www.datasvt.com

بسم الله الرحمان الرحيم

دروس
علوم الحياة و الأرض

أولى باك علوم تجريبية

الدروس من إنجاز الأستاذ
يوسف الأندلسي

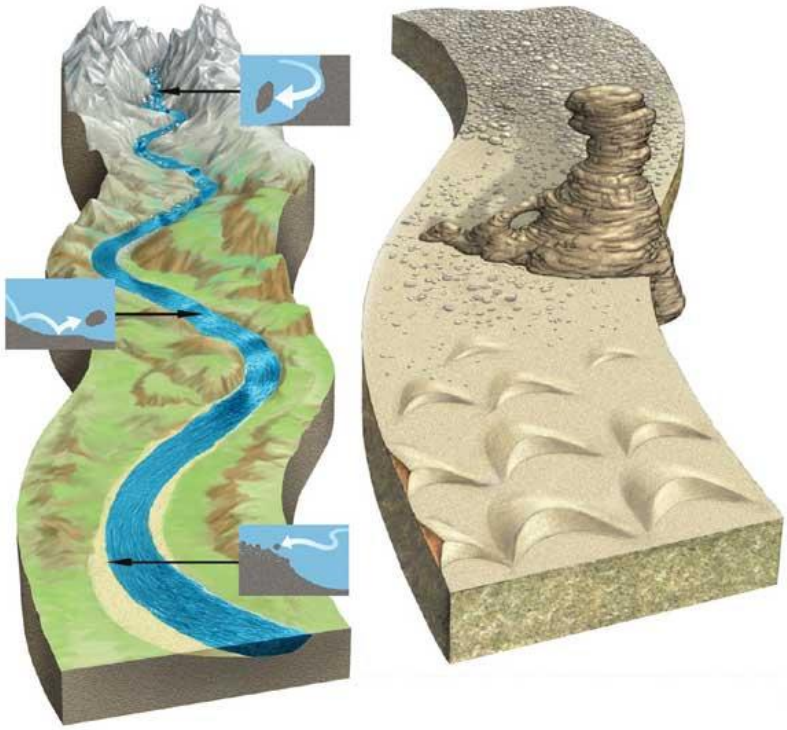
تصميم و نشر الأستاذ
صبير سوفيان

www.datasvt.com

الوحدة الأولى:

الظواهر الجيولوجية الخارجية

مقدمة



تشمل الدينامية الخارجية كل القوى المتحكمة في الظواهر الخارجية (الحت، النقل، الترسب) والتي تستمد طاقتها من خارج الأرض أي أساسا من الطاقة الشمسية. تحدد هذه القوى تطور المظهر الخارجي للقشرة الأرضية. ويتنوع شكل التضاريس حسب شكل المجموعات الجيولوجية المكونة للقشرة الأرضية وحسب المكان والزمان. فالمناطق القارية تنبسط تدريجيا بفعل الحت، بينما تسيطر ظاهرة الترسب في المناطق البحرية. وترتبط الدينامية الخارجية بالدينامية الباطنية، حيث تؤدي التشوهات المرتبطة بحركية الصفائح إلى تكون التضاريس مقاومة بذلك ظاهرة الحت، كما تتحكم كذلك في شكل قعر البحار والمحيطات.

وهكذا تختزن الصخور الرسوبية عدة معلومات تدور حول ظروف تشكلها وتتضمن آثار العديد من الأحداث الجيولوجية القديمة التي عرفها كوكب الأرض.
فإعادة تاريخ تكون حوض رسوبي معين يقتضي البحث عن أصل المواد الرسوبية والمسار الذي سلكته، وتحديد ظروف ترسبها قصد انجاز خريطة الجغرافيا القديمة واسترداد التاريخ الجيولوجي.

1) كيف ننجز خريطة الجغرافيا القديمة لمنطقة رسوبية معينة؟
2) ما المبادئ والوسائل المعتمدة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبية منضدية؟

www.datasvt.com

الفصل الأول
انجاز خريطة الجغرافيا القديمة

مقدمة:

تتكون الصخور الرسوبية المكونة للمناظر الجيولوجية على سطح الكرة الأرضية وبكيفية بطيئة عبر الزمن الجيولوجي، وذلك وفق أنماط ترسبية مختلفة.
تتميز الصخور الرسوبية بصفات صخرية وأحفورية تسمى سحنات الصخور الرسوبية.
فما دلالات هذه السحنات؟ وكيف يمكن تفسيرها واستغلالها قصد إعادة تشكل أوساط نشوء هذه الصخور؟

I – تصنيف مكونات الرواسب

① تصنيف مكونات الرواسب حسب قدها

أ – ملاحظات. الوثيقة 1

الوثيقة 1: أصناف ومكونات الرواسب وأمثلة من الأوساط النهرية

الشكل أ: منظر لواد بالأطلس الكبير خلال فصل الصيف، الشكل ب: منظر لواد خلال فصل الشتاء، الشكل ج: حصا كبير، الشكل د: حصا صغير، الشكل ه: رمل، الشكل و: مثال لسلم تصنيف الرواسب حسب Wentworth.

انطلاقا من ملاحظة هذه الوثائق:
تعرف على أصناف العناصر الرسوبية التي يمكن معاينتها في مجرى الواد.
كيف يمكن تفسير اختلاف أصناف العناصر الرسوبية في الواد.

الشكل و

قطر المكونات ب mm	أكبر من 256	من64 إلى 256	من 4 إلى 64	من 2 إلى 4	من 1/16 إلى 2	أقل من 1/16
الرواسب	جلاميد	حصا كبير	حصا صغير	حبيبات	رمل	طين

www.datasvt.com

ب – تحليل واستنتاج.

1) يتبين من هذه الوثائق أن رواسب المجاري المائية تتكون أساسا من جلاميد وحصا كبير وحصا صغير وحبيبات رملية وطين.
2) يمكن إرجاع اختلاف أصناف العناصر الرسوبية في مجرى الواد إلى عاملي سرعة التيار المائي، وقد العناصر الرسوبية. كما أن سرعة التيار المائي تتغير حسب نسبة انحدار المجرى المائي والظروف المناخية، ومن وسط المجرى في اتجاه ضفتيه.

② نفس الراسب وأوساط رسوبية مختلفة.

أ – ملاحظات. الوثيقة 2

الوثيقة 2: نفس الراسب (الرمل) وأوساط رسوبية حالية مختلفة

الشكل أ: رواسب رملية صحراوية، الشكل ب: رواسب شاطئية. انطلاقا من ملاحظة هذه الوثائق، بين العوامل المتدخلة في الترسب في الوسطين الممثلين في الشكلين. وهل نوع الراسب كاف للدلالة على وسط الترسب؟

الشكل أ

الشكل ب

ب – تحليل واستنتاج.

يتميز الوسط الصحراوي (الشكل أ) برواسب ريحية، إذ يعتبر الريح العامل المتدخل في الترسب في هذا الوسط. أما الوسط الشاطئي فيخضع باستمرار لحركات الأمواج وهبوب الرياح من جهة البحر، إذ تعمل الأمواج على توزيع الحصا والعناصر الرملية على طول الشاطئ، بينما الرياح تنقل الحبات الرملية الصغيرة القد بعيدا عن الشاطئ فيكون كثبانا رملية موازية للشاطئ.

يخضع ترسب العناصر المنقولة لدينامية موائع وسط الترسب ولطبيعة هذا الوسط. وهكذا يمكن لنفس الراسب أن يتوضع في أوساط رسوبية مختلفة ولا يميز بين مختلف هذه الأوساط إلا بدراسة متكاملة لخصائص الرواسب.

II – الدراسة الإحصائية لمكونات الرواسب.

① دراسة قد مكونات الرواسب.

تقتصر هذه الدراسة على حبات المرو نظرا لمقاومتها لعملية الحث بالمقارنة مع العناصر الأخرى. وتتطلب هذه الدراسة القيام بترتيب الحبات حسب قدها، ثم وزن كل جزء محصل عليه على حدة.

أ – تحضير مكونات الرواسب للدراسة الإحصائية. الوثيقة 3

الوثيقة 3: مناولة عزل أصناف الحبات المكونة لعينة من الرواسب

- نأخذ عينة من الرمل ونضعها في غربال قطر عيونه 0.063 mm، ثم نغسلها بالماء لإزالة الطمي والطين.
- نعالج العينة باستعمال حمض HCl قصد التخلص من المواد الكلسية، وبالماء الأكسجيني قصد إزالة المواد العضوية.
- بعد التجفيف نضع 100 g من الرمل المحضر في الغربال العلوي لمجموعة من الغرابيل (الشكل أمامه) ذات ثقوب ينقص قطرها من الأعلى إلى الأسفل بالنصف (من 2 إلى 1/16 mm). ثم نحرك الغرابيل لمدة 15 دقيقة.
- نزن العينات المتبقية في كل غربال.

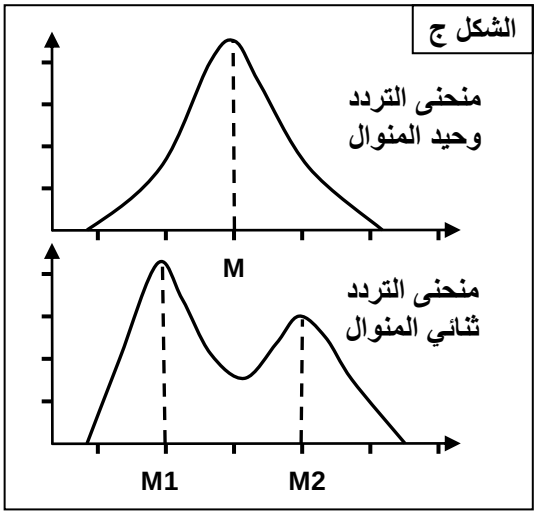
www.datasvt.com

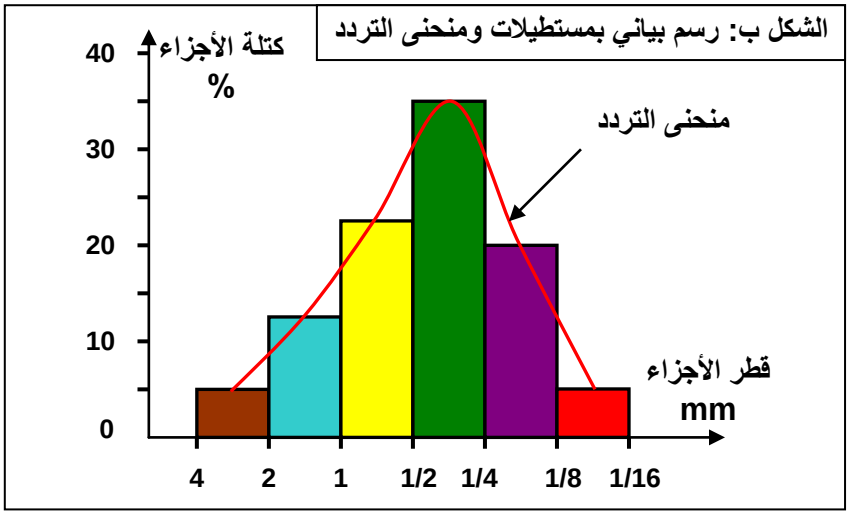
ب – تمثيل النتائج.

a – طريقة أولى: منحنى الترددات courbe de fréquence

ننجز منحنى الترددات حسب الطريقة الآتية:

- ✓ نمثل على محور الأفاصيل معايير الغرابيل حسب السلم اللوغارتمي، وعلى محور الاراتيب كتل حبات المرو المحصل عليها في كل غربال.
- ✓ نرسم في الأول مدراج histogramme يمثل كل درج فئة تضم قطر الحبات بين غربالين متتاليين، ثم نربط بين أوساط المدراج لنحصل على منحنى يسمى منحنى التردد (أنظر الشكل ب).





إذا كان منحنى الترددات وحيد المنوال فان الراسب المدروس في هذه الحالة هو راسب متجانس. (الشكل ج)
أما إذا كان منحنى الترددات ثنائي المنوال فان الراسب المدروس هو راسب غير متجانس (متغاير).

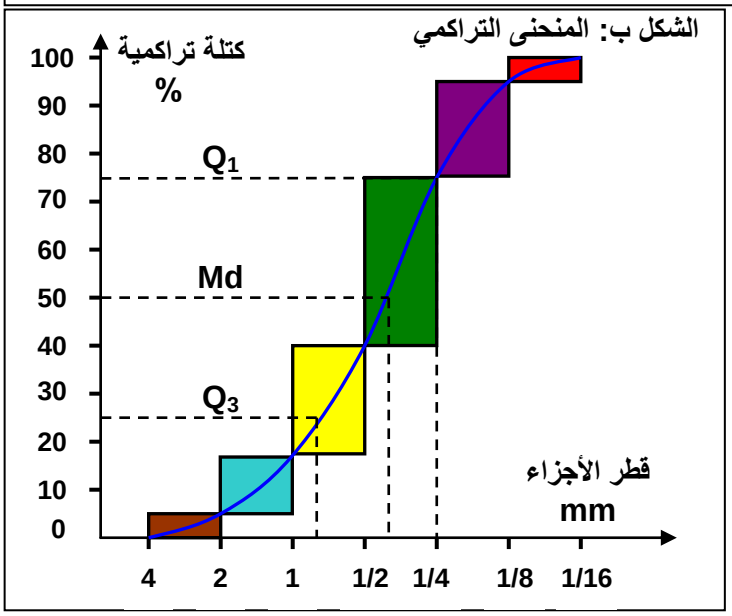
b – طريقة ثانية: المنحنى التراكمي courbe cumulative (الوثيقة 4)

ننجز المنحنى التراكمي حسب الطريقة الآتية:

- ✓ نمثل على محور الأفاصيل قطر الغرابيل حسب السلم اللوغارتمي، وعلى محور الأراتيب مجموع الكتل المحصل عليها في الغربال وفي الغرابيل التي تسبقه. أي النسبة التراكمية. (الشكل أ)
- ✓ نحصل على المنحنى التراكمي بوضع المستطيلات المتتالية على الطريقة الممثلة في الشكل ب.

قطر الحبيبات بـ mm	2 إلى 4	1 إلى 2	1/2 إلى 1	1/4 إلى 1/2	1/8 إلى 1/4	1/16 إلى 1/8
النسبة المئوية من الوزن	a	b	c	d	e	f
النسبة التراكمية	a	a+b	a+b+c	a+b+c+d	a+b+c+d+e	a+b+c+d+e+f

الشكل أ: حساب النسبة التراكمية



يمكن شكل المنحنى التراكمي من تمييز نوع الرواسب المدروسة. كما يمكننا من تحديد مدل الترتيب S_0 Indice de classement الذي يطلق عليه مدل Trask، وذلك بتطبيق طريقة الأرباع:
Q_1 = 75 %، Md = 50 %، Q_3 = 25 %.

وهكذا يحسب مدل الترتيب حسب الصيغة التالية:

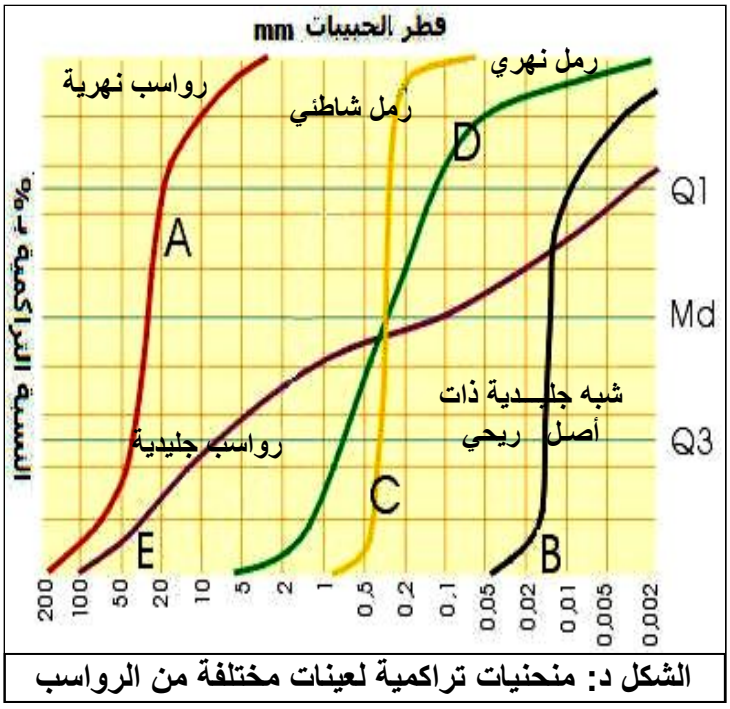
مدل الترتيب ل Trask $S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$

أنظر الشكل ج.

www.datasvt.com

مدل الترتيب ل Trask	درجة الترتيب
<1,23	جيد جدا
1,23 à 1,41	جيد
1,41 à 1,74	متوسط
1,74 à 2,00	غير جيد
>2,00	غير مرتب

الشكل ج: مدل الترتيب ل Trask



الشكل د: منحنيات تراكمية لعينات مختلفة من الرواسب

مثال: انطلاقا من الوثيقة ب نحدد قيمة الأرباع:

$Q1 = 0.25$, $Md = 0.4$, $Q3 = 0.8$

مدل الترتيب ل Trask هو:

$$S_0 = \sqrt{\frac{0.8}{0.25}} = 1.79$$

درجة الترتيب حسب جدول الشكل ج، هو ترتيب غير جيد. وهذه خصائص تميز الرمل النهري.
انطلاقا من مقارنة المنحنى المحصل عليه مع منحنيات تراكمية مرجعية لأوساط معروفة (الشكل د)، يمكن تحديد ظروف النقل وترسب الرواسب التي تم تحليلها.

