤثر على سطحه الخارجي فقط).

استنتاج عام:

على مستوى المشبك، يتم انتقال السيالة العصبية بمساعدة مادة كيميائية (الأستيل- كولين مثلا) تدعى " الوسيط الكيميائي العصبي ".

يتمّ إفراز هذه المادّة من طرف النهاية العصبية (الزر المشبكي) للعصبون قبل المشبكي عند وصول السيالة العصبية إليها.

تؤثر هذه المادة على السطح الخارجي للغشاء بعد المشبكي فقط (لأنه يحمل مستقبلات غشائية نوعية للوسيط الكيميائي العصبي)، فتولّد فيه كمون عمل.

لتجنّب دوام التنبيه، يجب تفكيك الوسيط الكيميائي العصبي (تعطيله) بعد انتهاء دوره.

إذن، انتقال السيالة العصبية من الليف العصبي المحرّك إلى الليف العضلي يتمّ بمساعدة وسيط كيميائي عصبي يفرز في الشق المشبكي، لهذا يدعى هذا المشبك بـ "مشبك كيميائي".

تجربة 2: الوثيقة 9 ص 20

تحليل النتائج:

المرحلة 1: عند عدم تنبيه الليف العصبي قبل المشبكي

* نلاحظ على مستوى المشبك:
  - وجود حويصلات مشبكية عديدة في النهاية العصبية (العنصر قبل المشبكي).
  - الغشاء قبل المشبكي أملس.
  - الشق المشبكي ضيّق.

تدلّ هذه الملاحظات على عدم طرح الوسيط الكيميائي العصبي في الشق المشبكي.

* كما نسجّل كمون راحة في كلّ من الليف العصبي قبل المشبكي و العصبون بعد المشبكي، دليل على عدم تنبيههما.

استنتاج: المشبك في حالة راحة، أي لم يحدث نقل مشبكي.

المرحلة 2: عند تنبيه الليف العصبي قبل المشبكي بتنبيه فعّال ضعيف الشدة

* نلاحظ على مستوى المشبك:
  - تناقص ضئيل لعدد الحويصلات المشبكية.
  - ظهور بعض التعرجات في الغشاء قبل المشبكي.
  - اتساع نسبي للشق المشبكي.

تدلّ هذه الملاحظات على حدوث إفراز قليل لمحتوى الحويصلات المشبكية (الوسيط الكيميائي العصبي) في الشق المشبكي.

* كما نسجّل تواتر ضعيف لكمونات العمل في الغشاء قبل المشبكي، لأنّ شدة تنبيه الليف العصبي قبل المشبكي كانت ضعيفة نسبيا.

كما نسجّل كمون بعد مشبكي (PPS) ضعيف السعة في الغشاء بعد المشبكي.

استنتاج: يؤدّي تنبيه فعّال ضعيف الشدة للخلية قبل المشبكية إلى تولّد كمونات عمل ذات تواتر ضعيف، مما يؤدي إلى إفراز كميّة قليلة من الوسيط الكيميائي العصبي في الشق المشبكي، و هذا ما يؤدّي إلى ظهور كمون بعد مشبكي ضعيف السعة.

المرحلة 3: عند تنبيه الليف العصبي قبل المشبكي بتنبيه قوي الشدة

* نلاحظ على مستوى المشبك:
  - تناقص معتبر لعدد الحويصلات المشبكية.
  - ظهور العديد من التعرجات في الغشاء قبل المشبكي.
  - اتساع كبير للشق المشبكي.

تدلّ هذه الملاحظات على حدوث إفراز كبير للوسيط الكيميائي العصبي في الشق المشبكي.

* كما نسجّل تواتر كبير لكمونات العمل في الغشاء قبل المشبكي، لأنّ شدة تنبيه الليف العصبي قبل المشبكي كانت كبيرة.

كما نسجّل كمون بعد مشبكي (PPS) أكبر سعة في الغشاء بعد المشبكي.

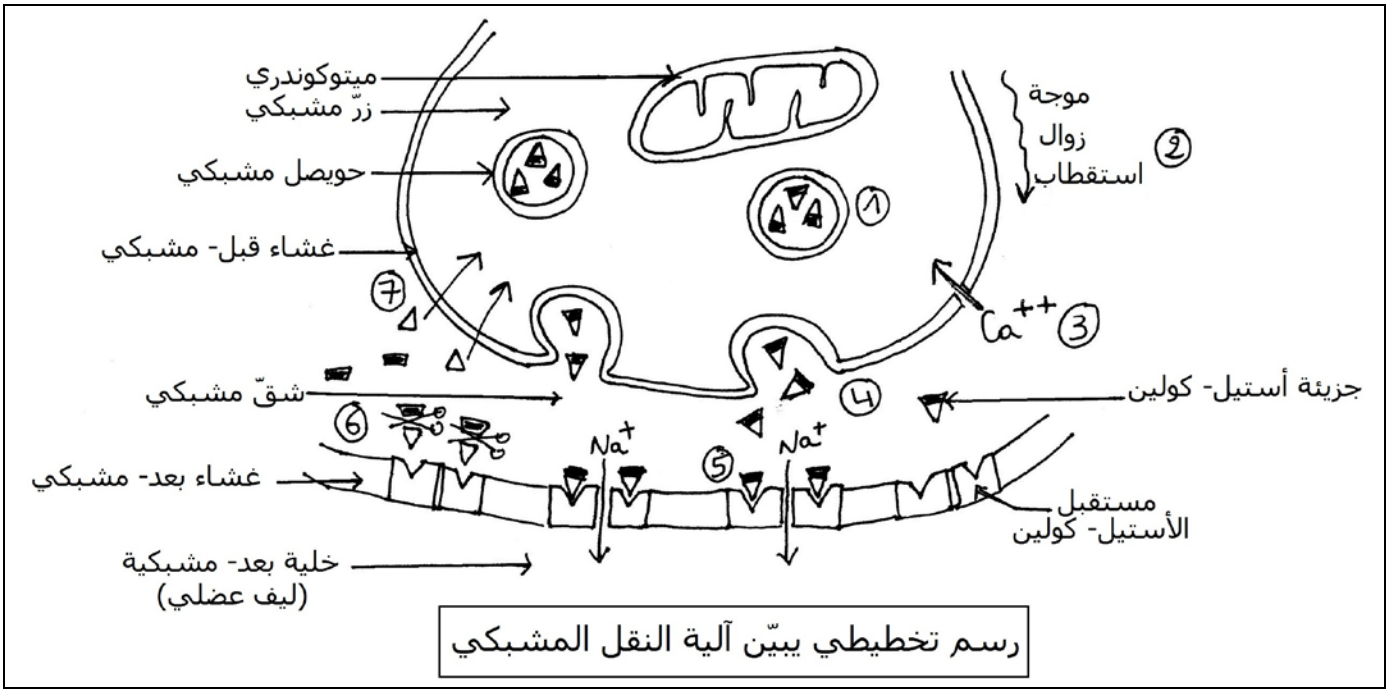
استنتاج: يؤدّي التنبيه الشديد للخلية قبل المشبكية إلى تولّد كمونات عمل ذات تواتر كبير، مما يؤدي إلى إفراز كميّة كبيرة من الوسيط الكيميائي العصبي في الشق المشبكي، و هذا ما يؤدّي إلى ظهور كمون بعد مشبكي كبير السعة.

استنتاج عام:

يوجد تناسب طردي بين تواتر كمونات العمل في العصبون قبل المشبكي و كمية الوسيط الكيميائي العصبي المفرزة في الشق المشبكي و سعة الكمون بعد المشبكي.
إذن، على مستوى المشبك، تتحوّل الرسالة العصبية المشفرة بتواترات كمونات العمل في العصبون قبل المشبكي، إلى رسالة مشفرة بتركيز الوسيط الكيميائي العصبي المفرز في الشق المشبكي.

خلاصة: آلية النقل المشبكي (أنظر الرسم)

آلية النقل المشبكي



رسم تخطيطي يبيّن آلية النقل المشبكي

(1)- تركيب الوسيط الكيميائي العصبي و تجميعه في حويصلات مشبكية.

(2)- وصول موجة زوال استقطاب (كمون عمل) إلى الغشاء قبل- المشبكي.

(3)- دخول شوارد Ca^{++} إلى الزر المشبكي.

(4)- تحرير الوسيط الكيميائي العصبي (الأستيل- كولين مثلا) في الشق المشبكي.

(5)- تثبيت الوسيط الكيميائي العصبي على مستقبلاته النوعية الموجودة في الغشاء بعد- المشبكي، فتنفتح قنوات خاصة تسمح بدخول شوارد Na^{+} إلى الخلية بعد- المشبكية، فيحدث زوال استقطاب للغشاء بعد- المشبكي.

(6)- تعطيل الوسيط الكيميائي العصبي بإماهته بواسطة أنزيم نوعي.

(7)- إعادة امتصاص نواتج الإماهة (الكولين في هذا المثال) من طرف الزر المشبكي.

5- المراقبة المنسقة للعضلات المتضادة: الوثيقة 10 ص 21

تجربة: نمدّد عضلة الفخذ (العضلة الباسطة للساق) بدرجات مختلفة (منعكس رضفي)، ثمّ نقوم بتسجيل نشاط العصبونات المحرّكة التي تتحكّم في تقلص العضلات القابضة و الباسطة للساق.

تفسير النتائج:

- عند إحداث تنبيه (تمديد) ضعيف جدّا أو ضعيف (أي شدة التنبيه أقلّ من عتبة التنبيه)، نسجّل كمون راحة في كلّ من **أ1** و **ب1**، دليل على أنّ التنبيه غير فعّال، لا يولّد كمون عمل في العصبونات الحسّية، و بالتالي لا يحدث نقل مشبكي نحو العصبونات المحرّكة **أ** و **ب**، فلا نسجل فيها كمون عمل.
- عند إحداث تنبيه (تمديد) قوي أو قوي جدّا (أي شدة التنبيه أكبر من عتبة التنبيه)، نسجّل كمون عمل في **أ1** بينما نسجل كمون راحة في **ب1**، دليل على أنّ التنبيه الفعال ولّد كمون عمل في العصبونات الحسية، ثمّ انتقلت السيالة العصبية من العصبون الحسّي إلى العصبون المحرّك **أ** (المتصل بالعضلة الباسطة)، بينما لم تتمكن السيالة العصبية من الإنتقال إلى العصبون المحرّك **ب** (المتصل بالعضلة القابضة)، و هذا بسبب وجود عصبون جامع.

إذن المشبك بين العصبون الحسّي و العصبون المحرّك **أ** هو **مشبك منبّه**، بينما المشبك الموجود بين العصبون الجامع و العصبون المحرّك **ب** هو **مشبك مثبّط** .

استنتاج:

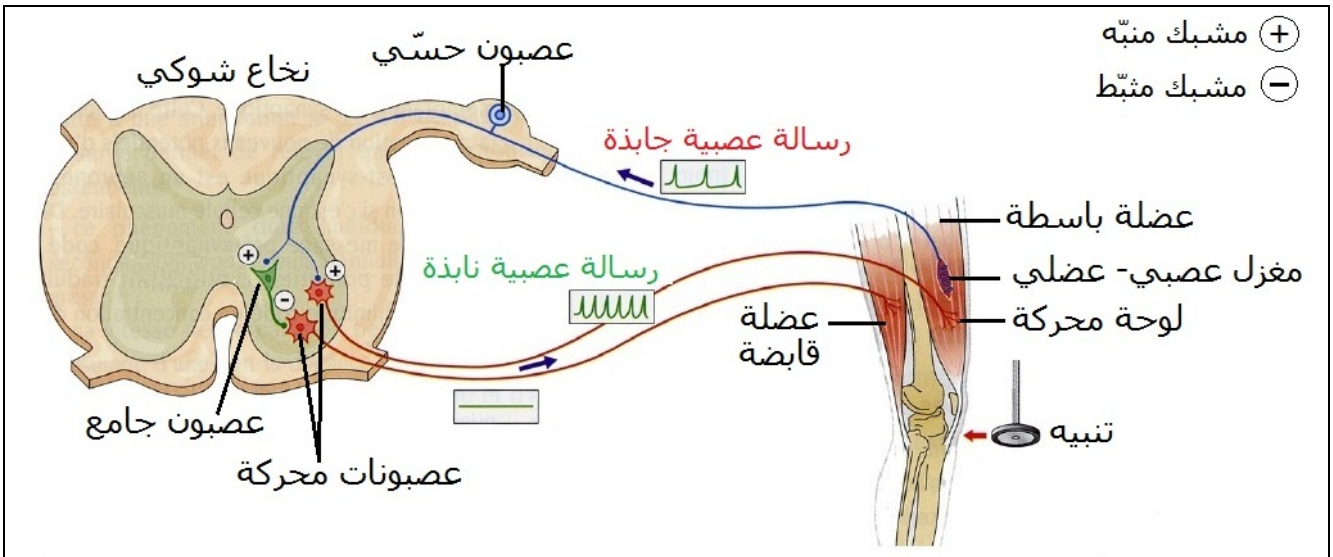
يؤدي تمديد العضلة الباسطة إلى تنبيه عصبونها المحرّك و تثبيط العصبون المحرّك للعضلة المضادة لها (العضلة القابضة).
نوع المشبك بين العصبون الحسّي و العصبون المحرّك للعضلة الباسطة هو "مشبك منبّه" بينما نوع المشبك بين العصبون الجامع و العصبون المحرّك للعضلة القابضة هو "مشبك مثبّط".
إذن دور العصبون الجامع هو التثبيط.

تنبيه 1:

- يكون المشبك **منبّها** إذا كان الوسيط الكيميائي العصبي المفرز في الشق المشبكي يحدث **زوال استقطاب** في الغشاء بعد المشبكي.
- يكون المشبك **مثبّطا** إذا كان الوسيط الكيميائي العصبي المفرز في الشق المشبكي يحدث **فرط استقطاب** في الغشاء بعد المشبكي.

تنبيه 2:

يسمح التعصيب المتبادل للعضلات بتنسيق عمل العضلات القابضة و الباسطة و بالمراقبة الدقيقة لوضعية الجسم.



رسم تخطيطي يبيّن السلاسل العصبونية المتدخلة في المنعكس الرضفي

النشاط 4: الإدماج العصبي

وضعية الإنطلاق: في المركز العصبي، يتصل بكل عصبون عدد كبير من العصبونات (عن طريق مشابك)، فيستقبل العصبون الواحد، في كل لحظة، عددا كبيرا من الرسائل العصبية المنبّهة و المثبّطة.

الإشكالية: كيف يمكن للعصبون أن يدمج رسائل عصبية متضادة؟ و ما هي أهمية هذا الإدماج في التنسيق بين عمل العضلات المتضادة؟

التقصي:

1 – تأثير المراكز العليا على العصبونات الحركية: الوثيقة 1 ص 22

الحالة 1: تم الحصول على منحنى كمون عمل أحادي الطور على مستوى العصبون المحرك، مما أدّى إلى حدوث منعكس عضلي.

الحالة 2: لم يتم الحصول على كمون عمل، دليل على حدوث تثبيط للعصبون المحرك للعضلة الباسطة (مصدره المراكز العصبية العليا). تم هذا التثبيط عن طريق عصبون جامع يراقب عمل العصبون المحرّك للعضلة الباسطة.

إذن تعرض العصبون المحرك إلى تنبيه بواسطة العصبون الحسي و تثبيط بواسطة العصبون الجامع، فنتج عن دمج هذه الرسائل العصبية المتضادة (التنبيه و التثبيط) انعدام المنعكس العضلي.

استنتاج:

تؤثر المراكز العصبية العليا على المنعكسات العضلية، و يمكن أن تثبطها (تجعلها بطيئة أو منعدمة).

2– إظهار الخصائص الإدماجية للعصبونات:

تحليل نتائج الوثيقة 3 ص 23:

أ- عند التنبيه المجدي للعصبون قبل المشبكي في $ت_1$:

نسجل كمون بعد مشبكي في (أ) (زوال إستقطاب الغشاء بعد المشبكي)، كما نسجل فرق كمون في القطعة الإبتدائية Segment initial (SI) للمحور الأسطواني، إلاّ أنه أقل سعة، دليل على تناقص سعة الكمون بعد المشبكي عند انتقاله من الغشاء بعد المشبكي إلى SI، نظرا لبعد المسافة بين المشبك و القطعة الإبتدائية SI.

ب- عند التنبيه المجدي للعصبون قبل المشبكي في $ت_2$:

نسجل كمون بعد مشبكي في (ب) (زوال إستقطاب الغشاء بعد المشبكي)، كما نسجل فرق كمون في SI، إلاّ أن سعته أصغر مما كانت عليه في المرحلة أ، و هذا رغم أن المسافة بين (أ) و SI تساوي المسافة بين (ب) و SI، و السبب هو كون قطر الزائدة الشجيرية في (ب) أصغر مما هو عليه في (أ).

ج- عند التنبيه المجدي للعصبون قبل المشبكي في $ت_3$:

نسجل كمون بعد مشبكي في (ج) (زوال إستقطاب الغشاء بعد المشبكي)، كما نسجل فرق كمون في SI ، إلاّ أنه أقل سعة، دليل على تناقص سعة الكمون بعد المشبكي عند انتقاله من الغشاء بعد المشبكي إلى SI رغم قرب المسافة بين المشبك و SI، و السبب هو القطر الصغير جدا للزائدة الشجيرية.

د- عند التنبيه المجدي للعصبون قبل المشبكي في $ت_4$:

نسجل كمون بعد مشبكي في (د) متمثل في فرط استقطاب (حدوث تجاوز طفيف لكمون الراحة)، كما نسجل فرط إستقطاب في SI، إلاّ أنه أقل سعة، دليل على تناقص سعة فرط الإستقطاب عند انتقاله من المشبك إلى SI (هنا، بسبب بعد المسافة و صغر قطر الزائدة الشجيرية معا).

استنتاج عام للمراحل أ، ب، ج، د:

- تتناقص سعة الكمون بعد المشبكي بتزايد المسافة بين المشبك و القطعة الإبتدائية SI للمحور الأسطواني (تناسب عكسي)، كما تتناقص سعة الكمون بعد المشبكي بتناقص قطر الزوائد الشجيرية (تناسب طردي).
- أدى التنبيه الناجع في المرحل أ، ب، ج، إلى تولد كمون بعد مشبكي و حدوث زوال استقطاب للغشاء بعد المشبكي، دليل على أن هذه المشابك منبّهة، تولد كمون بعد مشبكي منبّه PPSE (Potentiel post-synaptique excitateur).

أما التنبه الناجع في المرحلة د، فأدى إلى تولد كمون بعد مشبكي و حدوث فرط إستقطاب للغشاء بعد المشبكي، دليل على أن هذا المشبك مثبّط، يولد كمون بعد مشبكي مثبّط PPSI (Potentiel post-synaptique inhibiteur)

هـ- عند التنبيه المجدي في ت1، ت2 و ت4 (في نفس الوقت):
نسجل في SI فرق كمون سعته أقل من عتبة الكمون، دليل على أن حصيلة الكمونات التي وصلت إلى SI غير قادرة على توليد كمون عمل.

و- عند التنبيه المجدي في ت1، ت2 و ت3 أو إجراء 3 تنبيهات مجدية في نفس الوقت في ت1:
نتحصل في الحالتين على نفس النتيجة حيث نسجل كمون عمل في المحور الأسطواني، دليل على أن حصيلة الكمونات التي وصلت إلى SI قادرة على توليد كمون عمل.
- يدعى جمع الكمونات الناتجة عن التنبيه المجدي في ت1، ت2 و ت3 بالتجميع الفضائي (الفراغي) Sommation spatiale
- أمّا جمع الكمونات الناتجة عن 3 تنبيهات مجدية تمت في نفس الوقت في ت1، فيدعى بالتجميع الزمني (المؤقت) Sommation temporelle

استنتاج عام للمرحلتين هـ ، و:

يخضع العصبون بعد المشبكي، في آن واحد، لتأثير العديد من المشابك، البعض منها منبهة (تولد PPSE) و البعض الآخر مثبطة (تولد PPSI).
يعمل العصبون بعد المشبكي على دمج هذه الرسائل العصبية المتضادة التي تصل إليه، حيث يحدث على مستوى القطعة الإبتدائية SI جمع جبري Sommation algébrique لمختلف الكمونات التي تصل إليها، و تظهر حصيلته في المحور الأسطواني، إما بظهور كمون عمل (و حدوث زوال إستقطاب) و إما بعدم ظهور كمون عمل، فيبقى المحور الأسطواني في حالة راحة.

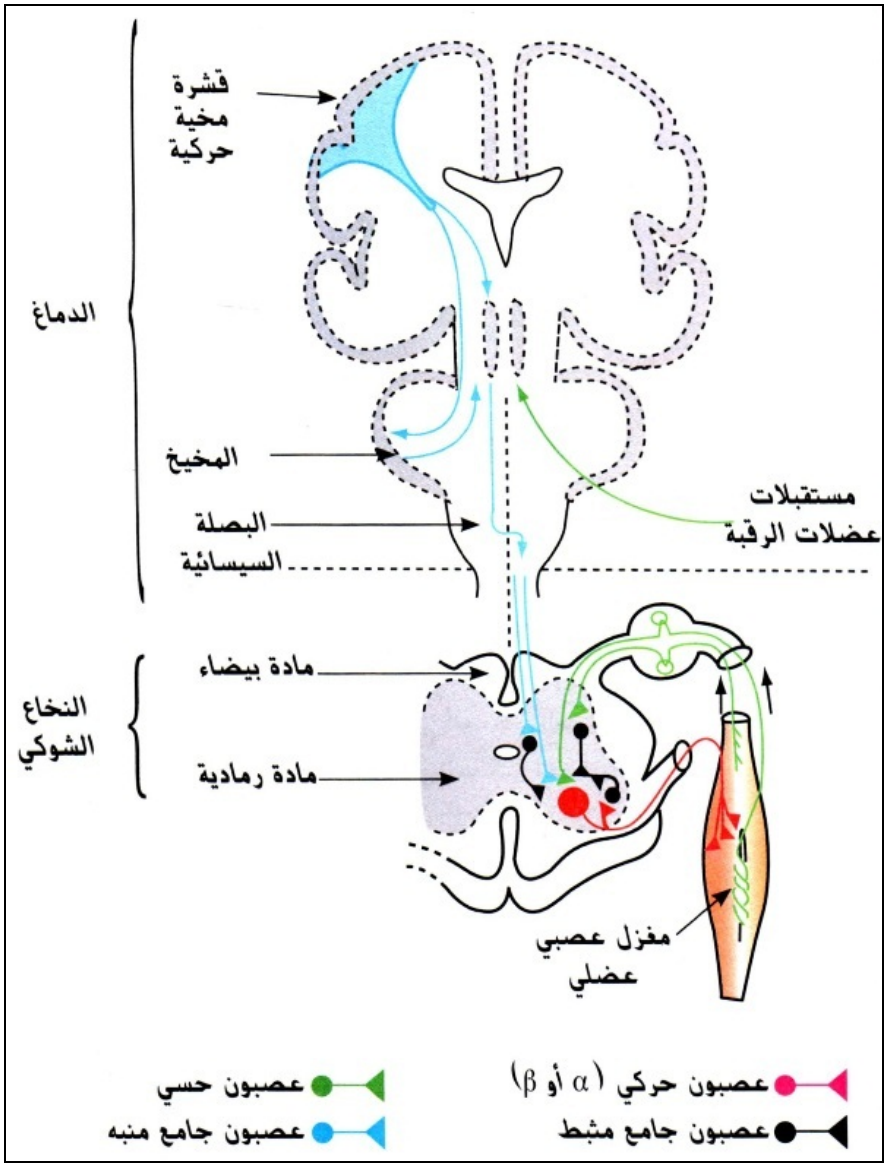
تنبيه:
الكمونات التي تنتقل على سطح الزوائد الشجيرية و الجسم الخلوي للعصبون المحرّك هي كمونات بعد مشبكية (PPSE و PPSI) ، فلا يظهر كمون العمل إلّا انطلاقا من القطعة الإبتدائية (SI) للمحور الأسطواني، حيث يتمّ التجميع الفضائي و التجميع الزمني لمختلف PPSE و PPSI .

حوصلة (رسم ص 29)

* يؤمّن النخاع الشوكي معالجة المعلومات المعقّدة بدمج الرسائل العصبية الآتية من الدماغ (تحكّم إرادي) و من مستقبلات حسية أخرى (المغازل العصبية-العضلية و الأجسام العصبية الوترية لغولجي) موجودة في العضلة.

تؤدّي معالجة هذه الرسائل العصبية من طرف النخاع الشوكي إلى تضخيم أو تثبيط المقوّية العضلية و المنعكسات العضلية.

* يدمج العصبون المحرّك باستمرار مجموعة من الكمونات بعد- المشبكية، سواء كانت مثبطة أو منبهة، فيرسل كمونات عمل إذا كان الناتج الإجمالي لزوال الإستقطاب كاف، امّا إذا كان الناتج دون عتبة زوال الإستقطاب (عتبة الكمون)، فلا يرسل كمونات عمل.



مع تحيات الأستاذة: ب. نورة

الوحدة 2: التنظيم الهرموني

وضعية الإنطلاق: بالإضافة إلى التنظيم العصبي، تتدخل آليات أخرى لتنظيم وظائف الجسم، منها التنظيم الهرموني، الذي يتدخل مثلا في تنظيم نسبة السكر في الدم و الحفاظ على ثباتها عند قيمة بيولوجية ملائمة.
الإشكالية: كيف يتم التنظيم الهرموني لنسبة السكر في الدم؟

النشاط 1: نسبة السكر في الدم (التحلون La glycémie)

وضعية الإنطلاق: في الحالة الطبيعية، تكون نسبة السكر في الدم ثابتة و ملائمة ، و أي خلل دائم في هذه النسبة يكون مؤشرا لحالة مرضية يجب معالجتها.
الإشكالية: ما هي القيمة العادية لنسبة السكر في الدم ؟ و ما هي التغيرات غير العادية التي يمكن أن تحدث لها؟
التقصي:

1- القيم العادية و غير العادية للتحلون:

من الوثيقتين 1 و 2 ص 34، يتبين أن القيم العادية للتحلون (عند شخص سليم) تتراوح ما بين 0,65-1,10 غ/ل.
تكون قيمة التحلون غير عادية إذا انخفضت عن 0,65 غ/ل (قصور سكري Hypoglycémie) أو زادت عن 1,10 غ/ل (إفراط سكري Hyperglycémie).

2- إظهار تنظيم التحلون عند شخص سليم:

تحليل الوثيقة 4 ص 35:
يبين المنحنى تغير قيمة التحلون بدلالة الزمن، قبل و بعد تناول وجبات غذائية في أوقات مختلفة.
- قبل فطور الصباح، كانت قيمة التحلون ثابتة و عادية (حوالي 1 غ/ل)، دليل على أنه تم الحفاظ على ثباتها عند قيمة عادية (عدم انخفاضها) في الليل، رغم عدم الشخص أي غذاء في فترة نومه.
- بعد تناول فطور الصباح، نلاحظ ارتفاع سريع لقيمة التحلون، حتى تصل إلى حوالي 1,5 غ/ل (حدوث إفراط سكري)، ثم تتناقص قيمة التحلون تدريجيا حتى تعود إلى قيمتها العادية.
- بعد تناول كل من الغداء و العشاء، ترتفع قيمة التحلون بسرعة حتى تبلغ حوالي 1,4 غ/ل، ثم تتناقص بعد ذلك تدريجيا، حتى تعود إلى قيمتها العادية.
- في الليل، تبقى قيمة التحلون ثابتة و عادية.

تحليل الوثيقة 5 ص 35:
يبين المنحنى تغير قيمة التحلون بدلالة الزمن، قبل و بعد تناول 75 غ من الغلوكوز، عند شخص سليم.
- قبل z_0: قبل تناول الغلوكوز، كانت قيمة التحلون ثابتة و عادية (0,9 غ/ل)
- من z_0 إلى 60 د: بعد تناول الغلوكوز، يحدث تزايد مباشر و سريع لقيمة التحلون (حدوث إفراط سكري)، حتى يبلغ التحلون قيمة أعظمية (1,5 غ/ل) عند ز = 60 د (أي بعد ساعة من تناول الغلوكوز).
- من 60 د إلى 180 د: يحدث تناقص تدريجي لقيمة التحلون حتى تعود إلى قيمتها الإبتدائية العادية (0,9 غ/ل) عند ز = 180 د.
- من 180 د إلى 300 د: في البداية، يستمر انخفاض قيمة التحلون قليلا، ثم ترتفع قيمة التحلون حتى تعود إلى قيمتها العادية (0,9 غ/ل) عند ز = 300 د.

استنتاج عام:

تقدّر القيمة العادية للتحلون عند شخص سليم بحوالي 1 غ/ل. لكن يمكن أن تتغير قيمة التحلون (قد ترتفع نتيجة تناول أغذية بها سكريات، و قد تنخفض نتيجة الصيام و استعمال خلايا العضوية للغلوكوز لإنتاج الطاقة)، إلا أنه سرعان ما يتم تعديلها، لتعود إلى قيمتها العادية.

النشاط 2: الداء السكري التجريبي (الإفراط السكري)

وضعية الإنطلاق: بينت الدراسات أن للبنكرياس (المعثكلة) دور في تنظيم التحلون.

الإشكالية: ما هو دور البنكرياس و كيف يؤثر في تنظيم التحلون؟

التقصي:

دراسة تأثير استئصال و زرع البنكرياس على العضوية:

أ – تأثير استئصال البنكرياس: الوثيقة 2 ص 36

يؤدي الإستئصال الكلي للبنكرياس عند كلب إلى ظهور:

* اضطرابات هضمية خطيرة (نظرا لغياب العصارة البنكرياسية).
* أعراض الداء السكري Diabète ، و منها:

ـ ارتفاع نسبة السكر في الدم من 1 غ/ل إلى 3,5 - 5 غ/ل.

- تبول غزير (3 إلى 5 أضعاف الكمية العادية)
- ظهور بول سكري Glycosurie (يظهر السكر في البول لما تفوق نسبة السكر في الدم 1,8 غ/ل.
- بعد عدة أيام، يصاب الحيوان بهزال الجسم (نتيجة استهلاكه لدسم و بروتينات جسمه).
- في الأخير، يصاب الحيوان بغيبوبة ثم يموت.

ب – تجربة زرع البنكرياس: الوثيقة 3 ص 37

تحليل النتائج:

يبين المنحنى تغير قيمة التحلون بدلالة الزمن، في غياب و في وجود البنكرياس.

- قبل زرع البنكرياس: كانت قيمة التحلون عند الكلب مستأصل البنكرياس مرتفعة (ما بين 3– 4 غ/ل) أي وجود إفراط سكري، دليل على أنه مصاب بالداء السكري.
- بعد زرع البنكرياس: بعد وصل البنكرياس بالدورة الدموية للكلب، نلاحظ انخفاض قيمة التحلون حتى تعود إلى قيمتها العادية (حوالي 1 غ/ل)، فتثبت عندها.
- بعد نزع البنكرياس: نلاحظ ارتفاع قيمة التحلون من جديد، حتى تعود إلى قيمتها الإبتدائية المرتفعة (حوالي 3 غ/ل).

استنتاج:

يعمل البنكرياس على **خفض** نسبة السكر في الدم، و هو يؤثر **عن طريق الدم** (بطريقة **خلطية**).

ج – تأثير المستخلصات البنكرياسية: الوثيقة 4 ص 37

تحليل النتائج:

المرحلة 2: إيقاف نشاط الأنزيمات الهاضمة للبروتين، و حقن المستخلص البنكرياسي في الدم.

يمكن اعتبار هذه المرحلة كمرحلة شاهدة (توفرت فيها الشروط اللازمة لتعديل التحلون).

تمّ تعديل التحلون بفضل مواد كيميائية موجودة في المستخلص البنكرياسي المحقون في الدم.

المرحلة 1: رغم حقن المستخلص البنكرياسي في الدم، لم يحدث تعديل للتحلون.
بالمقارنة مع المرحلة 2 (الشاهدة)، يمكن أن ينسب ذلك إلى عدم إيقاف نشاط الأنزيمات الهاضمة للبروتين الموجودة في المستخلص البنكرياسي، دليل على أن المواد المعدلة للتحلون (الموجودة في المستخلص البنكرياسي) لها طبيعة بروتينية.

المرحلة3: رغم إيقاف نشاط الأنزيمات الهاضمة للبروتين، لم يحدث تعديل للتحلون.
بالمقارنة مع المرحلة 2 (الشاهدة)، يمكن أن ينسب ذلك إلى تناول المستخلص عن طريق الفم عوضا عن حقنه في الدم، دليل على أن المواد المعدلة للتحلون لا تؤثر إلاّ في حالة وجودها في الدم.

استنتاج عام:

يتم تعديل التحلون بفضل مواد كيميائية ذات طبيعة بروتينية، يفرزها البنكرياس في الدم (إفراز داخلي)، فهي تعمل بطريقة خلطية.

تنبيه: في الحقيقة، المواد المعدلة للتحلون التي يفرزها البنكرياس ليست بروتينات، بل متعددات ببتيد.

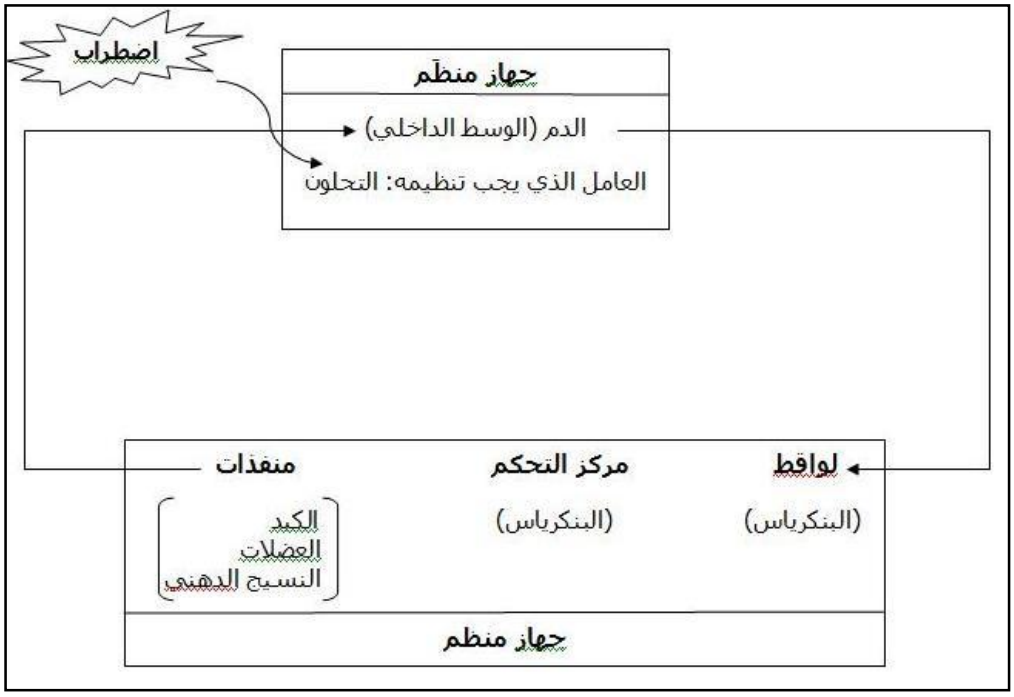
النشاط 3: جهاز التنظيم الخلطي

وضعية الإنطلاق: في العضوية، يتم مراقبة التحلون باستمرار للحفاظ على ثبات قيمته المرجعية (حوالي 1 غ/ل، أو 5,6 ملي مول/ل)، و يتم ذلك بتدخل آليات التنظيم الذاتي.

الإشكالية: ما هي مكونات جهاز التنظيم الذاتي للتحلون؟

التقصي:

مكونات جهاز التنظيم الذاتي للتحلون:



مخطط يبيّن مكوّنات جهاز التنظيم الذاتي للتحلون

يتكوّن جهاز التنظيم الذاتي للتحلون من:

* جهاز منظَم (Système réglé):

يتمثل في هذه الحالة في نسبة السكر في الدم، التي يجب الحفاظ عليها عند قيمة مرجعية (1غ/ل)، إذ يمكن لهذه الأخيرة أن تتغير بعد وجبة غذائية، أو بعد فترة صوم.

* جهاز منظِم (Système réglant):

يعمل على تنظيم الجهاز المنظَم. يتكون الجهاز منظِم من:

- لواقط: حساسة لتغيرات العامل المدروس (التحلون) مقارنة مع القيمة المرجعية، فتخبر مركز التحكم بالإضطرابات التي تحدث (انخفاض أو ارتفاع قيمة التحلون).

- مركز تحكّم: يرسل هرمونات (عن طريق الدم الذي يمكن اعتباره جهاز اتصال) إلى المنفذات.

- منفذ أو منفذات: و هي الأعضاء التي تغير من نشاطها استجابة للرسالة الهرمونية التي وصلتها، فتؤثر على العامل المدروس و تنظّمه لغرض التصدّي للإضطراب الذي حدث.

خلاصة:

يتطلب التنظيم الذاتي للتحلون تدخل جهاز التنظيم، الذي يتكون من جهاز منظَم يثير عمل جهاز منظِم الذي يتصدّى للإضطرابات.

النشاط 4: هرمون القصور السكري

وضعية الإنطلاق: مباشرة بعد تناول وجبة غذائية غنية بالسكريات ترتفع نسبة السكر في الدم، لكن سرعان ما تنخفض و تعود إلى قيمتها المرجعية بتدخل هرمون تفرزه غدة البنكرياس.

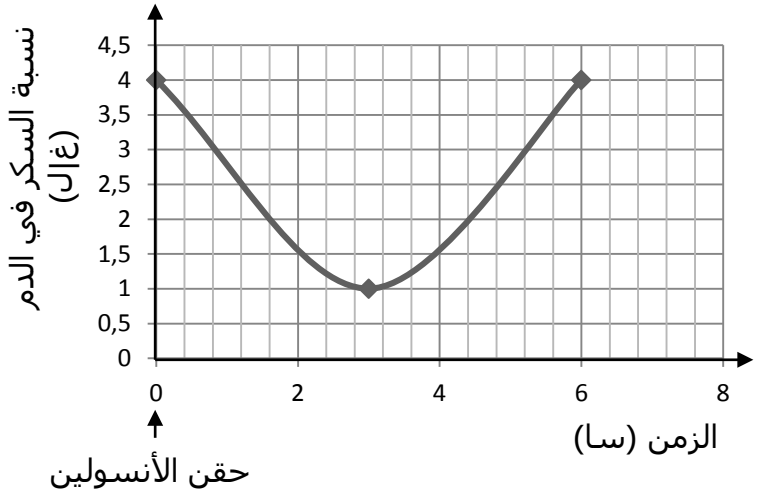
الإشكالية: ما هو هذا الهرمون و ما هو بالضبط مقر تركيبه؟

التقصي:

1 – التعرف على هرمون القصور السكري:

تجربة: نحقن في وريد كلب مستأصل البنكرياس (مصاب بالداء السكري التجريبي) كمية من الأنسولين، ثم نقيس (على فترات منتظمة) نسبة السكر في دمه.

النتائج: هي مبينة في المنحنى التالي:



تحليل المنحنى:
يبين المنحنى تغير نسبة السكر في الدم بدلالة الزمن، بعد حقن الأنسولين لكلب مستأصل البنكرياس.
- عند بداية التجربة (z_0): كانت نسبة السكر في دم الكلب مرتفعة (4 غ/ل)، أي وجود إفراط سكري.
- من z_0 إلى ز = 3 سا: بعد حقن الأنسولين، نلاحظ تناقص نسبة السكر في الدم بمرور الزمن، حتى تبلغ قيمة عادية (1 غ/ل) عند ز = 3 سا، دليل على أن الأنسولين قام بتخفيض نسبة السكر في الدم.
- من ز = 3 سا إلى ز = 6 سا: نلاحظ تزايد نسبة السكر في الدم بمرور الزمن، حتى تعود إلى قيمتها الإبتدائية المرتفعة (4 غ/ل) عند ز = 6 سا، دليل على توقف تأثير الأنسولين المحقون.

استنتاج:

- يعمل الأنسولين على تخفيض نسبة السكر في الدم، فهو **هرمون القصور السكري**.
- للأنسولين **تأثير مؤقت**.

2- مقر تركيب الأنسولين:

أ – ملاحظة مقطع في نسيج البنكرياس: الوثائق 2، 3، 4 ص 39 و 40
يبين الفحص المجهري لمقطع نسيجي ملون و مثبت في البنكرياس وجود نسيج ضام (غني بالأوعية الدموية) و نمطين من المجاميع الخلوية:

1 – غدد عنقودية: (عنابات) Acini
تتكون من خلايا كبيرة. لهذه الغدد قنوات مفرزة تصب في القناة البنكرياسية، التي تصب بدورها في العفج (القسم الأول من المعي الدقيق).