② خلاصة.

تمكن دراسة توزيع أصناف العناصر الرسوبية المكونة لعينة من الصخور من استرداد ظروف الترسب.
تمثل النتائج على شكل منحنى التردد الذي يدل شكله على ما إذا كان الراسب المدروس متجانسا أو غير متجانس. ويمكن المنحنى التراكمي من تحديد مدل الترتيب. وتمكن مقارنة شكل المنحنى مع منحنيات أخرى لعينات من أوساط معروفة، من وضع فرضيات حول وسط وظروف الترسب.

③ تمارين تطبيقية.

التمرين الأول: الوثيقة 5

الوثيقة 5: تمرين تطبيقي

أعطت غربلة عينة من الرمل النتائج الملخصة في الجدول التالي:

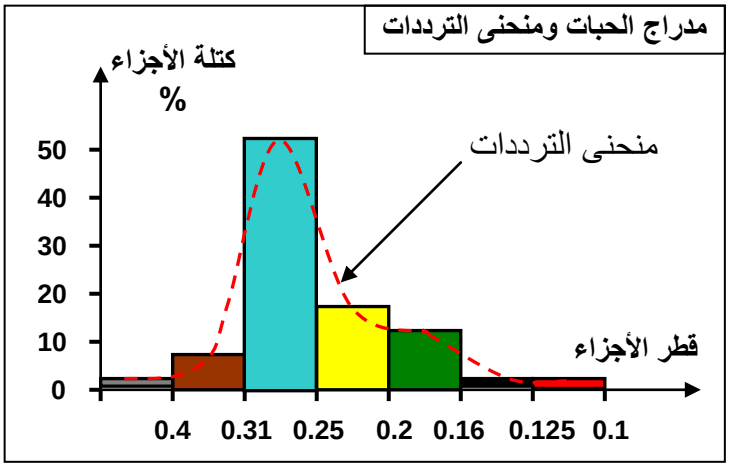
رقم الغربال	1	2	3	4	5	6	7
قطر ثقبه ب mm	0.4	0.31	0.25	0.20	0.16	0.125	0.1
كمية الحبات ب g	0.6	12.8	69.8	23.8	20.9	0.3	0.4
النسبة المئوية	0.47	9.95	54.28	18.51	16.25	0.23	0.31
النسبة التراكمية	0.47	10.42	64.7	83.21	99.46	99.69	100

1) بعد إتمام جدول الوثيقة، أنجز مدراج Histogramme الحبات، أنجز منحنى الترددات.
2) أنجز منحنى الترددات التراكمي وأوجد Q_1 , Md , Q_3، حدد قد الحبات الذي يقابل % 25 ، و% 50 ، و% 75.
3) أحسب مدل Trask (S_0).
4) ماذا يمكن استنتاجه فيما يخص ترتيب هذه العينة من الرمل؟
5) حدد أي المنحنيات أفضل لمقارنة عينات مختلفة من الرمل.

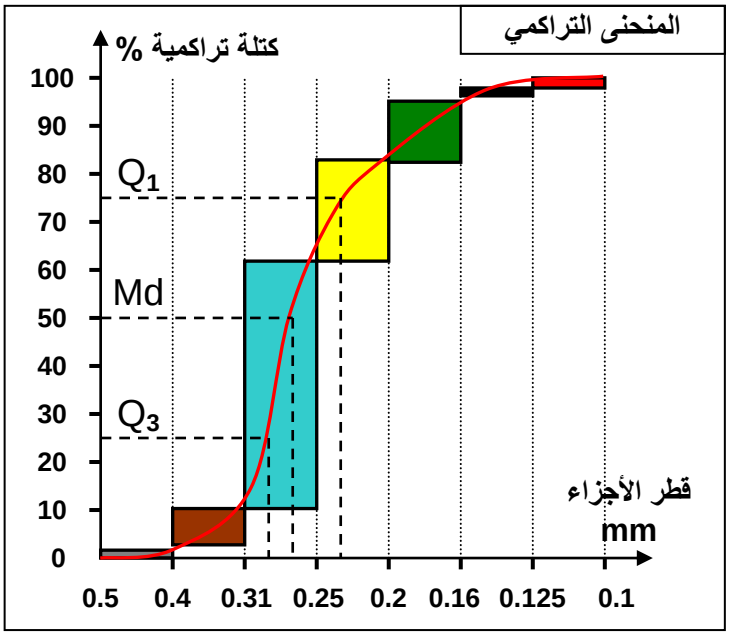
www.datasvt.com

حل التمرين الأول:

1) انجاز مدراج الحبات ومنحنى التردد



2) منحنى التردد التراكمي.



$Q_1 = 0.23$
$Q_3 = 0.27$
$Md = 0.26$

3) مدل Trask S_0

$$S_0 = \sqrt{\frac{0.27}{0.23}} = 1.08$$

4) انطلاقا من قيمة مدل Trask نستنتج أن هذا الرمل مرتب ترتيبا جيدا.

5) منحنى التردد التراكمي أحسن من منحنى التردد أو المدراج لمقارنة قياس الحبات في عينات مختلفة من الرمل.

التمرين الثاني: الوثيقة 6

الوثيقة 6: دراسة مقارنة لرمل شاطئي ونهري وصحراوي.

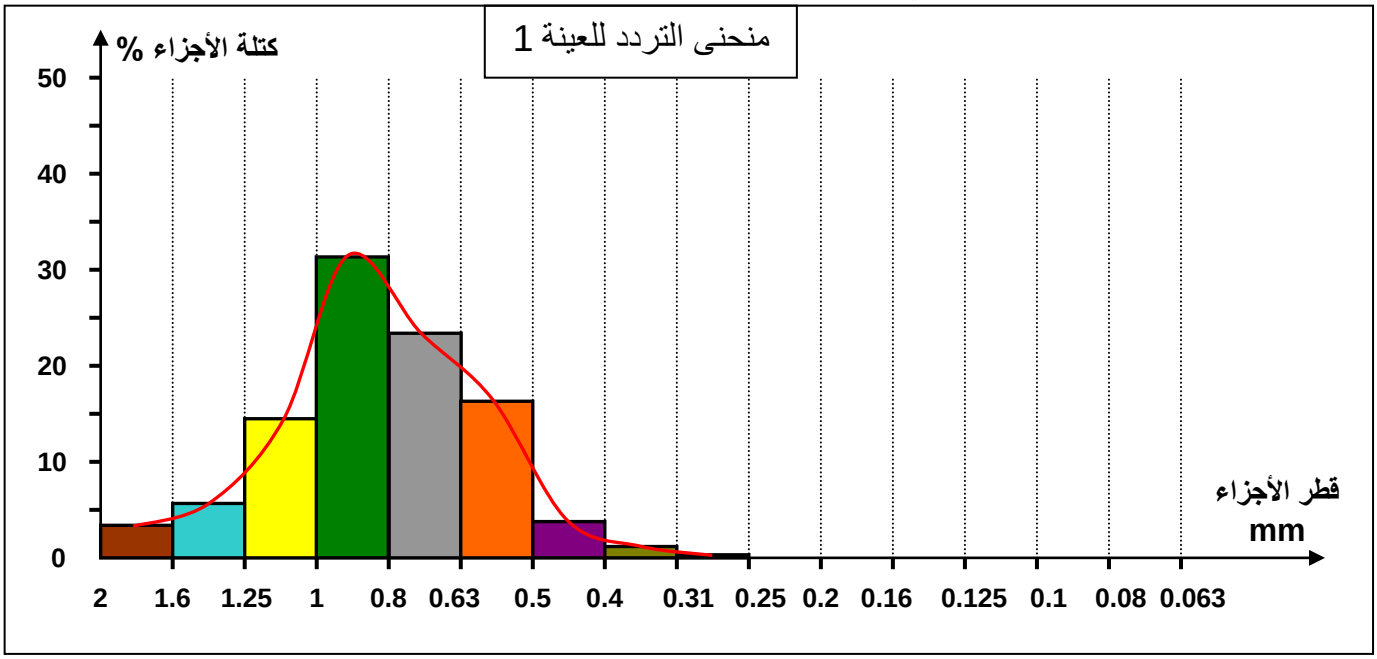
يعطي الجدول التالي نتائج الدراسة الحبيبية لثلاث عينات من الرمل (100g) أخذت من ثلاثة أوساط رسوبية مختلفة.

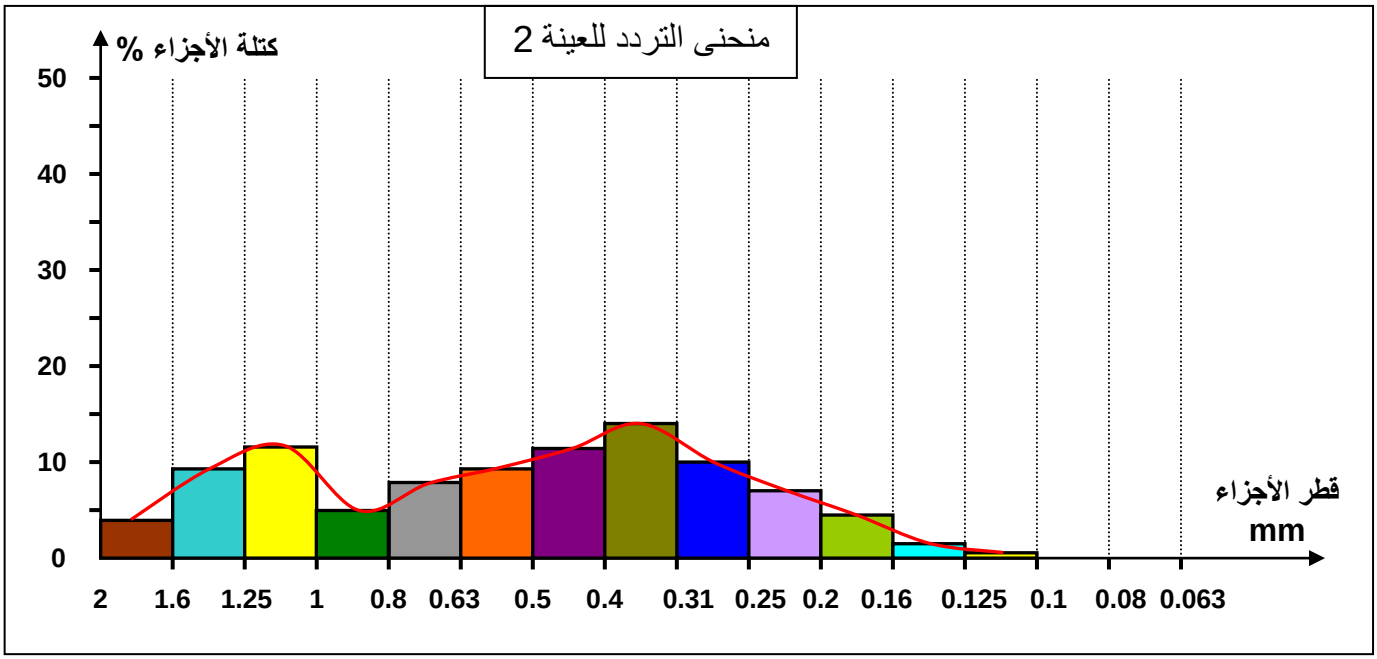
قطر العيون ب mm	2	1.6	1.25	1	0.8	0.63	0.5	0.4	0.31	0.25	0.2	0.16	0.125	0.1	0.08	0.063
العينة 1	0	3.4	5.7	14.5	31.4	23.4	16.3	3.8	1.2	0.3	0	0	0	0	0	0
النسبة التراكمية	0	3.4	9.1	23.6	55	78.4	94.7	98.5	99.7	100	100	100	100	100	100	100
العينة 2	0	4	9.3	11.6	5	4.7	8	9.3	11.4	14	10	6.5	3.2	2.5	0.5	0
النسبة التراكمية	0	4	13.3	24.9	29.9	34.6	42.6	51.9	63.3	77.3	87.3	93.8	97	99.5	100	100
العينة 3	0	0	0	0	0	0	0.4	1.2	5.1	26.1	47.4	12.1	5.6	1.5	0.6	0
النسبة التراكمية	0	0	0	0	0	0	0.4	1.6	6.7	32.8	80.2	92.3	97.9	99.4	100	100

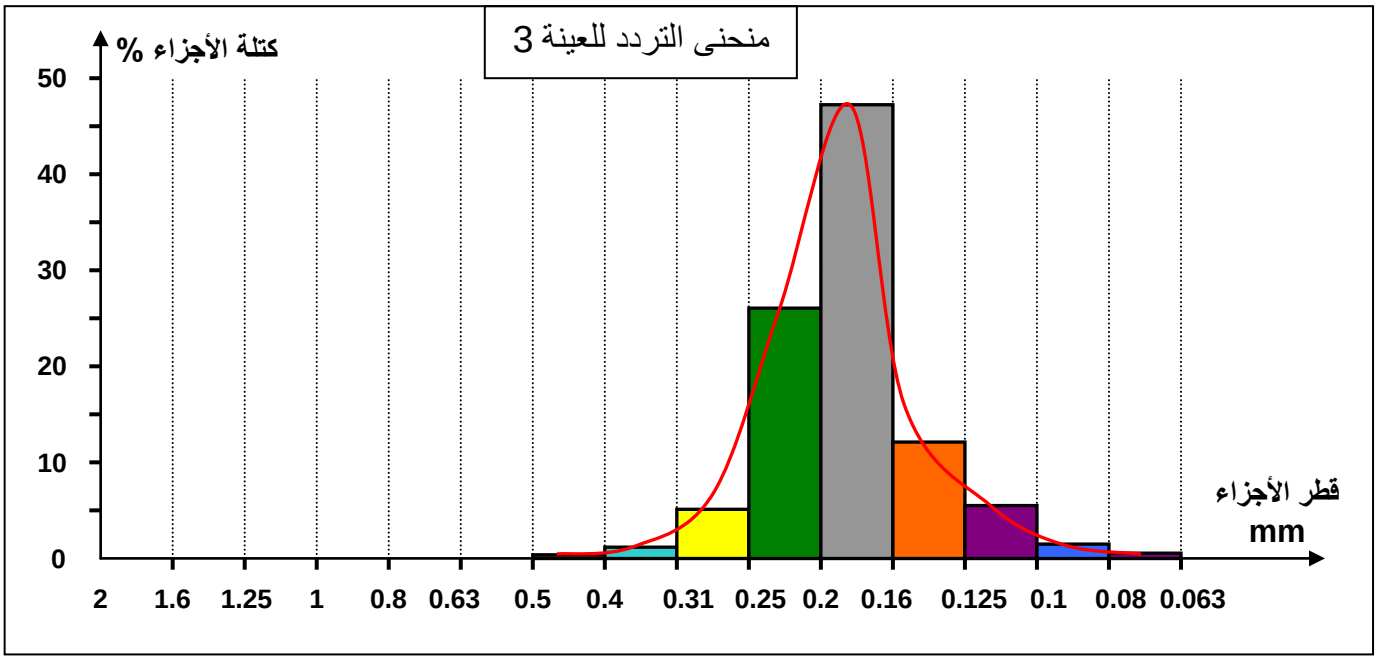
1) بعد إتمام جدول الوثيقة أنجز منحنى التردد والمنحنى التراكمي لكل من العينات 1، 2، و3.
2) تأكد من ترتيب رمل العينات الثلاث باستعمال مدل Trask.

www.datasvt.com

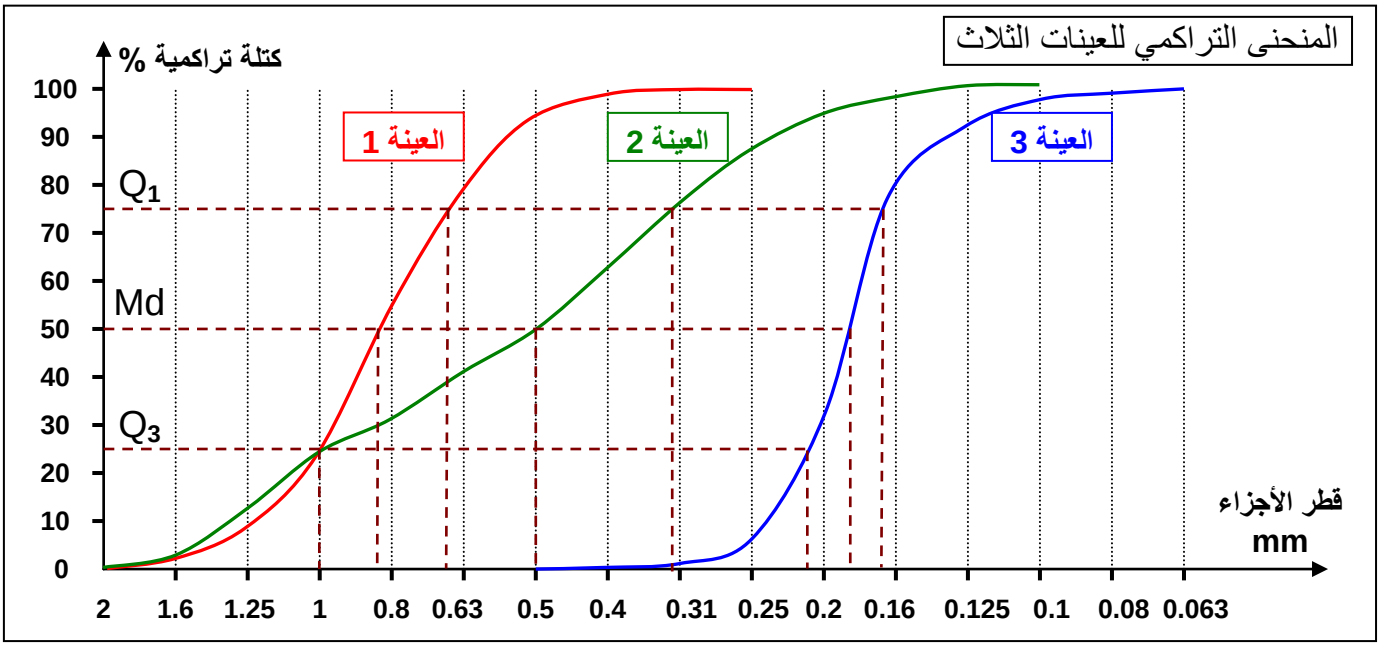
1) منحنى التردددات والمنحنى التراكمي للعينات الثلاث. (أنظر الوثيقة)







www.datasvt.com



2) التأكد من ترتيب رمل العينات (حساب مدل Trask).