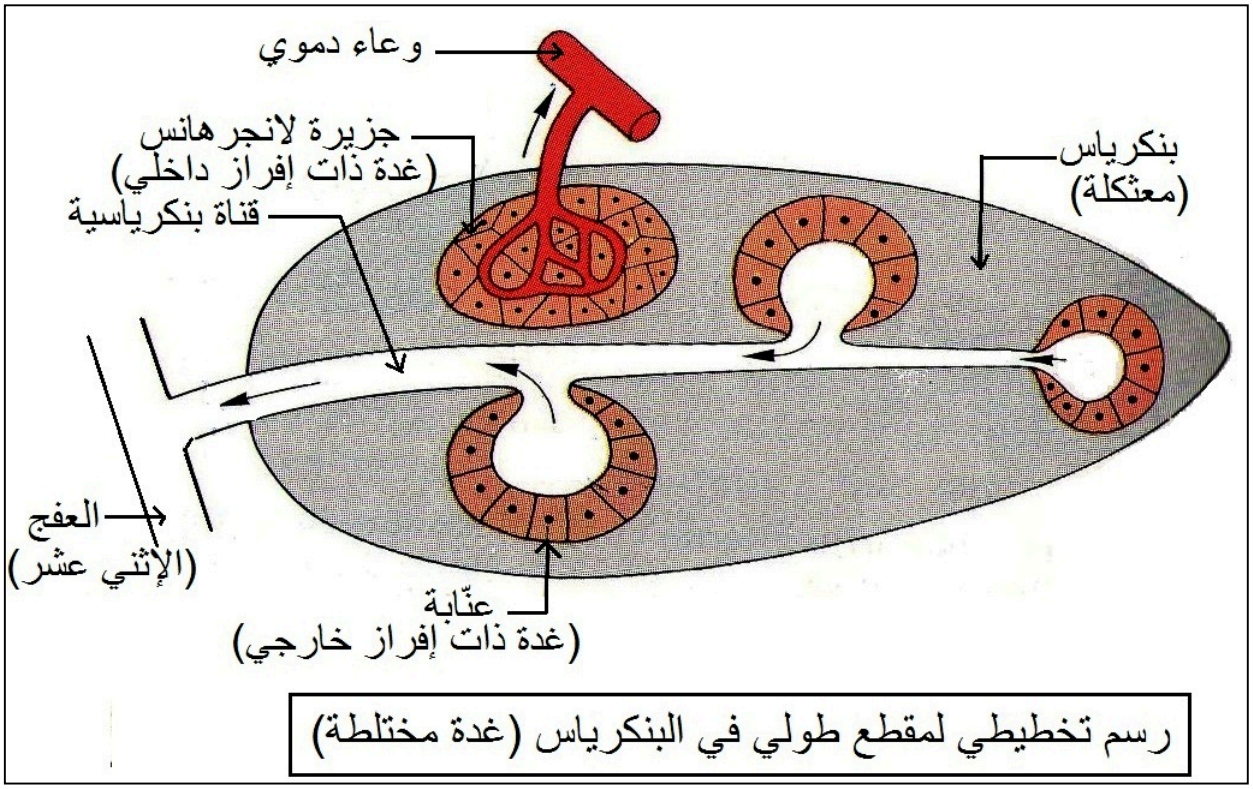
2 – جزر لانجرهانس: Ilots de Langerhans
تشكل فقط 2 % من كتلة البنكرياس. تتكون هذه الجزر أساسا من نوعين من الخلايا:
- الخلايا α (ألفا): (20 %). موجودة على المحيط.
- الخلايا β (بيتا): (75 %). موجودة في المركز.
ليس لجزر لانجرهانس قنوات، لكن تتصل بشعيرات دموية، حيث تطرح فيها إفرازاتها.

تنبيه: تحتوي جزر لانجرهانس أيضا على خلايا دلتا (نسبتها 5 %، منتشرة بين الخلايا α و الخلايا β) تفرز هرمون Somatostatine الذي من أدواره تثبيط إفراز الأنسولين و الغلوكاغون.

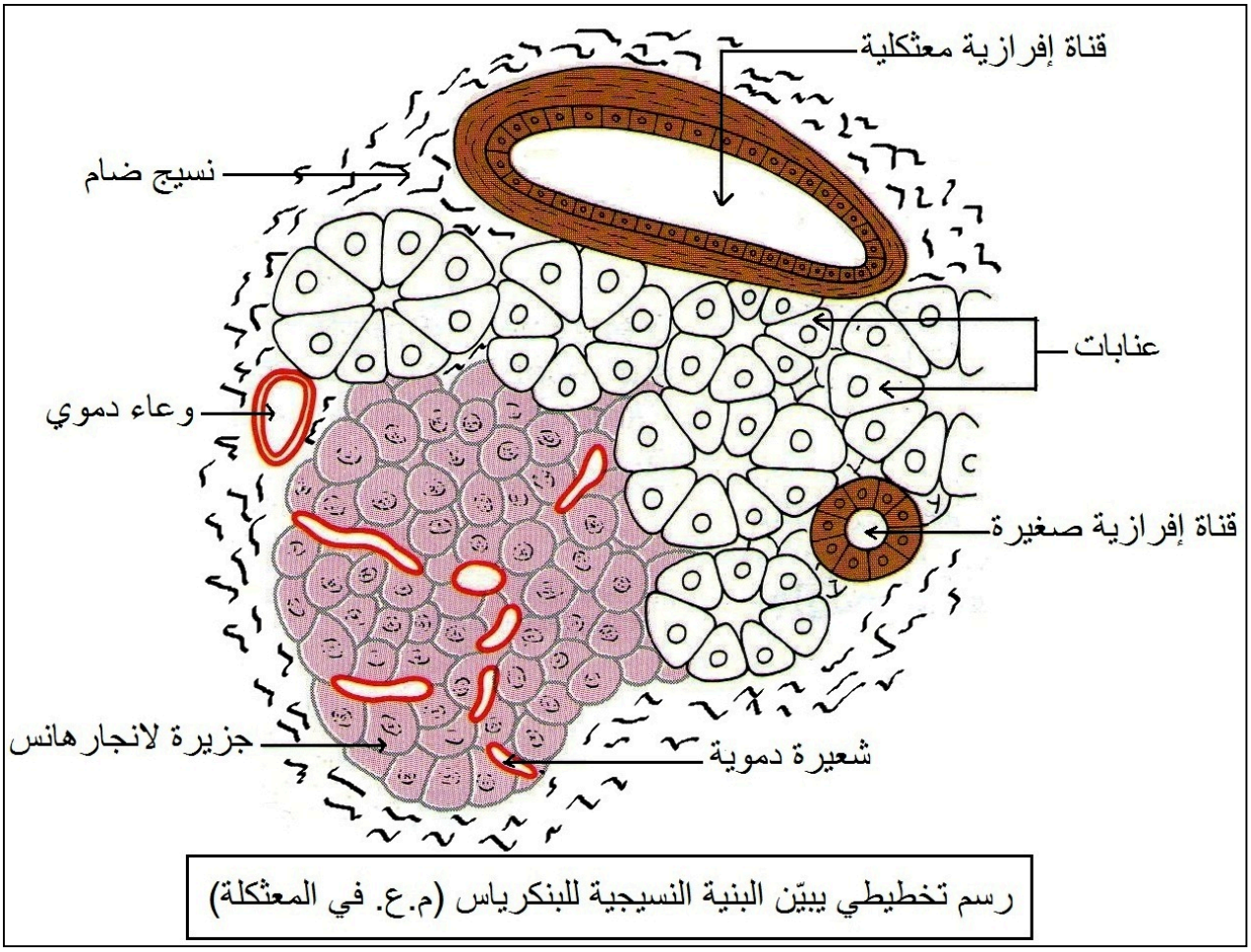
استنتاج:

الغدد العنقودية هي غدد ذات إفراز خارجي Glandes exocrines، بينما جزر لانجرهانس هي غدد ذات إفراز داخلي (غدد صماء) Glandes endocrines . إذن، البنكرياس غدة مختلطة Glande mixte.

بنية البنكرياس (المعثكلة)



رسم تخطيطي لمقطع طولي في البنكرياس (غدة مختلطة)



رسم تخطيطي يبيّن البنية النسيجية للبنكرياس (م.ع. في المعثكلة)

ب – تحديد مقر إنتاج الأنسولين:

تجربة 1: نربط القناة البنكرياسية لفأر.

النتائج: بعد عدة أيام نلاحظ:

- إصابة الحيوان باضطرابات هضمية، لكنه لا يصاب بالداء السكري، فتبقى نسبة السكر في دمه عادية (حوالي 1 غ/ل).
- عند الفحص المجهري لمقطع نسيجي في بنكرياس الفأر، نلاحظ إستحالة (اضمحلال) الغدد العنقودية، بينما تبقى جزر لانجرهانس سليمة.

التفسير:

- إستحالة الغدد العنقودية راجع إلى عدم قدرتها على صبّ عصارتها في العفج. و يتسبب عدم وصول العصارة البنكرياسية إلى المعي، في ظهور اضطرابات هضمية.
- عدم إستحالة جزر لانجرهانس دليل على أنها بقيت وظيفية. كما يدل عدم إصابة الحيوان بالداء السكري و عدم ارتفاع نسبة السكر في دمه، على توفر الأنسولين و قيام هذا الأخير بدوره.

استنتاج: جزر لانجرهانس هي المسؤولة عن تركيب و إفراز الأنسولين.

تجربة 2: عام 1942 م، قام العالم Dunn و مساعديه بحقن مادة الألوكسان Alloxane (المشتقة من الحمض البولي) في دم أرنب سليم.

النتائج:

أصيب الحيوان بالداء السكري فارتفعت نسبة السكر في دمه. و عند الفحص المجهري لمقطع في بنكرياسه، لوحظ تخريب الخلايا β في جزر لانجرهانس.

إذن، تخريب الخلايا β بالألوكسان هو الذي أدى إلى ارتفاع نسبة السكر في دم الحيوان و إصابته بالداء السكري.

استنتاج: الخلايا β هي المسؤولة عن تركيب و إفراز الأنسولين.

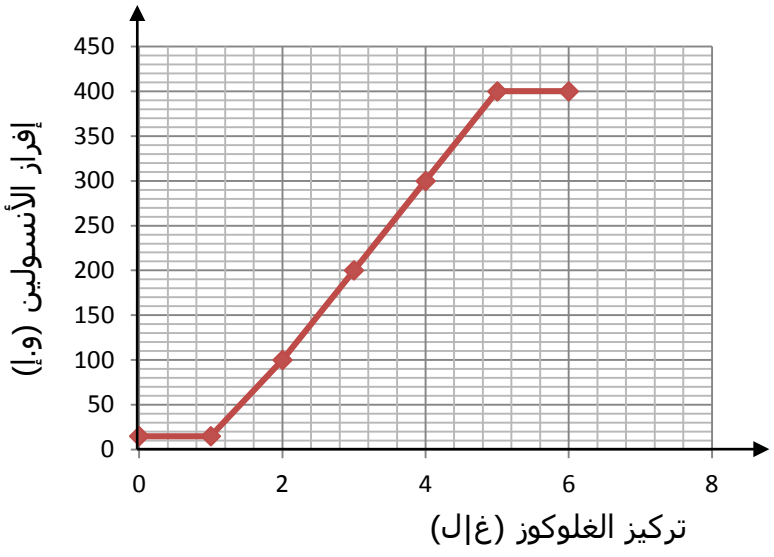
خلاصة:

يتم تركيب و إفراز الأنسولين من طرف : الخلايا β المجودة في جزر لانجرهانس، في البنكرياس.

3– تغيرات إفراز الأنسولين بتغير تركيز الغلوكوز:

تجربة: تمّ معايرة إفراز الأنسولين من طرف جزر لانجرهانس معزولة لفأر، بوجود تراكيز متزايدة للغلوكوز.

النتائج: مبينة في المنحنى التالي:



تحليل المنحنى:
يبين المنحنى تغير إفراز الأنسولين بدلالة تركيز الغلوكوز.
من (0 – 1) غ/ل: رغم تزايد تركيز الغلوكوز، يبقى إفراز الأنسولين شبه منعدما، لأن تركيز الغلوكوز ≥ القيمة العادية الموجودة في الجسم.
من (1– 5) غ/ل: كلما زاد تركيز الغلوكوز، زاد إفراز الأنسولين (تناسب طردي)، حتى يبلغ إفراز الأنسولين قيمة أعظمية (400 و.إ) عند تركيز الغلوكوز 5 غ/ل.
من (5– 6) غ/ل: رغم تزايد تركيز الغلوكوز، يبقى إفراز الأنسولين ثابتا و أعظميا (400 و.إ).

استنتاج: يتأثر إفراز الأنسولين بتغيرات تركيز الغلوكوز، حيث أن الإفراط السكري ينبه الخلايا β في جزر لانجرهانس و يحفزها على إفراز الأنسولين.

خلاصة:

تتنبه الخلايا β بالإفراط السكري، فتستجيب بإفراز الأنسولين. إذن، تعتبر الخلايا β **لواقط** حساسة للتحلون، و في نفس الوقت هي **منفذات** تفرز الأنسولين.

النشاط 5: عمل الأنسولين

وضعية الإنطلاق: يتم الحفاظ على ثبات التحلون عند قيمة عادية (1غ/ل) بفضل آليات تنظيم تتدخل فيها أعضاء منفذة متنوعة، هي أعضاء مستهدفة من طرف الأنسولين.

الإشكالية: - ما هي الأعضاء المستهدفة من طرف الأنسولين و ما هو دورها؟
- ما هو تأثير الأنسولين على الخلايا التي يستهدفها؟

التقصي:

1- إظهار الأعضاء المستهدفة (منفذات جهاز تنظيم التحلون):
أ – معايرة كمية الغلوكوز في الدم الوارد إلى الكبد و في الدم الصادر عنه، بعد تناول وجبة غذائية غنية بالسكريات: الوثيقة 1 ص 41

عام 1855 م، قام العالم كلود بيرنار بمعايرة نسبة السكر في دم الوريد البابي الكبدي (الدم الوارد إلى الكبد)، و في دم الأوردة فوق الكبدية (الدم الصادر عن الكبد) لحيوان، بعد وجبة غذائية غنية بالسكريات.

النتائج:
نسبة السكر في دم الوريد البابي الكبدي: 2,5 غ/ل
نسبة السكر في دم الأوردة فوق الكبدية: 1 غ/ل

تحليل النتائج:
نلاحظ أن قيمة التحلون مرتفعة في الوريد البابي الكبدي، بينما هي عادية في الأوردة فوق الكبدية، دليل على أن الكبد قام بامتصاص الفائض من السكر (الغلوكوز) و تخزينه.

استنتاج:

يلعب الكبد دورا في تنظيم قيمة التحلون بامتصاصه الفائض من الغلوكوز الموجود في الدم و تخزينه.

ب – الطبيعة الكيميائية للمدخرات في الكبد: الوثيقتان 2 و 3 ص 41
- يبين الفحص بالمجهر الضوئي، لمقطع في الكبد ملوّن بالماء اليودي، احتواء الخلايا الكبدية على عدد كبير من الحبيبات الملونة بالبني المحمر، هي حبيبات الغليكوجين (سكر معقد، متعدد الغلوكوز)

- يبين الفحص بالمجهر الإلكتروني لمقطع في خلية كبدية، وجود نقاط سوداء مبعثرة في الهيولى، هي حبيبات الغليكوجين. كما نلاحظ بعض القطيرات الليبيدية (مكونة من ثلاثيات الغليسريد).

استنتاج:

يخزن الكبد أساسا الغليكوجين (سكر معقد، متعدد الغلوكوز).

ج – أعضاء إدخارية أخرى: ص 42
عند تناول غلوكوز مشع (غلوكوز ذو ^{14}C)، نلاحظ ظهور الإشعاع بنسبة كبيرة في الكبد، و بنسب أقل و متفاوتة في العضلات و النسيج الدهني و السائل بين الخلايا، دليل على أن الغلوكوز يخزّن أساسا في الكبد، و بدرجة أقل في العضلات و النسيج الدهني.

خلاصة:

يتم تخزين الفائض من الغلوكوز الدموي على مستوى 3 أعضاء: الكبد، العضلات و النسيج الدهني. على مستوى الكبد و العضلات، يتم تخزين الغلوكوز على شكل سكر معقد هو الغليكوجين. أما على مستوى النسيج الدهني، فيتم تخزين الغلوكوز على شكل ثلاثيات الغليسريد (الخلايا الدهنية قادرة على تحويل الغلوكوز إلى دسم).

تنبيه: الأنسولين هو الذي يحفّز هذه الأعضاء على امتصاص الفائض من الغلوكوز الدموي و تخزينه، فتعتبر **أعضاء مستهدفة** من طرف الأنسولين. تعمل هذه الأعضاء، تحت تأثير الأنسولين، على التصدي للإفراط السكري.

2 – تأثير الأنسولين على الخلايا المستهدفة:

يتطلب دخول الغلوكوز إلى الخلايا، تدخل نواقل غشائية نوعية من طبيعة بروتينية.

تجربة 1: الوثيقة 7 ص 43
نأخذ خلايا دهنية (خلايا مستهدفة من طرف الأنسولين)، و نقوم بوسم نواقل الغلوكوز الموجودة فيها بمادة مشعة. نضع إحدى هذه الخلايا الدهنية في وسط ملائم لا يحتوي على أنسولين، بينما نضع خلية دهنية أخرى في وسط ملائم به أنسولين.

الملاحظة:
- الخلية الدهنية الموضوعة في وسط خال من الأنسولين:
نلاحظ ظهور الإشعاع في السيتوبلازم حول النواة، دليل على تواجد نواقل الغلوكوز قرب النواة.

- الخلية الدهنية الموضوعة في وسط يحتوي على الأنسولين:
نلاحظ تناقص الإشعاع حول النواة و ظهوره بكمية أكبر قرب الغشاء السيتوبلازمي، دليل على هجرة نواقل الغلوكوز من السيتوبلازم المحيط بالنواة نحو الغشاء السيتوبلازمي.

استنتاج:

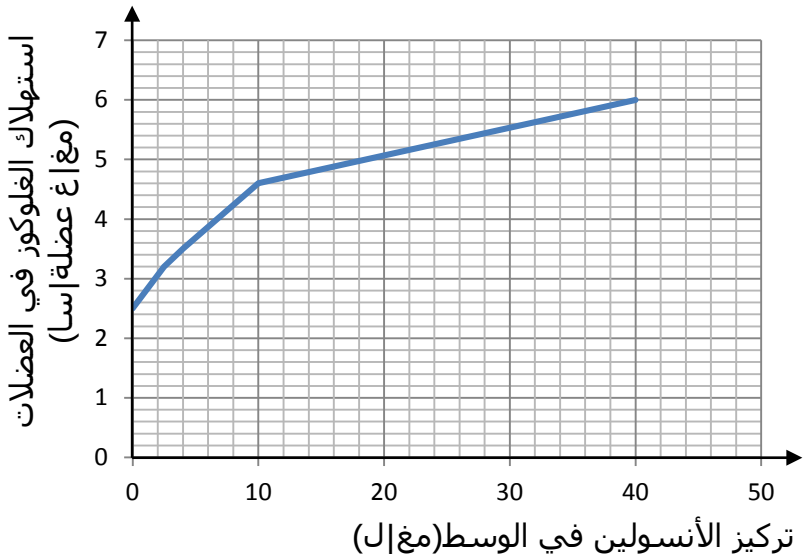
يعمل الأنسولين على تغيير موقع نواقل الغلوكوز، حيث يحفّز اقترابها من الغشاء السيتوبلازمي و اندماجها فيه لتتمكن من إدخال الغلوكوز إلى الخلية.

تنبيه: في غياب الأنسولين، تكون نسبة نواقل الغلوكوز المرتبطة بالغشاء السيتوبلازمي ضعيفة جدا (حوالي 1 %).

تجربة 2: الوثيقة 8 ص 43

يبين جدول الوثيقة 8 كميات الغلوكوز المستهلكة على مستوى جزء من نسيج عضلي تمّ حضنه في أوساط ذات تراكيز متزايدة من الأنسولين.

رسم المنحنى:



منحنى يبيّن تغيرات استهلاك الغلوكوز من طرف العضلات بدلالة تركيز الغلوكوز في الوسط

تحليل منحنى يبيّن تغيرات استهلاك الغلوكوز من طرف العضلات بدلالة تركيز الغلوكوز في الوسط:

- في غياب الأنسولين:

كان استهلاك الغلوكوز في العضلة ضعيفا، عند أدنى قيمة له (2,5 مغ/غ عضلة/سا).

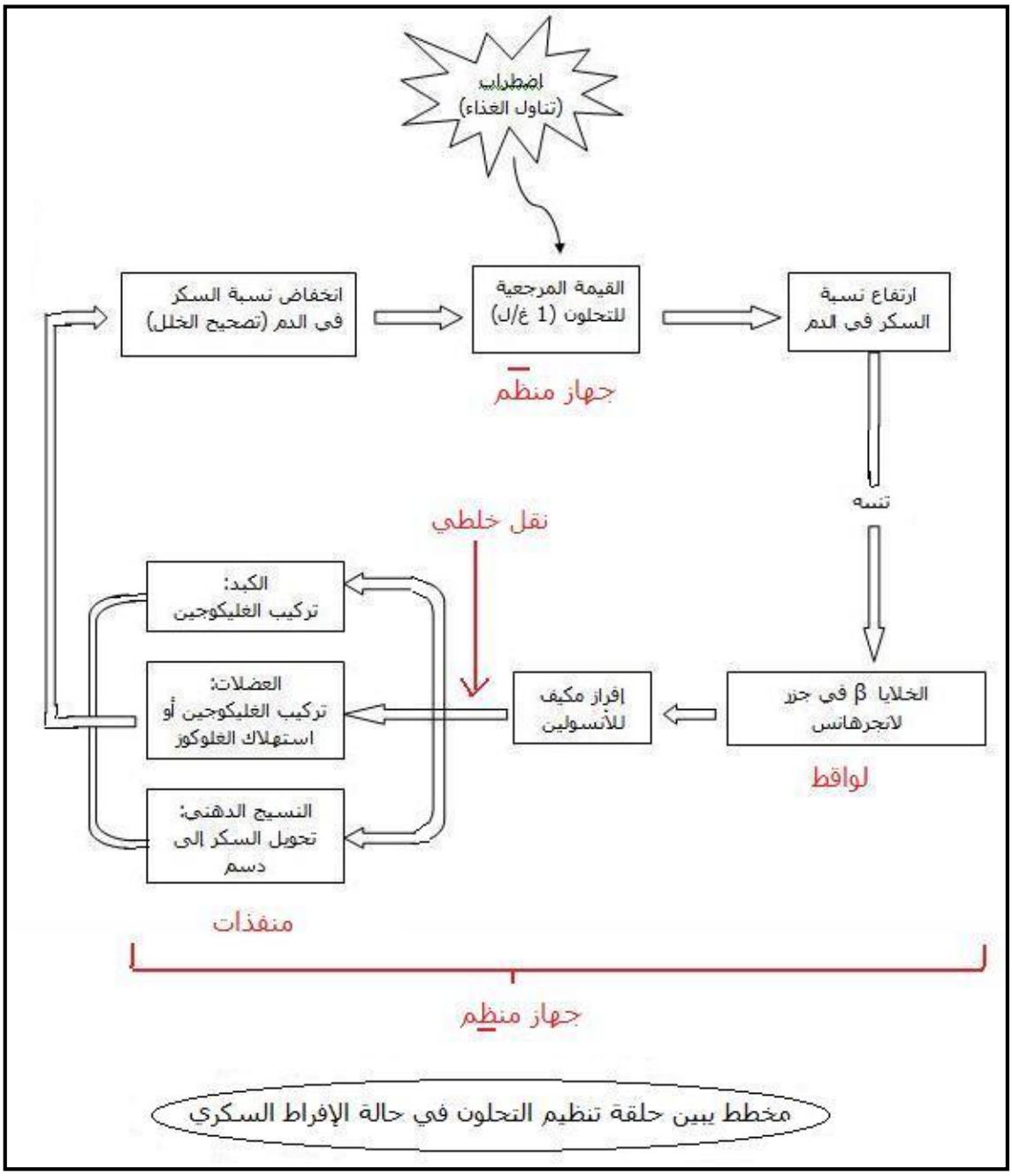
- في وجود الأنسولين:

نلاحظ أنه كلما زاد تركيز الأنسولين في الوسط، زاد استهلاك الغلوكوز في العضلة (تناسب طردي).

استنتاج:

ينشط الأنسولين **دخول الغلوكوز** إلى العضلة و **استهلاكه** فيها.

<u>خلاصة</u>: مخطط لحلقة تنظيم التحلون في حالة الإفراط السكري



***** يؤدي إرتفاع نسبة السكر في الدم (بعد تناول وجبة غذائية مثلا) إلى تنبيه الخلايا β في جزر لانجرهانس، فتستجيب بإفراز الأنسولين بكمية مناسبة لدرجة الإفراط السكري. فالرسالة الهرمونية مشفّرة بتركيز الهرمون المفرز في الدم.

* ينقل هرمون الأنسولين عن طريق الدم (نقل خلطي) حتى يصل إلى المنفذات المتمثلة في الخلايا المستهدفة من طرفه (الخلايا التي تحمل مستقبلات غشائية نوعية للأنسولين، ألا و هي الخلايا الكبدية، الخلايا العضلية و الخلايا الدهنية)، فيؤثر عليها و يغيّر من نشاطها، حيث:
- ينشّط الأنسولين دخول الغلوكوز إلى الخلايا الكبدية، كما ينشط بلمرته (تكثيفه) على شكل غليكوجين، ليخزّن فيها.

$$n\ C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{أنزيم}} (\ C_6H_{10}O_5\ )_n + (n-1)\ H_2O$$

غلوكوز — غليكوجين — ماء

معادلة تركيب الغليكوجين

- ينشط الأنسولين دخول الغلوكوز إلى الخلايا العضلية، و ينشط: إما استهلاكه أي أكسدته (في حالة التقلص العضلي)، و إما تخزينه على شكل غليكوجين (في حالة الراحة).
- ينشط الأنسولين دخول الغلوكوز إلى الخلايا الدهنية، و تحويله إلى دسم (ثلاثيات الغليسريد) تخزّن في هذه الخلايا.

* تعمل هذه الآليات على التصدي للإفراط السكري، حيث تخفّض نسبة السكر في الدم حتى تصبح عادية (1 غ/ل).

و هكذا، **يؤثر الجهاز المنظِم على الجهاز المنظَم** بالتصدّي للإضطراب، و ذلك بتخزين الغلوكوز الفائض في الخلايا المنفذة، و تدعى هذه العملية بـ**المراقبة الرجعية السالبة**.

النشاط 6: الجهاز المنظم للقصور السكري

وضعية الإنطلاق: رأينا أن عند الإفراط السكري، تفرز الخلايا β في جزر لانجرهانس هرمون الأنسولين الذي يعمل على تخفيض نسبة السكر في الدم حتى تعود إلى قيمتها العادية.

الإشكالية: ماذا يحدث في حالة القصور السكري؟

التقصي:

1 – تحليل نتائج معايرة نسبة السكر في الدم عند شخص صائم:

تحليل الوثيقة 1 ص 44:

تبين هذه الوثيقة تغير قيمة التحلون بدلالة الزمن عند شخص صائم.
نلاحظ بقاء قيمة التحلون قريبة من القيمة المرجعية، سواء بعد ساعات من تناول الطعام أو بعد أيام من الصيام، دليل على وجود آلية تعمل على تنظيم نسبة السكر في الدم و الحفاظ على قيمتها المرجعية.

2 – العناصر المتدخلة في تنظيم نسبة السكر في الدم:

تجربة: تمّ عزل بنكرياس حيوان ثديي و حضنه في محاليل الغلوكوز متزايدة التركيز، و تمّ قياس كمية الأنسولين Insuline و الغلوكاغون Glucagon المفرزة من طرف الخلايا البنكرياسية في كل محلول.

النتائج: هي موضحة في الوثيقة 2 ص 44

تحليل النتائج:

تبين الوثيقة 2 تغيرات إفراز الأنسولين و الغلوكاغون بدلالة تركيز الغلوكوز في الوسط .
- عند انعدام تركيز الغلوكوز (0 غ/ل): يكون إفراز الأنسولين منعدما (0 نانوغرام/20 د)، بينما يكون إفراز الغلوكاغون أعظميا (20 نانوغرام/20 د).

- من (0 – 0,7) غ/ل: (تركيز الغلوكوز أقل من القيمة المرجعية)
رغم تزايد تركيز الغلوكوز، يبقى إفراز الأنسولين منعدما، بينما يتناقص إفراز الغلوكاغون بتزايد تركيز الغلوكوز في الوسط (تناسب عكسي).

- من (0,7 – 3) غ/ل: (تركيز الغلوكوز أكبر من القيمة المرجعية)
نلاحظ:
* استمرار تناقص إفراز الغلوكاغون بتزايد تركيز الغلوكوز في الوسط (تناسب عكسي)، حتى ينعدم إفرازه عند تركيز الغلوكوز 3 غ/ل.
* تزايد معتبر لإفراز الأنسولين بتزايد تركيز الغلوكوز في الوسط (تناسب طردي).

- من (3– 5) غ/ل:
يبقى إفراز الغلوكاغون منعدما، بينما يحدث تزايد طفيف لإفراز الأنسولين بتزايد تركيز الغلوكوز في الوسط .

استنتاج:

إنّ إفراز كل من الأنسولين و الغلوكاغون مرتبط بتركيز الغلوكوز في الوسط، حيث يؤدي ارتفاع نسبة السكر في الوسط إلى زيادة إفراز الأنسولين و تناقص إفراز الغلوكاغون.

3 – مقر إنتاج الغلوكاغون:

*** تجربة:** نحقن حيوان سليم البنكرياس بمادة "دي إيثيل ثيوكاربامات" Diethyl-Thiocarbamate التي تخرّب الخلايا α في جزر لانجرهانس.

الملاحظة: نلاحظ انخفاض غير عادي لنسبة السكر في دم الحيوان (أي حدوث قصور سكري).

التفسير: يعود هذا القصور السكري إلى غياب الغلوكاغون نتيجة تخريب الخلايا α في جزر لانجرهانس.

استنتاج:

الخلايا α في جزر لانجرهانس هي المسؤولة عن رفع نسبة السكر في الدم، و ذلك بإفرازها لهرمون الغلوكاغون.

* الملاحظة المجهرية لخلايا جزر لانجرهانس موسومة بأجسام مضادة مشعة:

تجربة: وضعت جزيرة لانجرهانس في وسط يحتوي على أجسام مضادة موسومة بأصبغة مشعة، ترسل إشعاعات ذات ألوان مختلفة، حيث تمّ استعمال:
- أجسام مضادة للأنسولين، موسومة بصباغ يرسل إشعاعات خضراء
- أجسام مضادة للغلوكاغون، موسومة بصباغ يرسل إشعاعات حمراء

الملاحظة: أنظر الوثيقة 3 ص 45
- نلاحظ ظهور إشعاع أخضر في مركز جزيرة لانجرهانس، دليل على وجود الأنسولين الذي تنتجه الخلايا β .
- كما نلاحظ ظهور إشعاع أحمر في محيط جزيرة لانجرهانس، دليل على وجود الغلوكاغون الذي تنتجه الخلايا α .
- كما نلاحظ أيضا أنّ كمية الإشعاع الأخضر أكبر من كمية الإشعاع الأحمر و هو منتشر في جزء أكبر من جزيرة لانجرهانس، لأن عدد الخلايا β أكبر من عدد الخلايا α .

استنتاج:

مقر تركيب الغلوكاغون هو الخلايا α .

خلاصة:

يعمل البنكرياس على رفع نسبة السكر في الدم بإفراز الخلايا α للغلوكاغون. فالغلوكاغون هو **هرمون الإفراط السكري**.

النشاط 7: عمل الغلوكاغون

وضعية الإنطلاق: رأينا أن في حالة القصور السكري، يفرز البنكرياس هرمون الغلوكاغون، الذي يعمل على رفع نسبة السكر في الدم حتى تعود إلى قيمتها العادية.

الإشكالية: ما هي آلية عمل الغلوكاغون؟ و ما هي الأعضاء التي يستهدفها؟

التقصي:

1 – معايرة نسبة السكر في دم الوريد البابي الكبدي و في دم الأوردة فوق الكبدية، بعد فترة صيام قصيرة: الوثيقة 1 ص 46

التحليل:
نلاحظ أن قيمة التحلون في الأوردة فوق الكبدية (أي في الدم الخارج من الكبد) أكبر مما هي عليه في الوريد البابي الكبدي (أي في الدم الداخل إلى الكبد)، دليل على أن الكبد حرّر غلوكوز في الدم.

استنتاج:

عند الصيام، يقوم الكبد بتحرير الغلوكوز في الدم (لرفع قيمة التحلون).

2 – إظهار تأثير تغيير تركيز الغلوكوز على إفراز الغلوكاغون:

تجربة: نحقن بنكرياس معزول لكلب بسائل فيزيولوجي نغيّر فيه تركيز الغلوكوز، و نقيس إفراز الغلوكاغون بوجود هذه التراكيز المختلفة للغلوكوز. النتائج مبينة في الوثيقة 2 ص 46 .

التحليل:
تبيّن الوثيقة 2 تغير إفراز الغلوكاغون بدلالة الزمن، بوجود تراكيز مختلفة للغلوكوز في السائل الفيزيولوجي.
نلاحظ أن ارتفاع تركيز الغلوكوز يؤدي إلى انخفاض إفراز الغلوكاغون، بينما يؤدي انخفاض تركيز الغلوكوز إلى ارتفاع إفراز الغلوكاغون (تناسب عكسي).

استنتاج:

يتأثر نشاط الخلايا α المفرزة للغلوكاغون، بتغيرات تركيز الغلوكوز في الوسط، فهي تعتبر في نفس الوقت لواقط حساسة لتغيرات التحلون، و منفذات تفرز الغلوكاغون (إستجابة مكيّفة).

3 – تجربة الكبد المغسول: ص 47

تجربة: نأخذ قطعة من كبد طازج، و نغسلها جيدا بالماء لإزالة أثر الدم، ثم نقطعها إلى مكعبات صغيرة (ضلعها حوالي 2 سم).

المرحلة الأولى: نضع مكعبات الكبد في بيشر به ماء مقطر، و نحرّك الإناء قليلا، ثمّ نغمر فيه شريط الكشف عن الغلوكوز Bandelette Glucotest، فنلاحظ ظهور لون يدل على وجود كمية متوسطة من الغلوكوز في ماء الإناء.

س – ما هو مصدر هذا الغلوكوز؟

الفرضيات: خرج هذا الغلوكوز من الكبد، و قد يكون هذا الغلوكوز هو:

1- الغلوكوز الذي دخل إلى الكبد قبل التجربة و لم يكتّف بعد إلى غليكوجين

2- غلوكوز ناتج عن إماهة الغليكوجين المخزّن في الكبد.

المرحلة الثانية: نضع مكعبات الكبد في مصفاة و نغسلها جيدا تحت الحنفية لمدة 5 دقائق، مع تحريكها من حين لآخر. بعد ذلك، نضع مكعبات الكبد في بيشر آخر به ماء مقطر و نغمر فيه شريط الكشف عن الغلوكوز، فنلاحظ ظهور لون يدل على غياب الغلوكوز في ماء الإناء.
إذن، أدّى الغسل إلى إزالة أيّ أثر للغلوكوز في مكعبات الكبد.

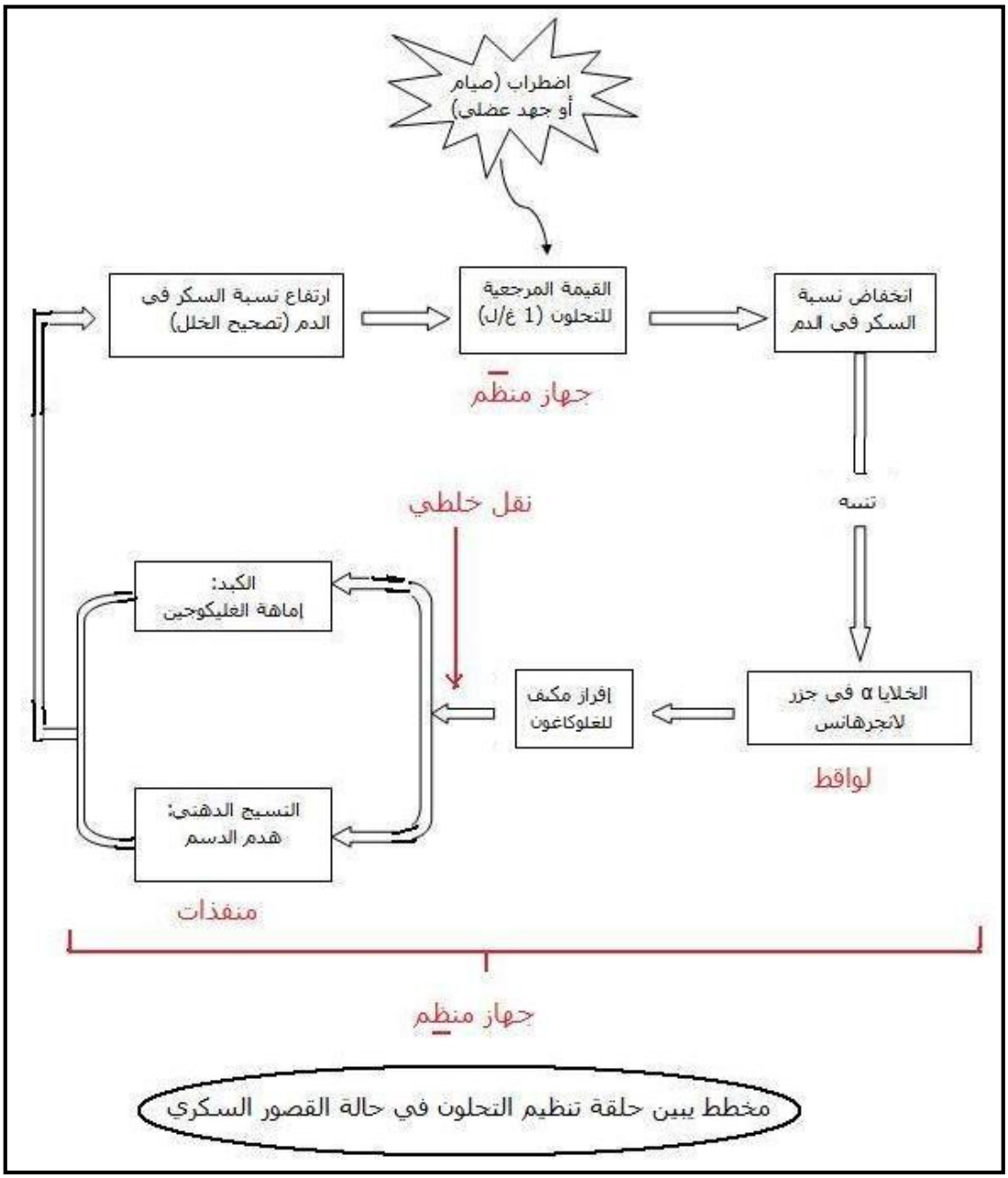
المرحلة الثالثة: نترك مكعبات الكبد في الماء المقطر لمدّة 20 إلى 30 دقيقة، ثمّ نحرّك الإناء قليلا و نغمر فيه شريط الكشف عن الغلوكوز، فنلاحظ ظهور لون يدل على وجود كمية كبيرة من الغلوكوز في ماء الإناء.
تدل هذه النتيجة على أنّ خلايا الكبد قامت بإماهة الغليكوجين المخزّن فيها، ثمّ حرّرت الغلوكوز، الناتج عن هذه الإماهة، في ماء الإناء.

استنتاج:

الكبد قادر على تحرير الغلوكوز، و هو غلوكوز ناتج عن إماهة الغليكوجين المخزّن فيه.

إذن، الفرضية الصحيحة هي الفرضية رقم 2.

<u>خلاصة</u>: مخطط لحلقة تنظيم التحلون في حالة القصور السكري



* يؤدي إنخفاض نسبة السكر في الدم (نتيجة الصيام أو بذل مجهود عضلي قوي و متواصل) إلى تنبيه الخلايا α في جزر لانجرهانس، فتستجيب بإفراز الغلوكاغون بكمية مناسبة لدرجة القصور السكري.
فالرسالة الهرمونية مشفّرة بتركيز الهرمون المفرز في الدم.

* ينقل هرمون الغلوكاغون عن طريق الدم (نقل خلطي) حتى يصل إلى المنفذات المتمثلة في الخلايا المستهدفة من طرفه (الخلايا التي تحمل مستقبلات غشائية نوعية للغلوكاغون، ألا و هي الخلايا الكبدية و الخلايا الدهنية)، فيؤثر عليها و يغيّر من نشاطها، حيث:
- ينشّط الغلوكاغون إماهة الغليكوجين إلى غلوكوز، في الخلايا الكبدية، فيطرح هذا الغلوكوز في الدم مما يؤدي إلى رفع نسبة السكر في الدم، حتى تصبح عادية (1 غ/ل).

$$(C_6H_{10}O_5)_n + (n-1)\ H_2O \xrightarrow{\text{أنزيم}} n\ C_6H_{12}O_6$$

غليكوجين ماء غلوكوز

معادلة إماهة الغليكوجين

- ينشط الغلوكاغون إماهة الدسم، في الخلايا الدهنية، إلى كحول عضوي (غليسرول) و أحماض دسمة تطرح في الدم، فتنتقل إلى الكبد حيث تحوّل إلى غلوكوز الذي يطرح بعد ذلك في الدم ليرفع قيمة التحلون حتى تصبح عادية .

* تعمل هذه الآليات على التصدي للقصور السكري، حيث ترفع نسبة السكر في الدم حتى تصبح عادية (1 غ/ل).

و هكذا، **يؤثر الجهاز المنظِم على الجهاز المنظَم** بالتصدّي للإضطراب، و ذلك بتحرير الخلايا الكبدية (الخلايا المنفذة) للغلوكوز في الدم ، و تدعى هذه العملية بـ**المراقبة الرجعية السالبة**.

تنبيه 1: الكبد هو العضو الوحيد الذي يستطيع إعادة الغلوكوز إلى الدم، فالخلايا العضلية لا تستطيع إعادة الغلوكوز الذي امتصته إلى الدم.

تنبيه 2: كمية الغليكوجين المخزنة في الكبد محدودة، رغم هذا يستطيع الكبد الإستمرار في طرح الغلوكوز في الدم حتى بعد انتهاء كل الغليكوجين الموجود فيه، حيث يستطيع الكبد (بآليات معقدة) إنتاج الغلوكوز إنطلاقا من مواد أخرى مثل الدسم و الأحماض الآمينية. و هكذا يمكن الحفاظ على ثبات التحلون عند القيمة المرجعية، رغم الصيام المطوّل.

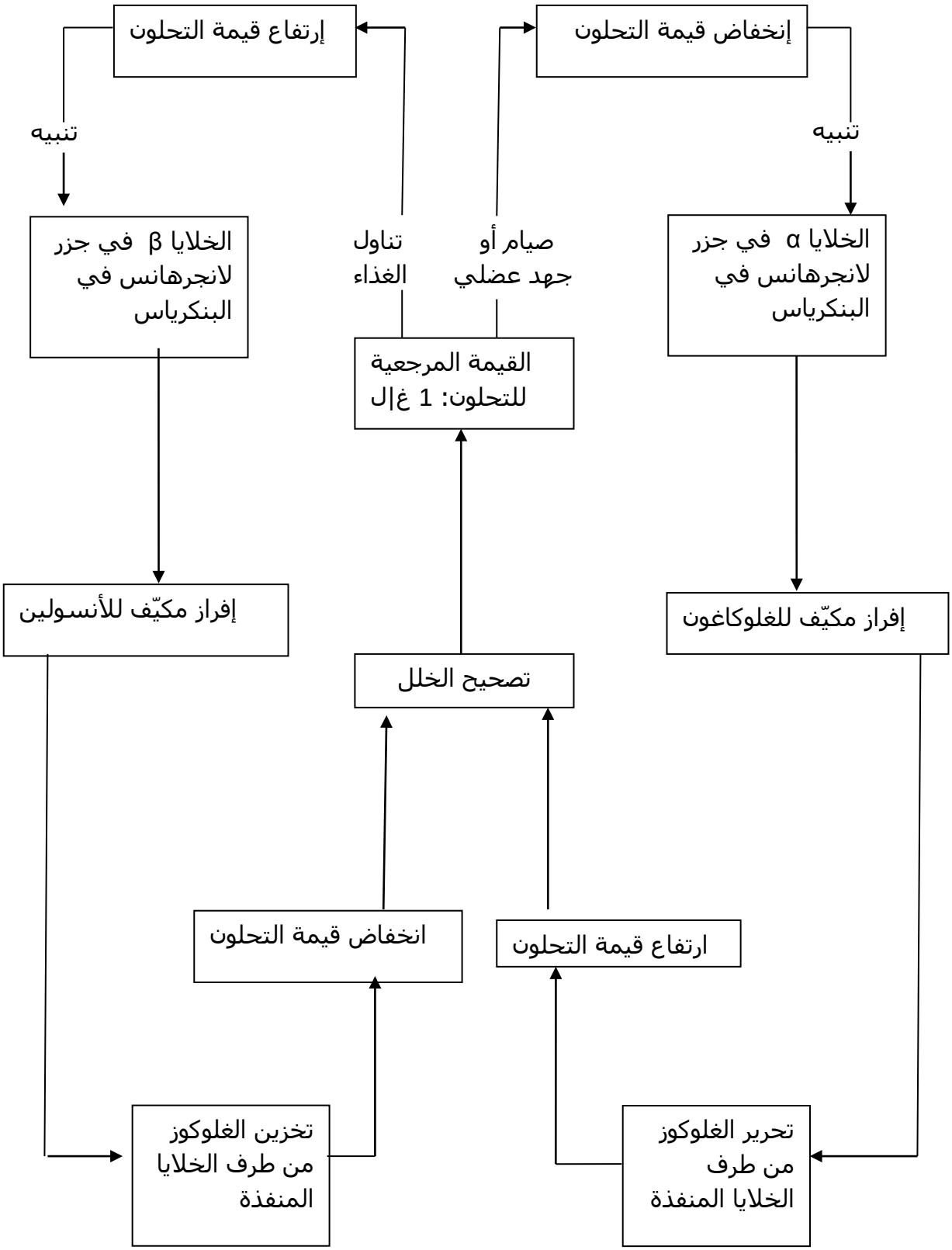
نموذج شامل لتنظيم نسبة السكر في الدم (حلقات التنظيم)

(أنظر الرسم في الصفحة التالية)

يؤمن كل من الأنسولين و الغلوكاغون الحفاظ على ثبات نسبة السكر في الدم عند قيمة مرجعية طبيعية (حوالي 1 غ/ل).

عند حدوث خلل (قصور سكري أو إفراط سكري) يتم الرجوع إلى القيمة المرجعية للتحلون بواسطة الأعضاء المنفذة التي تستجيب للرسائل الهرمونية التي تصل إليها عن طريق الدم.

تشفّر الرسالة الهرمونية بتركيز الهرمون المفرز في الدم.



{مخطط يبيّن حلقتي تنظيم التحلون}

ثانوية ..... المستوى: 2 ع ت الأستاذة: ب. نورة

الوحدة 3: التنسيق العصبي - الهرموني

وضعية الإنطلاق: يخضع عمل الأجهزة التناسلية لمراقبة الجهاز العصبي.
الإشكالية: كيف يراقب الجهاز العصبي الأجهزة التناسلية، و كيف ينظم عملها؟

النشاط 1: المراقبة تحت السريرية و النخامية للإفرازات المبيضية

وضعية الإنطلاق: يخضع عمل المبيضين لمراقبة المعقد تحت السريري – النخامي.
الإشكالية: ما هي العلاقة الوظيفية الموجودة بين تطور الجريبات و نشاط المعقد تحت السريري-النخامي؟

1 – إظهار العلاقة الوظيفية بين تطور الجريبات و نشاط المعقد تحت السريري– النخامي:

استغلال الوثيقة 1 ص58

- تتميز المرحلة الجريبية (المرحلة قبل الإباضة) بنضج جريب واحد من بين عدة جريبات، ويدعى بالجريب السائد.

- تتميز المرحلة اللوتئينية (المرحلة بعد الإباضة) بتشكل الجسم الأصفر، تطوره ثم ضموره.

- يتم إفراز البروجستيرون بعد الإباضة فقط، لأنه يفرز من طرف الجسم الأصفر الذي لا يكون موجودا إلا في المرحلة اللوتئينية.

- يقوم الجريب (في المرحلة الجريبية) بإفراز الأستروجينات، بينما يقوم الجسم الأصفر (في المرحلة اللوتئينية) بإفراز البروجستيرون و الأستروجينات.

- تتحكم المبايض في الدورة الرحمية بإفرازها للهرمونات المبيضية (الهرمونات الجنسية الأنثوية) حيث تسبب الأستروجينات زيادة سمك مخاطية (بطانة) الرحم في المرحلة الجريبية، كما تساهم بعد ذلك، مع البروجستيرون، في استمرار زيادة سمك مخاطية الرحم في المرحلة اللوتئينية.

2 – إظهار تواقت الإفرازات الهرمونية الأنثوية خلال الدورة الجنسية:

استغلال الوثيقة 2 ص 59

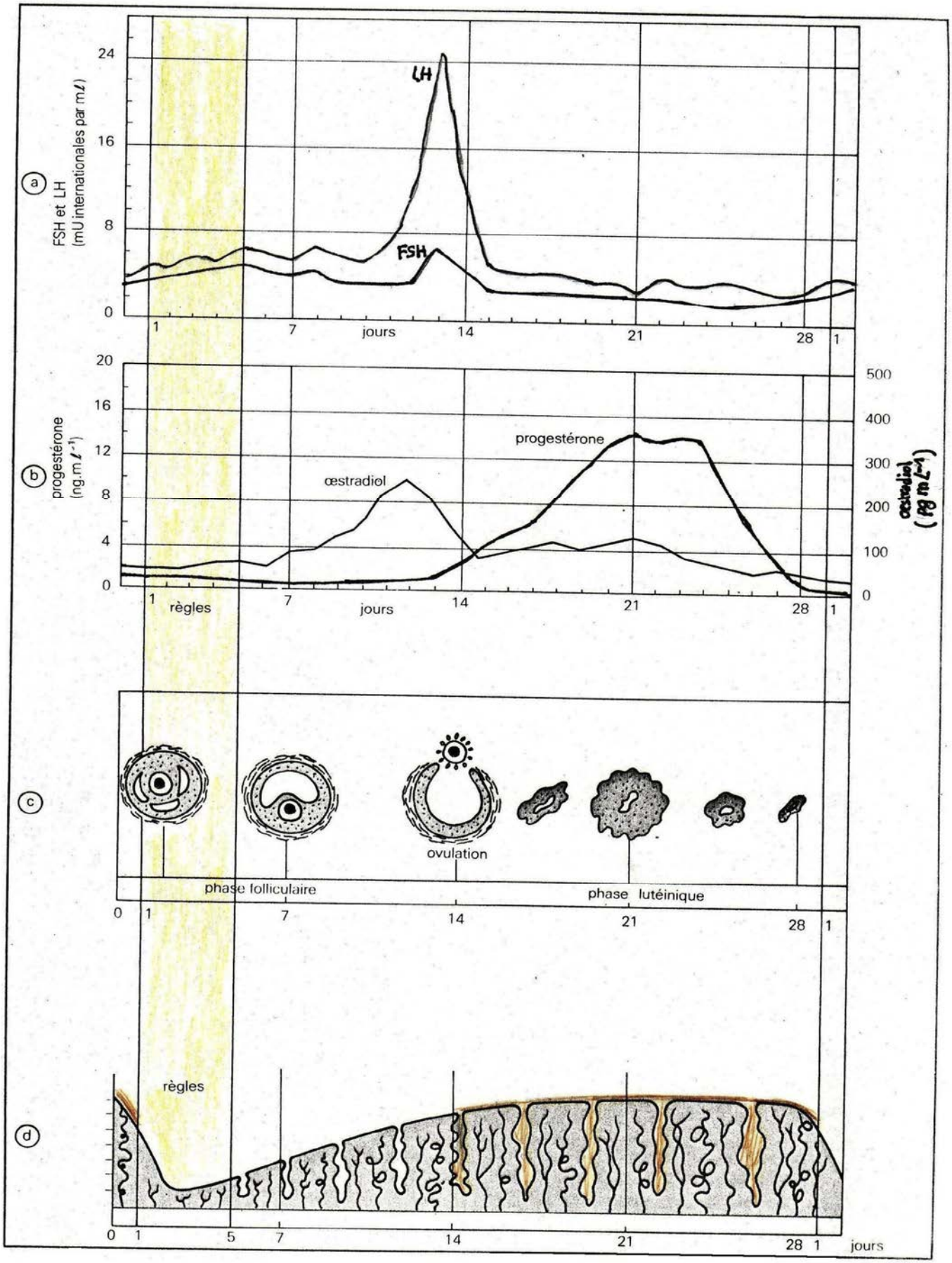
- في بداية الدورة الجنسية، تكون كمية الهرمونات النخامية (FSH و LH) ضعيفة، كما تكون كمية الأستروجينات ضعيفة أيضا. أما كمية البروجستيرون فتكون شبه منعدمة.

- ثم نلاحظ تزايد كمية FSH، و بتأخر طفيف تزايد كمية الأستروجينات.

- مباشرة قبل الإباضة، يحدث تزايد لكمية FSHو تزايد مفاجئ و معتبر لكمية LH (ذروة LH).

استنتاج: يخضع إنتاج الهرمونات المبيضية إلى مراقبة المعقد تحت السريري – النخامي.

تزامن الدورات الجنسية عند المرأة



النشاط 2: التنظيم الكمّي للهرمونات المبيضية: المراقبة الرجعية

وضعية الإنطلاق: رأينا أنّ إنتاج الهرمونات المبيضية يخضع لمراقبة المعقد تحت السريري-النخامي، الذي يغير من نشاطه حسب تغيرات نسبة الهرمونات المبيضية في الدم مقارنة مع قيمتها المرجعية، دليل على وجود مراقبة رجعية.

الإشكالية: كيف تتم هذه المراقبة الرجعية؟

الفرضيات:

1- قد يؤدي ارتفاع نسبة الهرمونات المبيضية إلى ارتفاع إفراز الهرمونات النخامية.
2- قد يؤدي ارتفاع نسبة الهرمونات المبيضية إلى انخفاض إفراز الهرمونات النخامية.
3- قد يؤدي انخفاض نسبة الهرمونات المبيضية إلى ارتفاع إفراز الهرمونات النخامية.
4- قد يؤدي انخفاض نسبة الهرمونات المبيضية إلى انخفاض إفراز الهرمونات النخامية.

التحقق من الفرضيات:

1 – تحليل عواقب استئصال المبيضين على إفراز الهرمونات النخامية:

استغلال الوثيقة 1 ص 60

تحليل النتائج:

تبيّن الوثيقة 1 تغير نسبة الهرمونات النخامية بدلالة الزمن عند أنثى الجرذ، بعد استئصال المبيضين.
يؤدي استئصال المبيضين، أي غياب الهرمونات المبيضية، إلى زيادة نسبة الهرمونات النخامية (FSH و LH)بمرور الزمن.
إذن انعدام نسبة الهرمونات المبيضية ينشّط إفراز الهرمونات النخامية، و بالتالي الفرضية رقم 3 صحيحة.

2 – إظهار تأثير حقن الهرمونات المبيضية على الإفرازات تحت السريرية – النخامية:

استغلال الوثيقة 2 ص 60

تبين الوثيقة 2 منحنيي تغيرات إفراز كل من GnRH و LH بدلالة الزمن، قبل و بعد حقن الأستراديول لأنثى سليمة.

- قبل حقن الأستراديول، كان إفراز كل من GnRH و LH مرتفعا نسبيا و شبه ثابت بمرور الزمن.
- بعد حقن الأستراديول، انخفض إفراز كل من GnRH و LH حتى يكاد ينعدم.

إذن ارتفاع نسبة الهرمونات المبيضية يثبّط إفراز الهرمونات تحت السريرية – النخامية، و بالتالي الفرضية رقم 2 صحيحة.

استنتاج عام:

يؤدي انخفاض نسبة الهرمونات المبيضية إلى تنشيط إفراز الهرمونات تحت السريرية – النخامية، بينما يؤدي ارتفاع نسبة الهرمونات المبيضية إلى تثبيط إفراز الهرمونات تحت السريرية – النخامية.
إذن في كلا الحالتين، مارست الهرمونات المبيضية مراقبة رجعية سالبة على المعقد تحت السريري – النخامي.

3 – ملاحظة التصوير الإشعاعي الذاتي للمنطقة تحت السريرية:

تجربة: تمّ حقن أستراديول مشع في دم فأرة مستأصلة المبيضين منذ عدة أيام. ثمّ قتلت الفأرة و أنجزت مقاطع مجهرية على مستوى المنطقة تحت السريرية.

الملاحظة: أنظر الوثيقة 4 ص 61
عند الفحص بالتصوير الإشعاعي الذاتي نلاحظ ظهور نقاط سوداء (تدل على وجود الإشعاع) على مستوى بعض الخلايا تحت السريرية، دليل على تثبيتها للأستراديول المشع.

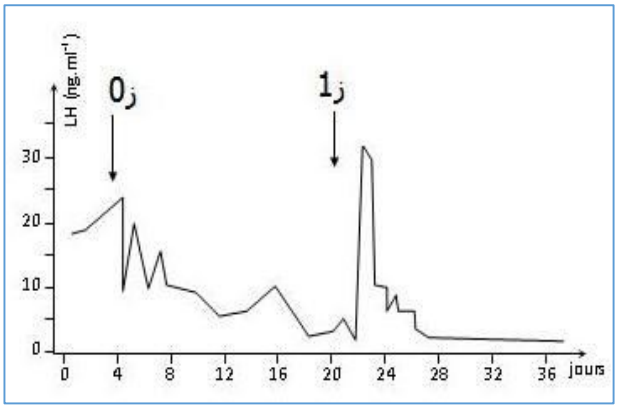
استنتاج: الخلايا تحت السريرية هي خلايا مستهدفة من طرف الأستراديول، الذي يتثبت على مستقبلات نوعية له، موجودة في سيتوبلازم هذه الخلايا.
تنبيه: بالإضافة إلى الخلايا تحت السريرية، فإن الأستراديول يستهدف أيضا بعض الخلايا النخامية.

خلاصة:

تؤثر الهرمونات المبيضية (الأستراديول) على المعقد تحت السريري- النخامي الذي تستهدفه، فتنظم إفراز الهرمونات تحت السريرية - النخامية (GnRH،LH)، عن طريق المراقبة الرجعية التي تضمن ثبات نسبة الهرمونات المبيضية عند قيمة مرجعية معيّنة، حسب مراحل الدورة الجنسية.

4- عواقب حقن جرعات من الأستراديول على إفراز الهرمونات تحت السريرية- النخامية :

تجربة: تخضع أنثى الماكاك (قردة لها دورة جنسية مماثلة لدورة المرأة) **مستأصلة المبيضين** إلى حقن الأستراديول حسب الطريقة التالية:
- إبتداءا من $ز_0$: حقن مستمر لكمية **ضعيفة** من الأستراديول (حيث يتم الحفاظ على ثبات نسبة الأستراديول في الدم عند 06 بيكوغرام/مل).
- عند $ز_1$: حقن كمية **كبيرة** من الأستراديول.
النتائج: هي مبينة في الوثيقة التالية (أو الوثيقة 5 ص 26).



منحنى يبيّن تغير إفراز LH في الدم بدلالة الزمن، بعد حقن جرعات من الأستراديول لأنثى الماكاك مستأصلة المبيضين.

تحليل النتائج:
- بعد حقن كمية ضعيفة من الأستراديول، أي بعد ارتفاع طفيف لتركيز الأستراديول في دم القردة، نلاحظ انخفاض إفراز LH، دليل على حدوث تثبيط للغدة النخامية.
إذن الإرتفاع الطفيف لنسبة الأستراديول في الدم يمارس مراقبة رجعية سالبة على الغدة النخامية.
- بعد حقن كمية كبيرة من الأستراديول، أي بعد ارتفاع معتبر لتركيز الأستراديول في دم القردة، نلاحظ ارتفاع معتبر لإفراز LH (ظهور ذروة LH)، دليل على حدوث تنشيط للغدة النخامية، و قد حدث هذا نتيجة تجاوز تركيز الأستراديول قيمة معينة تدعى" **العتبة**".
إذن الإرتفاع المعتبر لنسبة الأستراديول في الدم يمارس مراقبة رجعية موجبة على الغدة النخامية.

إستنتاج:
تمارس الهرمونات المبيضية مراقبة رجعية إما سالبة و إما موجبة، على إفرازات المعقد تحت السريري- النخامي. و تتوقف هذه المراقبة على تركيز الهرمونات المبيضية في الدم.

5- الطبيعة الدفقية للإفرازات تحت السريرية- النخامية:

نتائج الحقن المستمر و الدفقي لهرمون GnRH عند حيوان مخرب الغدة تحت السريرية:

تجربة: أجريت التجربة على أنثى الماكاك مخربة الغدة تحت السريرية (المنطقة الخلفية لتحت السرير البصري)، إذ تم حقن القردة بهرمون GnRH، حيث يكون الحقن أحيانا بصورة مستمرة، و أحيانا أخرى بصورة دفقية (حقن دفقي Pulsatile)، و تمّ معايرة نسبة الهرمونات النخامية في الدم.

النتائج: هي مبينة في الوثيقة 6 ص 26.

تحليل النتائج:
يؤدي الحقن المستمر لهرمون GnRH إلى انخفاض كبير في إفراز الهرمونات النخامية (FSH و LH)، بينما يؤدي الحقن الدفقي لهرمون GnRH إلى ارتفاع إفراز الهرمونات النخامية.

استنتاج:
الإفراز الدفقي لهرمون GnRH ضروري لتحريض الغدة النخامية على إفراز هرموناتها (FSH و LH).

6- معايرة نسبة الإفرازات تحت السريرية-النخامية خلال دورة جنسية :

تجربة: تمّ قياس نسبة الهرمونات النخامية (FSH و LH) عند امرأة، خلال مختلف مراحل الدورة الشهرية:

أ - في اليوم 21 من الدورة، أي قبل الإباضة بيومين.

ب - في اليوم 51 من الدورة، أي مباشرة بعد الإباضة.

ج - في اليوم 21 من الدورة، أي في مرحلة لوتيئينية متأخرة.

د - في اليوم 2 من الدورة، أي في بداية المرحلة الجريبية.

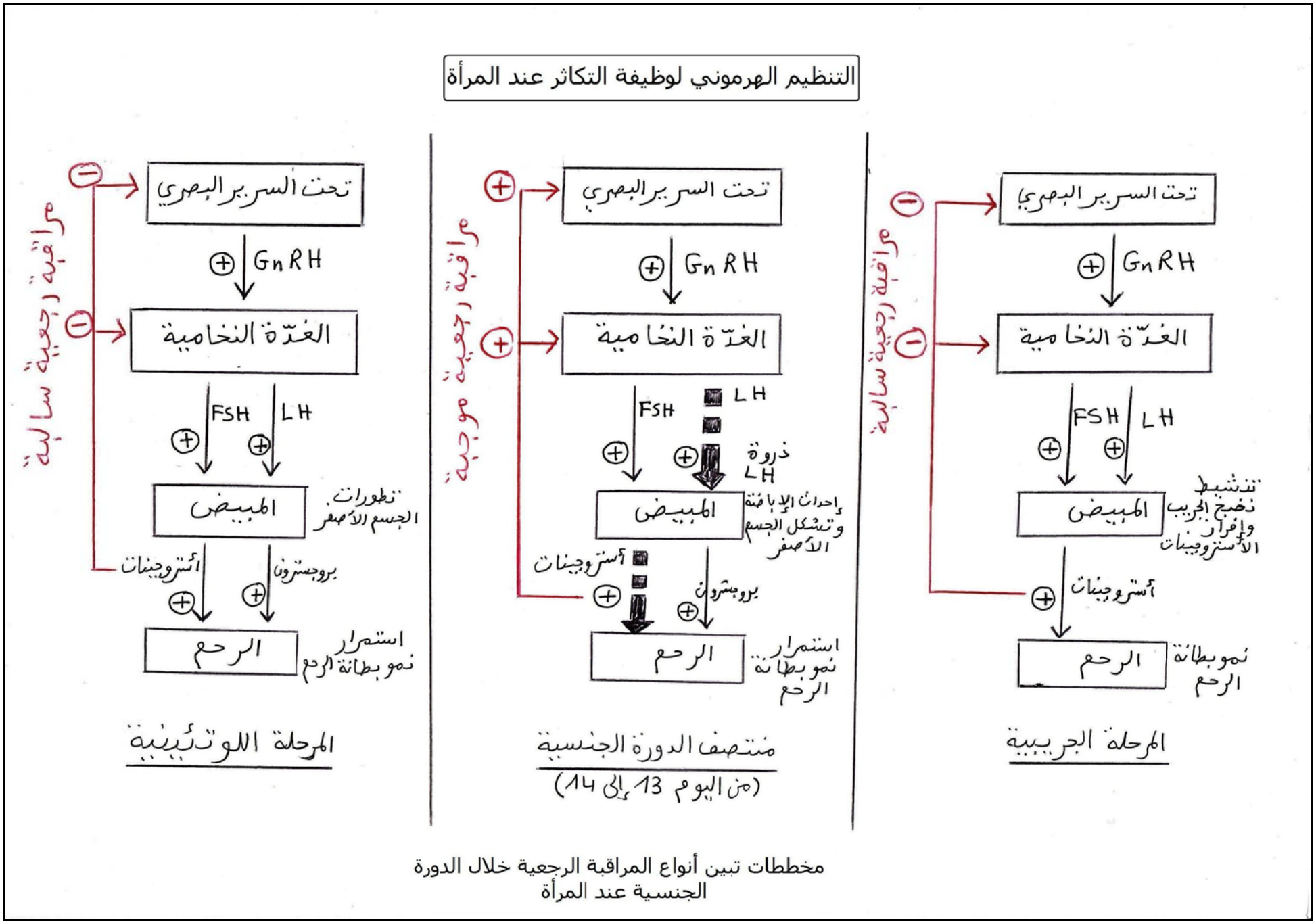
النتائج: هي مبينه في الوثيقة 7 ص 36.

تحليل النتائج:
نلاحظ تغير سعة و تواتر الإفرازات الدفقية لهرمون LH خلال الدورة الجنسية، حيث يكون التواتر في المرحلة الجريبية أكبر مما هو عليه في المرحلة اللوتئينية، و يصل إلى أقصى حدّ قبل الإباضة.

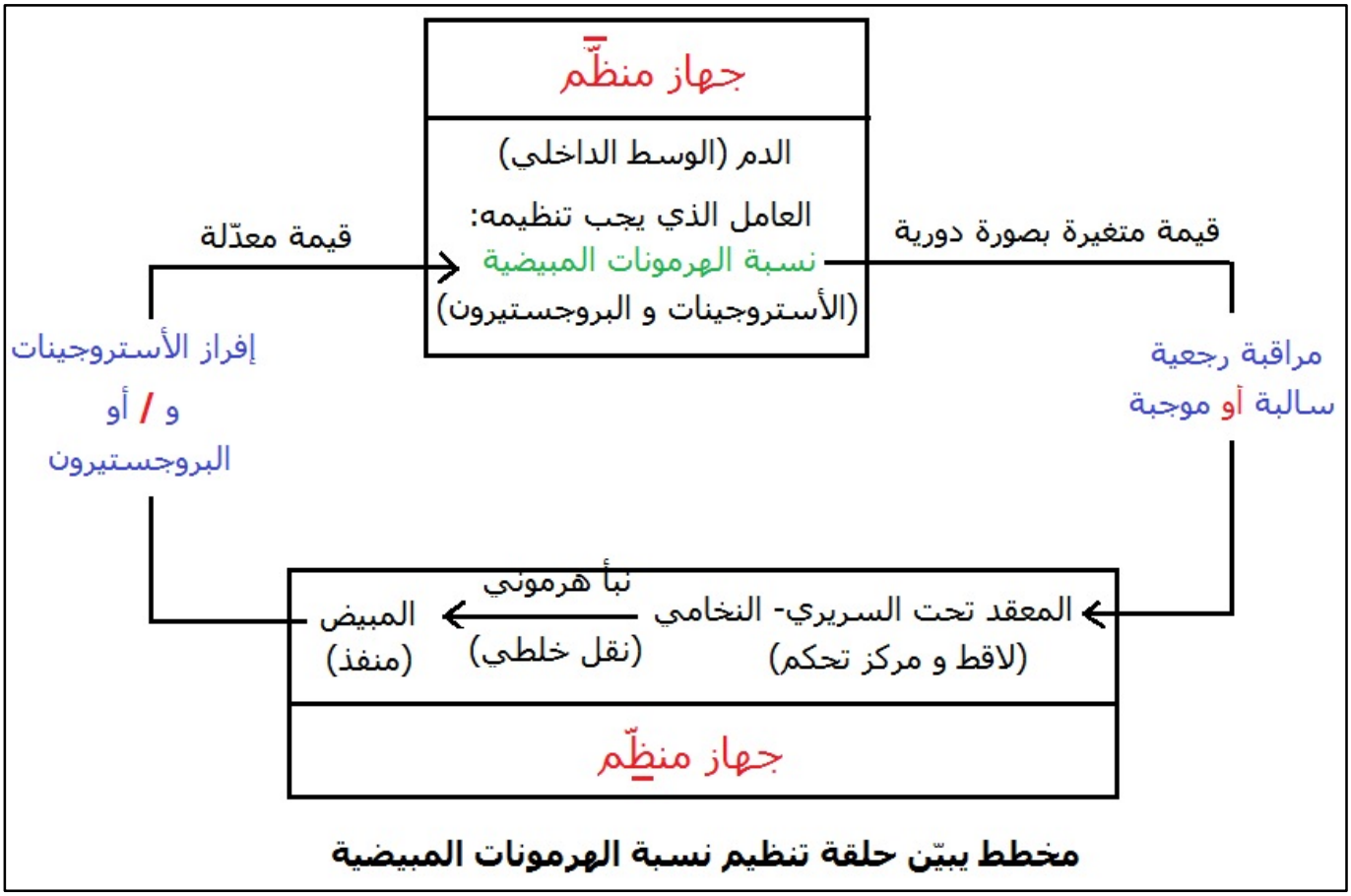
خلاصة:
يخضع العمل الدوري للجهاز التناسلي الأنثوي إلى مراقبة الغدد التناسلية (المبيضين) و المعقد تحت السريري-النخامي، حيث يتم تنظيم التراكيز البلازمية للهرمونات المبيضية بتتابع آليات المراقبة الرجعية السالبة و الموجبة.

- في بداية الدورة الجنسية (بداية المرحلة الجريبية)، تكون نسبة الهرمونات المبيضية في الدم منخفضة، فتشعر بذلك اللواقط (تحت السرير البصري و الغدة النخامية)، فتقوم بإرسال رسالة هرمونية (FSH) إلى الجريب في المبيض، ليتطور و ينضج، كما تحثه على إفراز الأستروجينات (مراقبة رجعية سالبة).
- عند نهاية المرحلة الجريبية، ترتفع نسبة الأستروجينات في الدم كثيرا (قيمة أكبر من العتبة)، فتشعر بذلك اللواقط (تحت السرير البصري و الغدة النخامية) التي تقوم بإرسال رسائل هرمونية (خاصة LH الذي يفرز بكمية كبيرة)، فيعمل LH على إحداث الإباضة و تحوّلّ الجريب إلى جسم أصفر، كما يحث هذا الأخير على إفراز البروجستيرون (مراقبة رجعية موجبة).
- خلال المرحلة اللوتئينية، يؤدي ارتفاع نسبة الهرمونات المبيضية (خاصة البروجستيرون) إلى كبح إنتاج الهرمونات تحت السريرية-النخامية، فتتناقص نسبتها في الدم (مراقبة رجعية سالبة).

مخطط لحلقة تنظيم نسبة الهرمونات المبيضية:



مخططات تبين أنواع المراقبة الرجعية خلال الدورة الجنسية عند المرأة



مخطط يبيّن حلقة تنظيم نسبة الهرمونات المبيضية

يتنبه المعقد تحت السريري-النخامي (الذي يلعب دور لاقط و مركز تحكم) بتغيرات نسبة الهرمونات المبيضية في الدم، فيغير من نشاطه (إفراز الهرمونات تحت السريرية-النخامية) للتأثير على المبيض (عضو منفذ) الذي يعدّل من إفرازه للهرمونات المبيضية حتى يتم الحفاظ على نسبة هذه الهرمونات عند قيمة معلومة في وقت معيّن من الدورة الجنسية.

المؤسسة:ثانوية ..... **القسم**: 2 رياضيات **الأستاذة**: ب. نورة

المجال التعلمي 1: وحدة الكائنات الحية

وضعية الإنطلاق: يوجد تنوع كبير للكائنات الحية على سطح الأرض، و هي كلها مكونة من نفس الوحدة البنيوية (الخلية)، و التي تحتوي على المادة الوراثية (ADN) المسؤولة عن ظهور صفات هذه الكائنات.

الإشكالية: هل تعضي الخلايا متماثل عند جميع أنواع الكائنات الحية؟ و هل تحمل نفس المادة الوراثية؟

الوحدة التعلمية 1: الخلية وحدة بنيوية

وضعية الإنطلاق: تتكون مختلف أنواع الكائنات الحية (سواء كانت نباتات أو حيوانات أو بكتيريا)، من نفس الوحدة البنيوية: الخلية.

الإشكالية: ما هو تعضي الخلية؟ و هل هو متماثل عند مختلف أنواع الكائنات الحية؟

التقصي:

للخلية أبعاد صغيرة جدا، لهذا يستعمل لفحصها و دراستها وسائل مكبرة: المجهر الضوئي و المجهر الإلكتروني.

1 – دراسة الخلية بالمجهر الضوئي: (دراسة بنية الخلية)

كثيرا ما يتم تلوين الخلايا (بملونات مثل الأحمر المعتدل الممدد، الماء اليودي، أزرق المثلين...) قبل فحصها بالمجهر الضوئي.

س - لماذا تستعمل هذه الملونات؟

ج – تستعمل الملونات للتمكن من ملاحظة و تمييز العضيات الخلوية عديمة اللون و التي لها قرائن انكسار متقاربة.

أ – دراسة الخلية الحيوانية:

تحليل صور لأنسجة حيوانية متنوعة:

عرض صور مأخوذة بالمجهر الضوئي لـــ: مخاطية فم الإنسان (ملونة)، نسيج دموي (سحبة دموية لطائر غير ملونة و أخرى ملونة) و نسيج عصبي (مقطع في المادة الرمادية للنخاع الشوكي لقط). {أو استغلال وثائق الكتاب المدرسي ص 80 و 81}

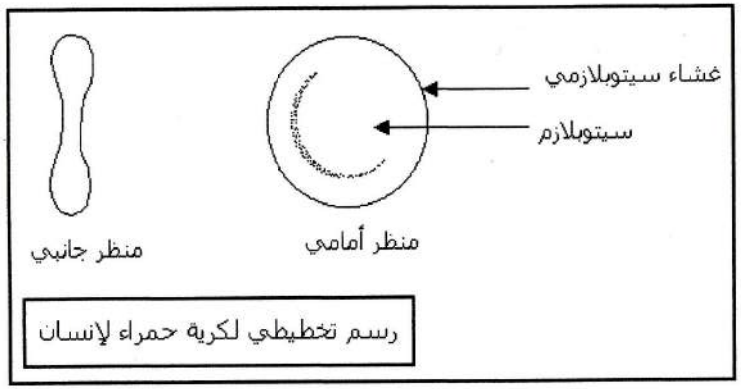
س – لاحظ جيدا كل صورة و صف بدقة ما تلاحظه.

وصف مخاطية الفم:

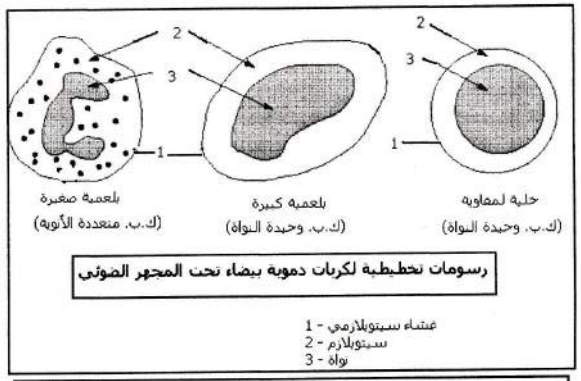
نلاحظ خلايا غير محددة الشكل. يحيط بكل خلية غشاء سيتوبلازمي (غشاء هيولي). تحتوي كل خلية على سيتوبلازم (هيولى) تسبح فيه نواة (و عضيات أخرى دقيقة).

وصف النسيج الدموي:

- في السحبة الدموية غير الملونة لطائر، نلاحظ عدد كبير من الخلايا الصغيرة، بيضوية الشكل، و المحاطة بغشاء سيتوبلازمي. يظهر سيتوبلازم هذه الخلايا ملونا طبيعيا بالأحمر بواسطة خضاب الدم (الهيموغلوبين). تسبح في السيتوبلازم نواة كبيرة نسبيا و مركزية. تدعى هذه الخلايا بالكريات الدموية الحمراء.

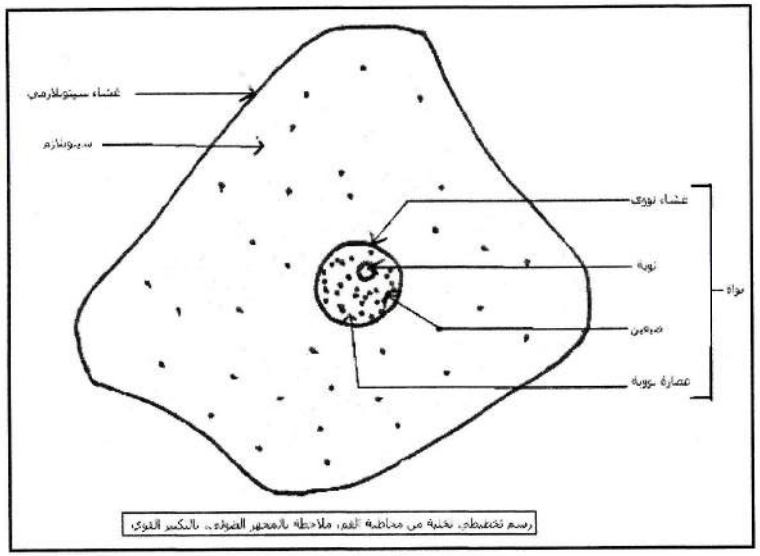


رسم تخطيطي لكرية حمراء لإنسان

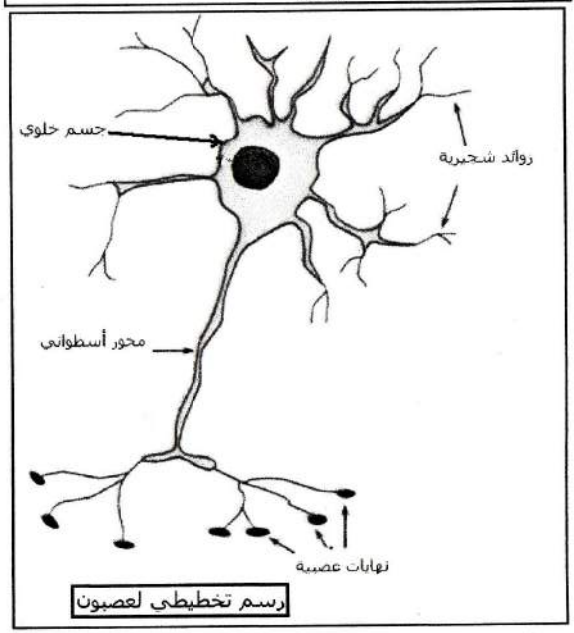


رسومات تخطيطية لكريات دموية بيضاء تحت المجهر الضوئي

1 - غشاء سيتوبلازمي
2 - سيتوبلازم
3 - نواة



رسم تخطيطي لخلية من مخاطية الفم، ملاحظة بالمجهر الضوئي، بالتكبير القوي



رسم تخطيطي لعصبون

رسومات تخطيطية لخلايا حيوانية متنوعة

تنبيه: عند الإنسان، لا تحتوي الكريات الحمراء على نواة (لهذا لا تعيش لمدة طويلة).

- في السحبة الدموية الملونة، بالإضافة إلى الكريات الحمراء، نلاحظ خلايا أخرى أكبر و أقل عددا، كان من الصعب ملاحظتها بدون تلوين لأنها في الحالة الطبيعية شفافة، عديمة اللون. تدعى هذه الخلايا بالكريات الدموية البيضاء.

تتكون الكرية البيضاء من سيتوبلازم يحده غشاء سيتوبلازمي. تسبح في السيتوبلازم نواة.

نلاحظ أن للنواة أشكالا مختلفة، حيث تكون كروية أو بيضوية في بعض الخلايا (الكريات البيضاء أحادية النواة)، بينما تكون مفصصة (فتظهر كأنها عدة أنوية) في خلايا أخرى (الكريات البيضاء متعددة الأنوية).

تنبيه: تسبح الكريات الدموية الحمراء و البيضاء (و الصفائح الدموية) في سائل يدعى المصورة (بلازما الدم)، لهذا يقال عن الدم أنه **نسيج سائل**.

وصف النسيج العصبي:

نلاحظ في المادة الرمادية للنخاع الشوكي، أجساما خلوية كبيرة، نجمية الشكل، يخرج منها نوعان من الإستطالات السيتوبلازمية: محور أسطواني طويل ذو قطر ثابت، و زوائد شجيرية عديدة، قصيرة و متفرعة.

يتكون الجسم الخلوي للخلية العصبية من سيتوبلازم يحيط به غشاء سيتوبلازمي. نلاحظ في السيتوبلازم نواة و عضيات دقيقة أخرى. للسيتوبلازم لون رمادي راجع إلى احتوائه على حبيبات صباغية.

استنتاج:

تتكون الخلية الحيوانية من مادة نصف هلامية تدعى السيتوبلازم، يحيط بها غشاء سيتوبلازمي.
قد يكون السيتوبلازم شفافا عديم اللون، و قد يكون ملون طبيعيا.
يوجد في السيتوبلازم نواة (عادة تكون كبيرة و مركزية) و عضيات خلوية أخرى، دقيقة، يصعب التعرف عليها بالمجهر الضوئي.
ليس للخلية الحيوانية شكلا محددا.