- مدل الترتيب للعينة 1:

$Q_2 = 0.84$ $\quad S_0 = \sqrt{\frac{1}{0.66}} = 1.23$

- مدل الترتيب للعينة 2:

$Q_2 = 0.50$ $\quad S_0 = \sqrt{\frac{1}{0.32}} = 1.77$

- مدل الترتيب للعينة 3:

$Q_2 = 0.18$ $\quad S_0 = \sqrt{\frac{0.22}{0.17}} = 1.14$

- الخاصيات العامة للعينات الثلاث:

	العينة 1 = رمل شاطئي	العينة 2 = رمل نهري	العينة 3 = رمل صحراوي
منحنى التردد	أحادي المنوال	ثنائي المنوال عريض	أحادي المنوال ضيق
منحنى التراكم	انحدار قوي	انحدار ضعيف	انحدار قوي
درجة الترتيب	ترتيب جيد	غير جيد	ترتيب جيد جدا
Q_2	حبات غليظة	حبات متوسطة	حبات دقيقة

III – دراسة الشكل الخارجي لمكونات الرواسب (دراسة مورفولوجية).

إن شكل ومظهر العناصر الحتاتية يتغير حسب شدة ومدة التأثيرات الجيولوجية التي خضعت لها هذه الحبات، وبالتالي فالشكل النهائي لهذه العناصر يعبر عن طبيعة عوامل الحث والنقل التي أدت إلى تشكلها.

www.datasvt.com

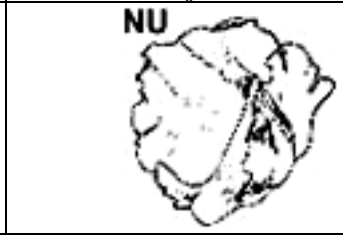
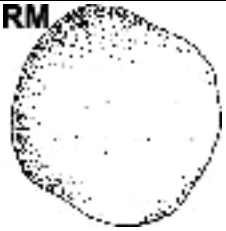
① دراسة إحصائية للمظهر الخارجي لحبات المرو.

تقتصر هذه الدراسة على حبات المرو نظرا لمقاومتها لعملية الحث والنقل بالمقارنة مع العناصر الأخرى. وتتطلب هذه الدراسة القيام بفحص لحبات المرو لعينة من الرمل بواسطة المكبر الزوجي.

أ ــ الملاحظة بالمكبر الزوجي. الوثيقة 7

الوثيقة 7: المظهر الخارجي لحبات المرو .

مكن فحص حبات المرو لعينة من الرمل بواسطة المكبر الزوجي، من انجاز صور الوثيقة.
لاحظ أنواع حبات المرو المتواجدة في الرمل وصف شكلها ومظهرها ثم أنجز رسما تخطيطيا لكل نوع من هذه الأنواع.

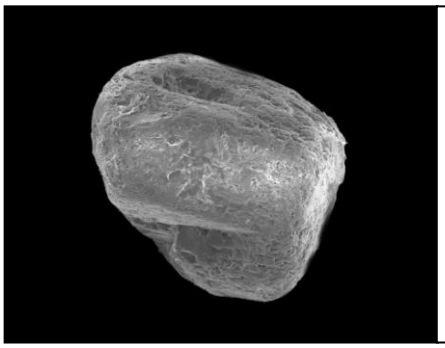
حبات غير محزة NU Grains non usés	حبات مدملكة براقة EL G.emoussés luisants	حبات مستديرة غير لامعة RM Grains rond mat
شفافة ذات محيط مزوى	شفافة ذات زوايا غير حادة	نصف شفافة ومثقبة ذات شكل بيضاوي
نجد هذا النمط في الرمل الحديث التشكل غير المنقول أو المحمول عبر مسافات قصيرة: مثال الرمل الكرانيتي	تنتج عن حث مستمر وطويل في مياه الأنهار أو الشواطئ. مثال الرمل النهري أو الشاطئي	تنتج عن اصطدامات أثناء النقل في وسط هوائي مثال: الرمل الريحي
		

ملحوظة: بعض الحبات تتعرض لأشكال مختلفة من النقل فتعطي حبات مستديرة لامعة (RL) تنتج عن حبات (RM) تعرضت للحث بواسطة الماء. وحبات مدملكة غير لامعة (EM) نتجت عن نقل بواسطة المياه ثم الرياح.

استنتاج: تمكننا الدراسة المورفوسكوبية Etude morphoscopique لحبات المرو من استكشاف عامل النقل ومدة النقل وبالتالي تحديد وسط الترسب.

أ ــ الملاحظة بالمكبر الالكتروني. الوثيقة 8

www.datasvt.com



الوثيقة 8: ملاحظة حبات المرو بالمجهر الالكتروني الكاسح :

مكنت ملاحظت حبات المرو لعينات من الرمل الفوسفاطي لأولاد عبدون بواسطة المجهر الالكتروني الكاسح من معاينة الآثار التي تعاقبت على سطح هذه الحبات.
انطلاقا من المعطيات الواردة في هذه الوثيقة استردد تاريخ حبات المرو المكونة للرمل الفوسفاطي.

يمكن المجهر الالكتروني الكاسح من ملاحظة التأثيرات التي تعاقبت على سطح الحبات الرملية.
انطلاقا من معطيات الوثيقة يمكن القول أن حبات المرو المكونة للرمل الفوسفاطي لأولاد عبدون خضعت أولا لنقل بواسطة الرياح في وسط قاري، ثم بعد ذلك خضعت لتأثير اصطدامات في وسط مائي بحري.

ب – تمثيل النتائج.

غالبا ما يحتوي الرمل على نسب متفاوتة من EL، وRM، وNU. ولتحديد نوعية الرمل نعتمد على أكبر نسبة مئوية. لذلك تمثل نتائج الدراسة الإحصائية على شكل بيان دائري. (أنظر الوثيقة 9)

- ✓ إذا كانت نسبة EL أكبر من 30 % فهو رمل بحري.
- ✓ إذا كانت نسبة EL بين 20 % و 30 % فهو يحتمل أن يكون رمل نهري أو بحري.
- ✓ إذا كانت نسبة EL أقل من 20 % فهو رمل نهري.

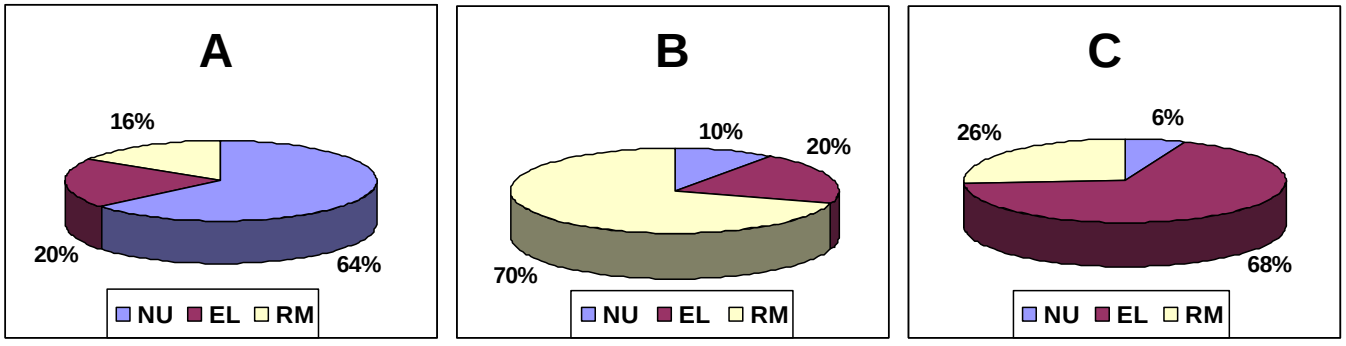
الوثيقة 9: تمثيل نتائج الدراسة الإحصائية لمظهر حبات المرو .

يبين الجدول التالي النسب المئوية لحبات المرو لثلاثة أنواع من الرمل:

حبات المرو	الرمل		
	A	B	C
NU	64 %	6 %	10 %
EL	20 %	68 %	20 %
RM	16 %	26 %	70 %

مثل هذه النتائج على رسم بياني دائري، ثم حلل واستنتج.

تمثيل النتائج:



تحليل واستنتاج:

- العينة A: تحتوي على نسبة كبيرة من الحبات NU أي أنها لم تخضع لنقل طويل. وبما أن نسبة EL تساوي 20% يمكن أن نستنتج أن هذا الرمل هو رمل نهري.
- العينة B: تتكون أغلب الحبات من نوع RM مما يدل على أنها نقلت في وسط هوائي (الرياح) ولمسافة طويلة جدا ومنه فهو رمل صحراوي.
- العينة C: تتكون أغلب الحبات من نوع EL مما يدل على أنها نقلت في وسط مائي، ولمسافة طويلة، وبالتالي يمكن أن نستنتج أن هذا الرمل شاطئي.

www.datasvt.com

② خلاصة.

يمكن فحص المظهر الخارجي لحبات المرو من تحديد العامل المسؤول عن نقل وحث العناصر الرسوبية وبالتالي وضع فرضيات حول وسط الترسب.

III – دراسة الأشكال الرسوبية. Les figures sédimentaires

الأشكال الرسوبية هي تموضع هندسي لعناصر راسب معين. وتتنوع مع تنوع القوى المسؤولة عن تشكلها، لذا تعد هذه الأشكال الرسوبية مؤشرا عن دينامية الترسب.

فكيف إذن تمكن دراسة الأشكال الرسوبية القديمة من استرداد دينامية القوى المسؤولة عن تكوينها؟

① العلاقة بين الأشكال الرسوبية و سبب تكوينها.

أ – أشكال شاهدة على تيارات مائية أو هوائية.

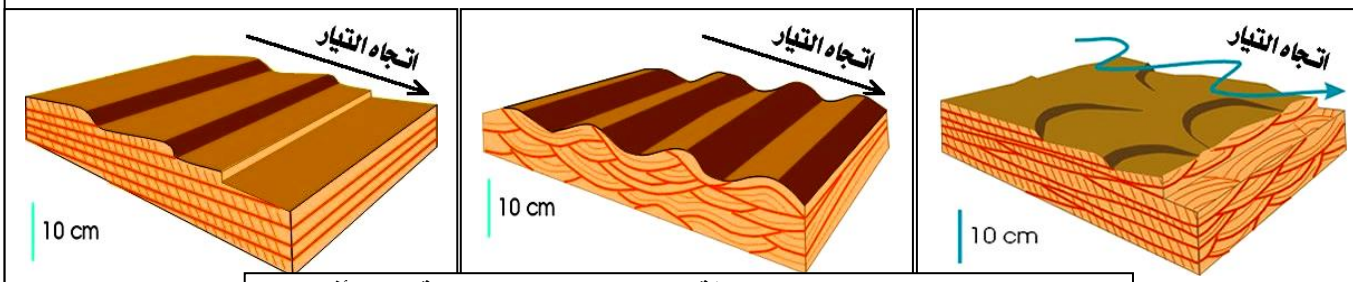
تعطي الوثيقة 10 صورا لأشكال رسوبية، ورسوم تخطيطية تفسيرية لبعض هذه الأشكال.

حلل هذه الصور واستنتج ظروف الترسب.

الوثيقة 10: الأشكال الرسوبية.

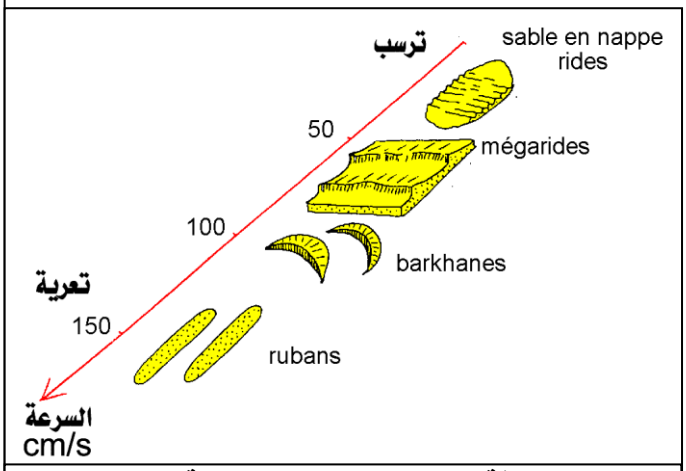
الشكل أ: تجعدات نتيجة تيارات في شاطئ حالي

الشكل ب: تجعدات في عينة من حجر رملي (-200Ma)



الشكل ج: رسم تخطيطي يبين العلاقة بين شكل التجاعيد وسرعة التيار أفقيا

الشكل د: أشكال رسوبية مرتبطة بتيارات هوائية



الشكل ه: العلاقة بين شكل التجاعيد وسرعة التيار الهوائي

www.datasvt.com

تظهر الأشكال الرسوبية على شكل تجعدات تعبر عن دينامية موائع وسط الترسب
تيارات ضعيفة (شاطئ) تكون على شكل تجعدات ذات ارتفاع ضعيف (بضع سنتمترات) متوازية فيما بينها ومتعامدة مع اتجاه التيار وتمكن دراسة خصائصها من معرفة سرعة ومنحى وعمق التيار المائي.
التيارات القوية (فيضان نهري) تكون على شكل تجعدات ذات ارتفاع متوسط وغير منتظمة ومتقطعة وتتخذ اتجاها موازيا للتيار.
الأشكال الرسوبية الناتجة عن التيارات الهوائية، تكون على شكل كتل رملية غير منتظمة ذات شكل هلالي تسمى كثبان رملية، ويشير وجهها المقعر إلى منحى التيار.

ب – بصمات على سطح الرواسب.

إن البصمات على سطح الرواسب الحالية أو القديمة، تعتبر من الأشكال الرسوبية التي تعبر عن ظروف الترسب. (أنظر الوثيقة 11)

الوثيقة 11: بصمات على سطح الرواسب

الشكل أ: شقوق تيبس تربة في راسب طيني حالي

الشكل ب: شقوق تيبس على حجر رملي خشن -180Ma

الشكل ج: أثار قوائم الحيوانات على صخور رسوبية

يدل وجود آثار للتيبس على تربة معينة على إن الوسط كان مائيا (فيضان سهلي،شاطئ،لاغون,,,) وبعد تراجع الماء تعرضت الرواسب للتبخر.
من جهة أخرى تحتفظ الرواسب المشبعة بالماء بنشاط بعض الكائنات الحية كآثار على سطح الرواسب وتساهم بذلك في معرفة الظروف البيئية التي تكون فيها الراسب. مثلا وجود الأمونيت يدل على وسط بحري، وجود أثار للديناصور يدل على عمق ضعيف بعد تراجع البحر...

② خلاصة.

الأشكال الرسوبية هي عناصر هندسية تكون على سطح الطبقات الرسوبية، أو بداخلها. تنتج عن دينامية موائع الترسب، أو نشاط الكائنات الحية التي تعيش في هذا الوسط، أو ظروف الترسب.
تمكن هذه الأشكال من تحديد دينامية هذه الموائع، وعمقها، والحدود العليا والدنيا للطبقات الرسوبية التي تتضمنها.

www.datasvt.com

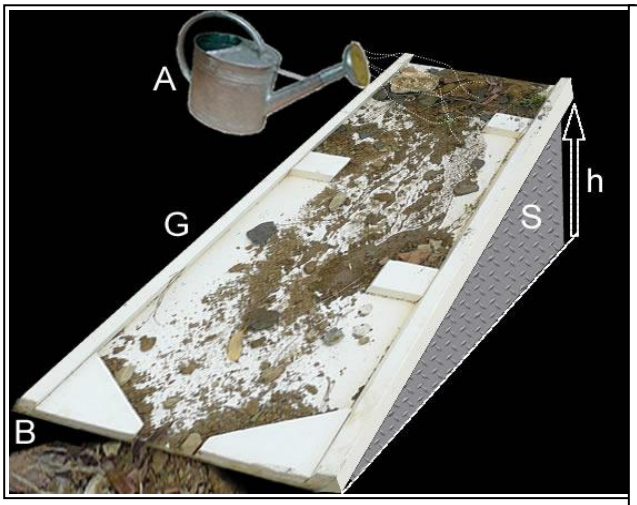
V – ديناميةوعوامل نقل الرواسب. (أنظر الوثيقة 12)

① العلاقة بين التيار وأصناف مكونات الرواسب.

أ – مناولة. (أنظر الوثيقة 12)

الوثيقة 12:

نضع في الجزء الأعلى من مزراب Gouttière (G) خليطا من 500 g رمل و500 g جراول و500 g حصى. نصب على هذه العناصر كمية من الماء بواسطة مرشة (A).
ويستقبل حوض (B) موضوع تحت الطرف السفلي للمزراب العناصر التي نقلها الماء. ويلخص الجدول نتائج مناولتين أجريتا في نفس المدة الزمنية مع استعمال دعامة (S) علوها h على التوالي 30 و50cm.
اعتمادا على نتائج هذه المناولة حدد العلاقة بين العلو h للدعامة S وسرعة التيار في المزراب، سرعة التيار وكمية المواد المنقولة، سرعة التيار وقد العناصر المنقولة.
اربط بين النموذج التجريبي وانحدار مجرى الوادي في الطبيعة.



	h = 30cm	h = 50cm
رمل	344	484
جراول	28	185
حصى	0	46
المجموع	372	705

ب – تحليل واستنتاج.

انطلاقا من النموذج التجريبي يمكن القول أنه كلما زادت قيمة العلو h للدعامة S، إلا وزادت سرعة التيار المائي في المزراب.
انطلاقا من جدول نتائج المناولتين يمكن أن نستنتج ما يلي.

- ✓ كلما زادت سرعة التيار إلا وزادت كمية المواد المنقولة.
- ✓ كلما زادت سرعة التيار إلا وزاد قد العناصر المنقولة.

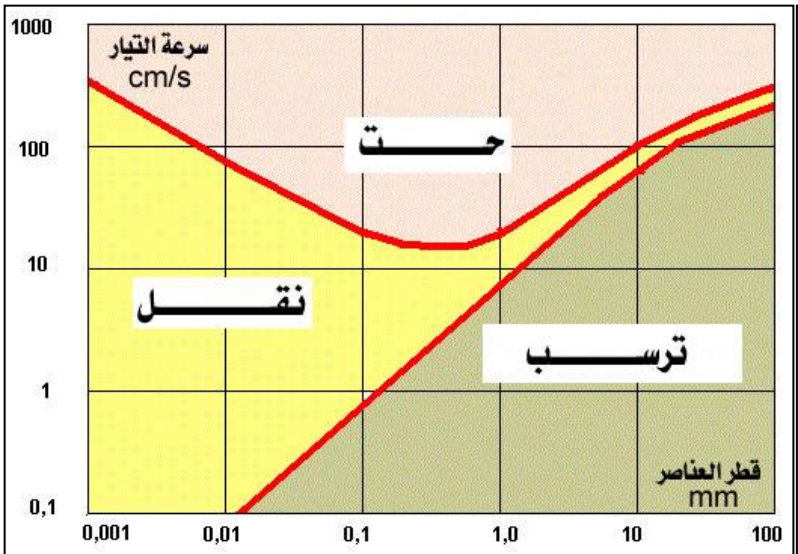
نستخلص إذن أن نقل العناصر الرسوبية هو محصلة قوتين: قوة التيار المائي المرتبطة بسرعة ونسبة انحدار مجراه، وقوة ثقل العناصر المنقولة (الجاذبية)، الشيء الذي ينطبق كذلك على انحدار مجرى الوادي في الطبيعة.

ج – العلاقة بين سرعة التيار وقد العناصر الرسوبية. (أنظر الوثيقة 13)

الوثيقة 13: العلاقة بين قد العناصر الرسوبية وسرعة التيار

توصل Hjulstrom إلى إبراز العلاقة بين تغير سرعة تيار مائي وتأثيراته على عناصر حتاتية مختلفة القد. ويمثل المبيان المحصل عليه عدة مجالات تناسب ظروف الحت والنقل والترسب.

1) من خلال تحليل مبيان Hjulstrom حدد بالنسبة لجزيئات ذات قطر 0.1mm السرعة الدنيا والسرعة القصوى لتيار مائي
   - يمكن من حت ونقل هذه الجزيئات.
   - يمكن من نقلها فقط وترسيبها.
2) حدد تأثير تيار مائي ذو سرعة 100cm/s على العناصر الرسوبية.



مبيان Hjulstrom

www.datasvt.com

تحدد هذه الوثيقة مجالات الحت والنقل والترسب، وذلك حسب سرعة المجاري المائية وقد الجزيئات.

1) بالنسبة لجزيئات ذات قطر 0.1mm فإنها تحث وتنقل بواسطة تيار سرعته أكبر من حوالي 10cm/s ويستمر نقلها طالما كانت السرعة أكبر من حوالي 1cm/s، ثم تترسب عندما تصبح السرعة أقل.

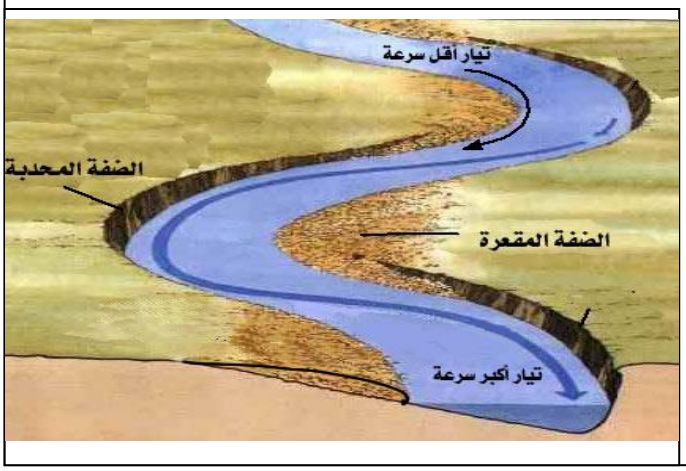
2) يستطيع تيار ذو سرعة 100cm/s من نقل عناصر رسوبية قطرها أصغر من 0.02mm، ويحت وينقل العناصر ذات قطر ما بين 0.02 و10mm، ولا يمكنه أن ينقل عناصر أكبر حيث يتم ترسبها.

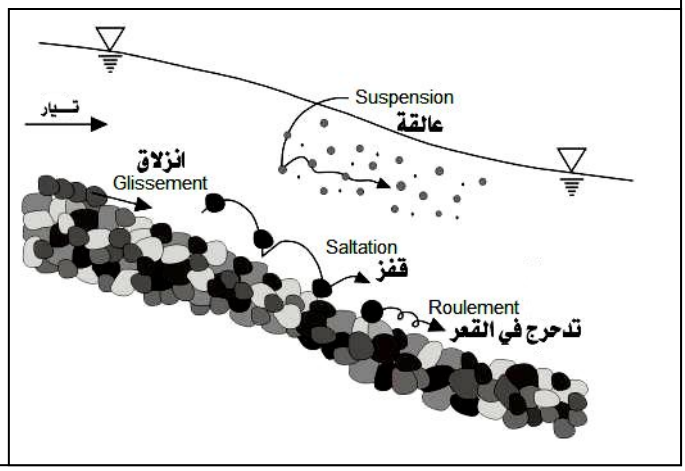
② كيف تنقل العناصر الرسوبية؟ (أنظر الوثيقة 14)

الوثيقة 14: أنماط نقل العناصر الرسوبية .

1) باعتبار سرعة التيار الممثلة في الشكل أ من الوثيقة ثابتة، ما هي العلاقة المبسطة بين قد العناصر الرسوبية ونمط نقلها ؟

2) اعتمادا على العلاقة بين سرعة التيار والمكونات الثلاثة للدينامية الخارجية (الحت، النقل، الترسب). حلل التباين بين شكل الضفتين المقعرة والمحدبة لمنعطف الوادي الممثل في الشكل ب من الوثيقة.





1) إن العناصر الرسوبية لا تنقل إلا إذا وصلت قيمة سرعة التيار عتبة خاصة بكل عنصر. وبذلك نحدد ثلاثة أنماط للنقل:
- التدحرج Roulement: العناصر الثقيلة.
- القفز Saltation: نقل غير متواصل للعناصر المتوسطة.
- العلاقة Suspension عناصر عالقة في الماء أو الهواء.

2) انطلاقا من هذه الوثيقة يتبين أن سرعة التيار تتغير حسب الضفتين المقعرة والمحدبة لمجرى الوادي.
نلاحظ أنه على مستوى الضفة المحدبة ترتفع سرعة التيار فتؤدي أساسا إلى عملية الحت. بينما على مستوى الضفة المقعرة تنخفض سرعة التيار فنلاحظ ظاهرة الترسب. في وسط المجرى سرعة متوسطة تساهم في عملية النقل.

② خلاصة:

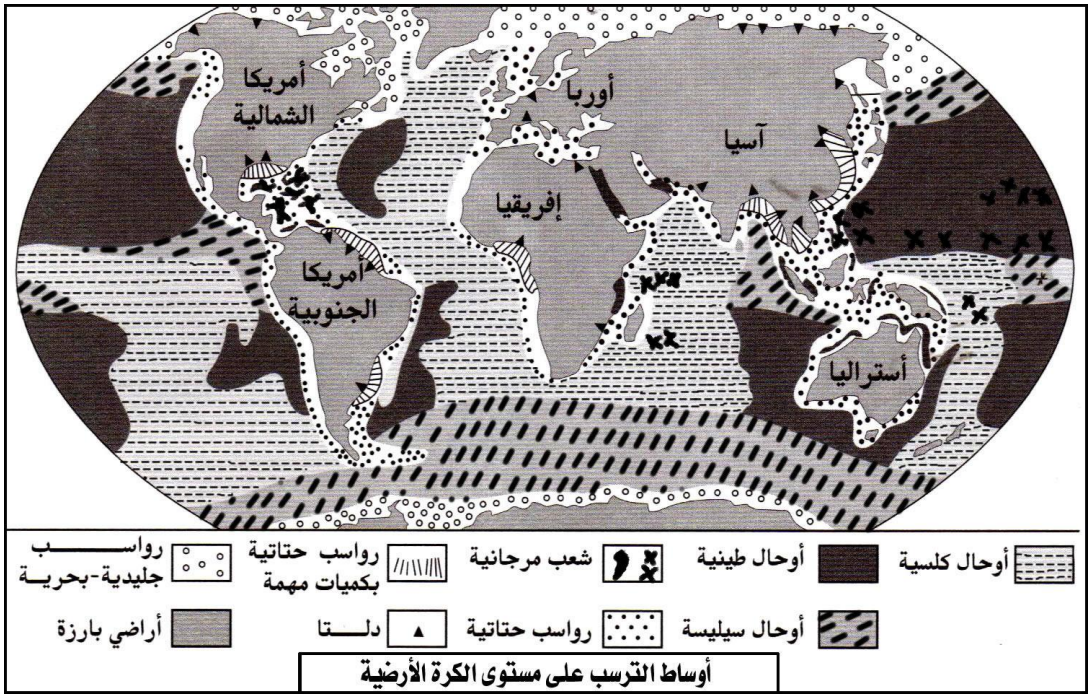
تتغير سرعة التيار المائي حسب شكل التضاريس وصبيب الماء. كما تتغير كمية وقد العناصر المنقولة حسب تغير سرعة التيار المائي والهوائي. وهكذا تتداخل قوة الجاذبية وقوة التيار المائي أو الهوائي في تحديد قوة الحث والنقل.
إذن يمكن اعتبار قد العناصر المترسبة على طول المجرى المائي مؤشرا لقوة التيار المائي السائد في المجرى عند ترسبها.

www.datasvt.com

VI – ظروف الترسب في أهم أوساط الترسب. (أنظر الوثيقة 15)

الوثيقة 15:توزيع أوساط الترسب على مستوى الكرة الأرضية.

صف توزيع الرواسب في أوساط الترسب الحالية.



تنتج الصخور الرسوبية عن ترسب مواد قديمة على سطح الكرة الأرضية وفق أنماط ترسبية مختلفة في أوساط قارية أو بحرية، لتعطي بذلك أنماطا مختلفة من الصخور الرسوبية، ذات سحنات تختلف حسب الظروف السائدة خلال عملية الترسب. ويمكن تصنيف أوساط الترسب إلى ثلاثة مجالات:

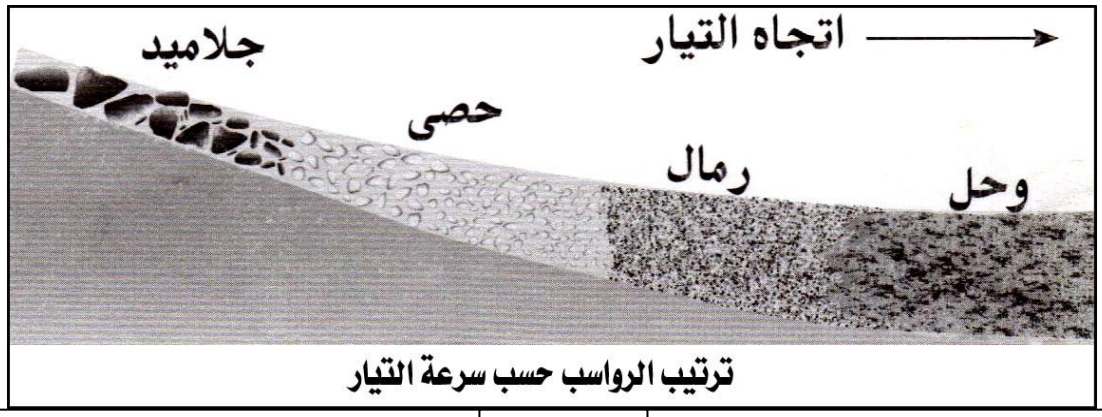
- الرواسب القارية: تتموضع على اليابسة.
- الرواسب البحرية: تتموضع بمحادات الهوامش القارية وعلى مجموع قعر المحيطات.
- الرواسب البينية: تتموضع على مجموع الهوامش القارية.

① الرواسب القارية. Sédiments continentaux

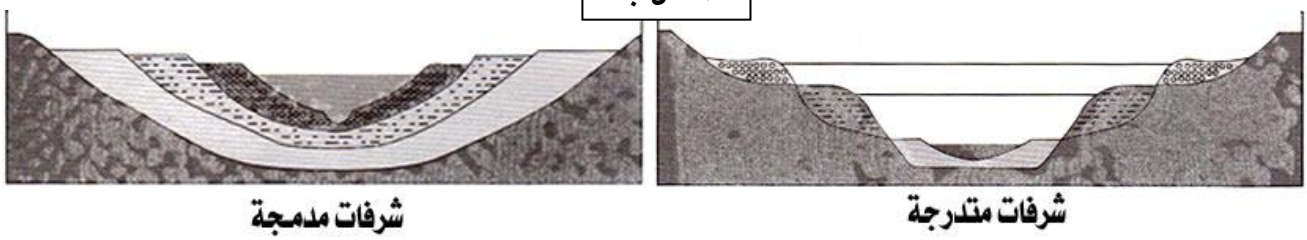
أ – الرواسب النهرية. (أنظر الوثيقة 16)

الوثيقة 16: بالاعتماد على الشكل أ والشكل ب من الوثيقة، صف مظهر الرواسب في المجرى المائي

الشكل أ



الشكل ب

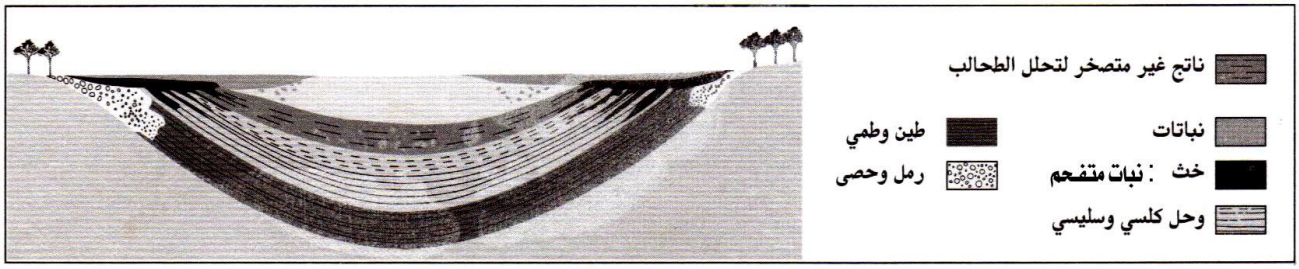


www.datasvt.com

تتميز الرواسب النهرية بترتيب طولي (أفقي)، وتتكون من حصى، جلاميد، ورمال. وتحتوي على مرو غير محز (NU)، ووحل.
تمثل الشرفات النهرية أحد الأشكال المميزة للرواسب النهرية، حيث يرتبط تكونها بتعاقب فترات يغلب فيها الحت على الترسب لتتكون شرفات متدرجة، وفترات يكون فيها الترسب سائدا لتتكون شرفات مدمجة.