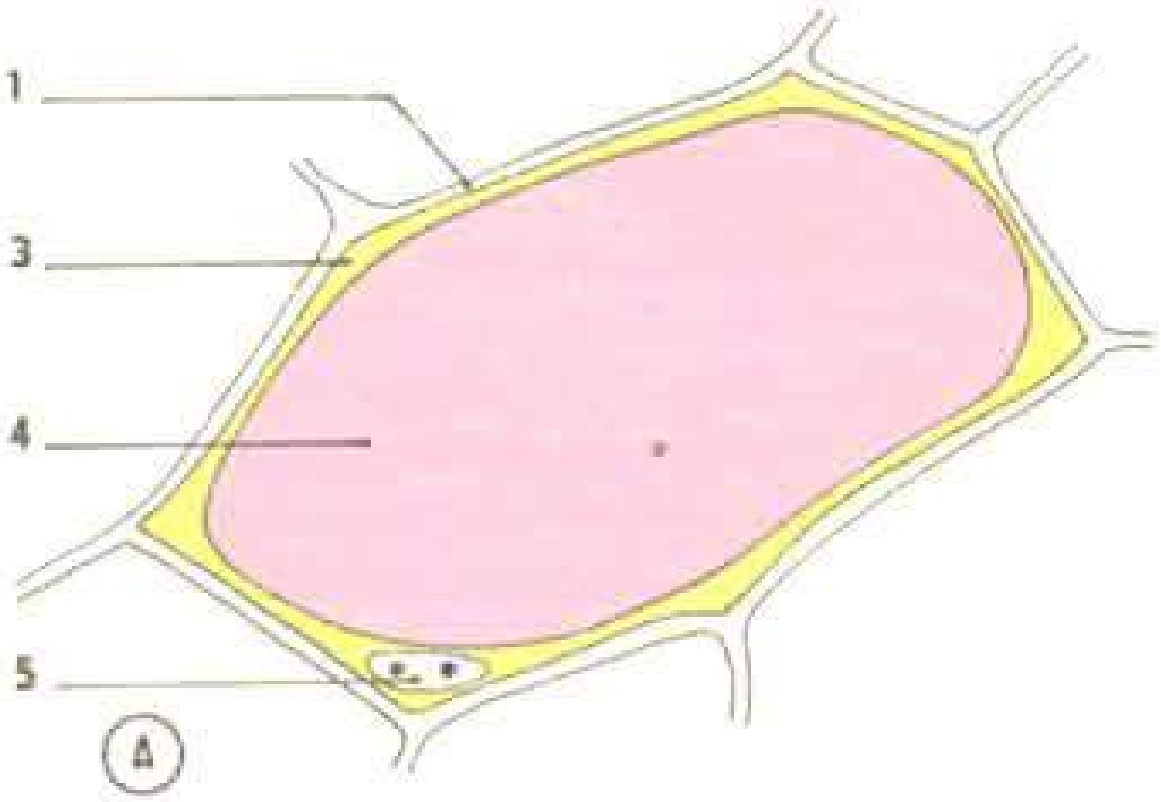
*** إنجاز رسم تخطيطي لبنية خلية حيوانية.**

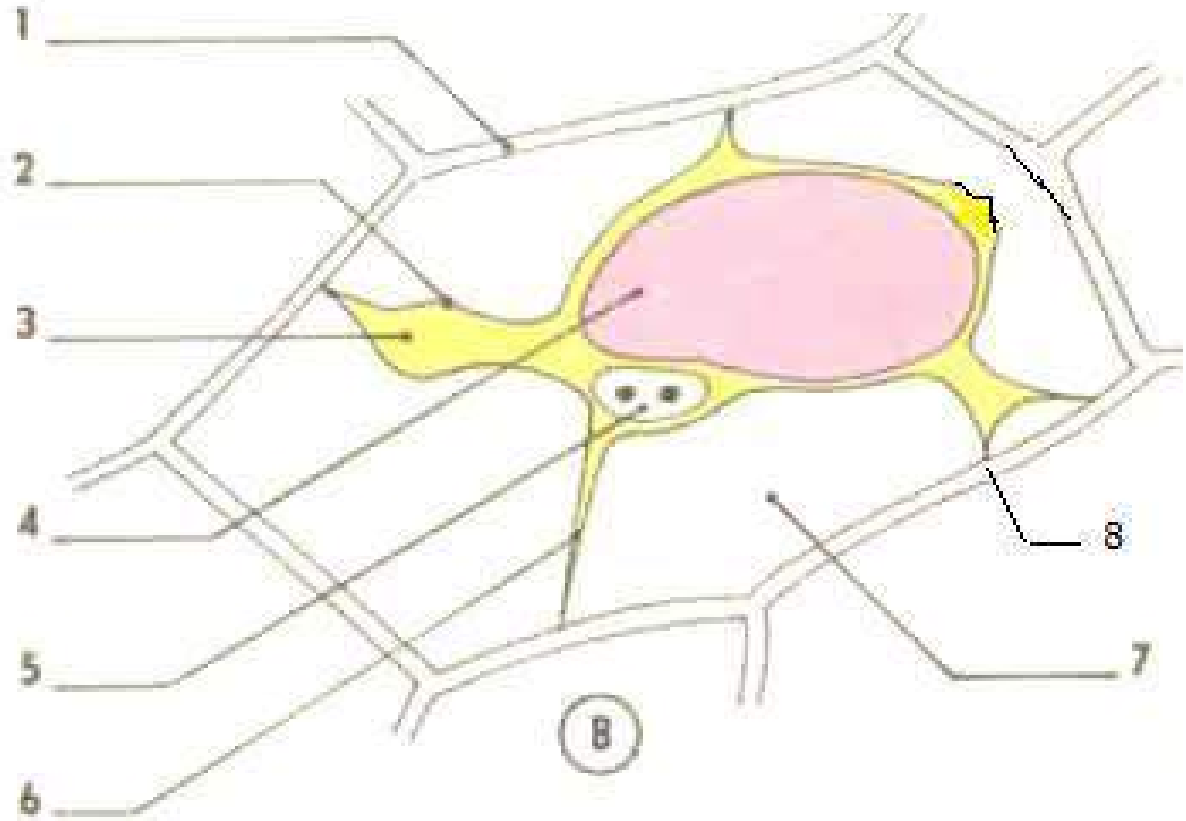
ب – دراسة الخلية النباتية:

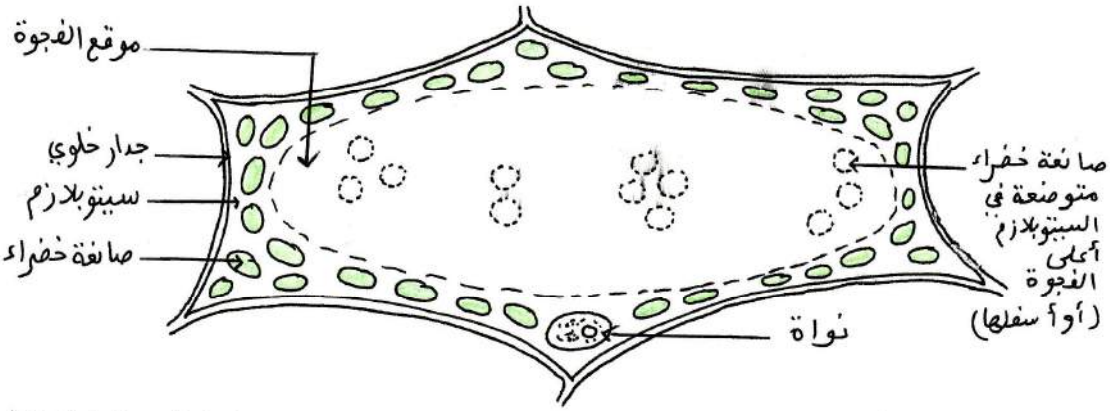
تحليل صور لأنسجة نباتية متنوعة:

عرض صور مأخوذة بالمجهر الضوئي لـــ: قطعتان من البشرة الخارجية لحرشفة البصل البنفسجي (إحداهما موضوعة في الماء المقطر، و الأخرى في محلول NaCl تركيزه 20 غ/ل)، قطعة من ورقة نبات الإيلوديا، قطعة من البرنشيم الخزني لدرنة البطاطا (بدون تلوين)، لب الطماطم. {أو استغلال وثائق الكتاب المدرسي ص 82 و 83}

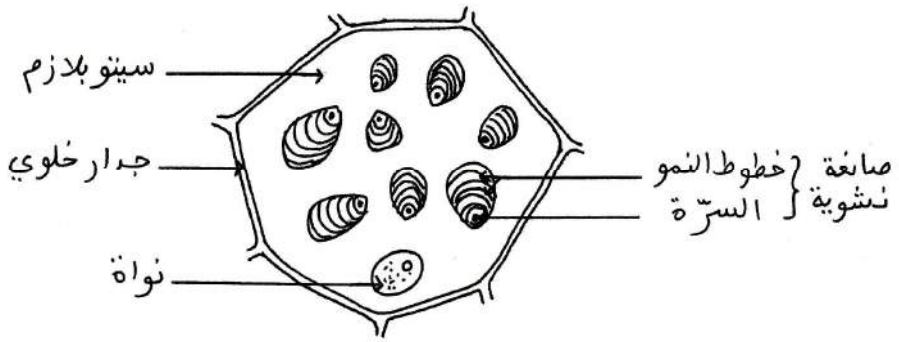
س – لاحظ جيدا كل صورة و صف بدقة ما تلاحظه.


1
3
4
5
A

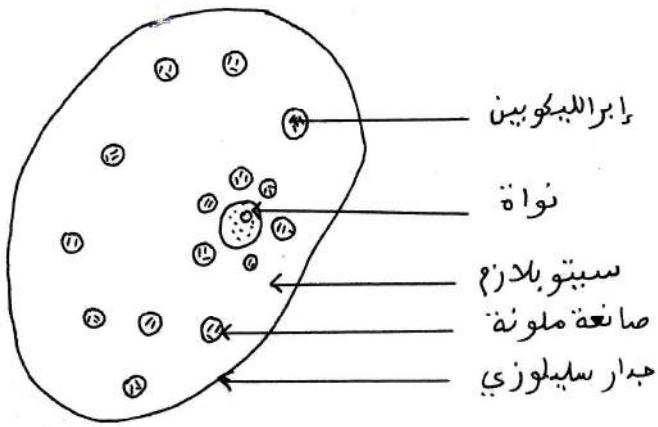

1
2
3
4
5
6
7
8
B



« رسم تخطيطي لخلية من البرنشيم اليخضوري لورقة نبات الإيلوديا ، تحت المجهر الضوئي (بالتكبير القوي) »



« رسم تخطيطي لخلية من البرنشيم الخزني لدرنة البطاطا ، تحت المجهر الضوئي (بالتكبير القوي) »



« رسم تخطيطي لخلية من لُبّ الطماطم ، تحت المجهر الضوئي (بالتكبير القوي) »

وصف البشرة الخارجية لحرشفة البصل البنفسجي:

- في الماء المقطر، نلاحظ خلايا هندسية الشكل، متعددة الأضلاع يحدها جدار خلوي (هيكلي، بكتوسليلوزي). نلاحظ في كل خلية فجوة كبيرة (تملأ تقريبا كل الخلية) ملونة طبيعيا باللون البنفسجي الفاتح (بصبغة الأنثوسيانين) ، و يظهر السيتوبلازم على شكل شريط رقيق، شفاف، يحيط بالفجوة. لا نلاحظ الغشاء السيتوبلازمي (لأنه يكون منطبقا على الجدار السليلوزي، فيصعب تمييزه). تحتوي كل خلية على نواة صغيرة، تكون عادة محيطية.

نقول عن الخلية النباتية ذات هذه المواصفات أنها في حالة **إنتباج**.

- في المحلول الملحي المركز، تكون الخلايا دائما هندسية الشكل، لكن نلاحظ أن الفجوة قد صغرت (و قد تنقسم) و يصبح لونها قاتما، تقلص السيتوبلازم و ابتعاده عن الجدار الخلوي فيظهر الغشاء السيتوبلازمي، الذي رغم ابتعاده عن الجدار الخلوي يبقى متصلا به على مستوى بعض النقاط (الوصلات البلازمية).

نقول عن الخلية النباتية ذات هذه المواصفات أنها في حالة **إنكماش**.

وصف البرنشيم اليخضوري لورقة نبات الإيلوديا:

نلاحظ خلايا هندسية الشكل، يميزها وجود العديد من الحبيبات الخضراء هي **الصانعات الخضراء** (البلاستيدات الخضراء)، و التي يعود لونها الأخضر إلى احتوائها على صبغة **اليخضور**.

وصف البرنشيم الخزني لدرنة البطاطا:

نلاحظ خلايا متعددة الأضلاع (تظهر تقريبا كأنها دائرية)، ، يميزها وجود العديد من الحبيبات ذات أشكال دائرية أو بيضوية، و ذات أحجام مختلفة، هي **الصانعات عديمة اللون**.

نلاحظ على سطح هذه الصانعات خطوط متحدة المركز تدعى خطوط النمو، و مركزها يدعى السرة.

عند التلوين بالماء اليودي، تظهر الصانعات عديمة اللون باللون الأزرق البنفسجي، دليل على احتوائها على نشاء، لهذا تدعى أيضا **صانعات نشوية**.

وصف لب الطماطم:

نلاحظ خلايا مبعثرة (يعود انفصال الخلايا عن بعضها البعض إلى ذوبان بكتين الصفيحة الوسطى عند نضج ثمرة الطماطم). يميز هذه الخلايا وجود حبيبات ذات لون أحمر (لاحتوائها على صبغة الليكوبين) تدعى **الصانعات الملونة**.

استنتاج:

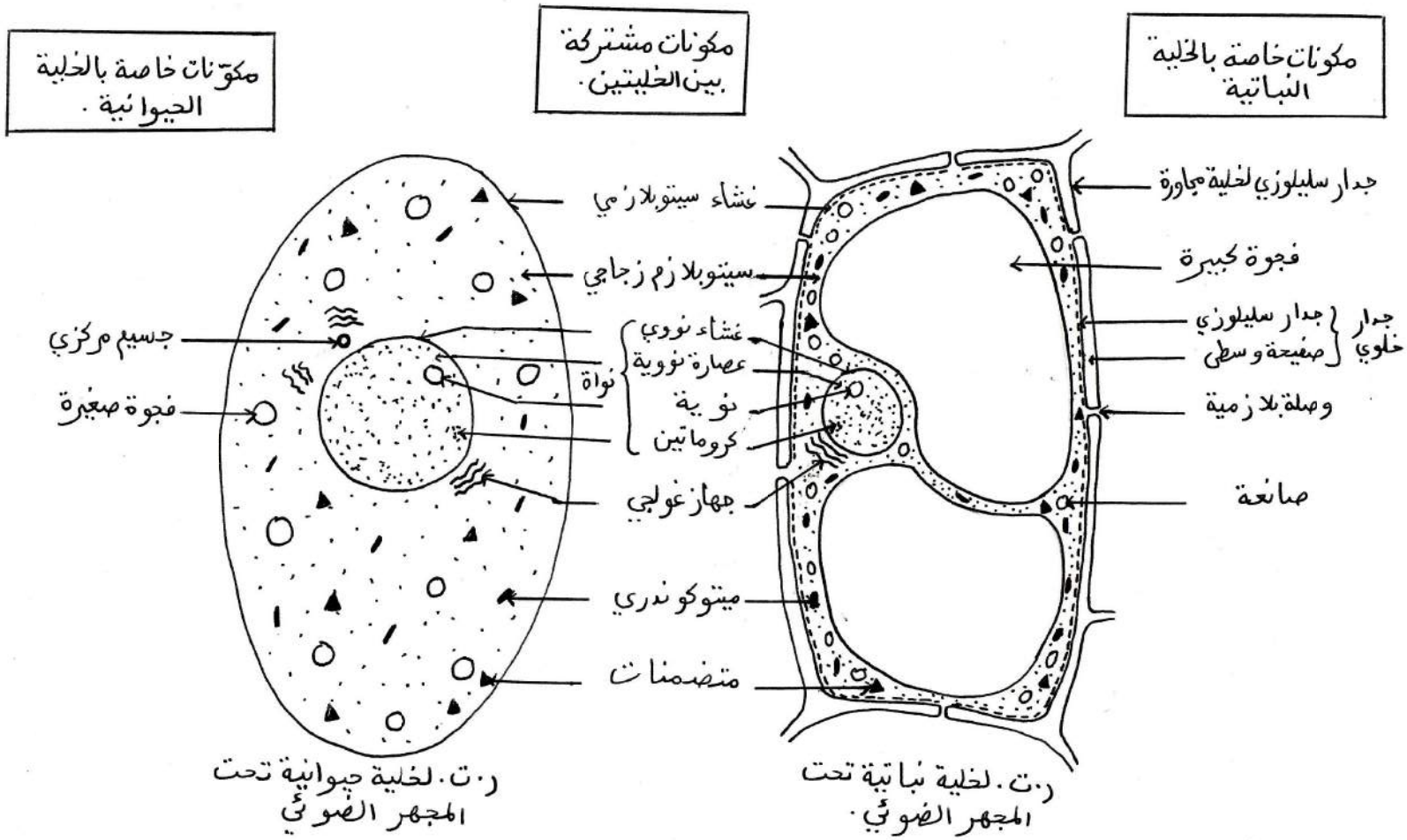
للخلية النباتية شكل هندسي متعدد الأضلاع، نظرا لكونها محاطة بجدار خلوي (مكون من جدار سليلوزي و صفيحة وسطى مكونة من مادة البكتين، حيث يكون لكل خلية نباتية جدار سليلوزي خاص بها، بينما تكون الصفيحة الوسطى مشتركة بين كل خليتين متجاورتين، و هي التي تعمل على لصقهما).

تتكون الخلية النباتية من سيتوبلازم يحيط به غشاء سيتوبلازمي (لا يظهر إلا عند انكماش الخلية النباتية).

يسبح في السيتوبلازم فجوة كبيرة مركزية (قد تكون ملونة طبيعيا، أو شفافة عديمة اللون)، و نواة صغيرة و محيطية، و عضيات أخرى دقيقة يصعب ملاحظتها بالمجهر الضوئي.

تحتوي بعض الأنواع من الخلايا النباتية على صانعات (خضراء، أو ملونة، أو عديمة اللون).

رسم تخطيطي مقارن لبنية الخلية النباتية والخلية الحيوانية.



*** إنجاز رسم تخطيطي لبنية خلية نباتية.**

مقارنة بين الخلية النباتية و الخلية الحيوانية اعتمادا على الملاحظات السابقة:

أوجه التشابه:

كلاهما يتكون من سيتوبلازم يحيط به غشاء سيتوبلازمي، و يوجد في السيتوبلازم نواة و عضيات خلوية أخرى دقيقة.

أوجه الإختلاف:

الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
- شكلها هندسي	- شكلها غير محدد
- وجود جدار خلوي	- غياب الجدار الخلوي
- وجود صانعات (بلاستيدات)	- غياب الصانعات
- فجوات كبيرة و قليلة	- فجوات صغيرة و عديدة

تنبيه: بالإضافة إلى ما سبق، لوحظ أن قرب نواة الخلية الحيوانية توجد عضية صغيرة دقيقة تدعى **الجسيم المركزي**، و هو غير موجود في الخلية النباتية.

الملونات المستعملة للكشف عن بعض العضيات الخلوية:

- الأحمر المعتدل الممدّد: ملوّن حيوي، يلوّن الفجوة العصارية بالأحمر.
- أزرق المثلين الممدّد: ملوّن حيوي، يلوّن النواة و السيتوبلازم بالأزرق.
- ماء اليود: ملوّن مثبت، يلوّن النواة و السيتوبلازم بالأصفر، و يلون الصانعات النشوية بالأزرق البنفسجي.
- أخضر المثيل الخلّي: ملوّن مثبت، يلوّن النواة (بالتحديد: الصبغين) بالأخضر.
- أخضر جانوس: ملوّن حيوي، يلوّن الميتوكوندري بالأخضر.
- مزيج الكروم و الفضة: ملوّن مثبت يكشف عن جهاز غولجي، الذي يظهر على شكل خيوط دقيقة سوداء اللون.

*** تحليل صور محضرات مجهرية لكائنات وحيدة الخلية:** الوثيقة 7، ص 84 (أو وثائق أخرى)

أ – خميرة الجعة: فطر (نبات عديم اليخضور) مجهري وحيد الخلية.

ب – الكلوريلا: أشنة خضراء (نبات أخضر) وحيدة الخلية.

ج – البرامسيوم: حيوان وحيد الخلية.

* يتكون جسم هذه الكائنات الدقيقة، من خلية واحدة مكوّنة من سيتوبلازم يحدّه غشاء سيتوبلازمي. يوجد في السيتوبلازم عضيات خلوية متنوعة، أهمها النواة.

(يحد خلايا الخميرة و الكلوريلا جدار خلوي، الذي يكون غائبا حول خلية البرامسيوم)

استنتاج:

لخلايا الكائنات وحيدة الخلية، سواء كانت نباتية أو حيوانية، نفس النمط البنيوي.

*** تحليل صورة محضر مجهري لبكتريا:** الوثيقة 8 ص 84 (أو وثيقة أخرى)

مثال: بكتيريا اللبن

هي خلايا ذات شكل كروي أو عصوي.

يبين الفحص الدقيق لإحدى هذه الخلايا (بالتكبير القوي)، أنها تتكون من سيتوبلازم يحده غشاء سيتوبلازمي و جدار خلوي.

لا تحتوي هذه الخلايا على نواة حقيقية، بل يوجد في سيتوبلازمها خيط صبغي فقط.

إستنتاج:

البكتريا كائن حي وحيد الخلية، غير حقيقي النواة (بدائي النواة).

خلاصة:

الخلية هي الوحدة البنيوية لجميع الكائنات الحية، سواء كانت نباتية أو حيوانية، أحادية الخلية أو متعددة الخلايا، حقيقية النواة أو بدائية النواة.

2- دراسة الخلية بالمجهر الإلكتروني: (دراسة ما فوق بنية الخلية)

لا يسمح الفحص بالمجهر الضوئي من ملاحظة بعض العضيات الدقيقة الموجودة في الخلية، لهذا يستعمل المجهر الإلكتروني للتعرف على البنية الدقيقة للخلية.

أ – ملاحظة صورة مأخوذة بالمجهر الإلكتروني لخلية حيوانية:

مثال: خلية مبيضية لجنين الفأر: الوثيقة 1 ص 85

س _ تعرّف على العضيات المشار إليها بأرقام على الرسم التخطيطي في الوثيقة 1 ص 85 (استعن بالمعلومات المعطاة في الصفحات 96 و 97).

ج _ البيانات: 1 – غشاء سيتوبلازمي (غشاء هيولي)

2 – سيتوبلازم زجاجي (يالوبلازم Hyaloplasme)

3 – غلاف نووي

4 – مسام نووي (ثقب نووي)

5 – ميتوكوندري

6 – شبكة هيولية داخلية محببة (شبكة أندوبلازمية محببة) { يقال عنها أيضا أنها "خشنة" و "فعّالة")

7 – جسيم مركزي

8 – نوية

9 – عصارة نووية (سائل نووي)

ب– ملاحظة صورة مأخوذة بالمجهر الإلكتروني لخلية نباتية:

مثال: خلية من ورقة التبغ: الوثيقة 2 ص 86

س _ تعرّف على العضيات المشار إليها بأرقام على الرسم التخطيطي في الوثيقة 2 ص 86 (استعن بالمعلومات المعطاة في الصفحات 96 و 97).

ج _ البيانات: 10 – جدار خلوي (هيكلي، بكتوسليلوزي)

11 - سيتوبلازم زجاجي (يالوبلازم Hyaloplasme)

12 – نوية

13 - عصارة نووية (سائل نووي)

14 – كروماتين (صبغين)

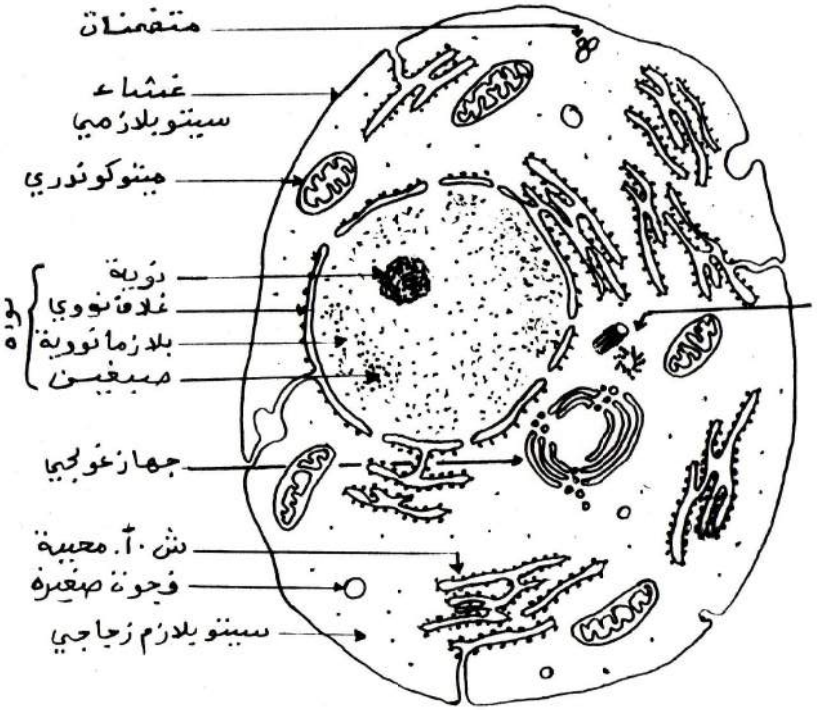
15 – صانعة خضراء

16 – ميتوكوندري

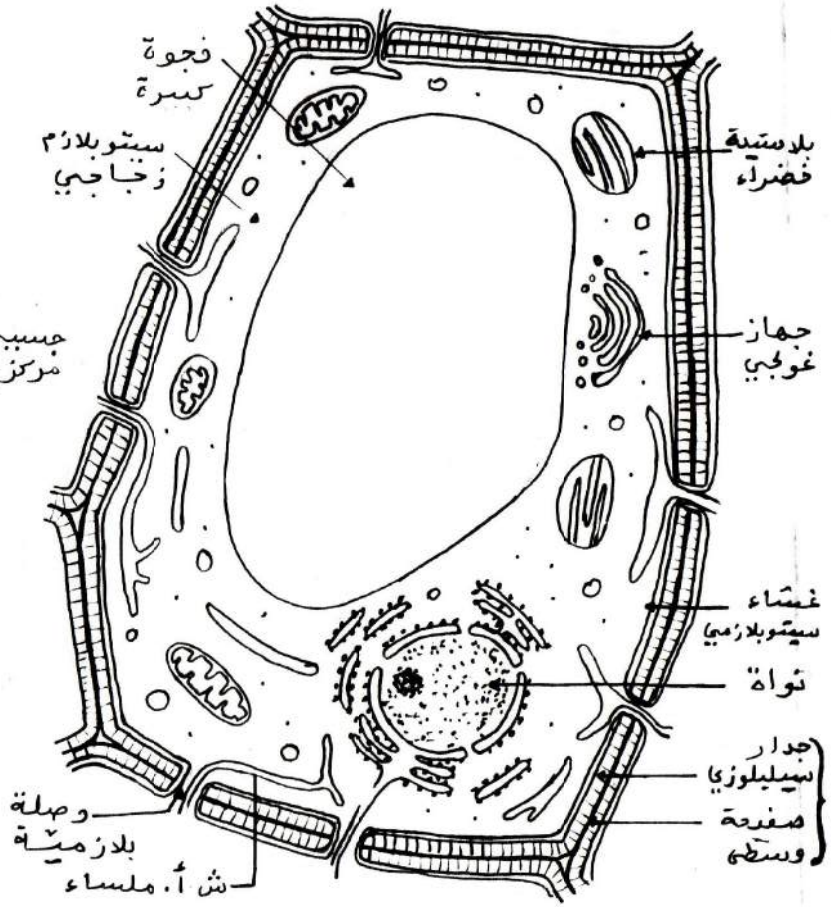
17 – فجوة

18 – ريبوزومات (جسيمات ريبية)

رسم تخطيطي لما فوق بنية خلية حيوانية
(بالمجهر الإلكتروني)



رسم تخطيطي لما فوق بنية خلية نباتية
(بالمجهر الإلكتروني)



س – ما هي العناصر الخلوية المشتركة بين الخلية الحيوانية و الخلية النباتية؟

ج – العناصر الخلوية المشتركة بين الخلية الحيوانية و الخلية النباتية هي:

اليالوبلازم، الغشاء الهيولي، الميتوكوندري، الشبكة الهيولية الداخلية، جهاز غولجي، النواة و الريبوزومات.

س – ما هي العناصر الخلوية المميزة للخلية النباتية؟

ج – العناصر الخلوية المميزة للخلية النباتية هي:

الجدار الخلوي، الصانعات و الفجوة النامية.

س – ما هي العناصر الخلوية المميزة للخلية الحيوانية؟

ج - العناصر الخلوية المميزة للخلية الحيوانية هي:

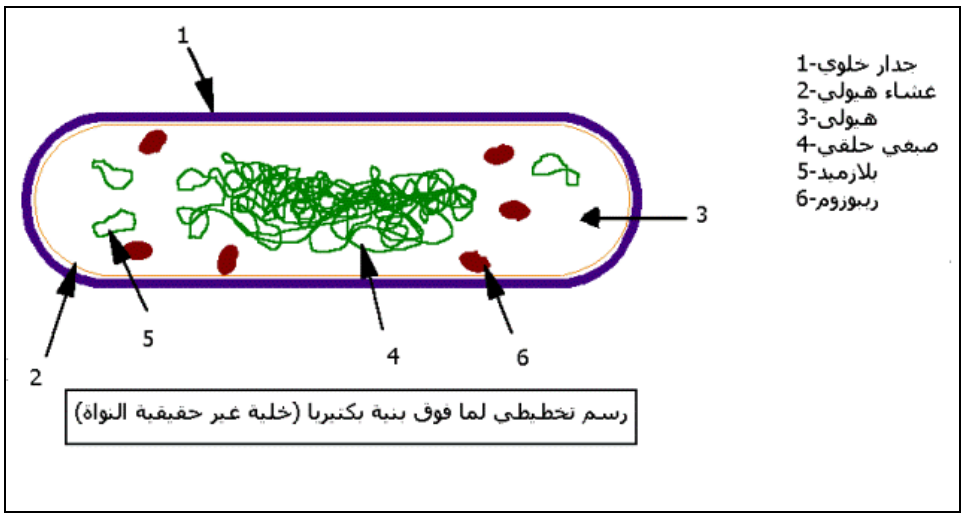
الجسيم المركزي و الفجوات العديدة و الصغيرة.

التنظيم الخلوي كما يبدو بالمجهر الإلكتروني: ص 96 و ص 97

*** رسم تخطيطي مقارن لما فوق بنية خلية حيوانية و خلية نباتية.**

ج – ملاحظة صورة مأخوذة بالمجهر الإلكتروني لخلية بكتيرية:

مثال:بكتيريا اللّبن: الوثيقة 3 ص 87



تتكون البكتيريا من هيولى محاطة بغشاء هيولي و جدار خلوي. (يحيط أيضا ببعض أنواع البكتيريا محفظة).

يوجد في الهيولى ريبوزومات، بلازميدات (جزيئات صغيرة من الـــ ADN الحلقي)، و صبغي حلقي (مكون من جزيئة كبيرة من الـــ ADN الحلقي).

س – هل تعتبر البكتيريا خلية؟ علّل.

ج – نعم، تعتبر البكتيريا خلية لأنها تتكون من هيولى محاطة بغشاء هيولي، كجميع الخلايا، إلاّ أنها لا تحتوي على نواة حقيقية، بل تحتوي على صبغي حلقي يسبح في الهيولى.

استنتاج: البكتيريا خلية غير حقيقية النواة (بدائية النواة)، يحيط بها جدار خلوي.

تنبيه: تحتوي بعض الأنواع من البكتيريا على أعضاء محركة مثل السوط.

س – قارن بين خلية حقيقية النواة و خلية غير حقيقية النواة في جدول.

ج – المقارنة بين خلية حقيقية النواة و خلية غير حقيقية النواة:

الخلية حقيقية النواة	الخلية غير حقيقية النواة
- لها نواة حقيقية بها مادة وراثية محاطة بغلاف نووي. - تحتوي على شبكة هيولية داخلية. - يحيط بالعضيات الخلوية إما غشاء واحد (الشبكة الهيولية الداخلية، ديكتيوزومات جهاز غولجي، الفجوات)، و إما غشائين أي "غلاف" (النواة، الميتوكوندريات، الصانعات الخضراء)، مما يضفي على هيولى الخلايا حقيقية النواة بنية مجزأة.	- ليس لها نواة حقيقية، حيث توجد المادة الوراثية في الهيولى. - لا تحتوي على شبكة هيولية داخلية. - لا تحتوي على عضيات خلوية محاطة بأغشية، فلا يكون للهيولى بنية مجزأة.

استنتاج عام:

- تحتوي الخلية حقيقية النواة على نواة حقيقية محاطة بغلاف، تضم بداخلها المادة الوراثية. تحتوي هيولى هذه الخلايا على العديد من العضيات التي تحدد بنيات مختلفة و مجزأة.
- تحتوي الخلية غير حقيقية النواة على مادة وراثية تسبح في هيولى غير مجزأة، و لا تحتوي على نواة.

خلاصة:

توجد وحدة بنيوية للكائنات الحية ألا و هي الخلية، التي يمكن أن تكون حقيقية النواة (الخلية النباتية و الخلية الحيوانية) أو بدائية النواة (البكتيريا).

3- وحدة مكونات الدعامة الوراثية:

وضعية الإنطلاق: تعتبر الصبغيات (الموجودة في الخلية) دعامة المعلومات الوراثية.

الإشكالية: ما هي البنية الجزيئية للصبغي، و ما هي الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية؟ و هل هي متماثلة عند مختلف أنواع الخلايا؟

التقصي:

أ – بنية الصبغي:

أ – 1- عند حقيقيات النواة: (أنظر الوثيقة في الصفحة التالية)

لا تظهر الصبغيات إلاّ عند الإنقسام الخلوي، و تكون أوضح ما يمكن في المرحلة الإستوائية (Métaphase) من الإنقسام الخيطي المتساوي. تم التعرف على البنية الدقيقة للصبغي باستعمال المجهر الإلكتروني.

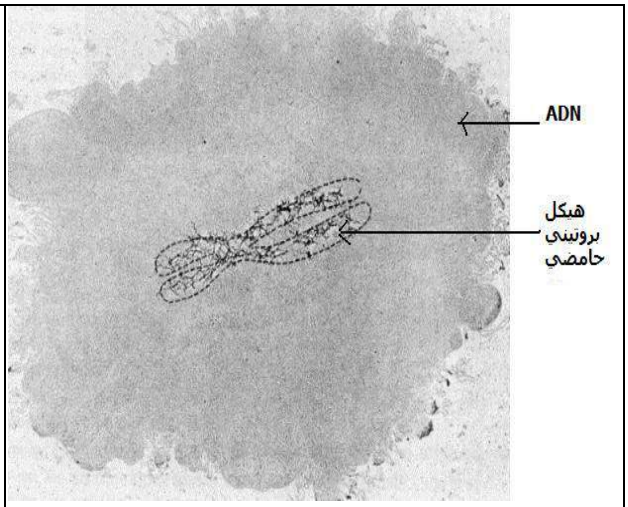
س - انطلاقا من الوثيقة المعطاة، صف بنية الصبغي الإستوائي.

ج – يظهر الصبغي، في المرحلة الإستوائية، مكونا من كروماتيدتين متصلتين عن طريق الجزء المركزي.

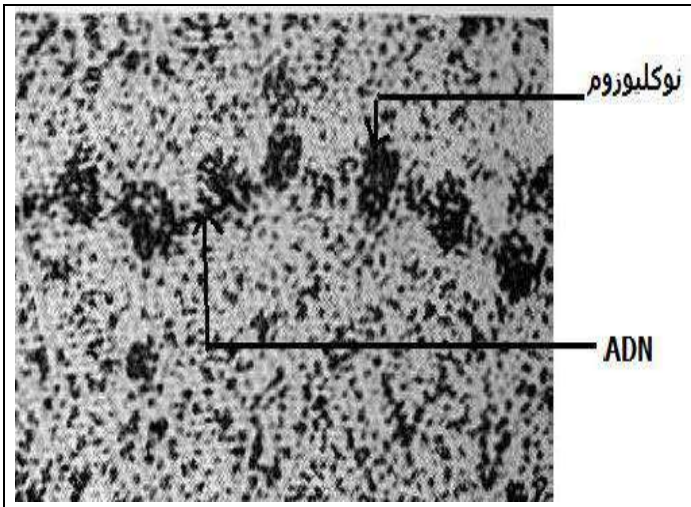
تتكوّن كل كروماتيدة من "ليف نووي" ملتف بصورة معقدة حول "هيكل بروتيني" حامضي.

يتكوّن الليف النووي من جزيئة ADN ملتفة حول "محور بروتيني" متقطع مكوّن من بروتينات قاعدية تدعى "الهيستونات".

عند زوال إلتفافه، يظهر الليف النووي مكوّن من وحدات تدعى "النوكليوزومات" (جسيمات نووية)، يربط بينها "رباط بين – نوكليوزومي".



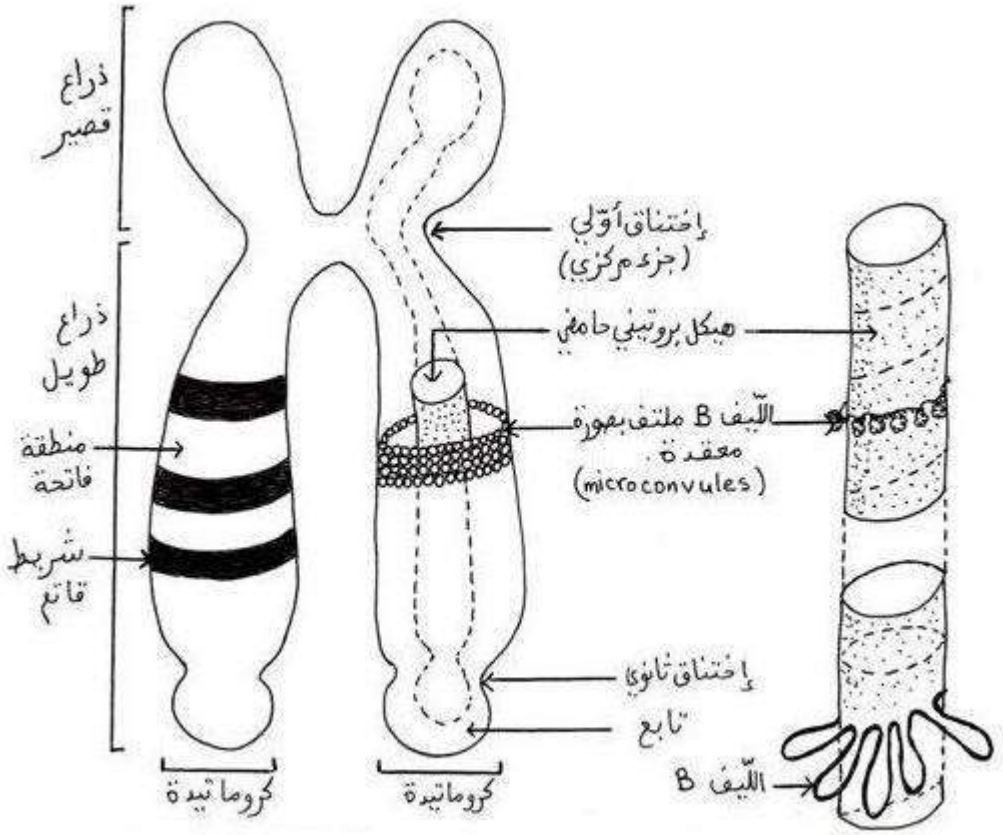
صورة بالمجهر الإلكتروني لصبغي مفكك الهيستونات



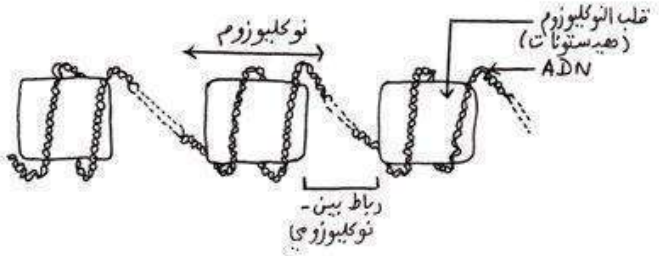
صورة بالمجهر الإلكتروني لليف نووي غير ملتف (الليف A)

تنبيه 1: عند نهاية الإنقسام الخلوي، يزول إلتفاف الليفات النووية، فتتحول الصبغيات إلى صبغين. إذن، الصبغين و الصبغيات ما هما إلا حالتان بنيويتان مختلفتان لنفس المادة الكيميائية.

بنية الصبغي

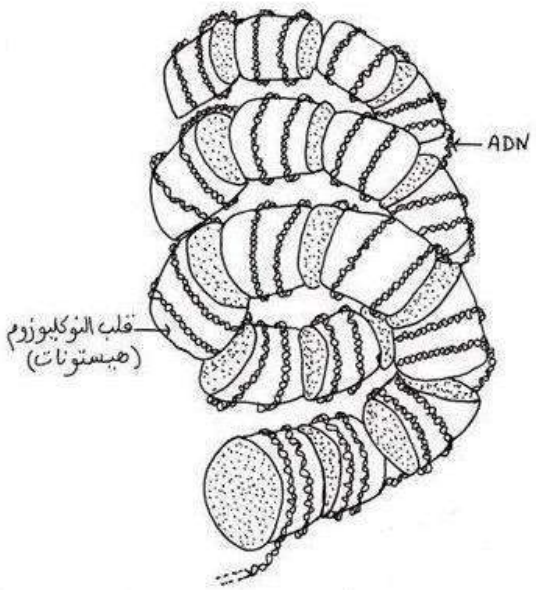


ر. ت. يوضح تعضي الصبغي في المرحلة الإستوائية من الإنقسام الخيطي المتساوي.



رسم تخطيطي يوضح بنية الليف النووي

(الليف A)



"الليف B" (التفاف الليف A حلزونيا)

تنبيه 2: عند بداية الإنقسام الخلوي (في المرحلتين التمهيدية و الإستوائية)، يكون الصبغي مكوّنا من كروماتيدتين. أما عند نهاية الإنقسام (في المرحلتين الإنفصالية و النهائية)، مكونا من كروماتيدة واحدة.

أ – 2 - عند بدائيات النواة: (أنظر الوثيقة 5 ص 90)

تبين الوثيقة صورة بالمجهر الإلكتروني لجزيئة ADN بكتريا E. coli، استخرج منها بمعالجتها بطريقة خاصة.

بينت الدراسات أن عند بدائيات النواة، يتكون الخيط الصبغي من ADN فقط.

نلاحظ أن طول الـــ ADN (1,6 ملم) أكبر بكثير من طول البكتريا (2 ميكرومتر). داخل البكتريا، تكون جزيئة الـــ ADN الطويلة ملتفة لتشغل حيزا صغيرا.

ب – الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية:

عند المقارنة، نلاحظ أن عند حقيقيات النواة يتكون الصبغي من ADN و بروتينات، بينما يتكون عند بدائيات النواة من ADN فقط.

و منه نستنتج أن الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية هي: **ADN**

مع تحيات الأستاذة ب. نورة

ثانوية ..... **المستوى 2 ع ت** **الأستاذة: ب ـ نورة**

الوحدة 2: الوحدة البنيوية للـ ADN

وضعية الإنطلاق: توجد المعلومات الوراثية في الـ ADN، الموجود في الصبغيات.

الإشكالية: - ما هو التركيب الكيميائي للـ ADN ؟
- ما هي بنية الـ ADN ؟ و هل هي متماثلة عند مختلف أنواع الكائنات الحية؟
- ما هي الطبيعة الكيميائية للمورثة؟

النشاط 1: التركيب الكيميائي للـ ADN

وضعية الإنطلاق: الـ ADN جزيئة مهمة تحمل المعلومات الوراثية.

الإشكالية: ما هو التركيب الكيميائي للـ ADN ؟

التقصي:

1- استخلاص الـ ADN من حراشف البصل: الوثيقة 1 ص 104

تعليل الخطوات المتبعة:

- الخطوتان 1 و 2: تمزيق الجدران الخلوية و الأغشية البلازمية للخلايا، لتحرير الـ ADN.

- الخطوة 3: فصل البقايا الخلوية (بقايا الجدران الخلوية، الأغشية البلازمية...) عن السائل الحاوي على الـ ADN.

- الخطوتان 4 و 5: ترسيب الـ ADN و عزله عن المكونات الكيميائية الأخرى.

- الخطوة 6:استعمل كاشف شيف للكشف عن الـ ADN.

سبب صعوبة استخلاص الـ ADN من الخلية النباتية:

يكون استخلاص الـ ADN من الخلية النباتية أصعب من استخلاصه من الخلية الحيوانية، بسبب وجود جدار خلوي يحيط بالخلية النباتية (على عكس الخلية الحيوانية المحاطة بغشاء هيولي فقط).

2- التركيب الكيميائي للـ ADN:

للتعرف على التركيب الكيميائي للـ ADN، نقوم بإماهته.

أ – الإماهة الكلية للـ ADN:

تتم الإماهة الكلية للـ ADN في وسط حامضي (به HCl)، بوجود درجة حرارة مرتفعة (120 °م) و لمدة ساعتين.

عند الإماهة الكلية للـ ADN، نتحصل على المركبات الكيميائية المبينة في الوثيقة 2 ص 105.

تحليل الوثيقة 2 ص 105:

ينتج عن الإماهة الكلية للـ ADN، 3 أنواع من المركبات الكيميائية البسيطة:

* الحمض الفوسفوري H_3PO_4

* سكر خماسي: هو الديزوكسي ريبوز (ريبوز منقوص الأوكسجين) $C_5H_{10}O_4$

* قواعد عضوية آزوتية: و هي 4 أنواع:

- الأدنين **Adénine (A)**
- الغوانين **Guanine (G)**

} قواعد بيورية (ذات سلاسل كربونية طويلة تشكل حلقتين)

- السيتوزين **Cytosine (C)**
- التايمين **Thymine (T)**

} قواعد بيريميدية (ذات سلاسل كربونية قصيرة تشكل حلقة واحدة)

ب – الإماهة الجزئية للـ ADN:

تتم الإماهة الجزئية للـ ADN باستعمال أنزيم خاص يدعى ADN-ase ، فنتحصل على المركبات المبينة في الوثيقة 3 ص 105.

تحليل الوثيقة 3 ص 105:

ينتج عن الإماهة الجزئية للـ ADN عناصر تدعى "النوكليوتيدات" **Nucléotides** ، حيث تتكون كل نوكليوتيدة من إتحاد حمض فوسفوري + ديزوكسي ريبوز + قاعدة آزوتية.

يوجد في الـ ADN، 4 أنماط من النوكليوتيدات، و هذا حسب نوع القاعدة الآزوتية الداخلة في تركيبها:

- dAMP : ديزوكسي أدينوزين أحادي الفوسفات

- dGMP : ديزوكسي غوانوزين أحادي الفوسفات

- dCMP : ديزوكسي سيتيدين أحادي الفوسفات

- dTMP : ديزوكسي تايميدين أحادي الفوسفات

استنتاج عام:

يتكون الـ ADN من 4 أنواع من النوكليوتيدات، حيث يدخل في تركيب كل منها حمض فوسفوري، ديزوكسي ريبوز و قاعدة عضوية آزوتية (A أو G أو C أو T).

النشاط 2: بنية جزيئة الـ ADN

وضعية الإنطلاق: تمّ التعرف على التركيب الكيميائي للـ ADN سنة 1929 م، لكن لم يتم تحديد بنيته بدقة إلاّ في سنة 1953 من طرف العالمين **واطسون** و **كريك** **Watson** et **Crick**.

الإشكالية: ما هي بنية ADN ؟

التقصي:

1 – أعمال شارغاف: Chargaff

تحليل الوثيقة 1 ص 106:

يبين الجدول نسب القواعد الآزوتية في جزيئة الـ ADN عند كائنات حية مختلفة.

نلاحظ أن عند مختلف أنواع الكائنات الحية:

نسبة A = نسبة T

نسبة C = نسبة G

نسبة A + G = نسبة T + C ، أي نسبة القواعد البيورية = نسبة القواعد البيريميدية

و بالتالي $\frac{A}{T} = \frac{G}{C} = \frac{G+A}{C+T} = 1$ **علاقة شارغاف**

أمّا $\frac{A+T}{C+G} \neq 1$

لأنّ A + T ≠ C + G

تختلف نسبة $\frac{A+T}{C+G}$ **من نوع من الكائنات إلى آخر**

بيّنت الدراسات أن هذه النسبة تتراوح ما بين 0,4 و 2,6 .

الفرضية التي يمكن اقتراحها بخصوص توضع مختلف القواعد الآزوتية في جزيئة الـ ADN:

هي أنّ القواعد الآزوتية مرتبطة على شكل أزواج: A مع T ، و C مع G ، و هذا ما يجعلنا نفكر بأن جزيئة الـ ADN مكوّنة من سلسلتين، و أن تركيب الـ ADN من حيث القواعد الآزوتية مميّز للنوع (يختلف من نوع من الكائنات الحية إلى آخر).

2– أعمال واطسون و كريك : Watson et Crick

- رأينا أن الوحدة البنيوية للـ ADN هي النوكليوتيدة.

- يتم الإرتباط بين النوكليوتيدات عن طريق الحمض الفوسفوري (حيث يرتبط الحمض الفوسفوري لنوكليوتيدة بالسكر الخماسي لنوكليوتيدة موالية)، فتتشكل سلسلة متعددة النوكليوتيد (بنية أولية).

- عام 1953 م، تمكن العالمان واطسون و كريك من وضع نموذج دقيق لبنية جزيئة الـ ADN ، و ذلك بالإعتماد على كل من:

* أعمال العالمان **فرنكلين** و **ويلكينز** Franklin et Wilkins ، اللذان درسا جزيئة الـ ADN عن طريق انكسار الأشعة السينية (X)، فبينا أن لجزيئة الـ ADN شكل أسطوانة (قطرها 2 نانومتر) ذات بنية حلزونية.

* أعمال العالم **شارغاف** (أنظر الفقرة السابقة).

بيّن العالمان **واطسون** و **كريك** أن جزيئة الـ ADN تتكون من سلسلتين متعددتي النوكليوتيد متوازيتين و متعاكستين، ملتفتين حول بعضهما حلزونيا، مما يعطي لجزيئة الـ ADN بنية ثانوية ثلاثية الأبعاد، فتظهر جزيئة الـ ADN على شكل أسطوانة حلزونية قطرها 2 نانومتر.

يتم الإرتباط بين السلسلتين عن طريق القواعد العضوية الآزوتية. و اعتمادا على أعمال شارغاف، تبيّن أن الإرتباط يكون دائما كما يلي: - الأدنين مع التايمين

- الغوانين مع السيتوزين

ترتبط A مع T برابطتين هيدروجينيتين، بينما ترتبط G مع C بثلاث روابط هيدروجينية.

يختلف ترتيب القواعد الآزوتية باختلاف أنواع الكائنات الحية.

(الرابطة الهيدروجينية هي رابطة غير تكافؤية ضعيف، تنشأ بين ذرتين كهروسلبيتين تفصل بينهما ذرة هيدروجين.)

تنبيه: كلما زادت نسبة (C + G) في جزيئة الـ ADN ، زاد تماسك الجزيئة (نظرا لتزايد عدد الروابط الهيدروجينية الثلاثية).

<u>قياس طول جزيئة الـ ADN</u>:

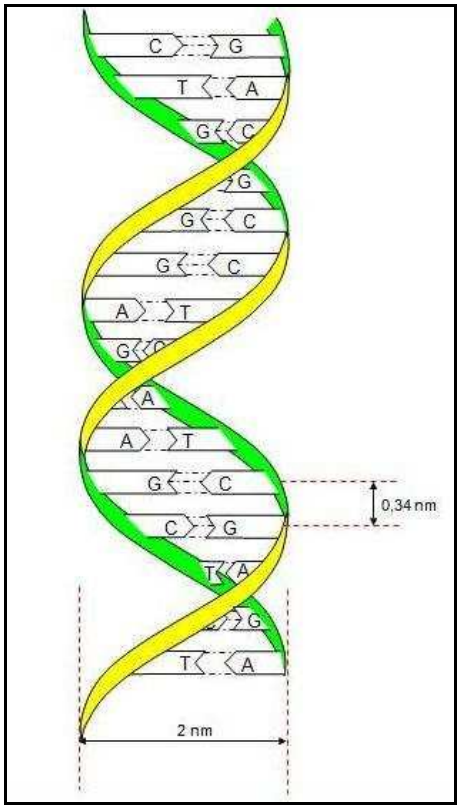
يتم قياس طول جزيئة الـ ADN بعدد أزواج القواعد الآزوتية، لأن القواعد الآزوتية في جزيئة الـ ADN مرتبطة على شكل أزواج، و بالتالي تستعمل وحدة "زوج القواعد" Paire de bases (Pb) أو "كيلوباز" Kilobase (Kb)، حيث 1Kb = 1000 Pb

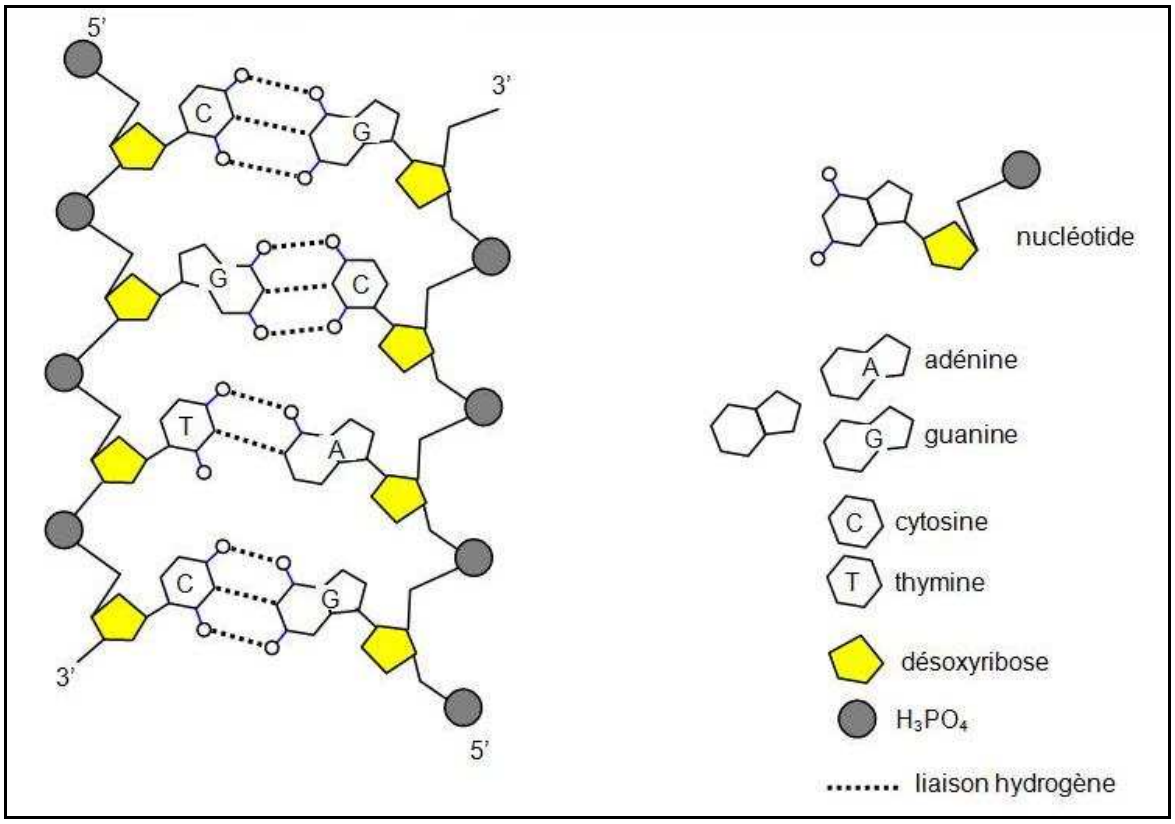
تنبيه: يمكن أيضا قياس طول الـ ADN بوحدات الطول العادية، علما بأن زوج من القواعد الآزوتية يشغل مسافة 0,34 نانومتر على طول أسطوانة الـ ADN .

خلاصة:

تتكون جزيئة الـ ADN من سلسلتين متعددتي النوكليوتيد متوازيتين و متهاكستين، ملتفتين حول بعضهما حلزونيا، و مرتبطتين ببعضهما عن طريق روابط هيدروجينية تنشأ بين القواعد الآزوتية المتقابلة و المتكاملة بنيويا: A مع T ، G مع C.

بنية جزيئة الـ ADN و تركيبها الكيميائي





النشاط 3: تماثل بنية جزيئة الـ ADN

وضعية الإنطلاق: يعتبر الـ ADN من أهم الجزيئات عند الكائنات الحية، لأنه يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بكل كائن حي.

الإشكالية: هل للـ ADN نفس البنية و نفس التركيب الكيميائي عند مختلف أنواع الكائنات الحية؟

التقصي:

1 – التحليل المقارن لجزيئة الـ ADN عند كائنات حية مختلفة:

تحليل الوثيقة 1 ص 108:

يبين الجدول نسبة مختلف أنواع القواعد الآزوتية في ADN كائنات حية متنوعة.

نلاحظ أن نسبة A = نسبة T، و نسبة C = نسبة G، و هذا مهما كان نوع الكائن الحي: أحادي الخلية أو متعدد الخلايا، حقيقي النواة أو بدائي النواة.

استنتاج: بنية الـ ADN متماثلة عند جميع الكائنات الحية.

2 – تماثل بنية جزيئة الـ ADN:

تحليل الوثيقة 2 ص 108:

تبين الوثيقة 2 نماذج لقطعتين من مورثة إنسان (أ) و مورثة بكتريا (ب).

- نلاحظ تماثل بنية جزيئة الـ ADN عند الإنسان و عند البكتيريا، حيث في كلتا الحالتين تتكون جزيئة الـ ADN من سلسلتين متعددتي النوكليوتيد ملتفتين حول بعضهما حلزونيا و مرتبطتين بفضل الروابط الهيدروجينية الناشئة بين القواعد الآزوتية (T = A، و G ≡ C).

- نلاحظ أن المورثتين تختلفان عن بعضهما في نسبة و ترتيب القواعد الآزوتية على طول جزيئة الـ ADN.

خلاصة:

تتماثل بنية جزيئة الـ ADN عند جميع أنواع الكائنات الحية، لكن تختلف فيما بينها في نسبة و ترتيب القواعد الآزوتية (مما يؤدي إلى اختلاف معلوماتها الوراثية).

النشاط 4: الطبيعة الكيميائية للمورثة

وضعية الإنطلاق: تمكن العلماء منذ الثمانينات من زرع قطع من الـ ADN مأخوذة من نواة نوع من الكائنات الحية (معطي) في نواة نوع آخر من الكائنات الحية (مستقبل). تدعى هذه العملية بـ"**الإستيلاد**" أو "**التحويل الوراثي**" La transgénèse

الإشكالية: كيف تتم هذه العملية؟

التقصي:

1- تجربة التحويل الوراثي (الإستيلاد): الوثيقة 1 ص 109

تم عزل قطعة من الـ ADN المسؤولة عن إنتاج هرمون النمو عند الجرذ، ثم تمّ حقنها (بواسطة سحاحاة مجهرية) في النواة الأولية (البدئية) الذكرية لعدد من البويضات الملقحة لفأرة.

بعد التزاوج النووي (إتحاد النواتين الأوليتين الذكرية و الأنثوية)، تزرع البويضات الملقحة و المحولة وراثيا في أرحام إناث معالجة بالهرمونات لتحضيرها للحمل.

النتائج:

عند الوضع، تم الحصول على 4 فئران عادية صغيرة، و فأر واحد كبير و الذي هو فأر محوّل وراثيا.

تحليل النتائج:

- ظهور الفئران العادية الصغيرة راجع إلى عدم نجاح تجربة الإستيلاد لديهم، نظرا لعدم إندماج قطعة الـ ADN المسؤولة عن إنتاج هرمون النمو في ADN هذه الحيوانات.

- ظهور الفأر الكبير راجع إلى نجاح تجربة الإستيلاد لديه، نظرا لإندماج قطعة الـ ADN المسؤولة عن إنتاج هرمون النمو في ADN هذا الحيوان المستقبل، و قيامها بوظيفتها (إنتاج هرمون النمو).

يدعى هذا الفأر بـ"**فأر محوّل وراثيا**" Souris transgénique

تنبيه: نسبة نجاح تجربة الإستيلاد ضعيفة (حوالي 10 %)، فنجاحها يتوقف على النشاط الداخلي للخلية المستقبلة و الذي لا يمكن التحكم فيه حتما.

استنتاج:

الـ ADN هو دعامة المعلومة الوراثية، و هذا عند جميع الكائنات الحية.

2- تقنية البصمات الوراثية: Empreintes génétiques

في الثمانينات، تمّ وضع تقنية خاصة لمقارنة مختلف عينات الـ ADN المستخلصة من خلايا أفراد مختلفة (خاصة للكشف عن مرتكبي الجرائم، و في حالات تحديد القرابة...)، حيث تظهر المعلومات الوراثية على شكل أشرطة سوداء ذات توضع مميز.

مقارنة البصمات الوراثية للفئران الناتجة عن تجربة التحويل الوراثي بالبصمات الوراثية للجرذ المعطي و الفأر المستقبل: الوثيقة 3 ص 110

تعتبر الفئران 1، 2 و 3 أبناء الشاهد 1، حيث نجد لديهم بعض الأشرطة توافق الأشرطة الموجودة عند الشاهد 1، و أشرطة أخرى غير موجودة عند الشاهد 1 (مصدرها أب هذا الجيل، أي الفأر الذي أعطى النطاف).

في حين يتميز الفأر 4 بوجود شريط سميك (مشار إليه بسهم) لا نجده إلا عند الجرذ المعطي، فهو يوافق قطعة الـ ADN التي تحصل عليها أثناء عملية الإستيلاد، و التي أكسبته صفة القدرة على صنع هرمون النمو.

3 – دراسة التتابع النوكليوتيدي في مورثات مختلفة:

استغلال الوثيقة 4 ص 111:

تبيّن الوثيقة 4 قطع من الـ ADN موافقة لمورثات مختلفة.

عند المقارنة بين قطع الـ ADN، نلاحظ أنها تختلف عن بعضها البعض في عدد و تتابع النوكليوتيدات، و في العلاقة النسبية لمختلف القواعد الآزوتية.

استنتاج:

المورثة هي قطعة من الـ ADN تحمل معلومات وراثية يحدّدها عدد و ترتيب النوكليوتيدات فيها.

خلاصة:

تحتوي جميع الكائنات الحية على معلومات وراثية مسؤولة عن ظهور الصفات الوراثية.

توجد المعلومات الوراثية في المورثات التي هي قطع من الـ ADN تتضمن تتابع دقيق لنوكليوتيدات معينة.

مع تحيات الأستاذة ب. نورة

ثانوية ..... المستوى: 2 ع ت الأستاذة: ب..... نورة

المجال 3: أسس التنوع البيولوجي

وضعية الإنطلاق:

يتم الحفاظ على ثبات الطابع النووي و الصيغة الصبغية للنوع خلال الأجيال المتعاقبة بحدوث التكاثر الجنسي، و ذلك بفضل ظاهرتين متكاملتين هما: تشكل الأعراس و الإلقاح.

الإشكالية:

كيف يسمح التكاثر الجنسي بالحفاظ على ثبات الطابع النووي و الصيغة الصبغية للنوع ؟ و كيف يساهم في التنوع الوراثي لأفراد النوع الواحد؟

الوحدة 1: آليات انتقال الصفات الوراثية

وضعية الإنطلاق:

تتشابه أفراد النوع الواحد (الناتجة عن التكاثر الجنسي) في العديد من الصفات الوراثية (الصفات المميزة للنوع)، و تختلف في صفات وراثية أخرى (الصفات المميزة للفرد)، و هذا نتيجة إعادة تركيب أليلات مختلف المورثات.

لا يوجد تماثل وراثي إلا عند التوأم الحقيقي.

الإشكالية:

- ما هو دور الإنقسام المنصف و الإلقاح في تنوع التراكيب الآليلية؟
- كيف يمكن تفسير تنوع التراكيب الآليلية عند أفراد النوع الواحد؟

النشاط 1: الإنقسام المنصف (ميوز Méiose)

وضعية الإنطلاق:

تتميز الخلايا الجسمية لأفراد النوع الواحد بصيغة صبغية ثنائية ثابتة (2ن)، و لا يمكن تفسير ذلك إلا بكون الأعراس أحادية الصيغة الصبغية (ن)، أي تحتوي على نصف عدد الصبغيات المميز للنوع.

يتم تشكل هذه الخلايا أحادية الصيغة الصبغية بفضل الإنقسام المنصف.

الإشكالية:

ما هي مراحل الإنقسام المنصف و مميزاتها، و ما هو دور هذا الإنقسام في تطور عدد الصبغيات؟

دراسة الإنقسام المنصف:

يحدث الإنقسام المنصف أثناء تشكل الأعراس (الأمشاج)، و هو عبارة عن انقسامين خيطيين متتاليين، الأول "إختزالي" و الثاني "متساوي"، لا تفصل بينهما مرحلة بينية.

مثال: الإنقسام المنصف أثناء تشكل النطاف.

I - الإنقسام الخيطي الإختزالي: (الإنقسام I)

1- المرحلة التمهيدية I: P_I

مرحلة طويلة و معقدة، يحدث فيها ما يلي:

- يتكون جسيمان كوكبيان (انطلاقا من الجسيم المركزي الذي تضاعف عند نهاية المرحلة البينية).
- يزول الغشاء النووي و النوبات، تدريجيا.
- يتشكل المغزل اللالوني.
- تتمايز الصبغيات و تنشطر طوليا. (الإنشطار الطولي ناتج عن تضاعف الـ ADN،و بالتالي الليف النووي، في المرحلة البينية).
- يتوضع كل صبغيان متماثلان و منشطران قرب بعضهما، و يلتفان مشكلان "رباعية" Tetrade (أي مجموعة من 4 كروماتيدات). و قد يحدث تبادل قطع متشابهة بين الصبغيين الملتفين (ظاهرة العبور).
- عند نهاية هذه المرحلة، تكون الرباعيات متوضعة بصورة عشوائية على الألياف الصبغية للمغزل اللالوني.

2- المرحلة الإستوائية I: M_I

تتوضع الرباعيات في المنطقة الإستوائية للمغزل اللالوني (حيث تتوضع كل رباعية على ليف واحد من المغزل)، مشكلة "شبه لوحة إستوائية".

3- المرحلة الإنفصالية I: A_I

- ينفصل صبغيي كل رباعية (دون أن تنقسم الأجزاء المركزية للصبغيات)، و يهاجر كل منهما نحو أحد قطبي الخلية. إذن، هنا لا تنفصل كروماتيدتا الصبغي المنشطر، فيحدث صعود قطبي لـ ن صبغي منشطر نحو كل قطب من قطبي الخلية.
- يرافق الصعود القطبي، قصر الألياف الصبغية للمغزل اللالوني.
- عند نهاية هذه المرحلة، يبدأ ظهور اختناق في منتصف الخلية، استعدادا لإنقسام السيتوبلازم.

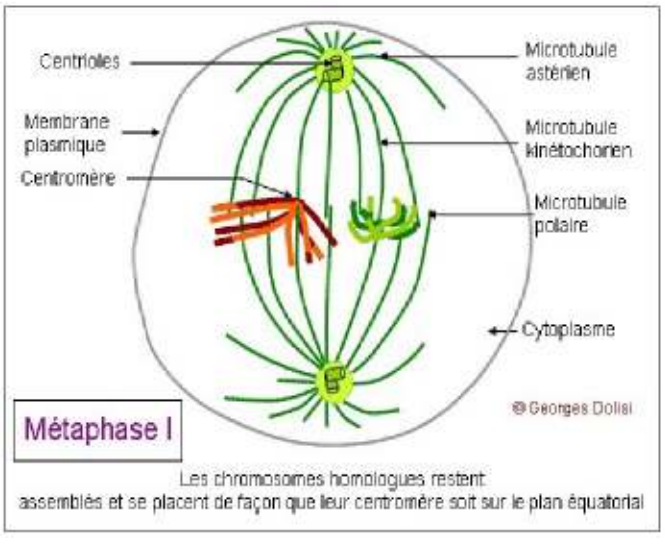
4- المرحلة النهائية I: T_I

- يختفي المغزل اللالوني، و يعاد تشكيل الغشاء النووي خول كل مجموعة من الصبغيات المنشطرة، لكن بشكل مؤقت.
- ينقسم السيتوبلازم، حيث يزداد عمق الإختناق في وسط الخلية، فتنقسم الخلية الأم (خلية منوية من الدرجة I) ذات 2ن صبغي منشطر إلى خليتين بنتين (خليتين منويتين من الدرجة II)، لكلّ منهما ن صبغي منشطر.

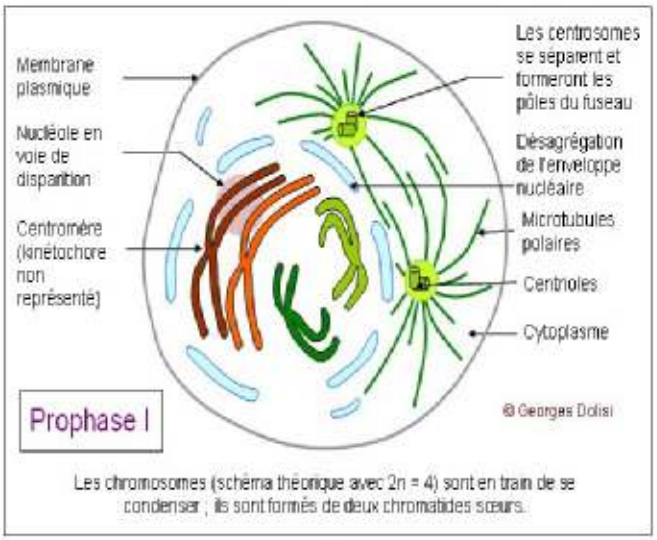
تنبيه: أثناء تشكل النطاف، تكون الخليتان الناتجتان متساويتين في الحجم، لكن أثناء تشكل البويضات، تكون إحدى الخليتين الناتجتين كبيرة الحجم (خلية بويضية من الدرجة II)، بينما تكون الخلية الثانية صغيرة الحجم (كرية قطبية 1).

عند نهاية هذا الإنقسام الأول، يصبح لكل خلية بنت ن صبغي منشطر، أي نصف العدد الصبغي الذي كان موجودا في الخلية الأم، لهذا يقال عن هذا الإنقسام أنه "إختزالي".

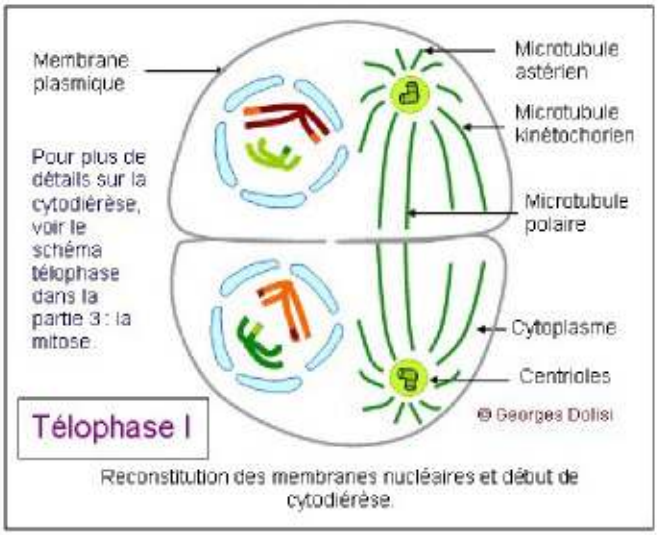
الإنقسام المنصّف



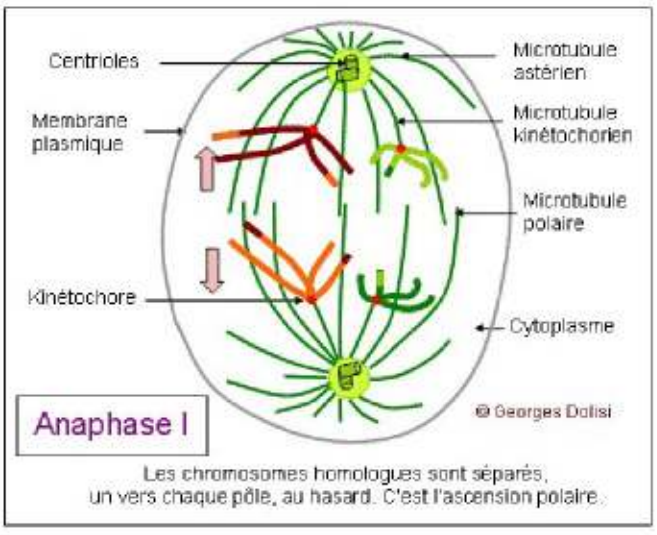
Les chromosomes homologues restent assemblés et se placent de façon que leur centromère soit sur le plan équatorial



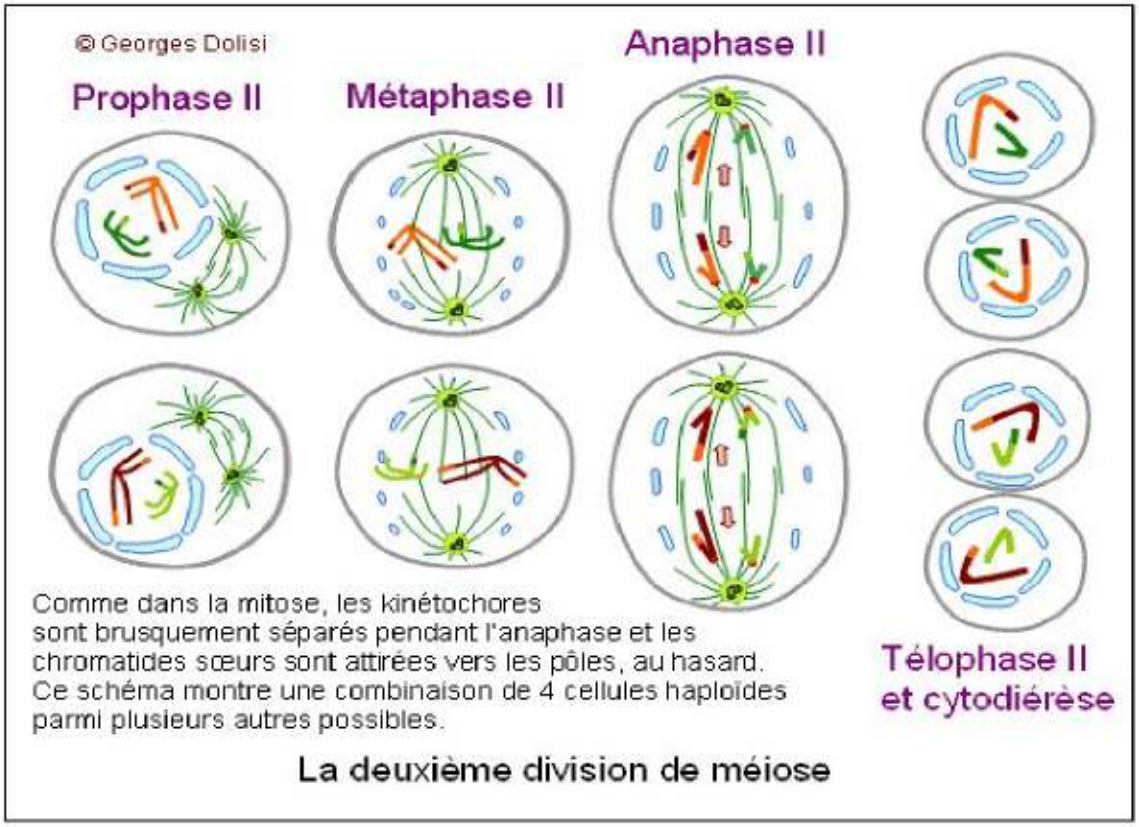
Les chromosomes (schéma théorique avec 2n = 4) sont en train de se condenser ; ils sont formés de deux chromatides sœurs.

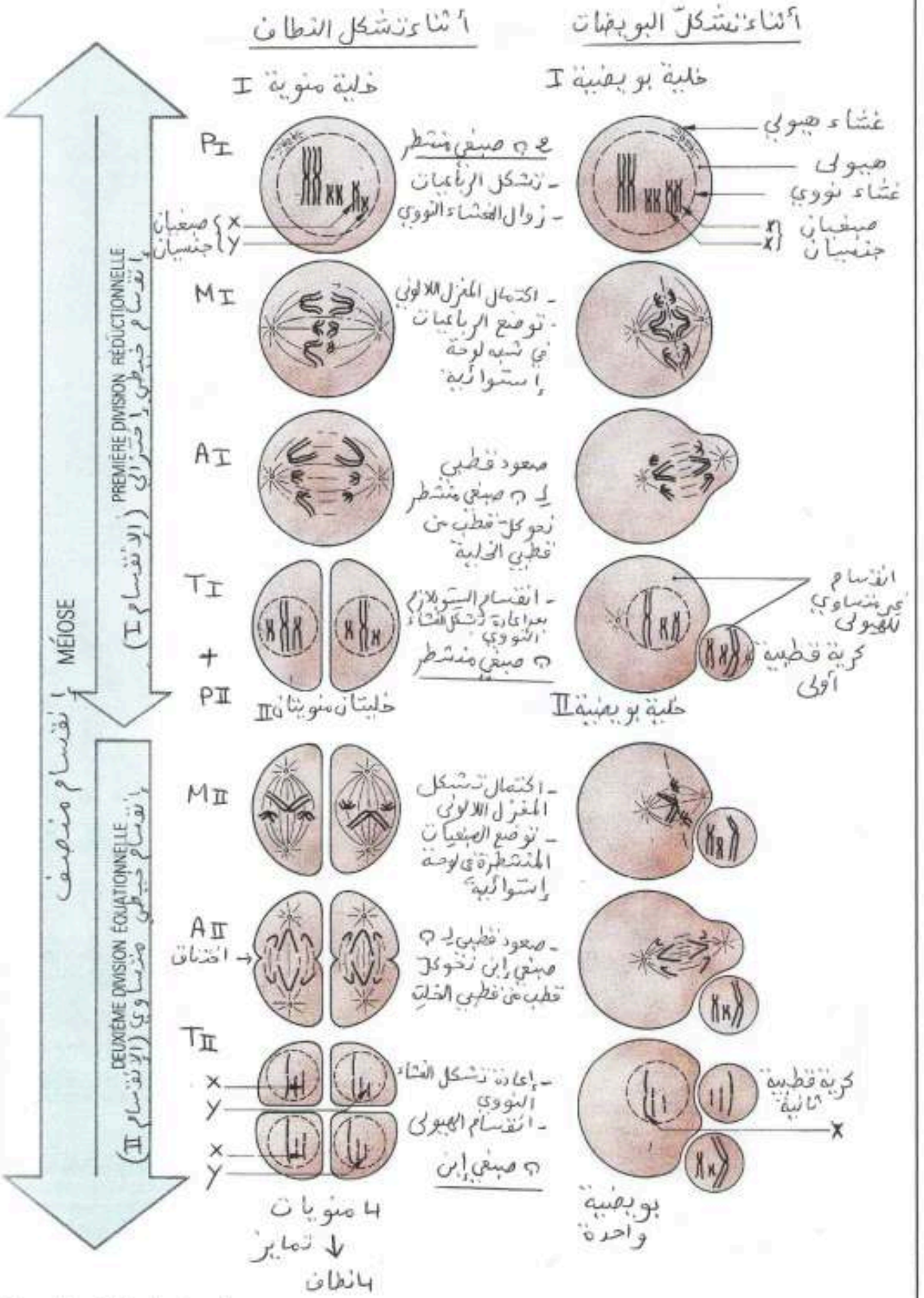


Reconstitution des membranes nucléaires et début de cytodiérèse.



Les chromosomes homologues sont séparés, un vers chaque pôle, au hasard. C'est l'ascension polaire.





د.ت : يبين مراحل الإنقسام المنصف أثناء تشكل الأمشاج (النطاف والبويضات)

II - الإنقسام الخيطي المتساوي: (الإنقسام II)

1- المرحلة التمهيدية II: P_{II}

مرحلة قصيرة جدا، و غالبا ما تدمج مع المرحلة النهائية I، إذ يصعب التمييز بينهما.
خلال المرحلة التمهيدية II، يتضاعف الجسيم الكوكبي، يختفي الغشاء النووي، و يعاد تشكيل المغزل اللالوني.

2- المرحلة الإستوائية II: M_{II}

تتوضع الصبغيات المنشطرة في المستوى الإستوائي للمغزل اللالوني، مشكلة "لوحة إستوائية".

3- المرحلة الإنفصالية II: A_{II}

تنقسم الأجزاء المركزية للصبغيات فتنفصل كروماتيدتا كل صبغي، و تهاجر كل منهما (أي كل صبغي إبن) نحو أحد قطبي الخلية. إذن، يحدث صعود قطبي لـ ن صبغي إبن نحو كل قطب من قطبي الخلية.
عند نهاية هذه المرحلة، يبدأ ظهور اختناق في وسط الخلية استعدادا لإنقسام السيتوبلازم.

4- المرحلة النهائية II: T_{II}

- يختفي المغزل اللالوني و يعاد تشكيل الغشاء النووي حول كل مجموعة من الصبغيات الأبناء.

- ينقسم السيتوبلازم، فتعطي كل خلية خليتين لكل منهما ن صبغي إبن.

عند نهاية هذا الإنقسام الثاني، يصبح لكل خلية بنت ناتجة عنه ن صبغي إبن، أي نفس العدد الصبغي الذي كان موجودا في الخلية الأم، لهذا يقال عن هذا الإنقسام أنه "متساوي". الهدف من حدوث هذا الإنقسام الثاني هو اختزال كمية الـ ADN من "ك" إلى " ½ ك".

خلاصة:

إنطلاقا من خلية ذات 2ن صبغي نتحصل، بفضل الإنقسام المنصف، على 4 خلايا ذات ن صبغي و ½ ك ADN

أهمية الإنقسام المنصف:

1- يسمح باختزال كل من العدد الصبغي و كمية الـ ADN أثناء تشكل الأعراس، لغرض الحفاظ على ثباتهما خلال أجيال الأفراد.

نطفة +	بويضة --------	إلقاح -------->	بيضة ملقحة --------->	جنين ---------->	فرد
ن	ن		2ن	2ن	2ن
½ ك	½ ك		ك	ك	ك

2- يسمح بفصل الصبغيين الجنسيين عن بعضهما، فتحتوي النطفة إما على الصبغي X و إما على الصبغي Y، أما البويضة، فتحتوي دائما على صبغي X واحد.

نطفة +	بويضة --------	إلقاح -------->	بيضة ملقحة --------->	جنين ---------->	فرد
X	X		XX	XX	أنثى
Y	X		XY	XY	ذكر

دور الإنقسام المنصف في التنوع الوراثي عند أفراد النوع الواحد:

أ – الإختلاط بين الصبغي: Brassage inter-chromosomique

لتكن لدينا خلية منوية من الدرجة I (2ن = 4)، و التي يطرأ عليها إنقسام منصف في أنبوب منوي، في الخصية.

نجد في هذه الخلية 3 أزواج من الأليلات (س سـ ، ص صـ ، ع عـ)، محمولة على زوجين مختلفين من الصبغيات، بحيث تكون المورثتان (س) و (ع) مرتبطتين (أي محمولتين على نفس الزوج من الصبغيات)، بينما تكون المورثة (ص) محمولة على زوج آخر من الصبغيات، كما هو موضح في الوثيقة 2 ص 126.

تحليل الوثيقة 2 ص 126:

انطلاقا من هذه الخلية المنوية I، نتحصل على 4 أنماط من الأمشاج بنفس النسبة (أي 4 × 25 %)، و هذا راجع إلى حدوث توزع عشوائي للصبغيات خلال المرحلة الإنفصالية I من الإنقسام المنصف.

إستنتاج:

أثناء تشكل الأمشاج، تفترق الصبغيات المتماثلة عشوائيا، بحيث تحتوي كل خلية ناتجة عن الإنقسام المنصف على صبغي أو آخر من كل زوج من الصبغيات. تدعى هذه العملية بـ**الإختلاط بين الصبغي**.

أهمية ظاهرة الإختلاط بين الصبغي:

يسمح التوزع العشوائي للصبغيات بزيادة عدد التراكيب الصبغية (التوليفات combinaisons) الممكنة، و بالتالي التنوع الوراثي لأمشاج الفرد.

ب – الإختلاط داخل الصبغي: Brassage intra-chromosomique

مثال: عند فطر السوردايا Sordaria macrospora

السوردايا عبارة عن فطر مجهري يشكل **مشيجة** Mycélium مكونة من خيوط متفرعة تدعى **الخيوط المشيجية** Filaments mycéliens و التي تبدي بينها تراكيب غالبا ما تكون ملونة هي **الثمار البوغية** Périthèce ، و التي تحتوي على **أكياس بوغية** Asques بها **أبواغ** Spores.

يتكون كل خيط مشيجي من صف من الخلايا أحادية الصيغة الصبغية (ن = 7)، تنقسم بالميتوز.

دورة حياة السوردايا:

عند التكاثر، يتحد خيطان مشيجيان، فتندمج خلية ذات "ن صبغي" من الخيط الأول مع خلية ذات "ن صبغي" من الخيط الثاني، فتشكلان خلية واحدة ذات نواتين أحاديتي الصيغة الصبغية (ن + ن).

تتكاثر الخلية ذات نواتين بالإنقسام الخيطي المتساوي (ميتوز)، مما يؤدي إلى تشكل ثمرة بوغية.