ب – الرواسب البحيرية. (أنظر الوثيقة 17)

الوثيقة 17: صف مظهر الرواسب في الوسط البحيري.



البحيرة وسط مائي مغلق يتغذي بالمياه العذبة (أمطار، عيون، مجاري).
تكون الرواسب البحيرية عموما طبقات مستوية ومتوازية. تتكون من رواسب كلسية من أصل كيميائي، وقد يحتوي هذا الكلس على بقايا قواقع معديات الأرجل التي تعيش في المياه العذبة وعلى أجزاء صلبة لبعض الفقريات (أسنان)، وعلى طحالب، وبقايا نباتات هوائية.
يرتبط الترسب في هذا الوسط بالظروف المناخية وخاصيات الأحواض المغذية.

ج – الرواسب الجليدية.
تخضع هذه الترسبات لعامل المناخ، حيث يكون فيها الجليد العامل الأساسي للنقل والترسب.
تتكون الرواسب من ركامات جليدية تتميز بتعدد العناصر المترسبة من حيث الشكل والحجم. (جلاميد كبيرة، حصى مزوى أو مخطط، رواسب دقيقة).

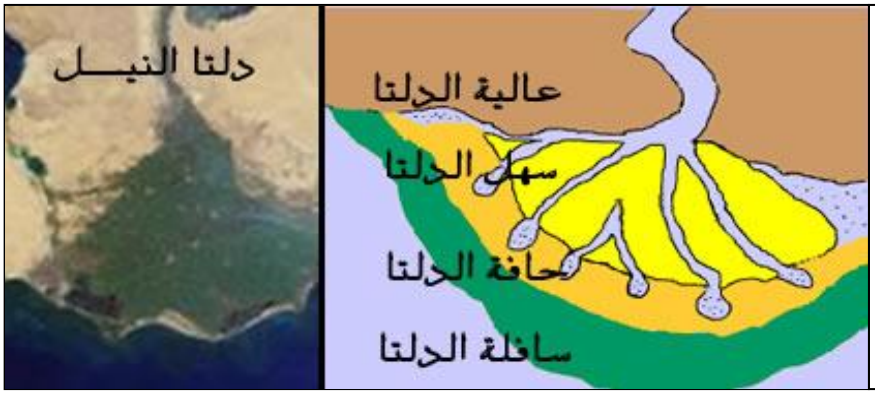
د – الرواسب الريحية.
تعتبر الرياح العامل المسؤول عن نقل الرواسب في هذه الحالة. وتتميز هذه الرواسب بكثبان رملية ذات تطبقات متقاطعة.
أما حبات الرمل فتكون من النوع المستدير غير اللامع (RM). وتتميز هذه الرمال بمدل ترتيب أقل من 1.23، يعني ترتيب جيد جدا.

② الرواسب البينية.
هي مناطق مختلطة تفصل بين اليابسة و البحار (الساحل) تعرف تدافعا بين المنطقتين تارة لصالح البحر وتارة لصالح اليابسة ورواسبها النهرية، ونذكر منها:

أ – رواسب الدلتا. (أنظر الوثيقة 18)

الوثيقة 18:

الدلتا عبارة عن تكوين مثلثي الشكل عند مصب النهر.
صف رواسب هذا الوسط.



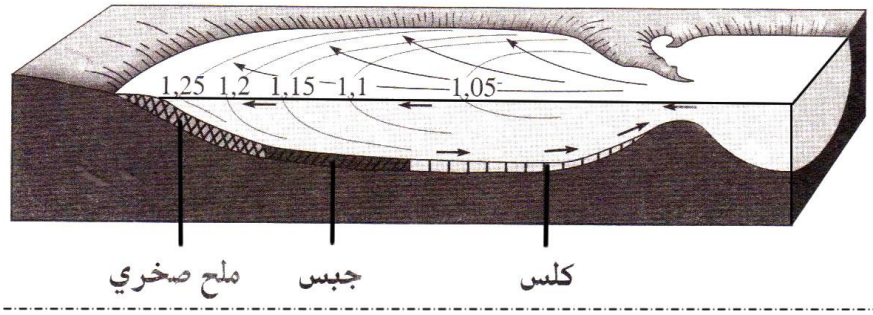
www.datasvt.com

تتشكل الدلتا عند مصب النهر، حيث يلقي هذا الأخير ما يحمله من مواد عالقة نتيجة اختلاف طبيعة التيار وسرعته في هذه المنطقة مما يؤدي إلى تراكم الترسبات مع الزمن.
تتأثر الترسبات بهذه المنطقة بالحمولة الحتاتية للمياه النهرية، قوة التيارات والأمواج البحرية. حيث تترسب في القنوات المائية لعالية الدلتا عناصر شبيهة بالترسبات النهرية، أما في سهل الدلتا فنجد عناصر دقيقة غنية بالمواد العضوية في المناخ الرطب والمبخرات في المناخ الجاف، في حين نجد رواسب متنوعة على حافة الدلتا حسب الحمولة النهرية. وتتميز السافلة برواسب غنية بالمواد العضوية بها آثار لنشاط الكائنات الحية.

ب – الرواسب اللاغونية. (أنظر الوثيقة 19)

الوثيقة 19:

يعتبر اللاغون مساحة من المياه الراكدة، التي تتصل بمياه البحر من حين لآخر عبر قنوات ضيقة.
صف رواسب هذا الوسط.



تدل المنحنيات على اختلاف كثافة مياه اللاغون والأسهم على اتجاه التيارات المائية

بما أن اللاغون هو عبارة عن مساحة من المياه الراكدة ، فان ذلك يؤدي إلى تعرضها لعملية التبخر. وبما أن كمية المياه المتبخرة أكبر من كمية المياه المغذية للاغون، ينتج عن هذا الفرق رواسب كربوناتية ومبخرات Evaporites كالملح والجبس.

ب – رواسب شاطئية.

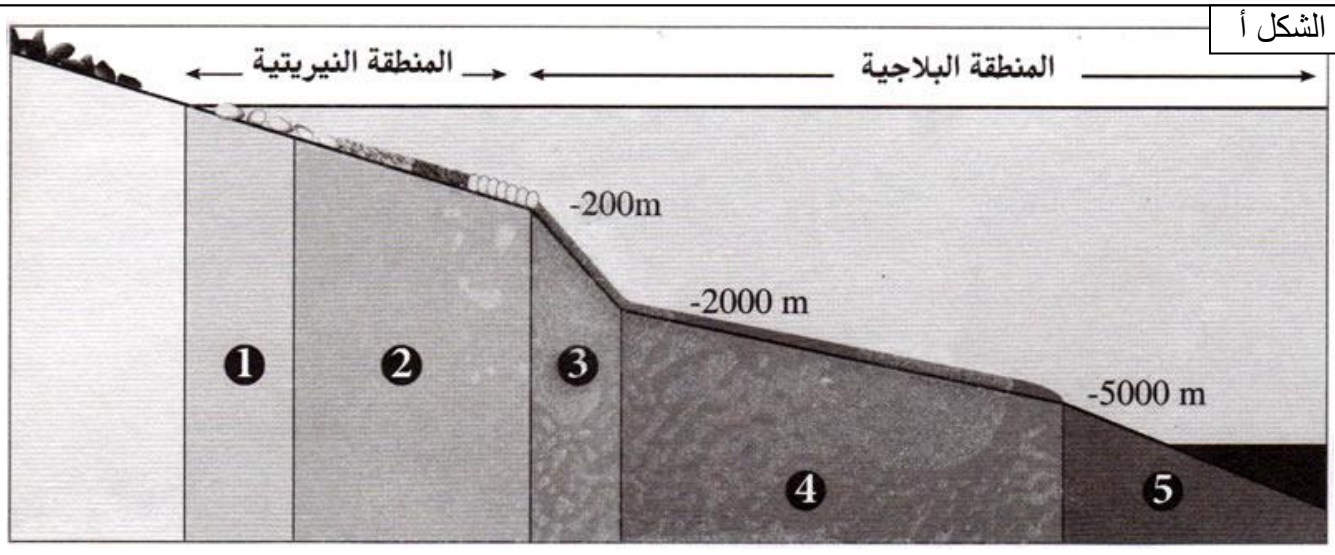
تتميز بتراكم رواسب حتاتية رملية غنية بالعناصر الكلسية الناتجة عن تفتت القواقع، وتتأثر بعدة عوامل أهمها طبيعة وحجم المواد الرسوبية، حركات الأمواج، المد والجزر وقوة الرياح التي تهب من جهة البحر.

③ الرواسب البحرية. (أنظر الوثيقة 20)

الوثيقة 20:ظروف الترسب في الأوساط البحرية .

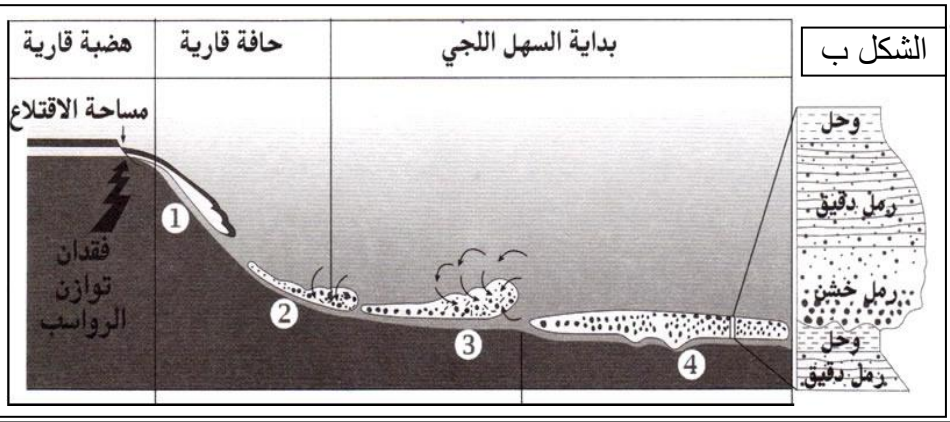
باعتماد البعد عن القارة وعمق المياه يمكن تحديد عدة أوساط ترسب في المجال البحري، يتميز كل منها بخاصيات هيدروديناميةورسوبية مختلفة.
انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة، حدد مختلف الأوساط الترسبية البحرية، وظروف الترسب في المنطقة الساحلية والهضبة القارية والحافة القارية.

الشكل أ



www.datasvt.com

تحمل الأنهار إلى البحار والمحيطات مواد مختلفة اقتلعتها المياه من القارات بفعل الحت. وتنقل هذه المواد على شكل جزيئات حتاتية أو محلولات لتشكل الرواسب البحرية. ويمكن تقسيم أوساط ترسب المجال البحري إلى عدة مناطق باعتبار عدة عوامل أهمها عمق المياه (أنظر الجدول وثيقة 21)

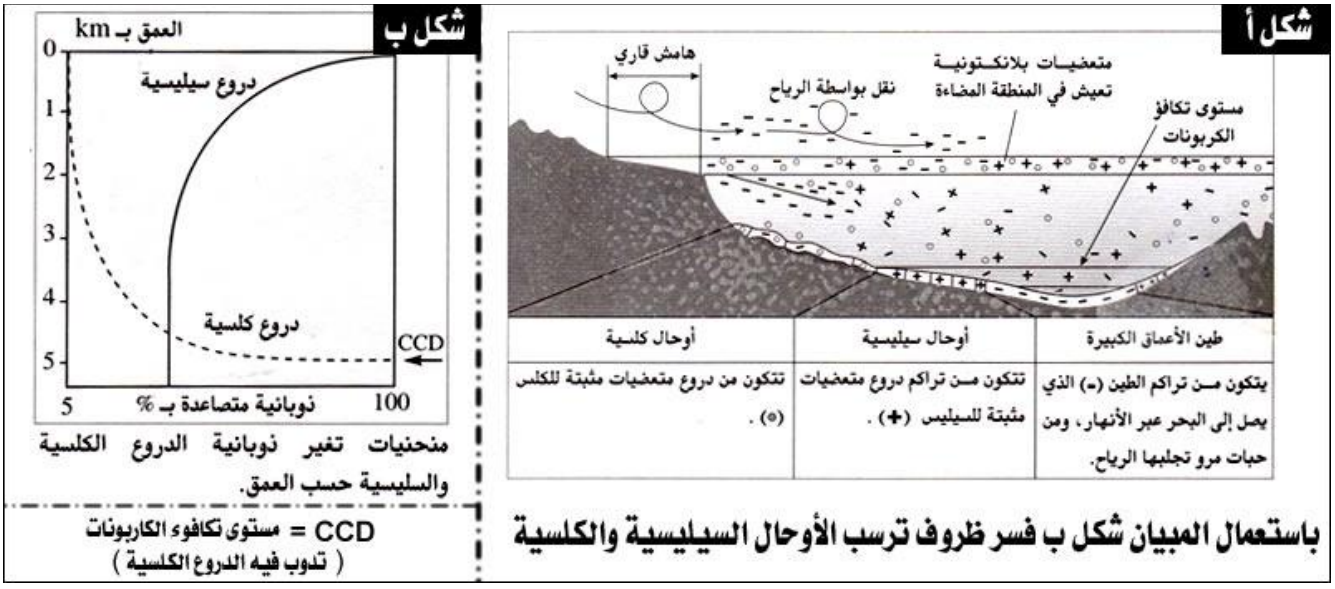


الوثيقة 21: الترسبات وظروف الترسب في مختلف الأوساط البحرية .

	المنطقة الساحلية	الهضبة القارية	الحافة القارية والسهل اللجي	الأعماق الكبيرة
حدود المنطقة	منطقة التقاء المجال القاري بالمجال البحري، تمتد إلى 10 متر.	من المنطقة الساحلية إلى بداية الحافة القارية. تمتد من 10 إلى 200 متر، انحدار ضعيف	من 200 إلى 5000 متر تقريبا. الحافة القارية تتميز بانحدار قوي.	من 2500 إلى 6000 متر.
الرواسب	- رواسب حتاتية، رمال وأوحال - رواسب كربوناتية أو ملحية	- رواسب حتاتية، أوحال، ورمال. - رواسب كربوناتية ناتجة عن نشاط الكائنات الحية البلاجية. - رواسب ناتجة عن كائنات تعيش في القعر. شعب مرجانية في المناطق المدارية.	جزيئات دقيقة منها أوحال زرقاء على السهل اللجي، وأوحال كلسية وسيليسية وطين.	- طين به مستحاثات بلاجية مجهرية. - أوحال كلسية وسيليسية. - طين أحمر في الأعماق الكبيرة.
العوامل المتدخلة	- المناخ. - تداخل التيارات النهرية والبحرية، والتيارات الناتجة عن الأمواج، وحركتي المد والجزر.	- التيارات الساحلية والمحيطية. نشاط الكائنات الحية.	- ضعف قوة التيارات - انزلاق الرواسب شديدة الميوعة نتيجة الانحدار القوي للحافة القارية. - نشاط الكائنات الحية.	- ضعف النشاط الإحيائي. - التيارات العكرة القادمة من الهضبة والحافة القاريتين. - ظاهرة الصفق البطيء التي تخضع لها الجزيئات الدقيقة العالقة.

الوثيقة 22: ظروف الترسب في السهل اللجي والأعماق الكبيرة .

انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة، فسر ظروف الترسب في كل من السهل اللجي والأعماق الكبيرة.



تتحكم في الترسب على مستوى الأوساط البحرية ثلاثة عوامل أساسية هي :

www.datasvt.com

ـ قد الرواسب الحتاتية :

الرواسب الأكبر قدا (جراول، حصى، رمل) تتوزع بين الشاطئ والهضبة القارية (المنطقة النيريتية)، أما العناصر الدقيقة (أوحال سيليسية كربوناتية وطينية) فتواصل نقلها لتترسب في السهول اللجية (المنطقة البلاجية) أما في الأعماق الكبيرة فلا نجد سوى الطين الأحمر والغبار الجوي، من جهة أخرى يؤدي الإنحدار القوي للحافة القارية إلى انزلاق الرواسب الشديدة الميوعة في اتجاه السهل اللجي.

ـ أنشطة الكائنات الحية:

في حالة قلة الرواسب الآتية من القارة ومع توفر ظروف معينة (مياه صافية، دافئة ومالحة، ضوء، أكسجين، مواد اقتياتية,,,) تنشط مجموعة من الكائنات الحية فتقوم بإنتاج صخور كلسية انطلاقا من كربونات الكالسيوم الذائب كالشعب المرجانية (مجوفات المعي، حزازيات حيوانية)، قواقع (بلح البحر ـ رأسيات الأرجل).

ـ عمق المياه:

يصل الكلس إلى البحر على شكل مذاب $Ca(HCO_3)_2$، ويمكن تفسير ترسب أو ذوبان الكلس حسب التفاعل التالي:

$$\underset{\text{كلس غير مذاب}}{Ca(HCO_3)_2} \quad \underset{\text{①}\quad\text{②}}{<=====>} \quad \underset{\text{كلس مذاب}}{CaCO_3 + CO_2 + H_2O}$$

ففي وسط يقل فيه CO_2 يتجه التفاعل في الاتجاه 2 فيترسب الكلس.
وفي وسط ترتفع فيه نسبة CO_2 يتجه التفاعل في الاتجاه 1، فيذوب الكلس (كلس كيميائي).

لا يمكن للكائنات أن تستفيد من $CaCO_3$ الذائب حيث ما كانت في البحر لان هناك منطقة توجد على عمق 4000m إلى 5000m تسمى عمق تعويض الكربونات CCD يتعرض فيها للذوبان (نتيجة تغير الضغط والحرارة) وبالتالي لا نجد أسفل هذه المنطقة سوى رواسب طينية أو سيليسية (غياب القواقع الكلسية).

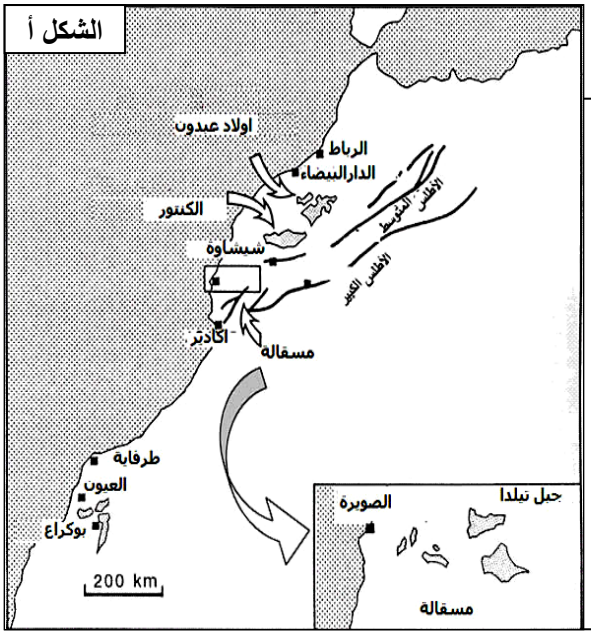
VII – ظروف الترسب في وسط قديم (حوض الفوسفاط).

يعتبر الفوسفاط أهم المعادن المتوفرة في المغرب، (يختزن 3/4 الاحتياطي العالمي) ويستعمل في مجالات صناعية مختلفة (صناعات غذائية، صيدلية، مساحيق الغسيل، فلاحية، ...). ويعتبر الفوسفاط صخرة رسوبية نشأت في وسط قديم يتميز بظروف خاصة.

- هي خصائص وظروف ترسب الفوسفاط؟
- كيف يمكن استرداد الجغرافية القديمة لهذه الأحواض؟

① طبيعة ومكونات الصخور الفوسفاطية بالمغرب.

أ – ملاحظات. (أنظر الوثيقة 23)



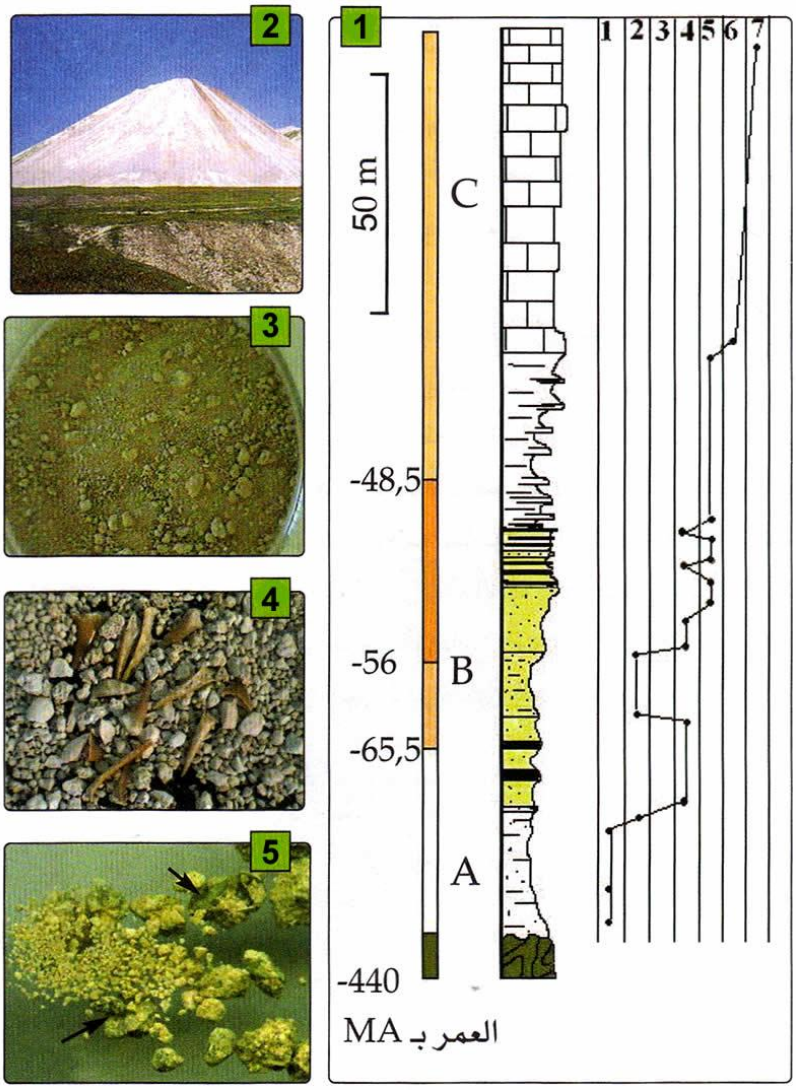
الوثيقة 23: أهم خصائص الطبقات الفوسفاطية بالمغرب.

يعطي الشكل أ من الوثيقة التوزيع الجغرافي لأهم المناجم الفوسفاطية في المغرب.

1) انطلاقا من الوثيقة أذكر مناجم الفوسفاط في المغرب.
2) من خلال الشكل ب من الوثيقة، استخرج الخصائص السحنية للطبقات الفوسفاطية.
3) اعتمادا على معطيات الشكل ج من الوثيقة، بين أهمية الكائنات الحية في تكون الرواسب الفوسفاطية.
4) ماذا تستنتج بخصوص الظروف التي تشكلت فيها الصخور الفوسفاطية؟

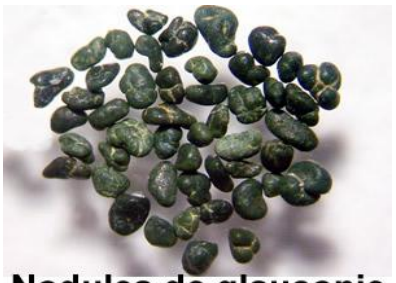
www.datasvt.com

الشكل ب: إيقاع تعاقب الطبقات في عمود استراتيغرافي أنجز بمنطقة كنتور . (1)



A: متتالية قبل فوسفاطية.
B: متتالية فوسفاطية.
C: متتالية بعد فوسفاطية.
1 = حجر رملي خشن، 2 = طين،
3 = سجيل، 4 = صخور فوسفاطية،
5 = صخور ذات عقيدات سيليسية
تحتوي على عظام وأسنان الأسماك.

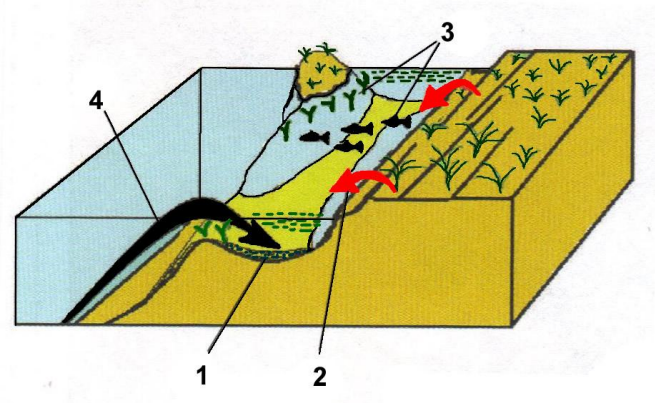
(2) = كومة من الفوسفاط.
(3) = عينة من الرمل الفوسفاطي.
(4) = نفس العينة بالمكبر الزوجي.
(5) = رمل يحتوي على حبات كلوكوني (خضراء).
(اتحاد مجوعة معادن طينية)


Nodules de glauconie

الشكل ج: يوجد الفوسفاط P_2O_5 بكميات جد ضئيلة (0.1 %) في أغلب الصخور الرسوبية. لا يمكن للفوسفاط أن يترسب مباشرة انطلاقا من مياه البحر بالنظر إلى تركيزه الضعيف (0.1 ppm)، لهذا وجب تدخل الكائنات الحية أثناء تشكل الترسبات الفوسفاطية. ويتطلب هذا الترسيب ظروفا استثنائية (تشبه ظروف تكون الكلوكوني):

- ✓ من حيث الموقع بالنسبة لخطوط العرض: ما بين 0 و40 أي مناخ مداري ومياه ساخنة.
- ✓ بالنسبة لعمق الترسب: المنطقة البحرية الموجودة بين الحافة القارية والهضبة القارية (1).
- ✓ ضعف الحمولة الحتاتية القادمة من المناطق البارزة (2).
- ✓ نشاط بيولوجي مكثف (بلنكتون وحيوانات قرية ولافقرية) (3). وهذا النشاط مرتبط بصعود المياه العميقة الباردة (4)، الغنية بالفسفور والازوت. تتراكم بقايا هذه الكائنات الحية الغنية بالفسفور بعد موتها أو يذاب الفسفور الذى تحتوى عليه هياكلها، ويركز فى الصخور على شكل رواسب فوسفاطية.

خصائص رسوبية	استخلاصات
حتاتي دقيق	قرب المناطق البارزة مع تضاريس شبه مسطحة
فوسفاط	عمق ضعيف (30 إلى 300 م) مياه دافئة وغنية بالأوكسجين.
الكلوكوني	مياه دافئة
ايقاعية	تغيرات دورية للعمق
فقريات	مياه ساخنة، مناخ مداري
الفلورة	مناخ مداري أو استوائي



الشكل ج: ظروف تكون الرواسب الفوسفاطية

www.datasvt.com

ب – تحليل واستنتاج.

1) مناجم الفوسفاط الموجودة في المغرب هي: أولاد عبدون (خريبكة وسيدي حجاج)، الكنتور (اليوسفية وابن جرير)، مسقالة (شيشاوة)، وبوكراع (العيون).

2) يتميز الترسب الفوسفاطي بإيقاع منتظم، حيث يلاحظ تواجد طبقات كلسية وسجيلية بين طبقات فوسفاطية. كما تتميز السحنة الفوسفاطية بوفرة المستحثات الفقرية (أسماك وزواحف)، وبوجود بعض المستحثات اللافقرية.
يوجد الفوسفاط في المغرب على ثلاث حالات:

- ✓ الرمل الفوسفاطي: النوع الأكثر انتشارا. يكون على شكل رمل دقيق، متماسك بعض الشيء وكثير الرطوبة.
- ✓ الجير الفوسفاطي (الكلس الفوسفاطي): يوجد في جميع المناجم المغربية على شكل مصطبات (banc) منتظمة ومتماسكة.
- ✓ الصوان الفوسفاطي (silex): يتميز بألوان مختلفة حسب سمنت الأبال (opale). ونسبة الفوسفاط بهذا النوع ضئيلة جدا.

3) إن الفوسفاط P_2O_5 يتواجد بكميات جد ضئيلة (0.1 %) في أغلب الصخور الرسوبية. لا يمكن للفوسفاط أن يترسب مباشرة انطلاقا من مياه البحر بالنظر إلى تركيزه الضعيف (0.1 ppm)، لهذا وجب تدخل الكائنات الحية أثناء تشكل الترسبات الفوسفاطية.

4) من خلال معطيات الوثائق السابقة يمكن التوصل إلى ما يلي:

- ✓ كون الطبقات الصخرية تحتوي على مستحثات بحرية يدفع إلى الاعتقاد أن هذه الصخور تكونت في وسط بحري.
- ✓ كون أغلبية هذه المستحثات عبارة عن أسنان وبقايا عظام القرش، يدفع إلى افتراض تكون هذه الصخور في وسط غير عميق وساخن، مرتبط بمد بحري (صعود مياه غنية بالفسفور).
- ✓ ضعف سمك السلسلة الفوسفاطية يمكن تفسيره بكون المنطقة خضعت لحركات الأمواج، الشيء الذي جعل الترسب يحدث بإيقاع غير مستمر.

② خلاصة.

لا يمكن للفوسفاط أن يترسب مباشرة في مياه البحر، فالكائنات الحية تلعب دورا هاما في تثبيت مادة الفسفور. ويتطلب تكون الفوسفاط ظروفا ايكولوجية وجغرافية خاصة.
فما هي ظروف تثبيت الجذر (PO4) في الرواسب؟
ـ حسب العالم KAZAKOV (1937) فان الفوسفور P الناتج عن ذوبان الابتيت في ماء البحر يستغل من طرف بعض الكائنات الحية البحرية الدقيقة (البلانكتون) والفقريات في تغذيتها وبعد موتها تقوم البكتيريات بتفكيك أجسادها في الأعماق مما يحرر P وCO_2، تتفاعل المادتين لتكوين جذر الفوسفاط PO4 لكن هذا التفاعل يتطلب عاملين اساسيين:

- ✓ عمق ضعيف أي صعود المياه العميقة الغنية بـ CO_2 و P نحو السطح.
- ✓ انخفاض CO_2 في الماء وهذا يتطلب ارتفاع حرارة الماء أي توفر مياه بحرية ساخنة (مناخ مداري إلى معتدل).

يستوجب توفر هذين الشرطين المتناقضين (مياه عميقة و بحر قليل العمق و دافئ)،وجود تيارات تسمى upwelling وذلك على حدود الهضبة القارية،التي تعمل على صعود المياه العميقة نحو السطح، وبعد تكون PO4 يتفاعل مع Ca فيترسب في الصخور الرسوبية.

VIII – انجاز خريطة الجغرافيا القديمة لحوض الفوسفاط .

تتميز الصخور الرسوبية بسحنات صخرية Facies pétrographiques وسحنات أحفورية تجعلها تمثل أرشيف الجغرافيا القديمة للأرض.
كيف إذن نستثمر مميزات السحنات الفوسفاطية في بناء خريطة الجغرافية القديمة لهذه الأوساط؟

① توزيع الاستسطاحات الفوسفاطية في المناطق الشمالية للمغرب. (أنظر الوثيقة 22)

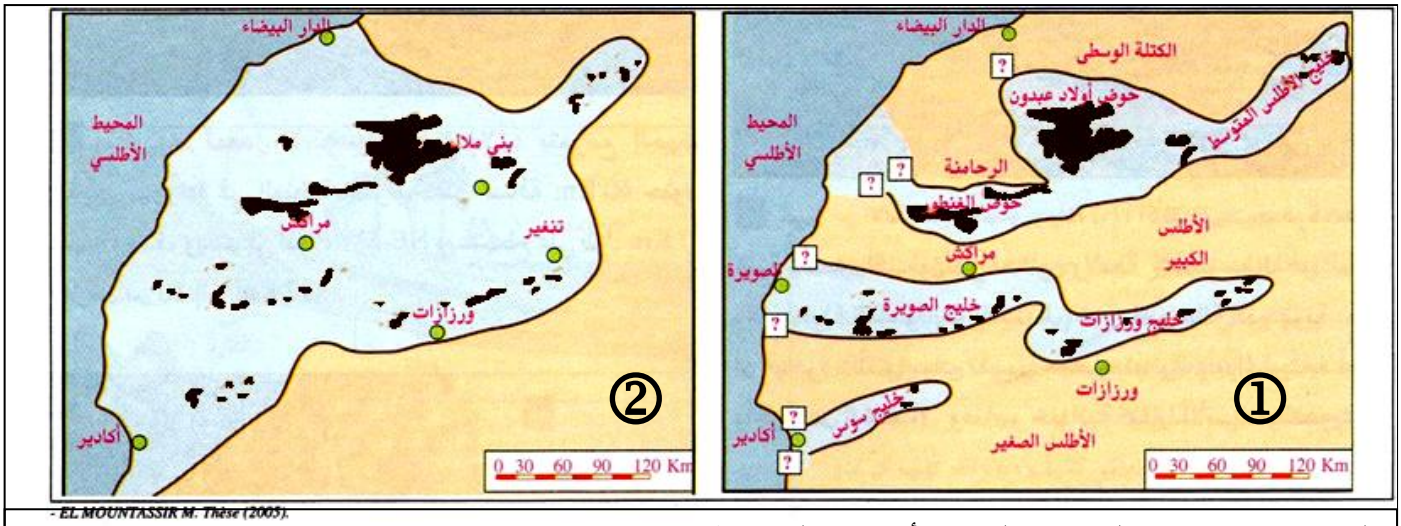
تتوزع استسطاحات الصخور الفوسفاطية بمناطق مختلفة من شمال المغرب. ومن أهم المناطق نميز هضبة الفوسفاط، والكنتور والتي تدعى بالحوض الشمالي.

www.datasvt.com

هذه الأحواض بدأ ترسبها منذ ما يقارب 65 Ma-، وتوضعت فوق رواسب بحرية أكثر اتساعا من أحواض الفسفاط حيث تصل إلى أماكن جبلية (جبال الأطلس). كما أن هذه الرواسب قبل الفسفاطية والتي بدأ ترسبها منذ حوالي250Ma- توضعت بدورها فوق دعامة صخرية أساسية ترجع إلى الحقب الأول والتي بقيت بعض أجزائها بارزة في شكل استسطاحات الهضبة الوسطى، الرحامنة، جبيلات...
فكيف كان المغرب لحظة ترسب الفوسفاط ؟

② خريطة الجغرافيا القديمة لحوض الفوسفاط.