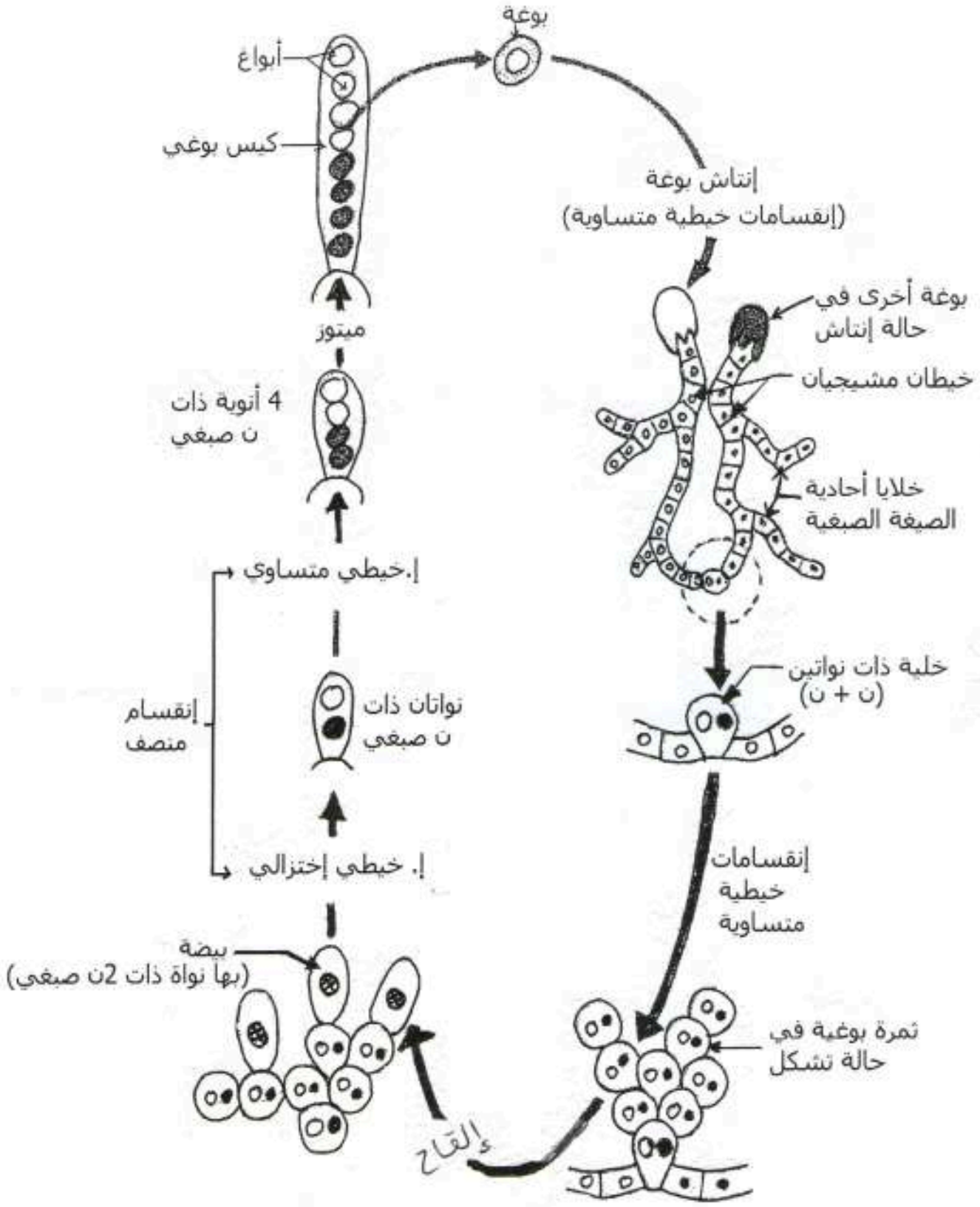
يحدث في بعض الخلايا المكونة للثمرة البوغية إتحاد النواتين، أي يحدث **إلقاح**، فتتحول هذه الخلية إلى **بيضة** (زيغوت Zygote) بها نواة واحدة ذات 2ن صبغي (2ن = 14).

مباشرة بعد الإلقاح، تمرّ هذه **النواة** بإنقسام منصف، فتنتج 4 أنوية ذات "ن صبغي". ثم يتبع الإنقسام المنصف بإنقسام خيطي متساوي (ميتوز) مما يؤدي إلى تشكل 8 أنوية ذات "ن صبغي".

إذن، ينتج عن الزيغوت خلية طويلة ذات 8 أنوية أحادية الصيغة الصبغية.

بعد ذلك، ينقسم السيتوبلازم، و يتشكل جدار خلوي حول كل نواة، فتتشكل 8 أبواغ ذات "ن صبغي"، متجمعة داخل كيس بوغي.

عند نضج الكيس البوغي، تتحرّر الأبواغ، و بوجود وسط ملائم تنتش الأبواغ معطية فطر جديد أحادي الصيغة الصبغية.



ر.ت. يبيّن دورة حياة فطر السورداريا

تجربة: ص 127

نصالب بين سلالتين من فطر سورداريا تختلفان عن بعضهما بصفة واحدة (لون الأبواغ): إحداهما ذات أبواغ صفراء، و الأخرى ذات أبواغ سوداء.

يعود لون الأبواغ عند هذا الفطر إلى تعبير مورثة لها أليلين مختلفين، حيث يحدد الأليل (ص) اللون الأصفر للأبواغ، بينما يحدد الأليل (س) اللون الأسود للأبواغ.

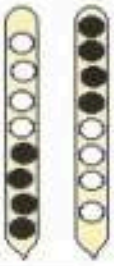
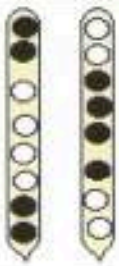
الأبواغ أحادية الصيغة الصبغية، تعبر مباشرة بنمطها الظاهري عن نمطها الوراثي.

في التجربة، تعالج سلالتي الفطر لمنع حدوث إلقاح بين خيطين مشيجيين من نفس السلالة.

النتائج: الوثيقة 3 ص 127

نتحصل على 6 أنواع من الأكياس البوغية، يحتوي كل منها على 8 أبواغ.

يمكن تصنيف هذه الأكياس البوغية ضمن 3 أنماط: 4/4 ، 2/4/2 ، 2/2/2/2 .

		
النمط 4/4	النمط 2/4/2	النمط 2/2/2/2

أنماط الأكياس البوغية المحصل عليها عند مصالبة سلالتين من السورداريا.

تفسير تشكل الأكياس البوغية من النمطين 2/2/2/2 و 4/4:

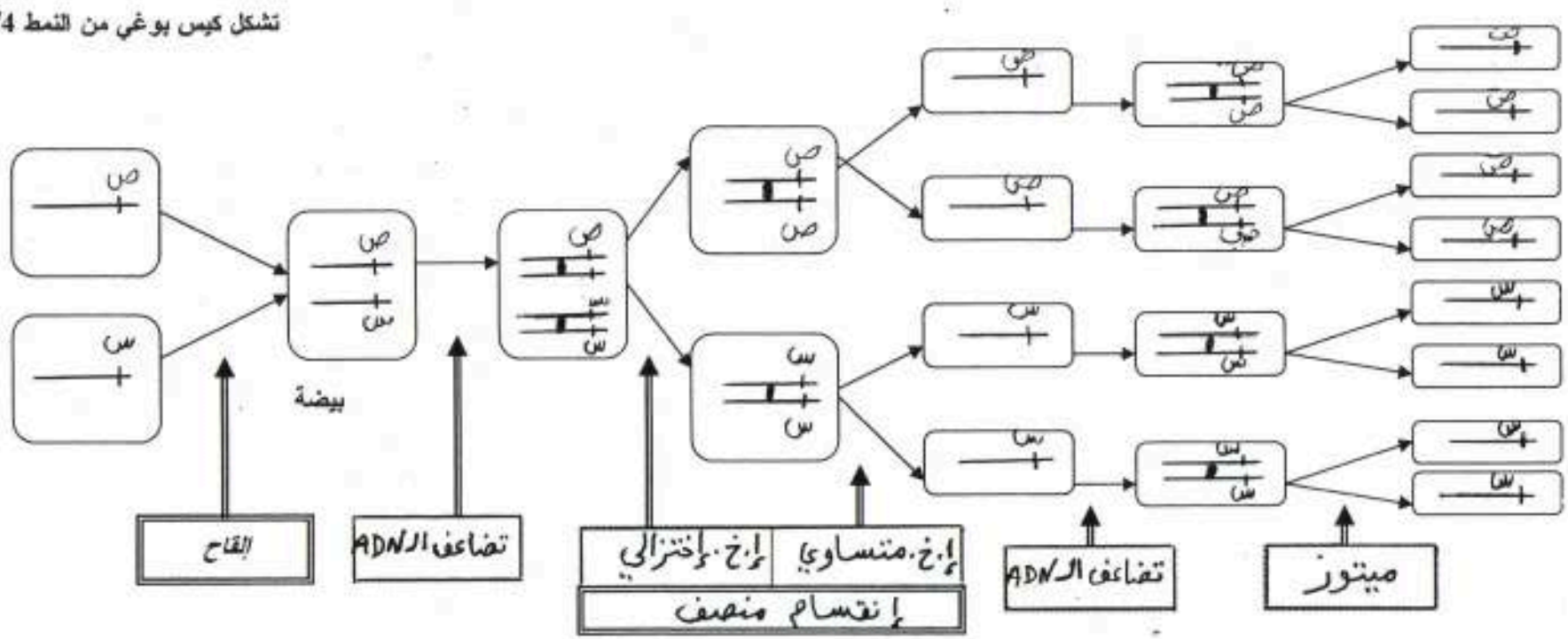
أنظر الرسم في الصفحة الموالية.

- يعود تشكل الأكياس البوغية من النمط 2/2/2/2 إلى حدوث اختلاط داخل-صبغي في المرحلة التمهيدية I من الإنقسام المنصف، أثناء تشكل الرباعيات الكروماتيدية، حيث تمّ تبادل قطع متماثلة بين الصبغيات المتماثلان في منطقة تدعى "**منطقة التصالب**" Chiasma، و ذلك بظاهرة "**العبور**". تسمح ظاهرة العبور بظهور تراكيب وراثية جديدة، إذ يتم بفضلها تبادل الأليلات بين الصبغيين المتماثلين.
- في حالة الأكياس البوغية من النمط 4/4 لم يحدث اختلاط داخل-صبغي في المرحلة التمهيدية I من الإنقسام المنصف، نظرا لعدم حدوث العبور.

استنتاج عام:

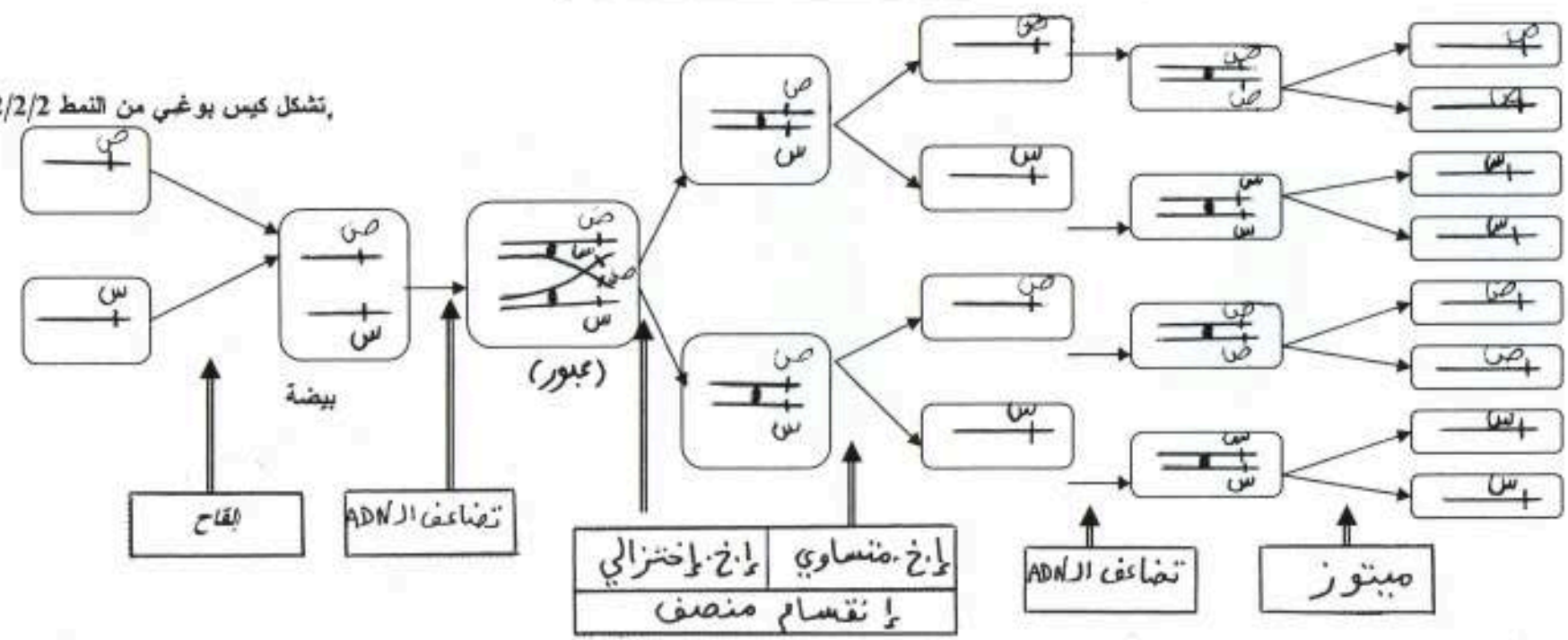
يزداد عدد التراكيب الصبغية للأمشاج أثناء الإنقسام الإختزالي للإنقسام المنصف، حيث تفترق الصبغيات المتماثلة عشوائيا من جهة، و قد يحدث تبادل قطع كروماتيدية بين الصبغيات المتماثلة من جهة أخرى، مما يؤدي إلى إنتاج أمشاج متنوعة وراثيا.

تشكل كيس بوغي من النمط 4/4

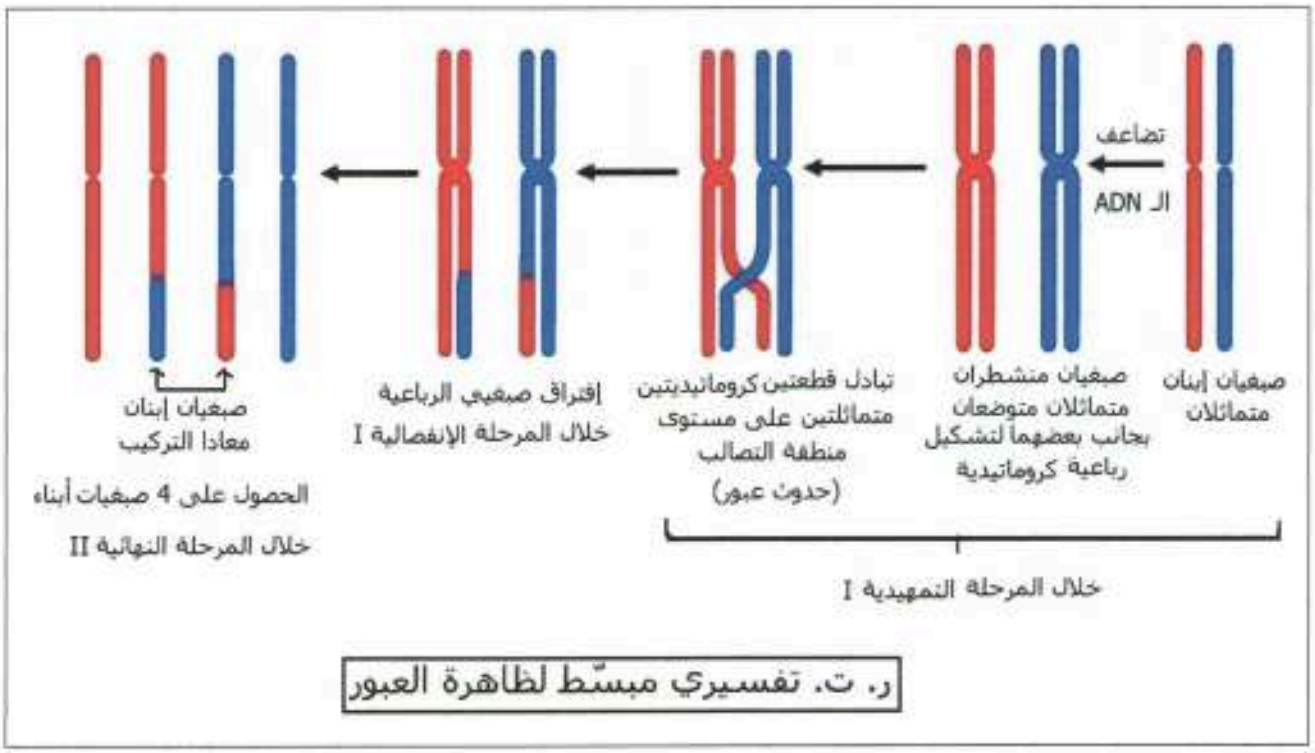


كيس بوغي به
8 أبواغ

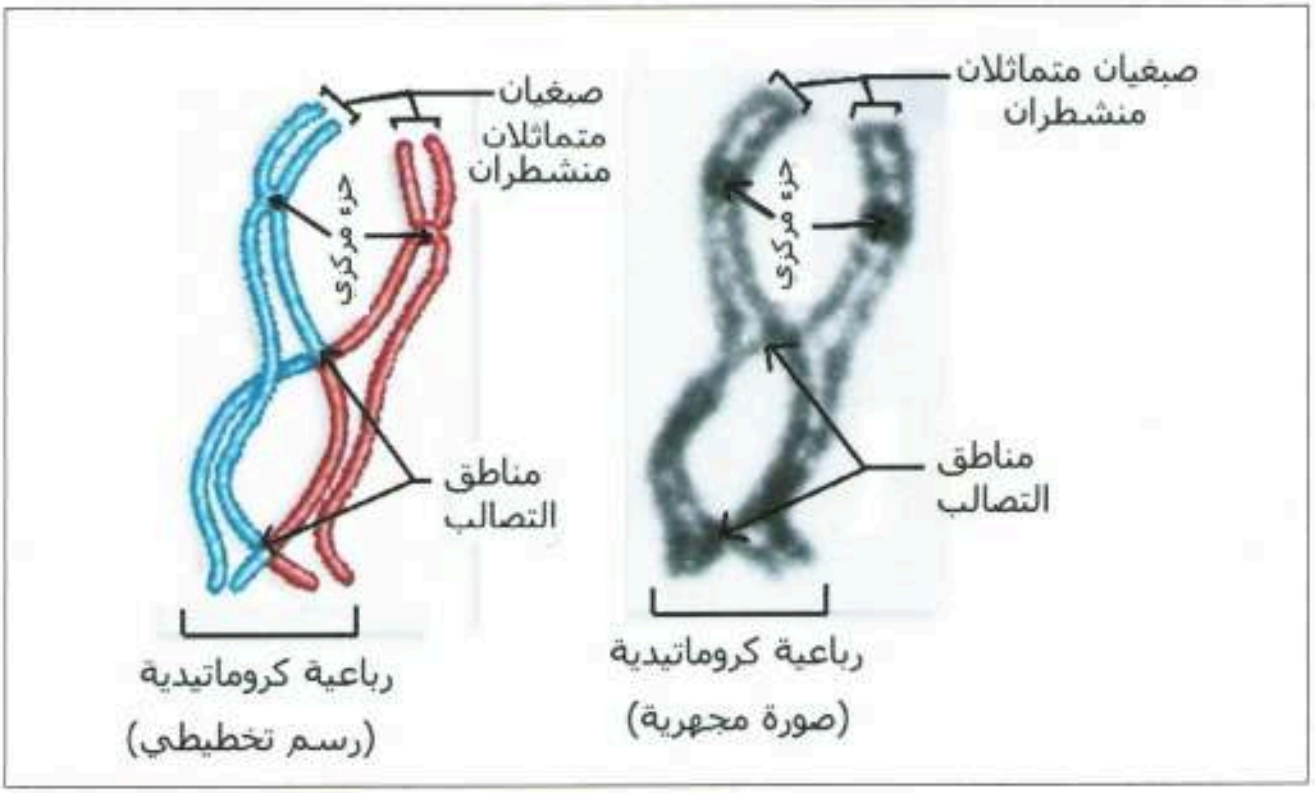
تشكل كيس بوغي من النمط 2/2/2/2,



كيس بوغي به
8 أبواغ



ر. ت. تفسيري مبسّط لظاهرة العبور



النشاط 2 : الإلقاح

وضعية الإنطلاق:

الإلقاح هو إتحاد مشيج ♂ مع مشيج ♀ لإعطاء بيضة ملقحة (مخصّبة) ثنائية الصيغة الصبغية. و بما أنّ الأمشاج مختلفة وراثيا (نتيجة الإختلاط بين- الصبغي و الإختلاط داخل- الصبغي)،فإنّ البويضات المخصّبة و الأفراد الناتجة عن هذا الإلقاح تكون مختلفة فيما بينها في تراكيبها الأليلية، و بالتالي تكون مختلفة في صفاتها الوراثية.

الإشكالية: ما هو دور الإلقاح في تنوع التراكيب الأليلية؟

التقصي:

مصدر تنوع التراكيب الأليلية: الوثيقة 1 ص 129

تجربة: نجري تصالبا بين سلالتين نقيتين من القئران تختلفان عن بعضهما بصفتين:

- السلالة 1: ذات وبر داكن و متجانس
- السلالة 2: ذات وبر فاتح و غير متجانس (به بقع بيضاء و سوداء غير منتظمة)

فنتحصل في الجيل الأوّل ($ج_1$) على فئران كلها ذات وبر فاتح و متجانس.

ثمّ نصالب أفراد الجيل الأوّل فيما بينها، فنتحصّل على جيل ثاني ($ج_2$) مكوّن من:

56,25 % فئران ذات وبر فاتح و متجانس

18,75 % فئران ذات وبر فاتح و غير متجانس

18,75 % فئران ذات وبر داكن و متجانس

6,25 % فئران ذات وبر داكن و غير متجانس

التفسير:

- تمّ التصالب بين سلالتين نقيتين تختلفان فيما بينهما بصفتين، فهي حالة هجونة ثنائية.
- من نتائج $ج_1$ نستنتج أنّ:

* أليل الوبر الفاتح سائد على أليل الوبر الداكن
* أليل الوبر المتجانس سائد على أليل الوبر غير المتجانس

إذن لدينا حالة هجونة ثنائية بسيادة لصفتين.

- الأبوان من سلالتين نقيتين ⇐ $ج_1$ موحّد الشكل و هجين ⇐ تحقّق القانون الأوّل لمندل.
- تحصلنا في $ج_2$ على 4 أنماط ظاهرية بالنسب التالية: 56,25 %، 18,75 %، 18,75 %، 6,25 %، حيث ظهرت في هذا الجيل التراكيب الأبوية، كما ظهرت تراكيب جديدة (غير أبوية)، دليل على أنّ الأليلات المدروسة تنتقل بصورة **مستقلّة** (تحقّق القانون الثالث لمندل).

التفسير الصبغي للنتائج:

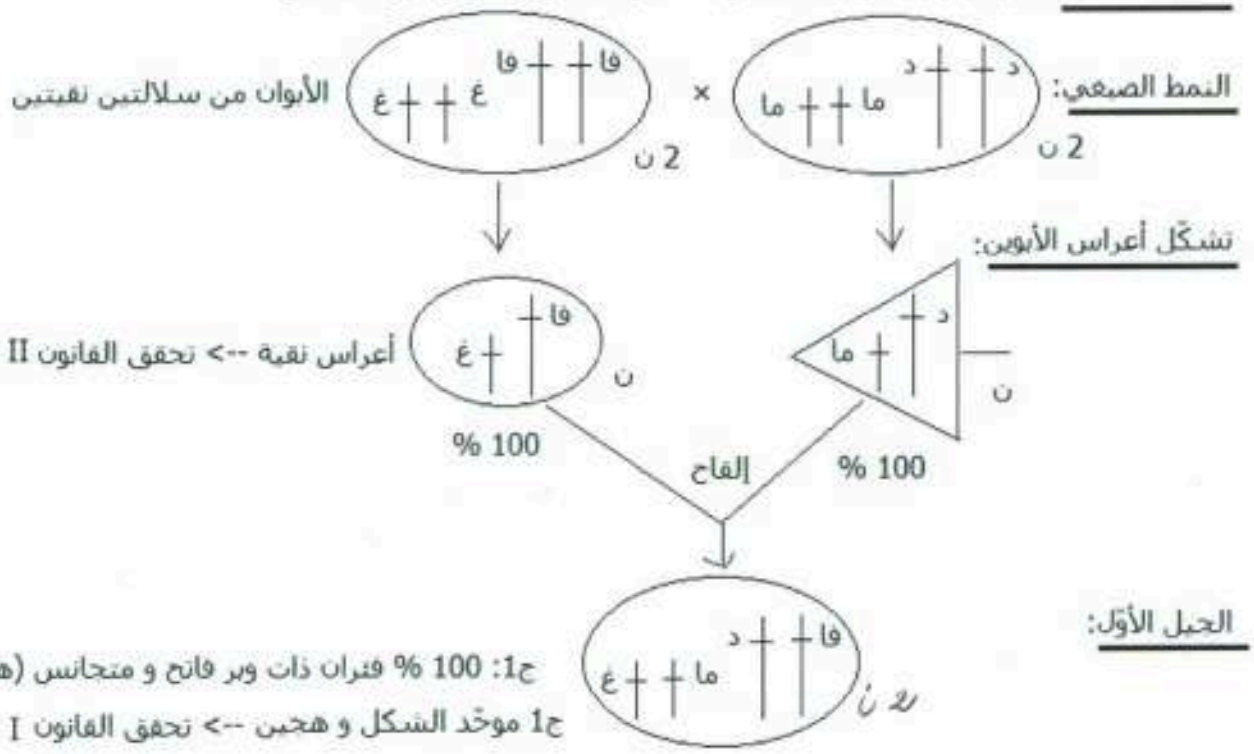
اختيار الرموز:

الوبر الفاتح : فا ، الوبر الداكن: د

الوبر المتجانس: ما ، الوبر غير المتجانس: غ

التفسير الصبغي لنتائج ج1:

النمط الظاهري: فأر ذو وبر داكن و متجانس × فأرة ذات وبر فاتح و غير متجانس



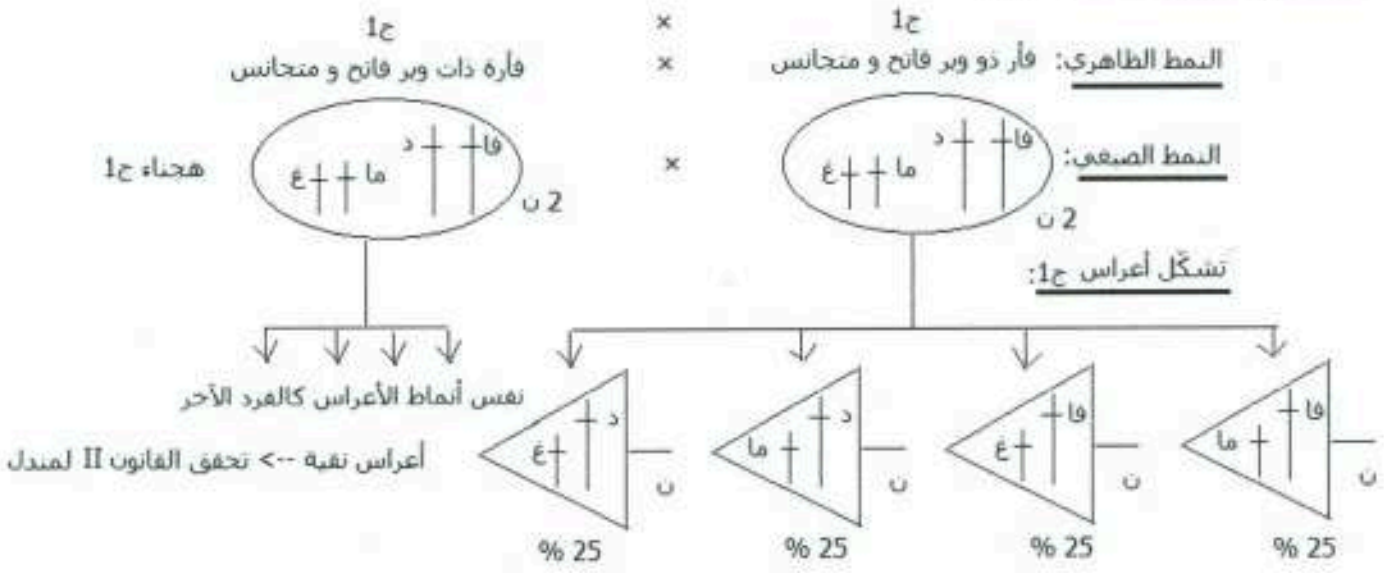
الأنماط التكوينية للأبوين:

الأب ذو الوبر الداكن و المتجانس: [د د ، ما ما] (نقي)

الأب ذو الوبر الفاتح و الغير متجانس: [فا فا ، غ غ] (نقي)

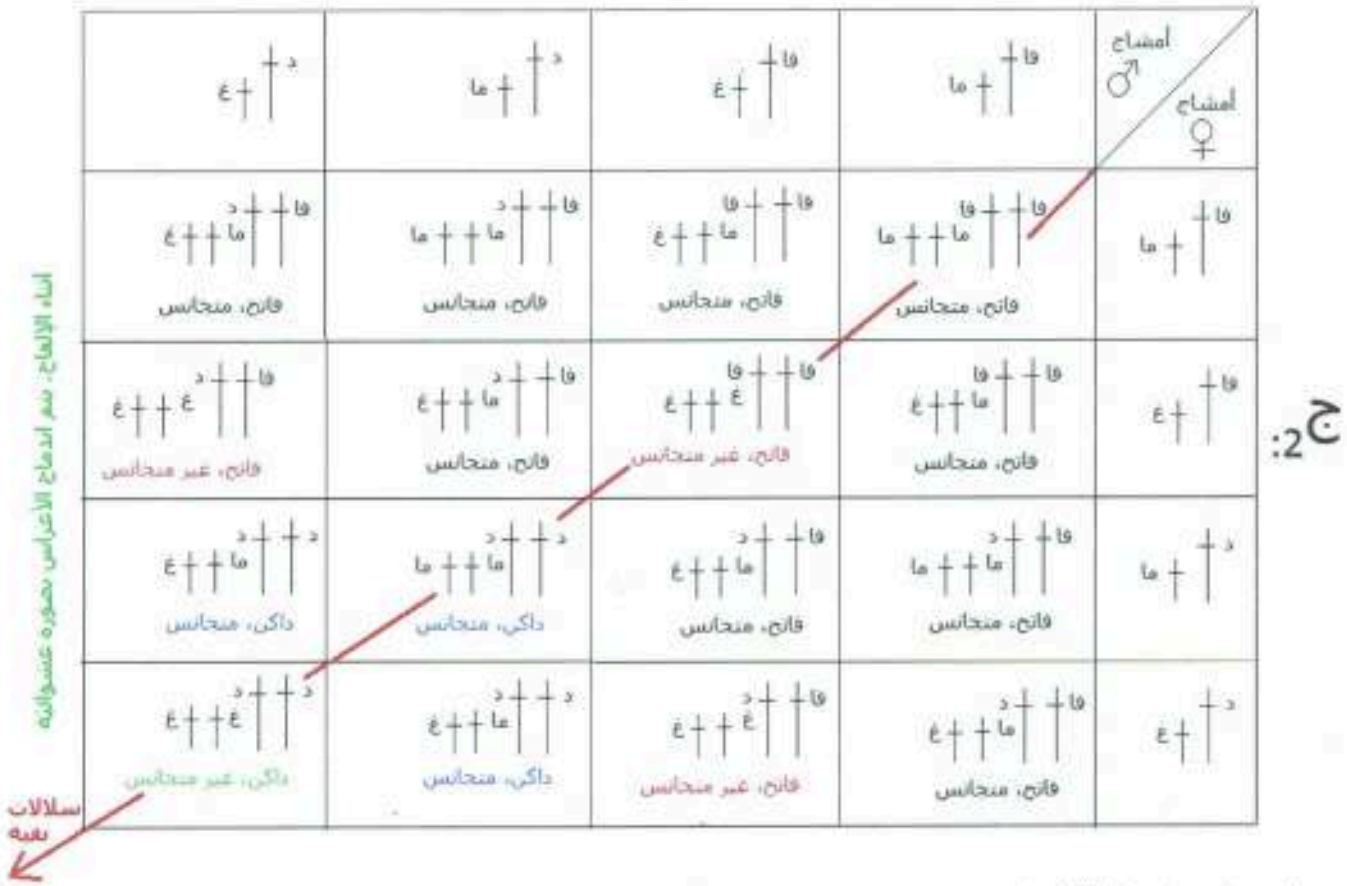
النمط التكويني لأفراد الجيل الأول ذات الوبر الفاتح و المتجانس: [فا د، ما غ] (هجينة)

التفسير الصبغي لنتائج ج2:



أثناء تشكّل أعراس هجناء ج1، تنفصل الأليلات بصورة عشوائيّة، و يحتوي كلّ عروس على أليل واحد من أليلي كلّ مورثة، لأن العروس يحتوي على صبغي واحد من كلّ زوج من الصبغيات المتماثلة.

جدول التصالب:



من الجدول، نلاحظ أنّ أفراد ج2 تتوزع كما يلي:
9 \ 16 أي ما يوافق 56,25 % فئران ذات وبر فاتح و متجانس، منها 1 \ 16 نقية (فا فا، ما ما)
3 \ 16 أي ما يوافق 18,75 % فئران ذات وبر فاتح و غير متجانس، منها 1 \ 16 نقية (فا فا، غ غ)
3 \ 16 أي ما يوافق 18,75 % فئران ذات وبر داكن و متجانس، منها 1 \ 16 نقية (د د، ما ما)
1 \ 16 أي ما يوافق 6,25 % فئران ذات وبر داكن و غير متجانس، نقية (د د، غ غ)

استنتاج:
يساعد الإلقاح على التنوع الوراثي للأفراد، بزيادة عدد التراكيب الآليليّة الممكنة.

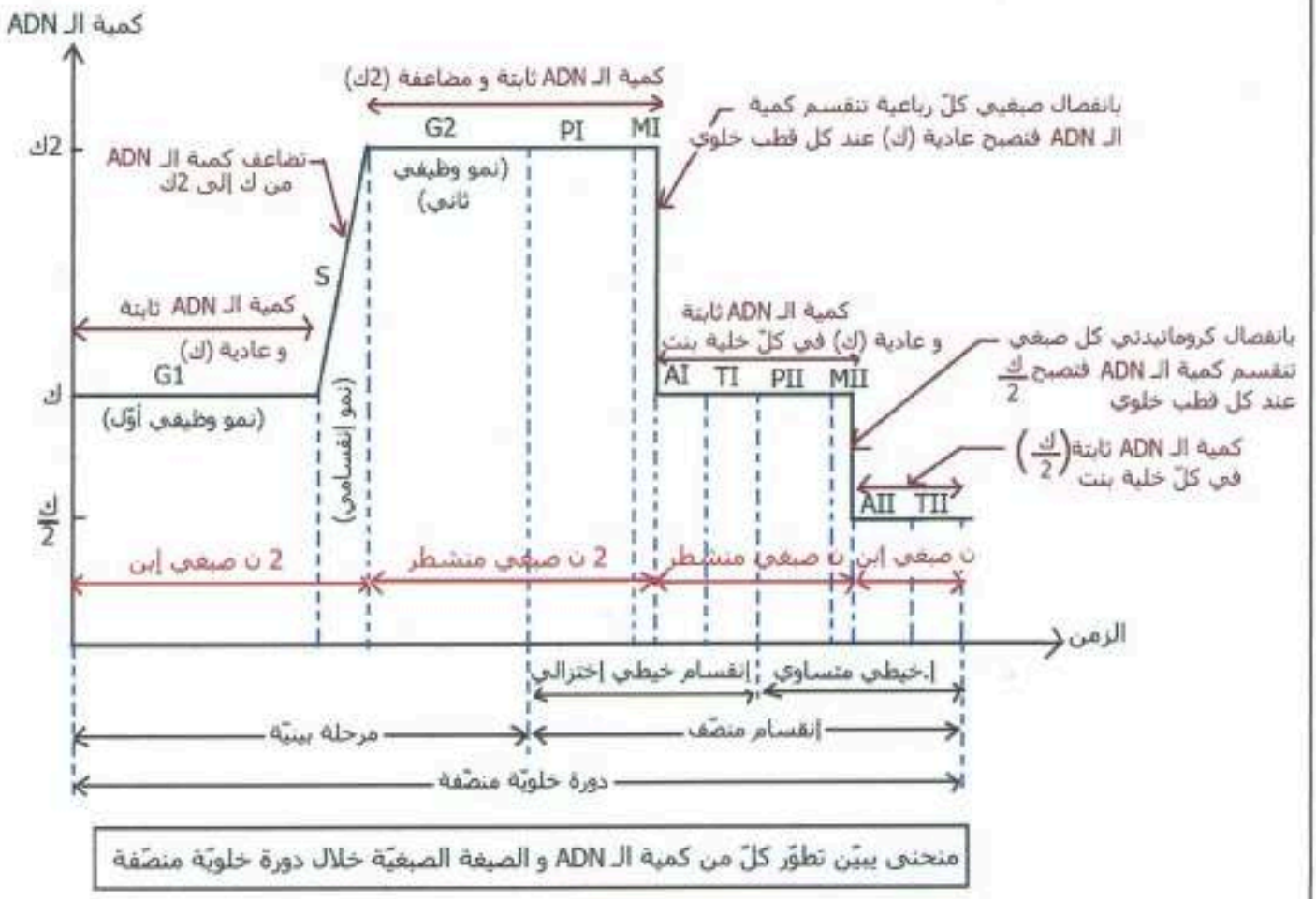
نصّ علمي: (دور كلّ من الإنقسام المنصّف و الإلقاح في التنوع الوراثي للأفراد)

يساهم كلّ من الإنقسام المنصّف و الإلقاح في التنوع الوراثي للأفراد، حيث:

- أثناء الإنقسام المنصّف يزداد عدد التراكيب الصبغيّة الممكنة لأمشاج الفرد، حيث تفترق الصبغيات المتماثلة بصورة عشوائيّة من جهة (إختلاط بين - صبغي)، و قد يحدث تبادل قطع كروماتيدية بين الصبغيات المتماثلة من جهة أخرى (إختلاط داخل - صبغي)، ممّا يؤدّي إلى إنتاج أمشاج مختلفة وراثيا.

- عند الإلقاح، ينتج عن الإلتقاء العشوائي للصبغيات الأبوية المتنوعة وراثيا، أفراد جديدة و فريدة من الناحية المورثيّة (الجينيّة).

تطوّركميّة الـ ADN خلال الإنقسام المنصّف:



منحنى يبيّن تطوّر كلّ من كمية الـ ADN و الصيغة الصبغيّة خلال دورة خلويّة منصّفة

إستنتاج:

عند الإنقسام الإختزالي (الإنقسام I من الإنقسام المنصّف)، تختزل الصيغة الصبغيّة من 2 ن إلى ن، و خلال الإنقسام المتساوي (الإنقسام II من الإنقسام المنصّف)، تختزل كميّة الـ ADN من ك إلى ك\2.
إذن، بفضل الإنقسام المنصّف، يصبح المشيج يحتوي على نصف الصيغة الصبغية (ن) و نصف كمية الـ ADN (ك\2).

تطبيق:

أكمل المنحنى السابق مبينا تطور كمية الـ ADN عند الإلقاح و عند تشكل أوّل خليتين للجنين، و موضحا بالرسم تطور الصبغيات خلال مختلف المراحل.

تضاعف الـ ADN

تجربة: تمّ زرع خلايا فتية لجذور السرخس في وسط ملائم يحتوي على تيميدين مشع (التيميدين نوكليوزيد يدخل في تركيب الـ ADN). ثمّ تمّ فحص الخلايا في أوقات مختلفة بالتصوير الإشعاعي الذاتي.

الملاحظة: أنظر الوثيقة 3 ص 130

الصورة "أ": تبيّن خلية بها نواة مشعة.

الصورة "ب": تبيّن خلية في المرحلة النهائية من الإنقسام الخيطي المتساوي، حيث تحتوي كلّ من الخليتين البنتين على نواة مشعة، لكن نسبة الإشعاع أقل (نصف) مما كانت عليه في الخلية الأمّ المبيّنة في الصورة "أ".

التحليل:

- يدلّ ظهور الإشعاع في نواة الخلية الأمّ على استعمال التيميدين المشع أثناء تضاعف الـ ADN خلال المرحلة S من المرحلة البينية.
- يدلّ ظهور الإشعاع في نواتي الخليتين البنتين على توزع الـ ADN (الذي تضاعف في المرحلة البينية) بالتساوي على الخليتين البنتين.

استنتاج:

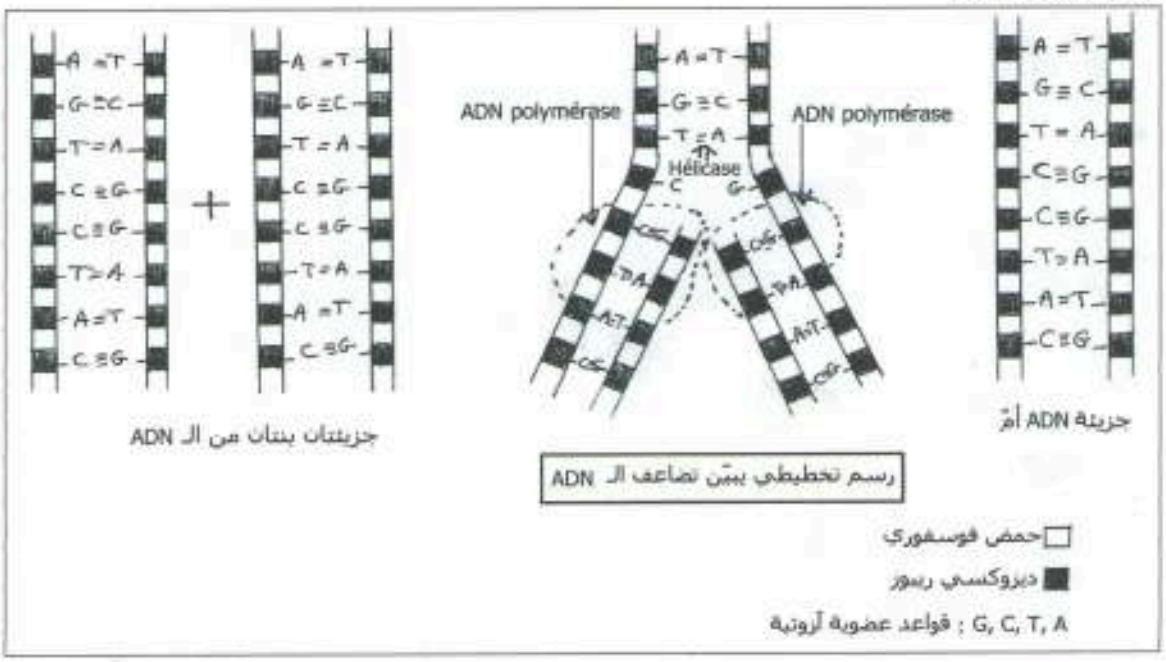
عند الإنقسام الخيطي المتساوي، يتم توزيع الـ ADN (المتضاعف في المرحلة البينية) بالتساوي بين الخليتين البنتين.