من خلال مقارنة جغرافية المغرب الحالية بالظروف الرسوبية والبيئية لتكون الفوسفاط يتبين أن خط الساحل كان يوجد شرق الخط الساحلي الحالي حيث يبعد عنه بعدة كيلومترات.
هناك اتجاهان يمكن أخذهما بعين الاعتبار لاسترجاع الجغرافيا القديمة لوسط المغرب: (أنظر الوثيقة24)



الوثيقة 24: استرداد الجغرافيا القديمة لأحواض الفوسفاط حسب Boujo (1)، وحسب Trappe (2).

الاتجاه الأول ①: Boujo 1986 يقترح نظاما من الخلجان قادمة من المحيط الأطلسي تفصلها أراضي بارزة من بينها الخليج الشمالي الذي ترسب فيه فوسفاط أولاد عبدون.
(في بداية الحقب الثاني تكونت الطبقات قبل الفوسفاطية ومع اقتراب نهاية الحقب الثاني كان البحر قد أصبح على شكل مجموعة خلجان منفتحة على المحيط الأطلسي مياهها قليلة العمق ودافئة وتأتيها المواد الاقتياتية P، NO2 ، CO2 ... من الأعماق الباردة للمحيط بمساعدة تيارات upwelling فتوفرت بذلك ظروف تكون الفوسفاط الذي ساهمت في ترسبه في الصخور الكائنات الحية التي تجمعت في الخلجان فادى انغلاق هذه الأخيرة من جهة المحيط إلى موتها).
الاتجاه الثاني ②:Trappe 1994 يقترح امتداد بحري واحد متصل بالمحيط الأطلسي و يمر وسط وغرب المغرب ويمكن تفسير توزيع الترسبات الفوسفاطية في هذه الحالة بوجود قعور منخفضة توفرت فيها شروط الترسب وأخرى مرتفعة لم تتوفر فيها.

www.datasvt.com

الفصل الثاني
استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبية

مقدمة:
إن معرفة التسلسل الزمني للأحداث الجيولوجية مسألة جوهرية بالنسبة لعلوم الأرض. فما هي الطرائق المتبعة والوسائل المستعملة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبية.

I – المبادئ الاستراتيغرافية والتاريخ النسبي للتشكلات الجيولوجية.

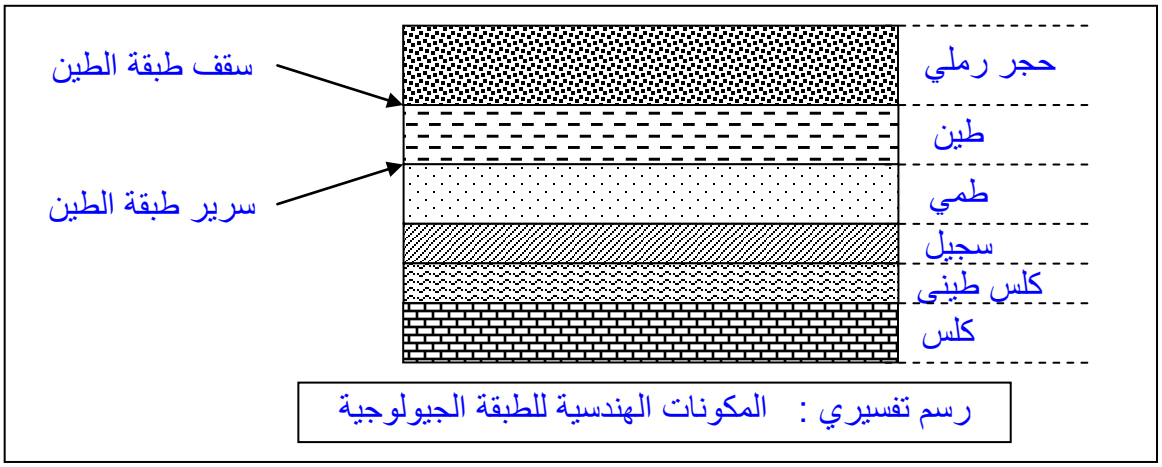
① خاصية التطبق لدى المجموعات الرسوبية. (أنظر الوثيقة 1)

تختلف الصخور الرسوبية عموما من حيث السمك (من بضع سنتمترات إلى بضع أمتار) واللون والطبيعة الصخرية، لكنها تتميز بتطبقها.
تمثل الطبقة وحدة رسوبية متواجدة بين مساحتين متوازيتين تقريبا، معبرتين عن توقف أو تغير مفاجئ في المادة الصخرية بشكل يجعل الطبقة تتميز عن الصخور المجاورة.
نسمي المساحتين المتوازيتين بسرير (mur) وسقف (toit) الطبقة، ونرمز لهما بالتطبق Stratification . S_0
S_0 (أنظر الرسم التفسيري).

الطبقات من الأقدم إلى الأحدث هي:
a ← b ← c ← d ← e ← f

الوثيقة 1: تطبق الصخور الرسوبية

بعد تعريف الطبقة الرسوبية، حدد على الوثيقة مختلف الطبقات الرسوبية، ثم رقمها من الأقدم إلى الأحدث.



رسم تفسيري : المكونات الهندسية للطبقة الجيولوجية

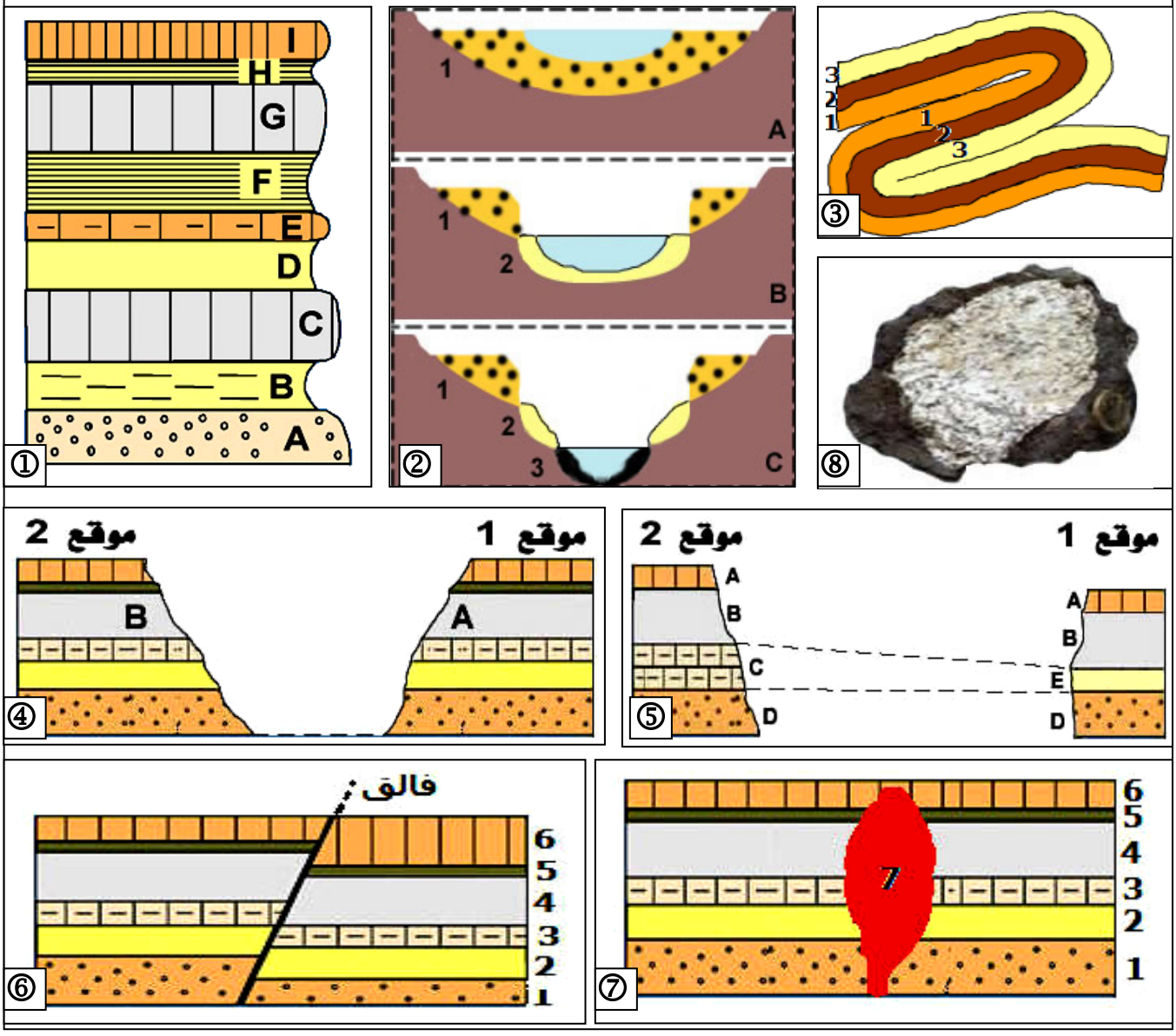
② المبادئ الاستراتيغرافية. Les principes stratigraphiques

يعتمد التأريخ النسبي للطبقات الرسوبية على مقارنة هذه الأخيرة ببعضها البعض، أو مقارنتها ببعض الأحداث التي طرأت عليها (ترسب، حث، تشوه، اندساس...) وكذلك محتواها الاستحاثي. وقد استخلصت من هذه الملاحظات والدراسات الميدانية مجموعة من المبادئ تسمى مبادئ استراتيغرافية. (أنظر الوثيقة2)

www.datasvt.com

الوثيقة 2: المبادئ الاستراتيغرافية والتأريخ النسبي للتشكلات الجيولوجية .

1) أرخ نسبيا الطبقات C,B,A ,..., I من العمود الاستراتيغرافي ①، ثم صغ مضمون مبدأ التراكب، وبين حدود استعمالاته الجيولوجية بالاعتماد على الشكل ② والشكل ③ من الوثيقة.
2) قارن بين الطبقتين A وB في الموقعين 1 و2 المتباعدين ببضع كيلومترات (الشكل ④ من الوثيقة)، فيما تفيدك نتائج هذه المقارنة بخصوص تأريخهما النسبي؟.
3) اقترح التأريخ النسبي للعناصر الجيولوجية الممثلة في الأشكال ⑤ و⑥ و⑦ من الوثيقة.



أ – مبدأ التراكب Principe de superposition (الوثيقة2 الشكل ①)

على العمود الاستراتيغرافي ① تعتبر الطبقة A أقدم من الطبقة B وهذه الأخيرة أقدم من الطبقة C، التي تعتبر أقدم من الطبقة D، بينما تعتبر أحدث طبقة هي الطبقة I.

a – مضمون مبدأ التراكب:

من بين طبقتين رسوبيتين في وضع تراكب، تكون الطبقة السفلى هي الأقدم.

b – حدود مبدأ التراكب:

- في الشرفات النهرية المتدرجة تعلو الشرفات القديمة الشرفات الحديثة، مما يصعب معها تطبيق مبدأ التراكب. (الوثيقة2 الشكل ②)
- تتعرض الأراضي الرسوبية لبعض الظواهر الجيولوجية كالتكتونية أو انزلاق التربة، فتجعل الصخور الرسوبية في وضع معاكس للوضع الأصلي، فيصعب بذلك تطبيق مبدأ التراكب. (الوثيقة2 الشكل③)

www.datasvt.com

ب – مبدأ الاستمرارية Principe de continuité (الوثيقة2 الشكل ④)

يتبين من الوثيقة أن الطبقة A في الموقع 1 هي امتداد للطبقة B في الموقع 2، وبالتالي فللطبقة A والطبقة B نفس العمر.
ملحوظة (الشكل ⑤): تعتبر طبقتان صخريتان من نفس العمر رغم اختلاف سحنتيهما، إذا كانتا محصورتين بنفس الطبقات. نتكلم عن التغير الجانبي للسحنة.

a – مضمون مبدأ الاستمرارية:

لنفس الطبقة نفس العمر على طول امتدادها.

b – حدود مبدأ الاستمرارية:

- يصعب تطبيق مبدأ الاستمرارية عندما تكون السلسلة الرسوبية مكونة من تعاقب إيقاعي لطبقات متشابهة.
- يصعب تطبيق مبدأ الاستمرارية عندما تتغير السحنة الصخرية مع امتدادها، نظرا لتغير أوساط الترسب.

ج – مبدأي التقاطع والتضمن P. Recoupement et inclusion (الوثيقة2 الشكل ⑥، ⑦، ⑧)

a – مضمون مبدأ التقاطع:

من بين عنصرين جيولوجيين (طبقة، فالق، عرق...) يعتبر الأحدث العنصر الذي يخترق الأخر.

b – حدود مبدأ التضمن:

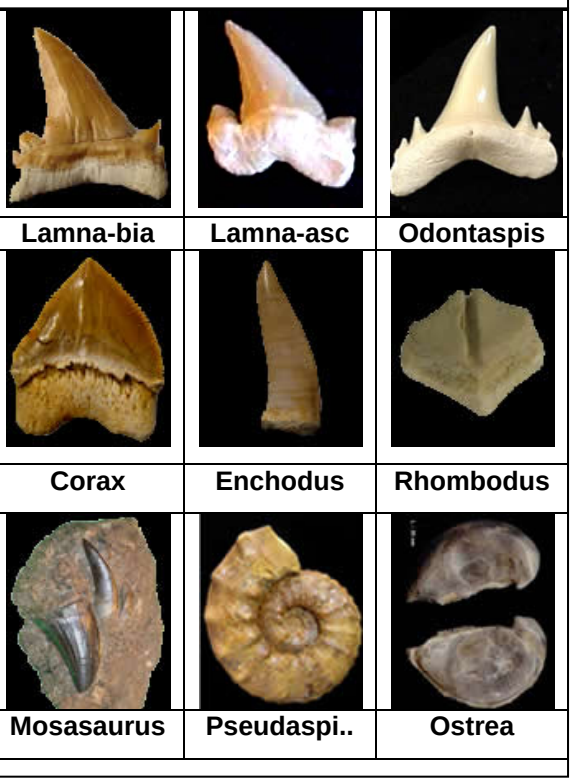
كل قطعة صخرية متضمنة داخل طبقة أخرى تعتبر أقدم منها.

د – مبدأ تماثل المحتوى الاستحاثي P.d'identité paléontologique

a – بعض المستحاثات الموجودة في السلسلة الفوسفاطية: (الوثيقة 3)

الوثيقة 3: بعض أنواع المستحاثات : اعتمادا على معطيات هذه الوثيقة، استخرج خاصية المستحاثة الاستراتيغرافية، واستنتج أهميتها في التقسيم الكرونولوجي.

بعض أنواع المستحاثات الموجودة في السلسلة الفوسفاطية بأولاد عبدون	التوزيع الطبقاتي Répartition stratigraphique							
	الايوسين Eocène				الكريتاسي Crétacé			
	اللوتيتي	الإبريسي	الثنيتي	المونسي	الميستريختي	السينوني	التيرونيي	السينوماني
Odontaspis substriata		+	+	+				
Lamna aschersoni		+	+					
Lamna biauriculata					+			
Rhombodus binkhorsti					+			
Enchodus libycus					+			
Corax pristodontus					+			
Ostrea canaliculata				+				
Pseudaspidoceras					+	+	+	
Mosasaurus leidon						+		



- تحليل واستنتاج:

تحتوي الطبقات الفوسفاطية على عدد من أشكال المستحاثات، ومن أشهرها أسنان القرش.
نلاحظ أن بعض المستحاثات تتواجد فقط في مستوى معين من المتتالية الطبقاتية. يفسر ذلك بكون بعض الكائنات الحية ظهرت في زمن جيولوجي معين، لتزدهر في فترة معينة وتنقرض في زمن معين.

www.datasvt.com

- أهمية المستحاثات في التقسيم الكرونولوجي:

تكمن أهمية المستحاثات أساسا في كونها تمثل معالم زمنية تمكن من ترتيب الطبقات، كما يمكن اعتماد بعضها في تقسيم الزمن الجيولوجي.

b – خاصيات المستحاثات المعتمدة في التأريخ النسبي: (الوثيقة 4)

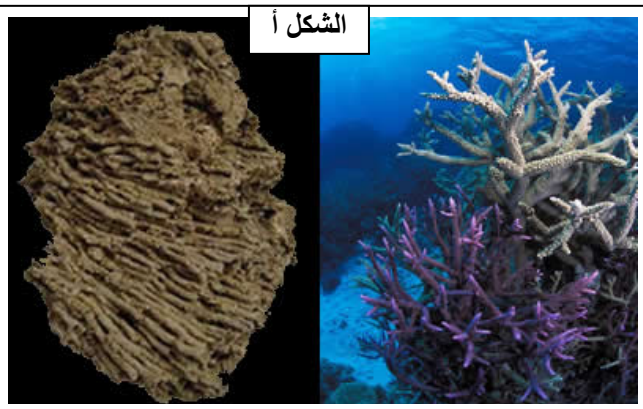
الوثيقة 4: نعتبر نموذجين من المستحاثات :

✓ الشعب المرجانية Récifs coralliens: (الشكل أ) هي حيوانات بحرية ظهرت في الترياس (الحقب II)، وما زالت تعيش إلى حد الآن في بحر قليل العمق، بمياه ساخنة وغنية ب CO_2.