آلية تضاعف الـ ADN:

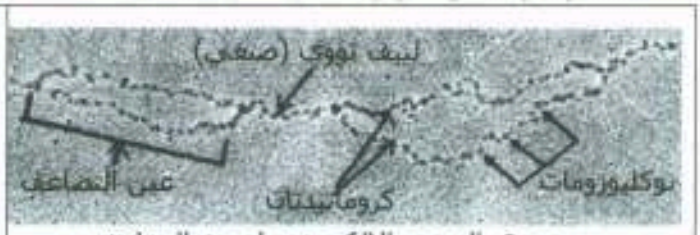
يتضاعف الـ ADN في النواة، قبل الإنقسام الخلوي، و بالتحديد في المرحلة S من المرحلة البينية.

يتطلّب تضاعف الـ ADN تدخل عوامل عديدة: أنزيمات، طاقة (ATP) و شوارد Mg^{2+}.

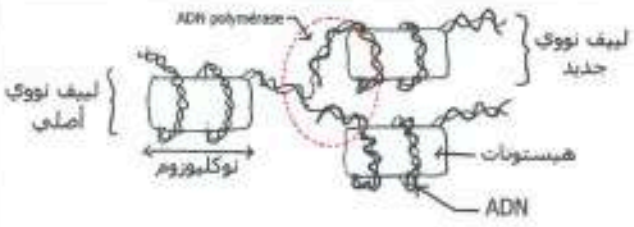
- تحت تأثير أنزيم Hélicase (أنزيم مزيل للإلتفاف الحلزوني)، تنكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد الآزوتية لسلسلتي الـ ADN، فيزول الإلتفاف الحلزوني للسلسلتين و تنفصلان عن بعضهما تدريجيا.
- تحت تأثير معقّد أنزيمي " ADN- بوليميراز" ADN polymérase (أنزيم تكثيف الـ ADN) يتمّ تشكيل سلسلة جديدة بجانب كلّ سلسلة قديمة، حيث تأتي النوكليوتيدات الحرّة الموجودة في العصارة النووية (و المكوّنة من حمض فوسفوري، ديزوكسي ريبوز و قاعدة عضوية آزوتية: A أو C أو G أو T)، و تصطف بجانب كل من سلسلتي الـ ADN، ثمّ ترتبط هذه بالقواعد الآزوتية التي أصبحت حرّة (بعد كسر الروابط الهيدروجينية)، مع احترام تكاملية القواعد الآزوتية: A مع T، و C مع G. بعد ذلك ترتبط النوكليوتيدات ببعضها البعض مشكّلة سلسلة.



- يبدأ تضاعف الـ ADN، في آن واحد، في نقاط عديدة من الليف النووي، فتظهر عدّة "عيون تضاعف". يرافق تضاعف الـ ADN تركيب هيستونات، فيرافق تضاعف الـ ADN تضاعف الليف النووي (الوثيقة 5 ص 131).
- يتمّ تضاعف سلسلتي الـ ADN بصورة غير متناضرة، أي في اتجاهين متعاكسين، لأنّ أنزيم الـ ADN polymérase يعمل في إتجاه واحد(′5 نحو ′3).



صورة بالمجهر الإلكتروني لعيون التضاعف



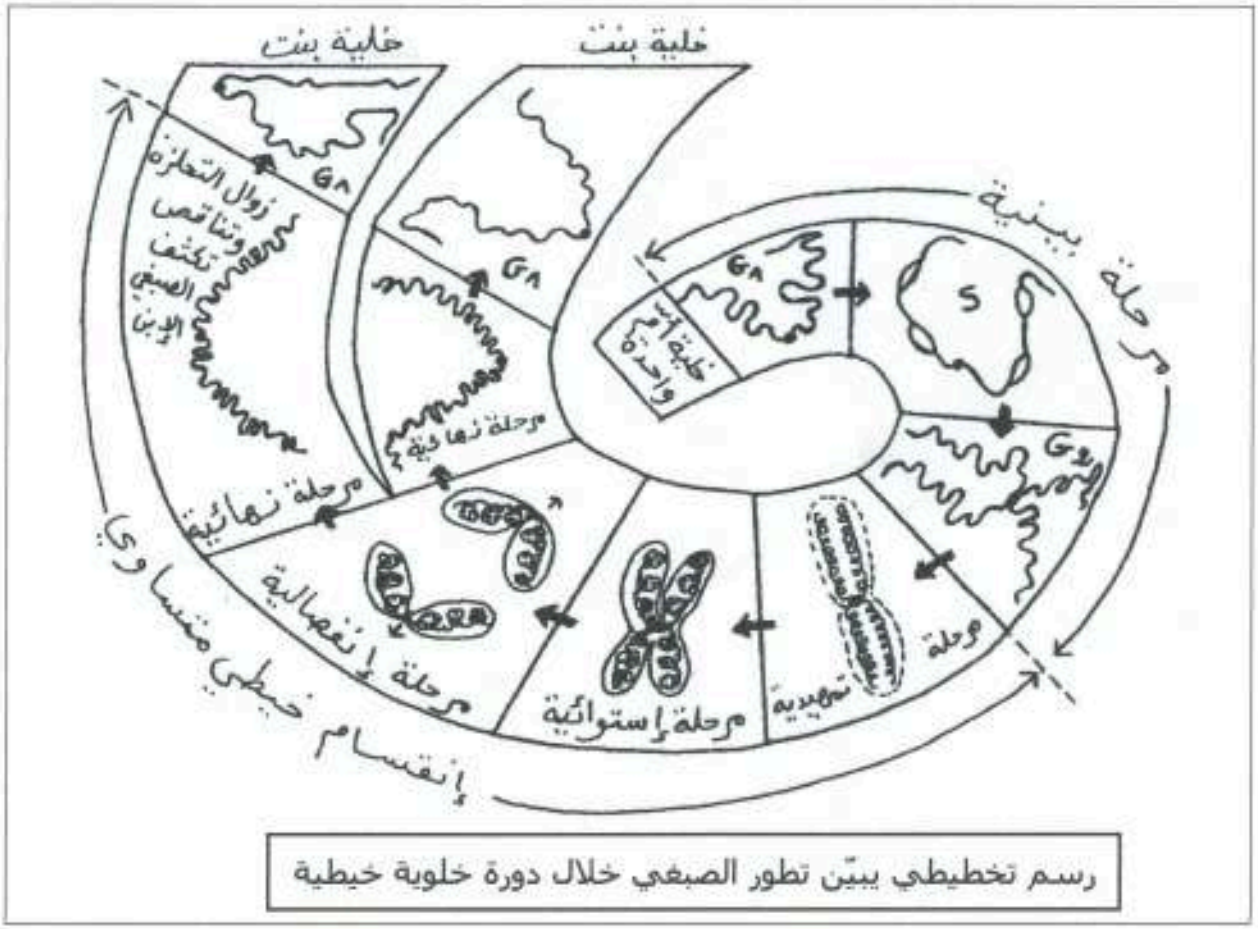
رسم تخطيطي للبنية الجزيئية لليف نووي في حالة تضاعف (في المرحلة S

خلاصة:

يتمّ تضاعف الـ ADN بتركيب سلسلتين نظيرتين، وفق مخطّط تفرضه السلسلتان الأصليتان. و هكذا ينتج عن تضاعف جزيئة الـ ADN الأمّ جزيئتين بنتين من الـ ADN، متماثلتين فيما بينهما و مماثلتان للجزيئة الأمّ (الأصليّة)، فيقال أنّ الـ ADN "يتضاعف ذاتيا"، و بما أنّ كلّ جزيئة بنت تحتفظ بإحدى سلسلتي الجزيئة الأمّ فإنه يقال أنّ تضاعف الـ ADN "نصف محافظ".

أهميّة تضاعف الـ ADN:

يسمح تضاعف الـ ADN بالحفاظ على ثبات كمية و نوعية الـ ADN خلال الأجيال الخلوية، في عضوية ما.



رسم تخطيطي يبيّن تطور الصبغي خلال دورة خلوية خيطية

العلاقة بين تضاعف الـ ADN و تضاعف الصبغيات

تجربة تايلور: Taylor (1957م)

أجرى هذه التجربة على نبيتات نبات Bellevalia. تستطيع هذه النبيتات (غير ذاتية التغذية) النمو على وسط مغذّي يحتوي على تيميدين مشع. (التيميدين هو توكليوزيد يدخل في تركيب الـ ADN).

مراحل التجربة:

خلال هذه التجربة، في كلّ مرحلة، كان يتمّ إيقاف الإنقسام الخيطي (الميتوز) في مرحلته الإستوائية (باستعمال مادة الكولشيسين Colchicine) لتسهيل ملاحظة الصبغيات.

المرحلة الأولى: ترك النبيتات في الوسط المشع خلال فترة تضاعف الـ ADN، ثمّ نزع بعض الخلايا منها (العيّنة الأولى). و بعدها غسل النبيتات و وضعها في وسط خالي من التيميدين المشع.

المرحلة الثانية: ترك النبيتات في الوسط غير المشع خلال فترة تضاعف ADN أخرى (ثانية)، ثمّ نزع بعض الخلايا منها (العيّنة الثانية).

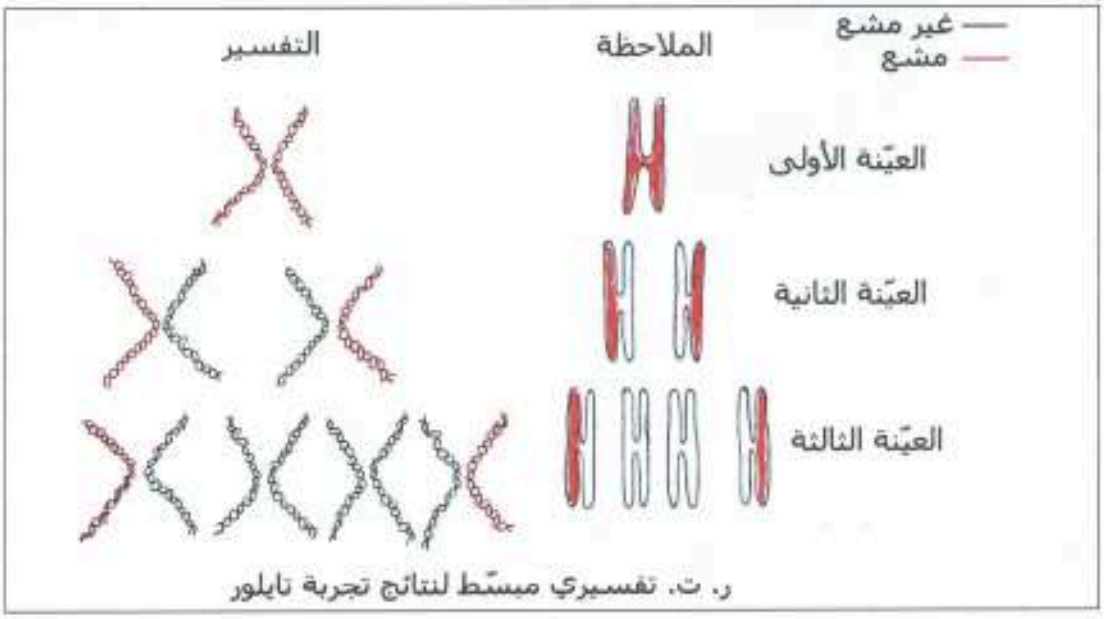
المرحلة الثالثة: ترك النبيتات في الوسط غير المشع خلال فترة تضاعف ADN أخرى (ثالثة)، ثمّ نزع بعض الخلايا منها (العيّنة الثالثة).

ثمّ فحص هذه العيّنات بالتصوير الإشعاعي الذاتي.

الملاحظة:

- العيّنة الأولى كلّ الصبغيّات مشعة (بسبب استعمالها و إدماجها للتيميدين المشع).
- العيّنة الثانية: نصف كل صبغي مشع (أي كروماتيدة من كل صبغي).
- العيّنة الثالثة: 2\4 الصبغيات لها كروماتيدة واحدة مشعة.

التفسير:



ر. ت. تفسيري مبسّط لنتائج تجربة تايلور

خلال المرحلة الأولى: تمّ انفتاح جزيئة الـ ADN (انفصال سلسلتيها) و إنشاء سلسلة جديدة نظيرة، تحتوي على تيميدين مشع، بجانب كلّ سلسلة قديمة غير مشعة، و ذلك وفق مخطّط تفرضه بنية السلسلتين القديمتين. و هكذا تعطي جزيئة الـ ADN الأمّ جزيئتين بنتين متماثلتين، تحتوي كلّ منهما على سلسلة مشعة، و بالتالي يكون الصبغي مكوّنا من كروماتيدتين مشعتين.

خلال المرحلة الثانية: تتضاعف كلّ جزيئة ADN، لكن تكون السلاسل الجديدة المتشكلة غير مشعة، و بالتالي يتشكل صبغيان، لكلّ منهما كروماتيدة واحدة مشعة.

خلال المرحلة الثالثة: يحدث أيضا تضاعف جزيئات الـ ADN و تكون السلاسل الجديدة المتشكّلة غير مشعة. فينتج في الأخير 4 صبغيات، إثنان منها يحتويان على كروماتيدة واحدة مشعة.

استنتاج:

قبل الإنقسام الخيطي، يتضاعف الـ ADN، فتتضاعف الكروماتيدة (المكوّنة من لبيف نووي) ممّا يؤدّي إلى تضاعف الصبغي.

يتمّ نسخ الكروماتيدة الجديدة على الكروماتيدة القديمة. تتكوّن كلّ كروماتيدة جديدة من نصف الكروماتيدة القديمة، أمّا النصف الثاني فيتشكّل حديثا.

مع تحيات الأستاذة ب. نورة

الوحدة 2: التنوع الظاهري و المورثي للأفراد

الأستاذة : ب. نورة

وضعية الإنطلاق:

يبدي أفراد النوع الواحد صفات وراثية عديدة (مورفولوجية، فيزيولوجية و كيموحيوية)، البعض منها مشتركة و مميّزة للنوع، و البعض الآخر مختلفة، خاصّة بالفرد.

يطلق على مجموع الصفات الوراثيّة التي تظهر على الفرد مصطلح **النمط الظاهري**.

يتعلّق ظهور الصفات الوراثية المكوّنة للنمط الظاهري بالمورثات المحمولة على الصبغيّات.

يطلق على مجموع المورثات المسؤولة عن ظهور الصفات الوراثية مصطلح **النمط الوراثي**.

الإشكالية:

- هل يمكن تحديد النمط الظاهري على المستويين الخلوي و الجزيئي؟
- ما هي الدعامة الجزيئية للنمط الوراثي؟

النشاط 1: النمط الظاهري

وضعية الإنطلاق:

يحمل الفرد مجموعة من الصفات الوراثية تشكّل نمطه الظاهري. يمكن ملاحظة هذه الصفات الوراثية مباشرة على مستوى العضوية، كما يمكن ملاحظتها على المستويين الخلوي و الجزيئي.

الإشكالية: هل توجد علاقة بين المستويات المختلفة للنمط الظاهري؟

التقصي:

مثال: مرض الدريبانوسيتوز (فقر الدّم المنجلي) Drépanocytose (Anémie falciforme)

مرض الدريبانوسيتوز هو أكثر أمراض الكريّات الدموية الحمراء إنتشارا، و هو يصيب خاصّة سكّان إفريقيا الوسطى و الشعوب السود في أمريكا.

تتمثّل خصائص النمط الظاهري لهذا المرض على عدّة مستويات:

أ- النمط الظاهري على مستوى العضوية: ص 142

فقر دمّ حاد، وهن، اضطرابات تنفسية، قلبية و دموية (تباطئ دوران الدم).

ب- النمط الظاهري على المستوى الخلوي: الوثيقة 2 ص 143

يتغيّر شكل الكريّات الدموية الحمراء، حيث تصبح منجلية (هلالية) الشكل، و تصبح صلبة سهلة الإتلاف (فينخفض عدد الكريات الحمراء)، و تصبح لا تنتقل بحرّية في الشعيرات الدموية، ممّا يسبّب تباطئ دوران الدم و أحيانا انسداد الشعيرات الدموية، فلا يصل غاز O_2 و الغذاء إلى خلايا الجسم، ممّا يؤدّي إلى موتها.

ج- النمط الظاهري على المستوى الجزيئي: الوثيقة 3 ص 143

يعود اللون الأحمر للكريات الدموية الحمراء إلى وجود صبغة ذات طبيعة بروتينية هي الهيموغلوبين (خضاب الدّم) Hémoglobine.

يكون الهيموغلوبين العادي (HbA) مذابا في سيتوبلازم الكريات الحمراء، أمّا عند الشخص المصاب بالدريبانوسيتوز، فيكون الهيموغلوبين غير العادي (HbS) قليل الذوبان عند نقص O_2 فيشكّل شبكة من الألياف الصلبة، فيتغيّر شكل الكريّات الحمراء و مميزاتها.

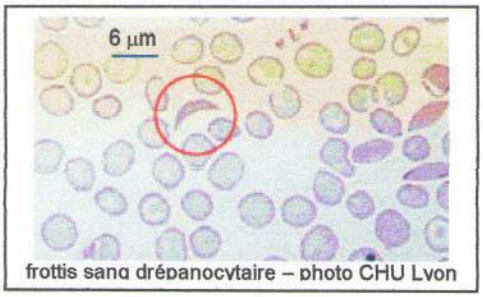
استنتاج عام:

تكون الخصائص المختلفة لمستويات النمط الظاهري مرتبطة ببعضها البعض: عند انخفاض نسبة O_2، تتّحد جزيئات الهيموغلوبين HbS مع بعضها مشكّلة ألياف طويلة، فيتغيّر بذلك شكل الكريّات الحمراء التي تأخذ شكلا منجليّا، ممّا يجعلها هشّة و سهلة الإتلاف، و يؤدّي هذا إلى فقر الدم عند الشخص المصاب.

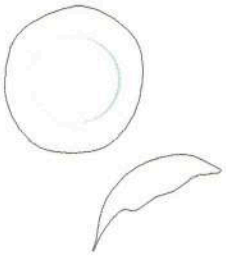
خلاصة:

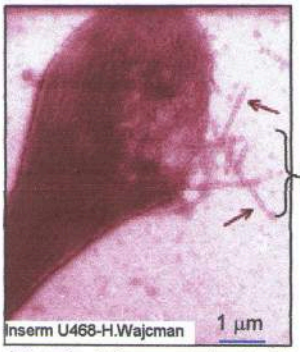
يتجلّى النمط الظاهري على كل مستويات التنظيم: العضوية، الخلية و الجزيئة.

La drépanocytose : Une maladie de l'hémoglobine

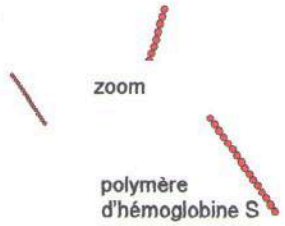


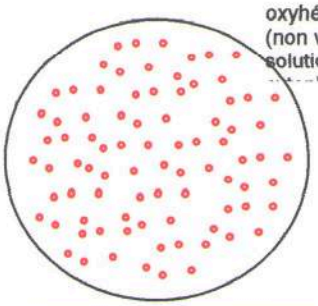
frottis sang drépanocytaire – photo CHU Lyon





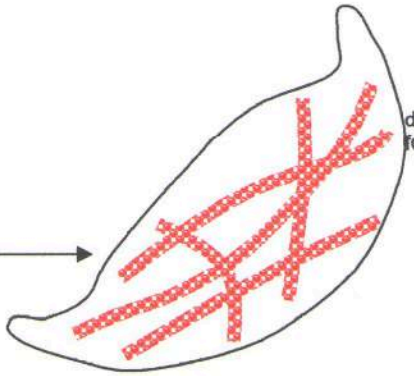
hématie drépanocytaire dont la membrane plasmique est rompue par les fibres d'hémoglobine





oxyhémoglobine (non visible) en solution dans le

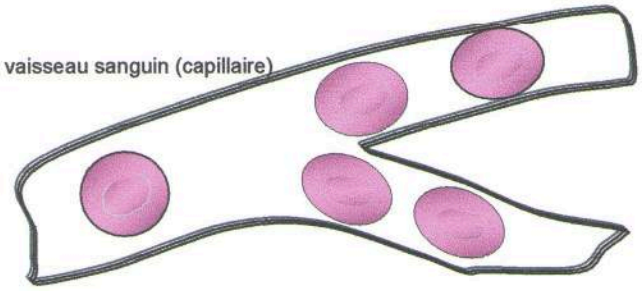
$[O_2]$ en baisse
pH en hausse



désoxyhémoglobine formant des fibres

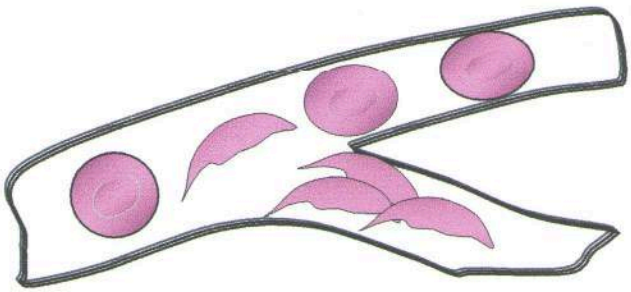
hématie en forme de disque

hématie en forme de faucille



vaisseau sanguin (capillaire)

hématies normales souples et déformables qui circulent librement dans les vaisseaux sanguins



hématies drépanocytaires rigides peuvent obstruer les vaisseaux sanguins

النشاط 2: النمط الوراثي

الأستاذة: ب. نورة

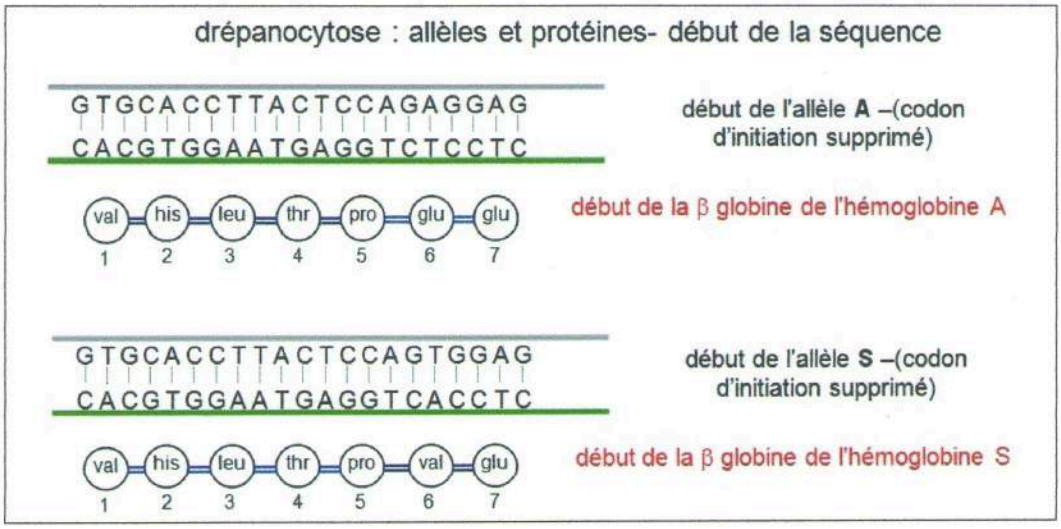
وضعية الإنطلاق: تركّب خلايا الكائنات الحيّة جزيئات عضوية تحدّد النمط الظاهري.

الإشكالية: كيف يمكن للجزيئات أن تحدّد النمط الظاهري على مستوى العضوية و الخلية؟

التقصي:

أ- مقارنة تتابع الأحماض الأمينية في HbA و HbS : الوثيقة 1 ص 144

- تتكوّن جزيئة الهيموغلوبين من 4 سلاسل بروتينية، سلسلتان α (تتكوّن كلّ منهما من 141 حمض أميني) و سلسلتان β (تتكوّن كلّ منهما من 146 حمض أميني).
- عند مقارنة السلسلة β للهيموغلوبين العادي (HbA) بالسلسلة β للهيموغلوبين غير العادي (HbS)، نلاحظ أنهما تختلفان في الحمض الأميني رقم 6، حيث نجد في HbA الحمض الأميني Glu بينما نجد في HbS الحمض الأميني Val.



ب- إظهار العلاقة بين تسلسل الأحماض الأمينية في البروتين و تسلسل النوكليوتيدات في الـ ADN: الوثيقة 2 ص 144

- يعود اختلاف الحمض الأميني السادس في السلسلة β للهيموغلوبين HbA و HbS إلى تبادل قاعدتين آزوتيتين متقابلتين في سلسلتي الـ ADN (تبادل القاعدة T مع القاعدة A) على مستوى الرامزة السادسة
- الفرضيّة التي يمكن استخراجها هي: ينتج عن تغيير تسلسل نوكليوتيدات الـ ADN تغيير تسلسل الأحماض الأمينية الموافقة، و بالتالي تغيير البروتين المسؤول عن ظهور الصفة، فتتغيّر الصفة (أي يتغيّر النمط الظاهري).

إذن، يتحدّد تتابع الأحماض الأمينية على مستوى البروتين بتتابع النوكليوتيدات على مستوى الـ ADN.

خلاصة:

النمط الوراثي هو مجموع مورثات الفرد، و تعبيرها هو الذي يحدّد النمط الظاهري.
يترجم تعبير المورثة على المستوى الجزيئي بتركيب بروتين (أو متعدّد ببتيد) هو أصل النمط الظاهري للفرد على مختلف مستوياته. مورثة ← بروتين ← صفة
يؤدي حدوث خطأ في الـ ADN (أي إصابة المورثة بطفرة) إلى ظهور خلل في تركيب البروتين، ممّا يؤدّي إلى تغيّر الصفة (أي تغيّر النمط الظاهري).
إذن، الطفرة الوراثية هي تغيّر في تتابع النوكليوتيدات على مستوى المورثة، قد يؤدّي إلى تغيّر الصفة.

التقويم: تمرين حول الليفة الكيسية mucoviscidose

الوحدة 3: الطفرات و التنوع البيولوجي

الأستاذة: ب. نورة

وضعية الإنطلاق:
يرتبط التنوع البيولوجي للأفراد بوجود أليلات (صنويات) مختلفة للمورثات. تنتج هذه الأليلات عن طفرات وراثية، تلقائيّة أو محدثة.

الإشكالية: ما هو دور الطفرات الوراثية في التنوع البيولوجي للأفراد؟

النشاط 1: الطفرة

وضعية الإنطلاق:
تتمثّل الطفرة في تغيير تتابع النوكليوتيدات على مستوى المورثة (الـ ADN) ممّا يؤدّي إلى تغيير المعلومة الوراثية، فتتغيّر الصفة. يمكن أن يكون للطفرة تأثير على نشاط الخلية أو العضويّة.

الإشكالية: ما هي أهميّة الطفرات في التنوع البيولوجي؟

التقصي:

أ- العلاقة بين الطفرة و تأثير المحيط:

مثال: عند خميرة الجعة ص 152 – 153
خميرة الجعة فطر مجهري وحيد الخليّة. لخلايا الخميرة القدرة على:
- صنع القاعدة الآزوتية "الأدنين" A.
- صنع مركب الـ AMP (أدينوزين أحادي الفوسفات) انطلاقا من مادّة أوّلية هي PRPP (فوسفوريبوزيل بيروفوسفات) phosphoribosylpyrophosphate

إذن، تحتوي خلايا الخميرة على جميع المعلومات الوراثية اللازمة لصنع هذه المادة.
تبدي المستعمرات الناتجة عن تكاثر هذا الفطر لونا أبيضا (سلالة طبيعيّة).
تجربة: تتمّ على مراحل، في وسط معقّم (لتجنّب نمو أنواع أخرى من الفطريات غير المرغوب فيها).
توضع الخميرة في علبتي بتري على وسط مغذي كامل. نترك إحدى العلبتين على حالها (علبة شاهدة)، بينما نعرّض العلبة الأخرى للأشعة فوق البنفسجية خلال بضع ثوان. ثمّ توضع العلبتان في درجة حرارة مناسبة لتشكّل المستعمرات (25 °م)، و هذا لمدّة 2 إلى 3 أيام.
الملاحظة: الوثيقة 2 ص 153
- في العلبة الشاهدة: نلاحظ ظهور مستعمرات بيضاء.
- في العلبة المعرّضة للأشعة فوق البنفسجية: نلاحظ ظهور مستعمرات حمراء، بوجود O_2.
التفسير: الوثيقة 1 ص 152
- في خلايا السلالة الطبيعية، يتمّ صنع الـ AMP حسب المراحل التالية:

مادّة أوليّة (PRPP) ← أنزيم 1 ← م أ1 ← أنزيم 2 ← م أ2 ← أنزيمات 5،4،3 ← م أ5 ← أنزيم 6 ← م أ6 ← .....م أ11 ← أنزيم 12 ← مادّة نهائية (AMP)

- أحدثت الأشعة فوق البنفسجية طفرة وراثية في الفطر جعلته عاجزا عن صنع الـ AMP. فخلايا الفطر الطافر أصبحت عاجزة عن إنتاج الأنزيم 3 الذي يساعد على تحويل المادّة الوسيطية م أ2، فتوقفت السلسلة التركيبية في مستوى معيّن فتراكمت المادة الوسيطية م أ2 التي تتلوّن بالأحمر بوجود O_2، فتظهر المستعمرات الطافرة ملوّنة باللون الأحمر.
إذن، لا يستطيع الفطر الطافر صنع الـ AMP نتيجة تعطل التفاعل الثالث في سلسلة التفاعلات نظرا لعدم تركيب الأنزيم 3.

ب- أصل الطفرة:

*استغلال الوثيقة 3 ص 153:

عند المقارنة بين سلسلة الـ ADN للخميرة الطبيعية (غير الطافرة) و سلسلة الـ ADN للخميرة الطافرة، نلاحظ أنهما تختلفان في القاعدة الآزوتية العاشرة، حيث نجد A في السلسلة الطبيعية بينما نجد T في السلسلة الطافرة.

إذن أدّى تعريض الخميرة للأشعة فوق البنفسجية إلى حدوث طفرة بالإستبدال، و هذا على مستوى المورثة رقم 3 المسؤولة عن تركيب الأنزيم 3. في هذه الحالة تركّب الخميرة أنزيم 3 غير طبيعي، فيكون غير وظيفي، و بالتالي يتعطّل التفاعل 3 الذي يشرف عليه هذا الأنزيم.

*أنواع الطفرات الوراثية: الوثيقة 4 ص 153

1- الإستبدال: Substitution: استبدال نوكليوتيدة أو أكثر.

2- الحذف: Délétion: فقدان نوكليوتيدة أو أكثر.

3- الإضافة: (الإدخال) Insertion: اكتساب نوكليوتيدة إضافية أو أكثر.

4- الإنقلاب: Inversion: انعكاس الرامزة.

تنبيه: إذا مسّت الطفرة نوكليوتيدة واحدة فقط فإنها تسمّى "طفرة نقطية" Mutation ponctuelle.

ج- الطفرات أصل ظهور أليلات جديدة:

*استغلال الوثيقة 5 ص 154

حدثت طفرة لمورثة الهيموغلوبين على مستوى كلّ من الزوج السادس من القواعد الآزوتية (استبدال C بـ T) و الزوج السابع عشر من القواعد الآزوتية (استبدال A بـ T)، إلاّ أنّ الطفرة التي حدثت على مستوى الزوج السادس كانت بدون تأثير، حيث بقي الهيموغلوبين طبيعي، فهي طفرة **صامتة**. أمّا الطفرة التي حدثت على مستوى الزوج السابع عشر، فغيّرت الهيموغلوبين، ممّا أدّى إلى ظهور مرض الدريبانوسيتوز.

*استغلال الوثيقة 6 ص 154

إنّ صفة الهيموغلوبين العادي (HBA) سائدة على صفة الهيموغلوبين غير العادي (HBS) المتنحية و المسؤولة عن ظهور مرض الدريبانوسيتوز، لأنّ المرض ظهر على البنت رقم 5 II رغم أنّ أبويها سليمان، فهما كانا يحملان أليل المرض إلاّ أنّ المرض لم يظهر عليهما لأنهما كانا هجينين، فتغلب الأليل HBA على الأليل HBS.

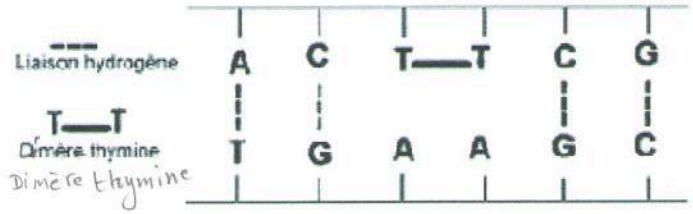
إذن، لا يظهر المرض إلاّ عند الأفراد متماثلة اللواقح أي النقية (HBS//HBS)

- النمط الوراثي للفرد 4 II: يمكن أن يكون نقيّا (HBA//HBA) أو هجينا (HBA//HBS)
- النمط الوراثي للفرد 6 II: هو هجين، مختلف اللواقح (HBA//HBS)، لهذا ظهر المرض على إبنه 8 III
- النمط الوراثي للفرد 3 IV: يمكن أن يكون نقيّا (HBA//HBA) أو هجينا (HBA//HBS)
- النمط الوراثي للفرد 4 IV: هو نقيّ، متماثل اللواقح (HBS//HBS)

د- الطفرات ليست كلّها وراثية:

- قراءة النصّ ص 155

من النّص، يتبيّن أنّ الأشعة فوق البنفسجيّة تسبّب طفرة على مستوى الخلايا الجسميّة، و لا يمكن أن تكون هذه الطفرة وراثية.



و- الإنتقاء الطبيعي للأنماط الظاهرية خلال الطفرات:

مثال 1: أرفية السندر: La Phalène du bouleau ص 156

*استغلال الوثيقة 9 ص 156:

- تفسير سبب وجود نسبة عالية من الفراشات الفاتحة في المناطق الريفيّة:

يعود ذلك إلى قلّة التلوث، إذ تكون جذوع الأشجار في هذه المناطق مغطاة **بالحزازيات** الفاتحة ممّا يجعل الفراشات أقلّ عرضة للإفتراس من طرف الطيور التي لا تتمكن من تمييزها نظرا لتماثل لون الفراشات مع لون جذوع الأشجار.

- تفسير ارتفاع نسبة الفراشات الداكنة في المناطق الصناعية:

يعود ذلك إلى كثرة التلوث في هذه المناطق، **ممّا** يؤدّي إلى عدم نمو **بالحزازيات** على جذوع الأشجار، فتكون هذه الجذوع داكنة، و بالتالي يصعب على الطيور التمييز بين الفراشات **الداكنة** و جذوع الأشجار، فتكون **هذه** الفراشات أقلّ عرضة للإفتراس. أمّا الفراشات الفاتحة فإنها تتعرض للإفتراس لأنّه يسهل تمييزها عن الجذوع الداكنة.

تنبيه: إضافة إلى ما سبق، توجد عوامل إنتقاء أخرى عدا الإفتراس، مثل الإنتقاء الحراري، حيث تمتصّ الفراشات الداكنة الحرارة في النهار ممّا يسمح لها بالطيران في الليل، و بالتالي تلتحق بالإناث فتتكاثر، فيساهم ذلك في زيادة **تواتر** الأليل الداكن.

مثال 2: الملاريا: La Malaria (Le Paludisme) ص 157

*استغلال الوثيقة 10 ص 157:

عند المقارنة، نلاحظ غياب الوفيات بسبب الملاريا عند أفراد المجتمع غير متماثلي اللواقح (βA//βS)، دليل على أنّ هذه الفئة محميّة من الموت بسبب حملها لأليل الدريبانوسيتوز(βS).

*استغلال الوثيقة 11 ص 157:

أ)- نلاحظ أنّ تواتر الأليل βS مرتفع في المناطق التي ينتشر فيها مرض الملاريا، ممّا يجعلنا نفكّر في أنّ حمل الفرد لأليل βS واحد فقط يمنح فائدة الإنتقاء لحامله، حيث يجعله أكثر مقاومة للمرض، و بالتالي تكون له فرصة للإنجاب. و هكذا تمّ الحفاظ على تواتر الأليل βS عبر الأجيال في المناطق التي استوطن فيها مرض **الملاريا.**

ب)- للحفاظ على طفرة لابدّ من انتقالها عبر الأجيال. عند الكائنات متعدّدة الخلايا ذات التكاثر الجنسي، لا تنتقل الطفرة عبر الأجيال إلاّ إذا مسّت الخلايا الجنسيّة. أمّا عند الكائنات وحيدة الخلية أو النباتات غير الزهرية/فإنّه يمكن للطفرة التي مسّت **الخلايا** الجسميّة أن تنتقل عبر الأجيال.

خلاصة:

يمكن للطفرات أن تغيّر المورثات، كما يمكن أن تنتقل عبر الأجيال.
تسمح الطفرات بظهور عدّة أليلات لكلّ مورّثة، و هي تعتبر أساس التنوع الوراثي لأفراد النوع الواحد.
يمكن لبعض الطفرات أن تكون مفيدة لحاملها حيث تلعب دورا في الإنتقاء الطبيعي له.

التقويم: التمرين 3 ص 163

مع تحيات الأستاذة ب. نورة

الكفاءة القاعدية 3: العلاقة بين الجغرافيا القديمة و نشاط الإنسان

المجال 1: الجغرافيا القديمة لمنطقة

وضعية الإنطلاق:

تتكوّن القشرة الأرضية من 3 أنواع من الصخور ناريّة، متحوّلة و رسوبية.
تسمح دراسة الصخور الرسوبية و محتوياتها المستحثية من التعرّف على مميزات البيئات القديمة و على تطوّر الكائنات الحية خلال العصور الجيولوجية. فتعتبر الصخور الرسوبية السجلّ الذي يدوّن الأحداث الجيولوجية و البيولوجية الغابرة.

الوحدة 1: الصخور الرسوبيّة و التطبّق

تذكير بالمكتسبات القبلية:

اعتمادا على معلوماتك المكتسبة في السنة الثانية متوسط:
1- عرّف النظام البيئي.
2- حدّد العلاقة الموجودة بين الكائنات الحيّة و وسط معيشتها.

الأجوبة:

1- تعريف النظام البيئي: النظام البيئي هو مجموعة تتكون من عنصرين في تفاعل مستمر:
- عنصر غير حيّ: ذو طبيعة فيزيائية-كيميائية، هو المدى الجغرافي (Biotope)
- عنصر حيّ: يتمثل في مجموع الكائنات الحية (Biocénose) التي تسكن هذا المدى الجغرافي.

2- تحديد العلاقة الموجودة بين الكائنات الحية و وسط معيشتها: يرتبط توزع و تنوع الكائنات الحية بالعوامل الترابية و المناخية المتوفرة في الوسط، كما يرتبط بوجود كائنات حية أخرى.
و بالتالي يمكن معرفه الظروف البيئية السائدة في منطقة ما بالتعرف على الكائنات الحية التي كانت تعيش فيها، و العكس صحيح. (لا يمكن تصور قطيع من الجمال في أعالي الجبال أو سراخس في الصحراء).

النشاط 1: خصائص الصخور الرسوبية و منشأها

وضعية الإنطلاق:

تنشأ الصخور الرسوبية من تعرية الصخور الناريّة، المتحوّلة و الرسوبيّة، و تظهر في الطبيعة بأشكال مختلفة، حسب نشأتها و مكوناتها الفيزيائية و الكيميائية.

الإشكالية:

ما هي خصائص الصخور الرسوبية و ما هو منشأها؟

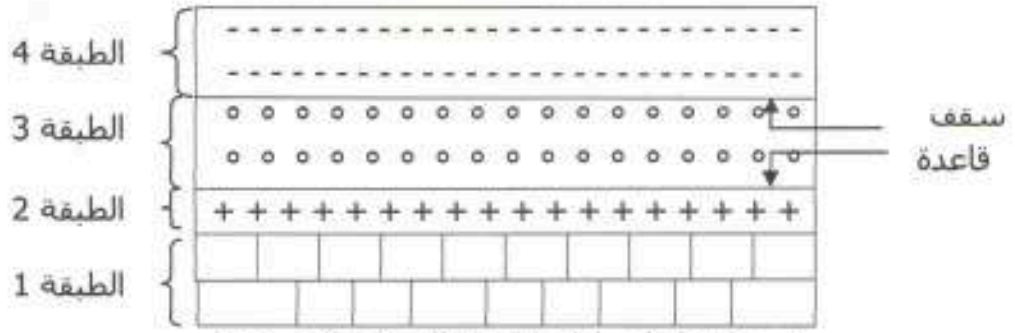
التقصي:

I - خصائص الصخور الرسوبية:

*استغلال الوثيقة 1 ص 171:
- من خلال المقطع، تظهر التضاريس مكوّنة من صخور ظاهرة على السطح و أخرى داخلية لا تظهر إلاّ من خلال المقطع.
- تتميّز الصخور السطحيّة عادة بالصلابة، حيث أزالت عوامل التعرية الهشّ منها و لم يبقى سوى الصلب. بينما تتميّز الصخور الداخليّة غالبا بهشاشتها و قلّة صلابتها.

الأستاذة ب. نورة

*استغلال الوثيقة 2 ص 171:
- تظهر الصخور على شكل طبقات أفقية متوضعة فوق بعضها البعض و تتميّز بألوان مختلفة ممّا يسهّل تمييز مختلف الطبقات الصخرية.
- للطبقات الصخرية حدود واضحة، حيث لكلّ طبقة حدّ أسفل يدعى "القاعدة" و حدّ أعلى يدعى "السقف"
- إنجاز الرسم التخطيطي:



رسم تخطيطي لطبقات من الصخور الرسوبية

*استنتاج نوع الصخور المبيّنة في الوثيقتين 1 و 2 ص 171 مع تحديد مبادئ تشكلها:
الصخور المبيّنة في هاتين الوثيقتين هي صخور رسوبيّة، و هي تتوضع على شكل طبقات متراكبة فوق بعضها البعض، حيث تكون عادة السفليّة منها هي الأقدم (لأنّها هي التي ترسّبت أوّلا)، و السطحيّة هي الأحدث. كما تكون هذه الطبقات عادة مستمرّة و تحتوي على نفس المستحثّات.
إذن، تتوضع الصخور الرسوبية حسب المبادئ التالية: **التنضيد**، **الإستمرارية** و **التماثل المستحاثي**.

1- الخصائص البتروغرافية للصخور الرسوبية:

أ- الدراسة بالعين المجرّدة: ص 172

كونغلوميرا | حجر رملي | حجر كلسي

الصخر الرسوبي	الوصف بالعين المجردة	نتيجة المعالجة بحمض HCl
الكونغلوميرا Conglomérat	له بنية **مدملكة**، حيث يتكوّن من عناصر **كبيرة** ذات أحجام مختلفة (قطرها أكبر من 2 mm) و ذات أشكال غير منتظمة، مرتبطة ببعضها عن طريق ملاط طبيعي.	عدم حدوث فوران
الحجر الرملي Grès	له بنية **حبيبية**، حيث يتكوّن من عناصر **دقيقة** (62µm - 2 mm) متقاربة الأحجام و الأشكال، مرتبطة ببعضها بملاط طبيعي. يحتوي الحجر الرملي على عناصر تخدش الزجاج و الحديد.	عدم حدوث فوران
الحجر الكلسي Calcaire	له بنية **كتلية**، حيث يتكوّن من عناصر **دقيقة جدا** لا يمكن تمييزها بالعين المجردة.	حدوث فوران

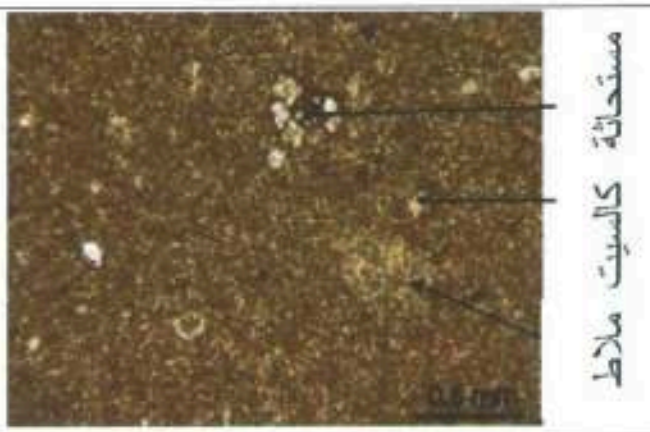
تنبيه: يتفاعل حمض كلور الماء HCl مع كربونات الكالسيوم الموجودة في الصخور الكلسية، مما يؤدي إلى حدوث فوران (انطلاق غاز CO_2).

$$Ca\,CO_3 + 2\,HCl \longrightarrow \uparrow CO_2 + H_2O + Ca\,Cl_2$$

كربونات الكالسيوم (كالسيت) — حمض كلور الماء — غاز الفحم — ماء — كلورور الكالسيوم

ب- دراسة مجهرية مقارنة لصخرين رسوبيين: ص 173

البنية النسيجية لصخر رسوبي فتاتي (الحجر الرملي)



البنية النسيجية لصخر رسوبي كيميائي (الحجر الكلسي)

*استغلال الوثيقة 6 ص 173: تبيّن هذه الوثيقة البنية النسيجية لصخر رسوبي فتاتي.
نلاحظ عند الفحص المجهري أنّ لهذا الصخر نسيج حبيبي عناصره مكوّنة من معادن كوارتزية ($Si O_2$) يربطها ملاط سيليسي. تتميّز هذه العناصر بكونها صغيرة متقاربة الأشكال و الأحجام، و ذات ألوان مختلفة.
هذا الصخر هو الحجر الرملي.

*استغلال الوثيقة 7 ص 173: تبيّن هذه الوثيقة البنية النسيجية لصخر رسوبي كيميائي.
نلاحظ عند الفحص المجهري أنّ هذا الصخر مكوّن من بلورات دقيقة جدا (مجهرية) من الكالسيت $Ca CO_3$، يربطها ملاط كلسي، تظهر فيه آثار قواقع مستحثية.
هذا الصخر هو الحجر الكلسي.

*مقارنة بين الصخور الرسوبية الفتاتية (الحطامية) و الكيميائية:

الصخور	صخور رسوبية فتاتية		صخور رسوبية كيميائية	
	الكونغلوميرات	الحجر الرملي	الحجر الكلسي	الدولوميت
العناصر	كبيرة، مختلفة الأحجام و الأشكال	صغيرة و متساوية	دقيقة	دقيقة
النسيج الصخري (البنية)	عناصر مدملكة غير متساوية	حبيبي	بلوري	بلوري
الملاط (الإسمنت)	سيليسي، كلسي، غضاري	سيليسي، كلسي، غضاري، حديدي	كلسي	كلسي
التركيب المعدني	عناصر مختلفة المعادن	كوارتز (أكثر من 90 %)	كالسيت (كلس)	دولوميت
التركيب الكيميائي	/	$Si O_2$	$Ca CO_3$	$(Ca-Mg)CO_3$

2- نشأة الصخور الرسوبية الفتاتية و الكيميائية:

أ- نشأة الصخور الرسوبية الفتاتية: الوثيقة 8 ص 174
تنشأ الصخور الرسوبية الفتاتية من تفتت صخور سطحية (نارية أو متحوّلة أو رسوبية سابقة) و هذا تحت تأثير عوامل الحتّ و التعرية، و نقلها إلى أحواض رسوبية حيث تترسب و تتصخّر.

ب- نشأة الصخور الرسوبية الكيميائيّة: الوثيقة 9 ص 174
تنشأ الصخور الرسوبية الكيميائية عن مواد كيميائية منحلّة تحملها المياه، و التي تترسب بعد ذلك بفعل ثقلها و تتصخر بعد تبخر الماء نتيجة ارتفاع درجة الحرارة (في فصل الصيف خاصة).

الأستاذة ب. نورة

3- تحديد التركيب الكيميائي للصخور الرسوبية:

*استغلال الوثيقة 11 ص 175

يبيّن الجدول نتائج التحليل الكيميائي لبعض المياه المعدنية الجزائرية.

نلاحظ أنّ نسبة الكالسيوم و البيكاربونات مرتفعة في كلّ من مياه الشفاء، سيدي الكبير و إفري، و هي منخفضة في كلّ من مياه تاكسنة و القولية.

تبيّن المياه الغنية بالكالسيوم و البيكاربونات أنّ مكمنها كلسي، و تدلّ على الصخور الرسوبية الكيميائية.

و تبيّن المياه الفقيرة بالكالسيوم و البيكاربونات أنّ مكمنها فتاتي، و تدلّ على الصخور الرسوبية الفتاتية.

خلاصة:

تتميّز الصخور الرسوبية بـ :

- تنوع تركيبها المعدني و الذي يعود إلى تنوع منشأها.
- احتواء معضمها على مستحثات.
- توضعها على شكل طبقات.

4- نمذجة التوضع المستقر و التوضع غير المستقر في حوض رسوبي:

يسمح فحص حجم العناصر المكوّنة للصخور الرسوبية و تناسقها فيما بينها من تحديد استقرارية أو عدم استقرارية الأحواض الرسوبية التي توضعت فيها.

أمثلة:

- يتكوّن الكونغلوميرا من خليط من عناصر ذات أحجام مختلفة بالإضافة إلى عناصر رملية خشنة و ناعمة يربطها ملاط، دليل على أنّ الترسيب تمّ في حوض غير مستقر.
- يتكوّن الحجر الرملي من عناصر رملية ناعمة و متساوية الحجم يربطها ملاط، دليل على أنّ الترسيب تمّ في حوض مستقر.

استنتاج:

تدلّ عناصر الصخور الرسوبية مختلفة الأحجام على وسط ترسيب غير مستقرّ (مضطرب)، بينما تدلّ عناصر الصخور الرسوبية متساوية الأحجام على وسط ترسيب مستقرّ (هادئ).

تنبيه: يعتمد ترسيب الدقائق العالقة في الماء على الخصائص الحركية للماء في الوسط (سرعة التيار).

*استغلال الوثيقة 12 ص 176:

تبيّن هذه الوثيقة ثلاث طبقات صخرية متوضعة فوق بعضها البعض:

- الطبقة السفلية (1): عبارة عن كونغلوميرا، دليل على توضع في حوض رسوبي غير مستقر.
- الطبقة الوسطى (2): عبارة عن حجر رملي، دليل على توضع في حوض رسوبي مستقر.
- الطبقة العلوية (3): عبارة عن حجر كلسي، دليل على توضع في حوض رسوبي مستقر.

*استغلال الوثيقة 13 ص 176:

تبيّن هذه الوثيقة طبقات رسوبية ذات توضعات مختلفة عبر الزمن.

يمكن التعرّف على تطور الحوض الرسوبي من معاينة الترتيب الحبيبي للعناصر الرسوبية المكوّنة للصخر.

- في الطبقة (أ): نلاحظ انتقال من توضعات خشنة (قارّية) في الأسفل إلى توضعات ناعمة أو منحلّة (بحريّة) في الأعلى، فالترتيب الحبيبي في هذه الحالة **موجب**، دليل على تعرّض المنطقة لـ**طغيان** بحري. (رسم ص 182)
- في الطبقة (ب): نلاحظ انتقال من توضعات ناعمة أو منحلّة (بحريّة) في الأسفل إلى توضعات خشنة (قارّية) في الأعلى، فالترتيب الحبيبي في هذه الحالة **سالب**، دليل على تعرّض المنطقة لـ**إنحسار** بحري. (رسم ص 182)
- يمثّل توالي الطبقتين (أ) و (ب) **دورة رسوبية**، لأنّه تمّ الإنتقال من توضعات قارية إلى توضعات بحرية (ترتيب حبيبي موجب) ثمّ العودة إلى التوضعات القارية (ترتيب حبيبي سالب).

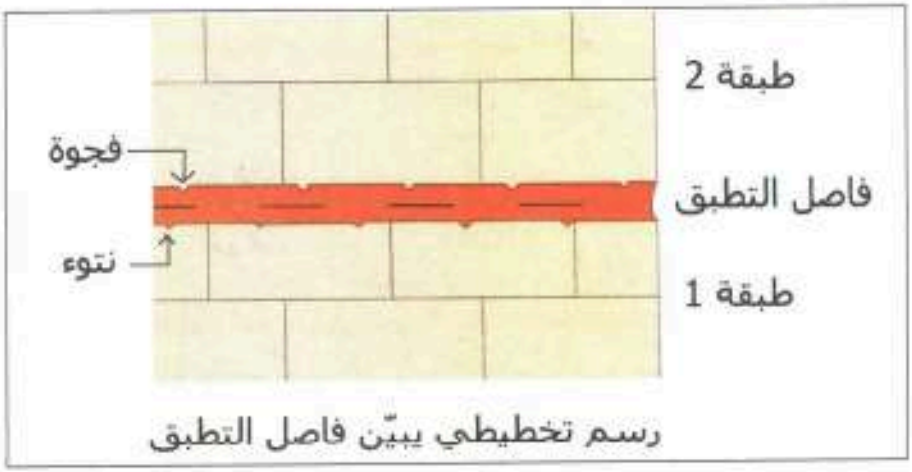
النشاط 2: فاصل التطبق

وضعية الإنطلاق:
تتميّز الصخور الرسوبية بالتطبق، أي تتوضع على شكل طبقات حيث لكلّ طبقة قاعدة و سقف.
يفصل بين الطبقات إنقطاعات ذات أهميات مختلفة.

الإشكالية:
ما هو فاصل التطبق و كيف يمكن التمييز بين سقف الطبقة و قاعدتها؟

التقصي:

*استغلال الوثيقتين 1 و 2 ص :177
1- إنجاز رسم تخطيطي يبرز فاصل التطبق:



رسم تخطيطي يبيّن فاصل التطبق

2- نلاحظ على سطح الطبقة في الوثيقة 2 فجوات، دليل على أنه سقف فاصل التطبق.

*تعريف فاصل التطبق:
هو طبقة صخرية (قد تكون رقيقة جدا) تفصل بين سقف طبقة سفلية و قاعدة طبقة علوية موالية.
يحتوي سقف فاصل التطبق على فجوات، بينما تحتوي قاعدته على نتوءات.
عادة يكون فاصل التطبق من طبيعة صخرية مختلفة عن الطبقات التي يفصل بينها، و له محتوى مستحاثي مختلف.

النشاط 3: الإنقطاعات البيولوجية و الجيولوجية

وضعية الإنطلاق:
يفصل بين الدورات البانية للجبال إنقطاعات كبرى تدلّ على أزمات بيولوجية و جيولوجية مرّت بها الكرة الأرضيّة.

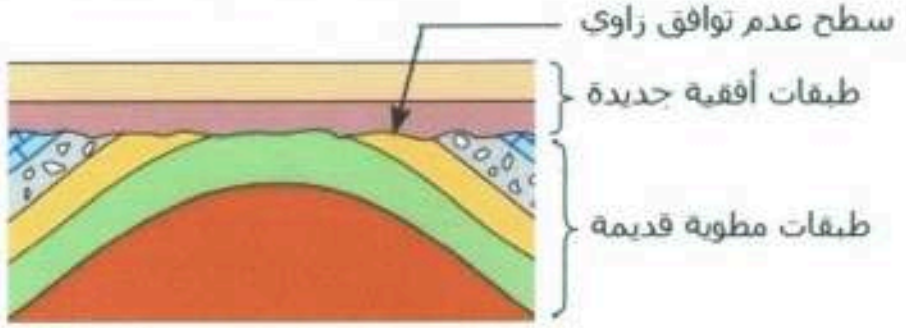
الإشكالية:
كيف يمكن التعرّف على هذه الإنقطاعات الكبرى، و ما هي أهميتها الجيولوجية و البيولوجية؟

التقصّي:

*النصّ العلمي: ص 178

* استغلال الوثيقة 1 ص 178:

1- إنجاز رسم تخطيطي للصورة الموضحة في الوثيقة 1:



ر. ت. بيّن سطح عدم توافق زاوي

2- أهميّة سطح عدم التوافق (surface de discordance) من الناحية الجيولوجية و البيولوجية:

- من الناحية الجيولوجية: يسمح سطح عدم التوافق بتشكيل مصائد تمنع انتقال المياه و الهيدروكاربونات (مثل البترول و الغاز) ممّا يسمح بتجمعها و تخزينها في تلك الطبقات.
- من الناحية البيولوجية: غالبا ما تحتوي الطبقات الرسوبية غير المتوافقة على مستحثات مختلفة تماما، لا علاقة لبعضها البعض، ممّا يدل على انقراض مجموعات من الكائنات الحيّة و ظهور مجموعات أخرى (كانقراض الديناصورات و ظهور الثدييات).

*استغلال الوثيقة 2 ص 179:

شرح أهمّ مراحل تشكّل سطح عدم التوافق:

حسب الوثيقة 2، فإنّ تشكّل سطح عدم التوافق ناتج عن 4 حوادث متتالية هي:

1- مرحلة التوضع الأوّل: توضع الصخور الرسوبية على شكل طبقات أفقية مستمرّة.
2- مرحلة الحركات التكتونية (الطّي و الفلق): نتيجة الحركات الباتية للجبال.
3- مرحلة التعرية (الحتّ): تعرّض الطبقات المكشوفة إلى عوامل التعرية.
4- مرحلة التوضع الثاني: توضع طبقات جديدة أفقية.

توضع أوّل ← طي و فلق ← تعرية ← توضع ثاني

حوصلة:

*للصخور الرسوبية منشأ، بنية و تركيب كيميائي متنوع.
*تتوضع الطبقات الرسوبية فوق بعضها البعض، حيث تكون الطبقات القديمة إلى الأسفل و الطبقات الحديثة إلى الأعلى، و هذا وفق 3 مبادئ: التطبق (التنضيد)، الإستمرارية و التماثل المستحاثي.
*يفصل بين الطبقات الرسوبية فواصل قد تكون:
- متوافقة معها: فتدعى فواصل التطبق، و هي تعبّر عن تغيّر التركيب الصخري (البتروغرافي) و المستحاثي من طبقة إلى أخرى.
- غير متوافقة معها: فتدعى أسطح عدم التوافق، و هي تفصل بين طبقات عليا أفقية و طبقات سفلى مطوية (تعرضت لحركات تكتونية و للتعرية)، و هي تعبّر عن انقطاعات و أزمات جيولوجية و بيولوجية مهمّة.

التقويم:

- التمرين 1 ص 186
- التمرين 4 ص 187

الأستاذة ب. نورة

الوحدة 2: المستحثات و أوساط الترسيب

وضعية الإنطلاق:
تحتوي الصخور الرسوبية على بقايا و آثار كائنات حيوانية و نباتية عاشت في الماضي و بقيت محفوظة فيها. تدعى هذه البقايا و الآثار بالمستحثات Les fossiles.

الإشكالية: ما هي أنواع المستحثات و ما هي أهميتها الجيولوجية؟

التقصي:

النشاط 1: المستحاثات و أوساط الترسيب

1- تصنيف المستحثات:
استغلال الوثائق 1 إلى 5 ص 190-191:
*الوثيقة 1: صورة لمستحاثة النومولیت Nummulites: حيوان لافقاري مجهري (له هيكل خارجي) ينتمي إلى عائلة المنخرمات Foraminifères.
*الوثيقتان 2 و 3: صور لمستحاثة الأمونيت Ammonites: حيوان لافقاري، رخوي (له هيكل خارجي) ينتمي إلى رأسيات الأرجل Céphalopodes.
في الوثيقة 2، نلاحظ أنّ للأمونيت قوقعة كاملة الإلتفاف، دليل على تطور عادي (موجب).
في الوثيقة 3، نلاحظ أنّ للأمونيت قوقعة مفتوحة الإلتفاف، دليل على تطور إنحساري (سالب).
*الوثيقة 4: صورة لجذع شجرة مستحاثي: نبات.
*الوثيقة 5: صورة لسمكة مستحاثية: حيوان فقاري (له هيكل داخلي).

اعتمادا على ما سبق، يمكن تصنيف المستحاثات من ناحية القدّ إلى مستحاثات مجهرية (مثل النومولیت) و مستحاثات ترى بالعين المجرّدة.
و يمكن تصنيف المستحاثات التي ترى بالعين المجرّدة إلى:
أ- مستحاثات حيوانية: لافقارية و فقارية.
للحيوانات اللافقارية هيكل خارجي أو قوقعة (مثل الأمونيت)، و هي تدلّ على وسط بحري.
للحيوانات الفقارية هيكل داخلي (مثل الأسماك).
ب- مستحاثات نباتية: قد تكون جذوع أشجار، أغصان، أوراق... إلخ. و هي تدلّ على وسط قارّي.

2- أنواع المستحاثات:
استغلال الوثيقتين 7 و 8 ص 192:
*الخصائص المشتركة بين مستحاثتي الأمونيت و ثلاثي الفصوص:
- تغيّرها السريع مع الزمن
- انتشارها الواسع
- وجودها بعدد كبير
- كونها عاشت في أزمنة محدّدة

*أهميّة هاتين المستحاثتين:
كونها تغيّرت بسرعة و عاشت في أزمنة محدّدة، فإنّها تعتبر شواهد جيّدة على بيئة معيّنة، و تساعد على تزمين الصخر الرسوبي الذي يحتوي عليها (إعطاء عمر للصخر اعتمادا على المستحاثة الموجودة فيه).
تدعى هذه المستحاثات بالمستحاثات المرشدة Fossiles caractéristiques ou guides.

استغلال الوثيقتين 9 و 10 ص 193:

تتشكّل السرئيات Oolithes من نواة رملية يحيط بها طبقات كلسية، تنتج عن حركة في قاع البحر بفعل التيارات البحرية، تدل على وسط مضطرب، تشكل مبنيات على مستوى العتبة البحرية.

Oolithe : sphère de taille millimétrique formée en milieu marin agité par des dépôts concentriques de calcaire autour d'un nucleus détritique.

*الخصائص المشتركة بين مستحاثتي السرئيات و Oestrea (من صفيحيات الغلاصم Lamellibranches):

- عاشت في عدّة فترات زمنية، دون تغيير كبير.

*أهميّة هاتين المستحاثتين:

كونها عاشت في عدّة أزمنة، فإنّها لا تساعد على تزمين الصخر، لكنها تعتبر شواهد جيّدة على بيئة معيّنة.

تدعى هذه المستحاثات بمستحاثات السحنة Fossiles de faciès.

استنتاج:

تصنّف المستحاثات حسب أهميتها الجيولوجية إلى:

1 - مستحاثات مرشدة: تعتبر شواهد عن عمر الصخر الرسوبي و نوع البيئة. و هي تتميّز بتغيّر سريع و وجودها في زمن جيولوجي محدّد. أمثلة: الأمونيت و ثلاثيات الفصوص.

2 - مستحاثات السحنة: شواهد عن نوع البيئة فقط. و هي تتميّز بتواجدها في عدّة أزمنة جيولوجية. مثل:

- السرئيات التي تشكّل مبنيات بحرية في المنطقة العالية من البحر (العتبة البحرية)، فهي تميّز وسط ترسيب مضطرب به درجة حرارة عالية.
- مستحاثة Oestrea (من صفيحيات الغلاصم)، و التي تعيش مثبّتة في وسط بحري يمّي.

3- العلاقة بين وسط الترسيب وتشكل المستحاثات و تركيبها الكيميائي:

ترتبط الكائنات الحيّة بالوسط الذي تعيش فيه و تتكيّف معه، و تحدّده بعد موتها.

استغلال الوثائق 11 إلى 15 ص 194- 195:

1- تحديد أوساط الترسيب حسب أنواع المستحاثات:

*الوثيقة 11: أثر ورقة شجرة: تدلّ على وسط قارّي.

*الوثيقة 12: كائنات معلقة Plancton ذات قواقع سيليسية: تدلّ على وسط بحري عميق.

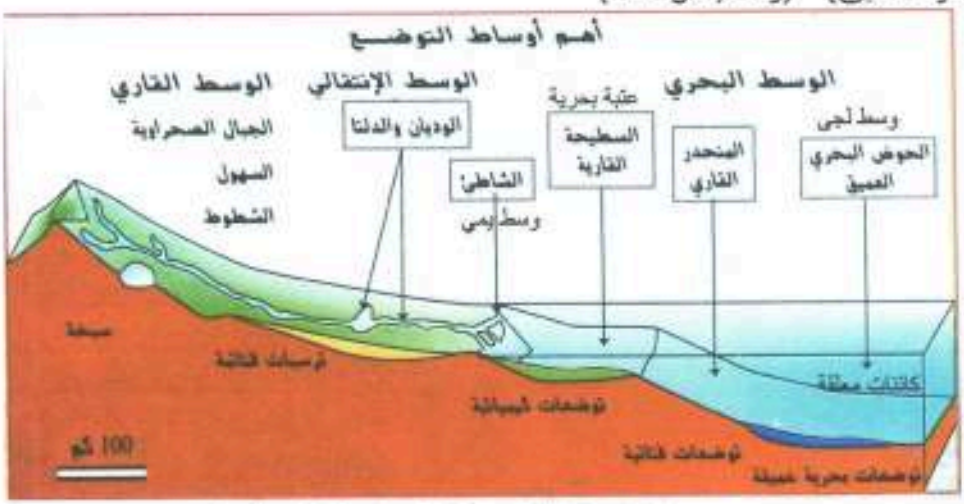
*الوثيقة 13: Trigonia (من صفيحيات الغلاصم، ذات قوقعة كلسية): تدلّ على وسط بحري يمّي (الشاطئ).

*الوثيقة 14: الأمونيت (ذات قواقع سيليسية): تدلّ على وسط بحري عميق.

*الوثيقة 15: السرئيات (كلسية): تدلّ على عتبة بحرية (سطيحة قارية).

2- ترتيب أوساط الترسيب الناتجة (من القارّة إلى البحر العميق):

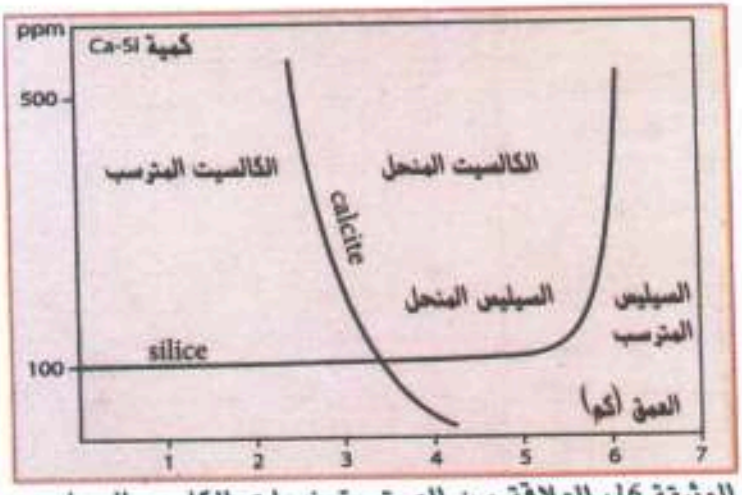
وسط قاري ← وسط إنتقالي ← وسط يمّي (شاطئ) ← عتبة بحرية (سطيحة قارية) ← منحدر قاري ← وسط لجّي (البحر العميق) (رسم ص 198)



رسم تخطيطي يبيّن أهم أوساط التوضع (من القارة إلى البحر)

الأستاذة ب. نورة

تحليل الوثيقة 16 ص 195:



الوثيقة 16: العلاقة بين العمق وتوضعات الكلس والسيليس.

تبيّن هذه الوثيقة تغيّر كميّة Ca و Si بدلالة العمق.
نلاحظ أنه كلما زاد العمق، تناقصت نسبة الكالسيت و زادت نسبة السيليس، دليل على أنّه كلما زاد العمق تناقصت الكائنات ذات الهياكل (القواقع) الكلسية و تزايدت الكائنات ذات الهياكل السيليسية.
- تنحصر التوضعات الكلسية في وسط يتراوح عمقه ما بين 2 و 4 كلم.
- تنحصر التوضعات السيليسية في وسط يتراوح عمقه ما بين 5 و 6 كلم.

4- تطبيق حول العلاقة بين وسط الترسيب و تشكّل المستحاثات و تركيبها الكيميائي:

استغلال الوثيقة 17 ص 196 أو الجدول التالي:

المستحاثة	التركيب الكيميائي للقوقعة	نمط العيش	وسط الترسيب
صفيحيات الغلاصم	كلسية	مثبتة	يمّي
السرئيات	كلسية	مستعمرات (مبنيات)	عتبة بحرية
الأمونيت (عوالق بحرية)	سيليسية	هائمة (عالقة)	بحر عميق
منخرمات (مثل النومولیت)	كلسية	مثبتة	يمّي

ملاحظة: وجود الكونغلوميرا و الرمل يدلّ على وسط ترسيب قاري.

استنتاج:

يمكن استنتاج نوع وسط الترسيب انطلاقا من معرفة المستحثات و النوع البتروغرافي للصخور الموجودة فيه.
- تدلّ النباتات على وسط ترسيب قاري.
- تدلّ الكائنات ذات القواقع الكلسية المثبتة (مثل صفيحيّات الغلاصم) على وسط بحري يمّي.
- تدلّ الكائنات الموجودة على شكل مبنيات (مستعمرات) بحرية (مثل السرئيات) على وسط بحري مضطرب، هو العتبة البحرية.
- أمّا الكائنات العالقة ذات القواقع السيليسية، فتدلّ على بحر عميق.

الأستاذة ب. نورة

الوحدة 3: السحن و تغيراتها

وضعية الإنطلاق:

ترتبط الصخور الرسوبية بوسط ترسيبها، حيث يمكن تحديده انطلاقا من مكوناته البتروغرافية و المستحاثية.

الإشكالية: ما هو تعريف السحن و ما هي تغيراتها أفقيا و شاقوليا؟

التقصي:

النشاط 1: تعريف السحن

1- مقارنة بين صخرين رسوبيين كلسيين و صخرين رسوبيين سيليسيين: ص 203

الوثائق	الخصائص البتروغرافية و المستحاثية	البيئة	وسط الترسيب
الوثيقة 1	صخر كلسي به قواقع النومولیت	بحرية	يمّي
الوثيقة 2	صخر كلسي به سرئيات	بحرية	عتبة بحرية
الوثيقة 3	صخر سيليسي ناتج عن تفكك القواقع	بحرية	لجّي
الوثيقة 4	صخر سيليسي حطامي	قارية	نهري

تعريف السحنة:

السحنة هي مجموعة من الخصائص البتروغرافية و المستحاثية و الطبقية التي ترى بالعين المجردة أو بالمجهر.

2- أنواع السحن: ص 206

السحن	التوضعات	الصخور
سحن قارية: الوديان، السبخات، الصحاري	توضعات حطامية توضعات كلسية	- بريشيا، كونغلوميرا، توضعات رملية خشنة. - صخور رسوبية كيميائية ناتجة عن التبخر (الجبس و الملح)
سحن انتقالية: الدلتا، البحيرات الشاطئية	توضعات حطامية توضعات كلسية	- الحجر الرملي الناعم، الغضار - الحجر الكلسي
سحن بحرية: وسط يمي، عتبة بحرية، منحدر قاري، وسط لجّي	توضعات حطامية توضعات كلسية توضعات سيليسية	- الحجر الرملي الناعم و قواقع مهشمة، حجر رملي و غضار - حجر كلسي به قواقع لحيوانات مثبتة، حجر كلسي مبني، حجر كلسي به قواقع لحيوانات هائمة. - تجمعات لقواقع كائنات مجهرية هائمة.

Définition *faciès géologique*

Ensemble des caractères lithologiques ou paléontologiques d'une roche ou d'un terrain. Aspect que présente une roche ou un ensemble de couches géologiques. Faciès métamorphique, granitique. Faciès gréseux, calcaire. Faciès récifal. Faciès pétrographique, déterminé par les caractères minéralogiques et structuraux d'une roche.

Le faciès est aussi, bien déterminé par l'apparence visuelle, l'observation d'un ensemble géologique, que par ses propriétés, sa structure, sa disposition. C'est à la fois un terme descriptif et technique.

النشاط 2: تغيرات السحن أفقيا و شاقوليا

يمكن للسحن أن تتغيّر حسب البيئات (أفقيا) في فترة زمنية معيّنة، و حسب الأزمنة الجيولوجية (شاقوليا)

1- استغلال الوثيقة 1 ص 204:

تبيّن الوثيقة 1 تغيّر السحن جانبيا (أفقيا) حسب أوساط الترسيب و عمقها.
نلاحظ تزايد حجم حبيبات الصخور الفتاتية كلما اتجهنا نحو القارة، و تزايد التوضعات الكيميائية (الكلسية ثمّ السيليسية) كلما اتجهنا نحو الأعماق السحيقة للبحر.

2- استغلال الوثيقة 2 ص 204:

تبيّن الوثيقة 2 تغيّر السحن شاقوليا (عموديا) في منطقة ما.
نلاحظ وجود توضعات فتاتية خشنة في الأسفل أي أنّها الأقدم، دالة على أنها ترسبات قاربة، ثمّ تعلوها توضعات كلسية أحدث، مختلفة الخصائص البتروغرافية و المستحاثية، دليل على تغيّر أوساط الترسيب و تطور الكائنات الحيّة عبر الأزمنة الجيولوجية.

3- الفائدة من دراسة تغيرات السحن:

تسمح التغيرات الأفقية و العمودية للسحن من تحديد وسط التوضع (بيئة الترسيب) و تطوره عبر الزمن.

4- ترتيب السحن بدلالة العمق، من القارة إلى البحر:

السحن	سحن قارية	سحن إنتقالية	سحن بحرية		
أوساط الترسيب	- صحاري - وديان - سبخات	- دلتا -بحيرات شاطئية	بمنّة	عتبة بحرية	لحبة

خلاصة:

تتغيّر السحن أفقيا بتغيّر السنة و العمق، و تتغيّر شاقوليا بتغيّر السنة و تطور الكائنات الحيّة عبر الزمن.

النشاط 3: تطبيق حول السحن

أنظر المطبوعة.

الشرح: ص 205

التحليل الأوّلي:

- إذا كانت متتالية إنحسارية، نرسم سهم مائل نحو اليسار و نضع إشارة سالبة.
- " " طغيانية " " " اليمين " " موجبة.

يكون طول السهم على قدر المتتالية.

يعتمد اتجاه السهم على التوجه: من الوسط القاري باتجاه الوسط البحري، أو العكس.

التحليل النهائي:

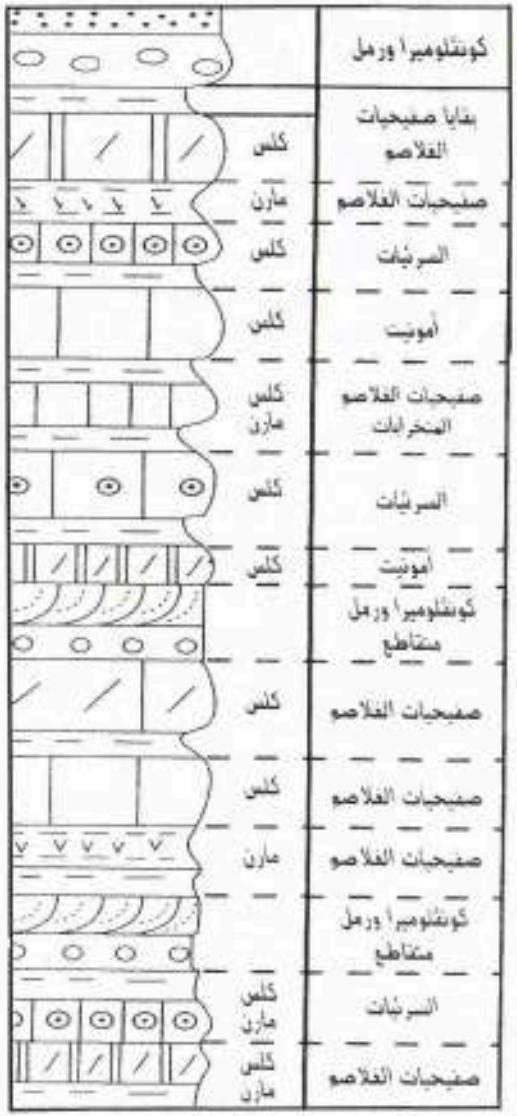
رسم سهم من الأسفل العمود الطبقي إلى أعلاه حسب المتتالية إن كانت طغيانية أم إنحسارية، مع تبيين ما يتخللها بأسهم صغيرة، و توضيح إن كانت متوافقة أم غير متوافقة.

الأستاذة ب. نورة

تطبيق حول السحن ص 205

البحر ← القارة

تحليل نهائي	تحليل أولي	أمونيت	سرنيات	ص الغلاصم	رمل	كنغلوميرا



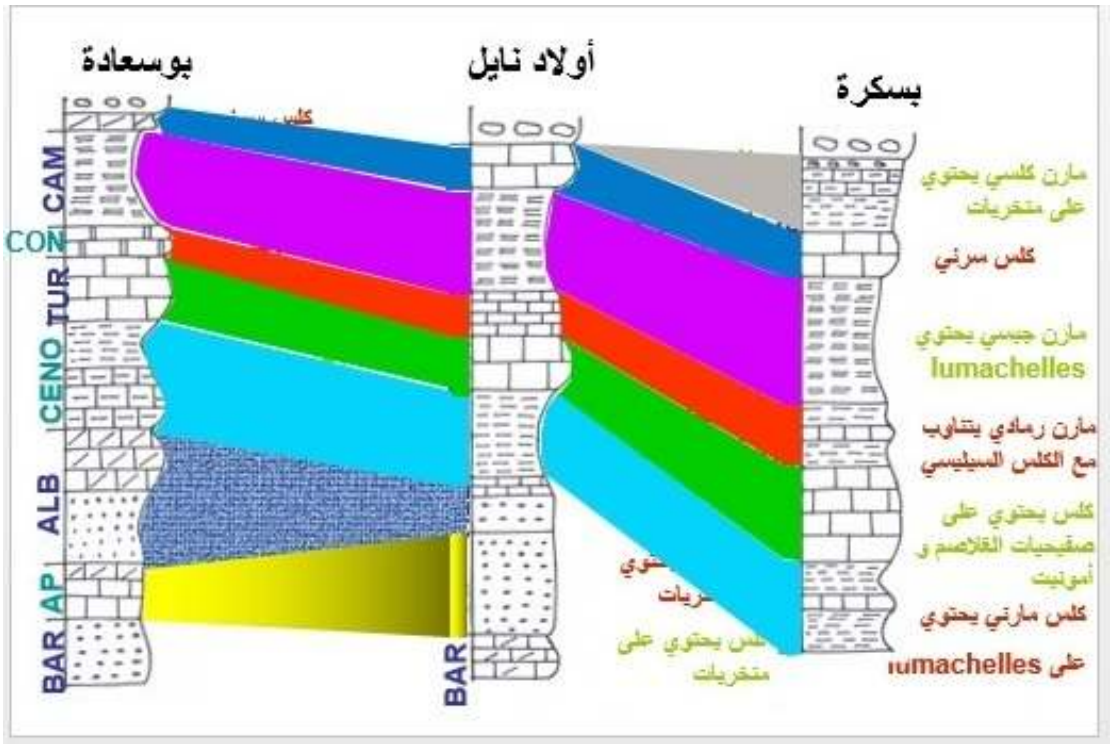
2 ع ت **الوحدة 4: تشكيل حوض رسوبي** **الأستاذة ب. نورة**

وضعية الإنطلاق: تتوضع الصخور الرسوبية على شكل طبقات أفقية في أحواض رسوبية.
يرتبط تشكل الأحواض الرسوبية بالتغير الأفقي و الشاقولي للسحن من جهة، و بمصدر و كمية المواد المترسبة، من جهة أخرى.

الإشكالية: ما هي الخصائص التي نعتمد عليها لتطبيق مضاهاة السحن التي لها نفس الخصائص المستحاثية و البتروغرافية؟

التقصي:
السند: الوثيقة ص 208
التعليمات: ضاهي بين سحن الأعمدة المتماثلة، عيّن موقع البحر و القارة، عيّن اتجاه انتقال الرسوبيات و استنتج وسط التوضع خلال الطباشيري.

المضاهاة:
نربط بين أسطح التطبق للسحن المتماثلة في مختلف الأعمدة، ثم نلون الحيّز بين الأعمدة الموافقة لنفس السحنة ثمّ نقوم بالمضاهاة.



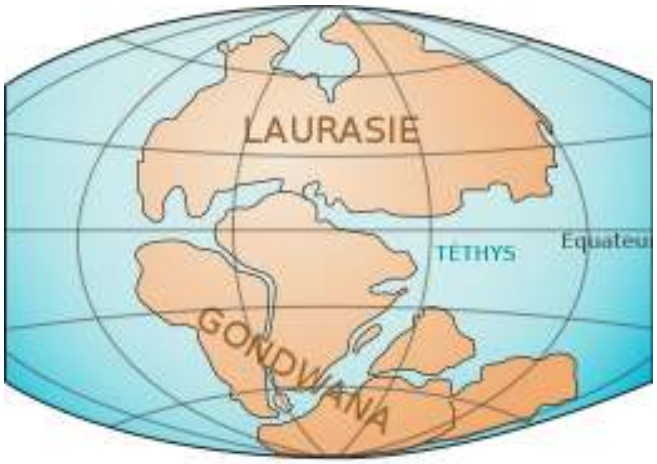
نلاحظ اختلاف سمك و عمق السحن المتماثلة في الأعمدة المختلفة، حيث يزداد سمك السحن و عمقها كلما اتجهنا من بوسعادة نحو بسكرة.
إذن، انتقلت الرسوبيات من بوسعادة التي تتميز بالارتفاع، باتجاه أولاد نايل و بسكرة التي تمثل مناطق من البحر أكثر عمقا. إذن، لعبت منطقة بوسعادة (الموجودة في الهضاب العليا) دور منطقة عالية، بينما لعبت منطقتا أولاد نايل و بسكرة (الموجودتان في الأطلس الصحراوي) دور حوض عميق. و منه، يمكن القول أنّ بوسعادة موجودة جهة القارة، بينما بسكرة موجودة جهة البحر (أو المحيط).
تشكلت هذه الأعمدة في نفس الحوض الرسوبي، لكن على أعماق مختلفة. يبيّن التطور الشاقولي للرسوبيات و المستحاثات خلال الطباشيري Crétacé أن أغلب التوضعات تمت في وسط بحري متذبذب، تعاقبت عليه انحسارات و طغيانات، لكن التطور الغالب هو التطور الانحصاري (تطور سالب).

يتوافق هذا التطور مع التقارب المعروف بين شمال إفريقيا و جنوب أوروبا خلال الطباشيري، و المتسبب في غلق الأحواض الرسوبية الموجودة بينها (محيط التيتيس Téthys) و تشكل السلسلة الجبلية الألبية.

خلاصة عامة:

يتوافق التطور السالب للسحنات (الإنحسار) مع غلق الأحواض الرسوبية، بينما يتوافق التطور الموجب للسحنات (الطغيان) مع فتح الأحواض الرسوبية.

الأرض قبل 237 مليون سنة



TRIAS
Il y a 200 millions d'années

الأرض قبل 200 مليون سنة