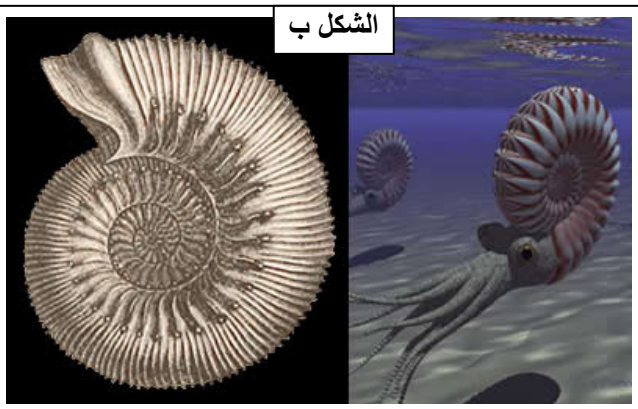
✓ الأمونيت: Ammonites (الشكل ب) عبارة عن مستحاثات ظهرت في الترياس، عرفت انتشارا جغرافيا كبيرا أثناء الجوراسي والكريتاسي. لكنها انقرضت في أواخر الحقب II.

قارن بين النموذجين من المستحاثات. بما يفيد كل نوع منهما؟

الشكل أ



الشكل ب



✓ النموذج الأول (الشعب المرجانية): يعيش في مناطق محدودة، لأنه يتطلب ظروف خاصة، نقول أن له امتداد جغرافي أو أفقي ضيق. كما أنه ظهر في الحقب الثاني واستمر حتى الآن، نقول أن له امتداد عمودي واسع (الزمن): ادن هو يمكننا من استعادة الظروف الجغرافية (ظروف ووسط الترسب) لمنطقة ما، ويسمى بمستحاثة السحنة Fossile de facies. ولا يمكننا من تأريخ الطبقات لأنه لا يميز فترة زمنية محددة.

✓ النموذج الثاني (الأمونيت): يعيش في مناطق غير محدودة، لأنه لا يتطلب ظروف خاصة، يعني أن له امتداد جغرافي واسع. لكنه عاش في الحقب الثاني فقط، أي له امتداد عمودي ضيق. يمكننا هذا النموذج من إعطاء التأريخ النسبي لطبقة ما، ويسمى بمستحاثة طبقاتية F.stratigraphique.

✓ من خلال هذا يمكننا تأريخ طبقات متباعدة رغم تغير سحنتيهما، إذا كانتا تتوفران على نفس المستحاثة الطبقاتية الجيدة، وهذا ما يسمى مبدأ تماثل المحتوى الاستحاثي.

c – مضمون مبدأ تماثل المحتوى الاستحاثي:

تعتبر من نفس العمر كل الطبقات التي تحتوي على نفس المستحاثات الطبقاتية.

II – التقسيمات الجيوكرونولوجية للزمن الجيولوجي.

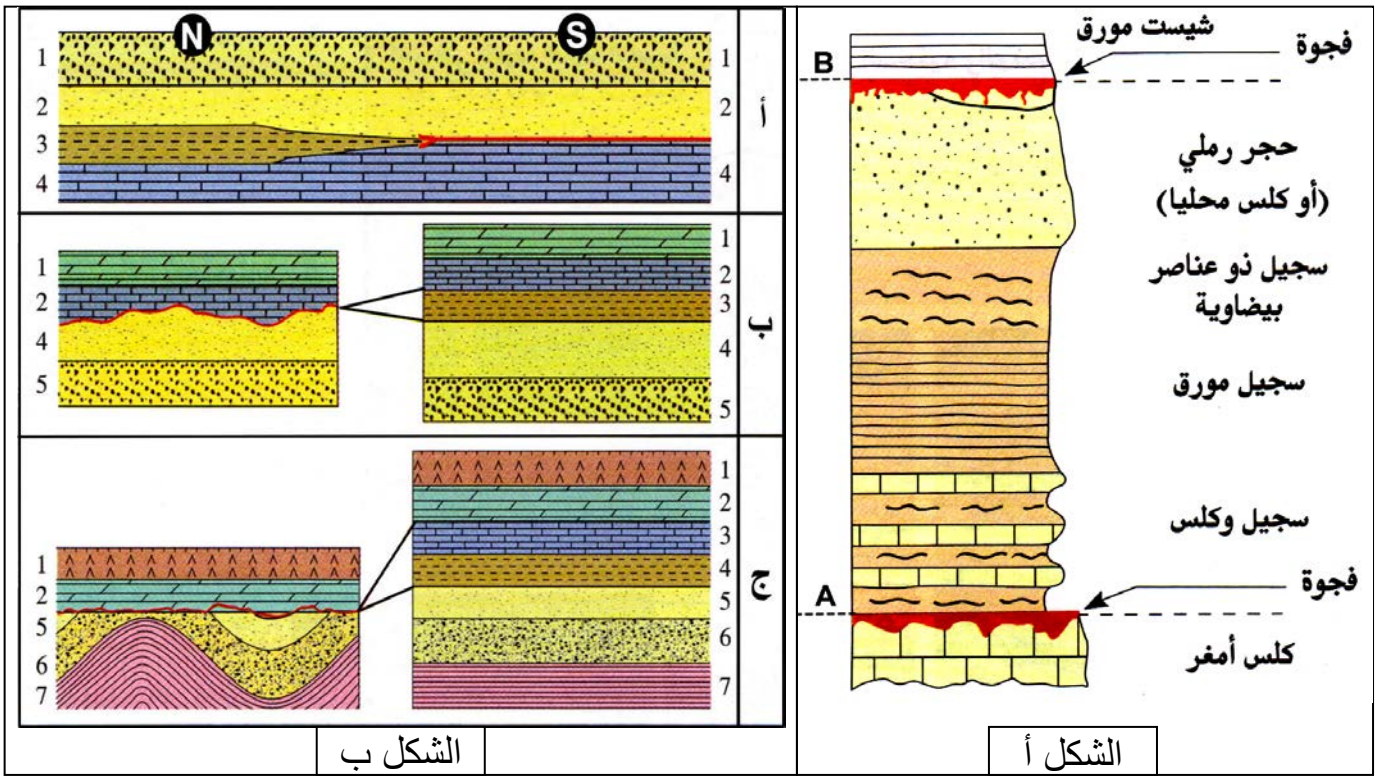
① الوحدة الاستراتيغرافية الأساسية: (الطابق Etage). (الوثيقة 5)

الوثيقة 5: مفهوم التشكيلة النمطية . يعطي الشكل أ من الوثيقة، التشكل النمطي البليونسبكي Pliensbachien

- الحد A به عقيدات فوسفاتية ومستحاثات من أعمار مختلفة مميزة لطبقات غائبة.
- الحد B به حجر رملي وحديد سرئي oolithique

1) حدد أهمية التشكيلة النمطية في بناء السلم الاستراتيغرافي وتأريخ الطبقات.
2) تعرف خاصيات حدود التشكيلة النمطية البليونسبكية.
3) من خلال تحليل الشكل ب من الوثيقة، عرف الفجوة الاستراتيغرافية وأبرز مختلف أنماطها، وبين أهمية الفجوات الطبقاتية في معرفة حدود التشكيلة النمطية.

www.datasvt.com



الشكل ب | الشكل أ

1) اختار الجيولوجيون تشكلات صخرية نموذجية توجد في أوساط رسوبية معينة، لا تشهد حركات تكتونية وغنية بالمستحاثات الطبقاتية، وتحمل مؤشرات مختلفة ويسهل الفصل بين حدودها. فاعتبروها مرجعيات استراتيغرافية، أطلقوا عليها اسم التشكلات الاستراتيغرافية النمطية Stratotype، تؤرخ تشكلات جيولوجية أخرى طبقا لمبادئ الاستراتيغرافية. ونسبوها للمنطقة الجغرافية التي وجدت فيها. ويسمى هذا التشكل النمطي طابقا.
مثلا بمنطقة Pliensbach بألمانيا تم تحديد الطابق Pliensbachien البليونسبكي، وذلك بإضافة "ien" لاسم المنطقة.

2) تحديد سقف وسرير الطابق.
- الحد A (سرير الطابق): المساحة الفوقية للكلس الأمغر بها عقيدات فوسفاطية، ومستحاثات من أعمار مختلفة مميزة لطبقات صخرية غائبة في المتتالية الرسوبية. تسمى هذه المساحة A بمساحة متصلبة، وتعبر عن وجود فجوة استراتيغرافية ناتجة عن قوة التيارات البحرية التي حالت دون الترسب.
- الحد B (سقف الطابق): وجود الحجر الرملي والحديد السرئي اللذان يعبران عن سحن بحرية قليلة العمق، وهذا يعلن عن تراجع البحر عن المنطقة مما سبب فجوة استراتيغرافية.

3) مفهوم الفجوة الاستراتيغرافية:
من خلال تحليل الشكل ب من الوثيقة يتبين أن:
- المقطع أ: غياب الطبقة 3 في الجزء الجنوبي من المقطع، وذلك راجع إلى غياب الترسب نتيجة بعض العوامل كالتيارات وحركات الأمواج.
- المقطع ب: غياب الطبقة 3 في الجزء الشمالي من المقطع بسبب عملية الحث.
- المقطع ج: غياب الطبقات 3 و4 في الجزء الشمالي من المقطع، نتيجة بروز الطبقات الرسوبية اثر عوامل تكتونية، وتعرضها للحث قبل عودة الترسب.

انطلاقا من هذه المعطيات يمكن تعريف الفجوة الاستراتيغرافية كما يلي:
تظهر التشكلات الصخرية في بعض المناطق نقصا في تسلسل الطبقات الرسوبية مقارنة مع المعطيات الجهوية أو العالمية. يشار لهذا النقص بالفجوة الاستراتيغرافية، والتي تدل على انقطاع في الترسب نتيجة عدم الترسب أو حث بعد الترسب.

يتبين إذن أن الطوابق تكون محدودة على العموم بانقطاعات في الترسب، أي فجوات استراتيغرافية.

www.datasvt.com

② مفهوم الدورة الرسوبية. (Cycle sédimentaire) (الوثيقة 6)

الوثيقة 6: مفهوم الدورة الرسوبية .

يلخص الجدول التالي خصائص الطبقات الرسوبية بمنطقة معينة من المغرب.
أتمم ملء الجدول بوضع علامات في الخانات المناسبة. ثم اربط هذه العلامات بخطوط، ماذا تلاحظ؟

العمر	السحنة	الوسط		تجاوز	تراجع
		قاري	بحري		
نيوجين	رصيص بعظام وأسنان قوارض	X			X
باليوجين وكريتاسي علوي	رمل، سجيل، رمل فوسفاطي		X	X	
جوراسي وسيط	حجر رملي خشن ورصيص بعظام ديناصورات عاشبة	X			X
جوراسي سفلي	كلس وسجيل بأمونيت		X		
	كلس مرجاني		X		
ترياس علوي	طين أحمر وحجر رملي خشن وجبس لاغوني		X	X	
باليوزوى علوي	رصيص بعظام زواحف وسرخسيات	X			X
باليوزوي سفلي	حجر رملي خشن وسجيل بثلاثية الفصوص		X	X	

نلاحظ تأرجحا خلال الأزمنة الجيولوجية بين أوساط بحرية وأوساط قارية. ويترجم هذا التأرجح تغير مستوى البحار بين تجاوز وتراجع بحري.

أ – تعريف الدورة الرسوبية:

هي الفترة الزمنية التي يتم فيها تجاوز بحري والتراجع الموالي بالنسبة لنفس المنطقة. ويطلق كذلك على مجموع الرواسب المتوضعة أثناء هذه الفترة.

ب – الخاصيات السحنية للدورة الرسوبية: (الوثيقة 7)

a – الخاصيات السحنية للتجاوز البحري: Transgression

لأسباب تكتونية ومناخية يتقدم البحر على منطقة ما ليغطيها تدريجيا، فتتوضع الرواسب تدريجيا على القاعدة الصخرية القديمة حسب درجة تقدم البحر. ويتجلى التجاوز على مستوى تسلسل الطبقات الرسوبية بتوضع رواسب تميز مستوى بحري مرتفع فوق أخرى تميز مستوى بحري منخفض. أو توضع رواسب ذات سحن بحرية فوق أخرى ذات سحن قارية.

b – الخاصيات السحنية لتراجع البحري: Régression

لأسباب تكتونية ومناخية يتراجع البحر عن منطقة ما، فينخفض العمق تدريجيا. وهكذا يتجلى التراجع على مستوى تسلسل الطبقات الرسوبية بتوضع رواسب تميز مستوى بحري منخفض فوق أخرى تميز مستوى بحري مرتفع. أو توضع رواسب ذات سحن قارية فوق أخرى ذات سحن بحرية.

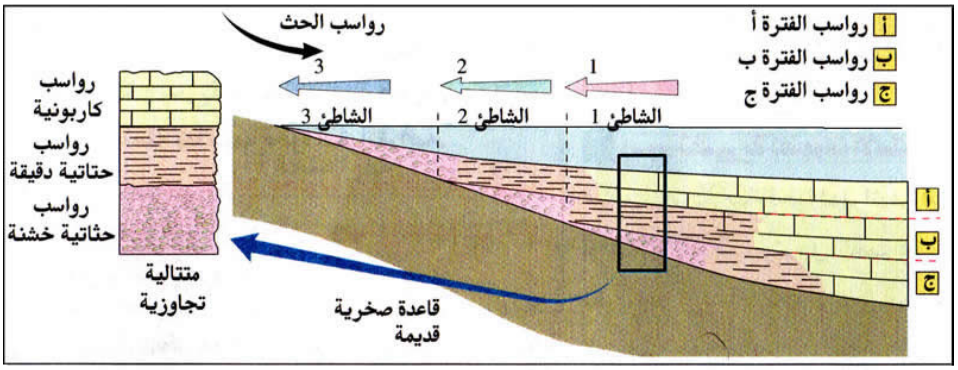
c – الخاصيات السحنية لدورة رسوبية:

تتميز الدورات الرسوبية على مستوى المقاطع الجيولوجية بمتتالية رسوبية تجاوزية متبوعة مباشرة بمتتالية تراجعية.

www.datasvt.com

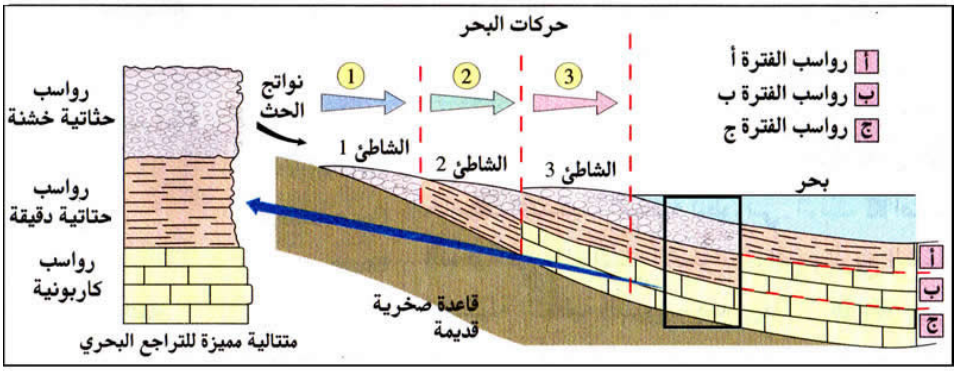
الوثيقة 7: الخاصيات السحنية للدورة الرسوبية .

1) اعتمادا على الشكل أ من الوثيقة استخرج الخاصيات السحنية للمتتالية التجاوزية.
2) اعتمادا على الشكل ب من الوثيقة استخرج الخاصيات السحنية للمتتالية التراجعية.
3) اعتمادا على الشكل ج من الوثيقة استخرج الخاصيات السحنية للمتتالية المميزة للدورة الرسوبية.



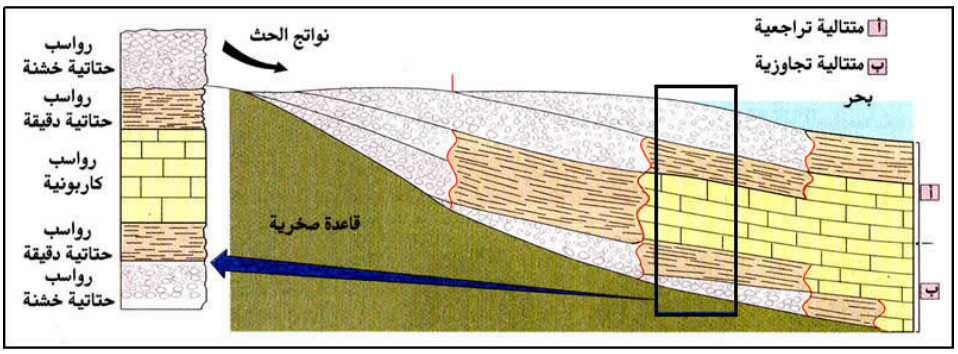
الشكل أ: الخاصيات السحنية لتجاوز بحري :

تقدم البحر ليتجاوز حدوده السابقة وذلك لأسباب تكتونية ومناخية



الشكل ب: الخاصيات السحنية لتجاوز بحري :

انسحاب البحر خلف حدوده السابقة وذلك لأسباب تكتونية ومناخية



الشكل ج: الخاصيات السحنية لدورة رسوبية :

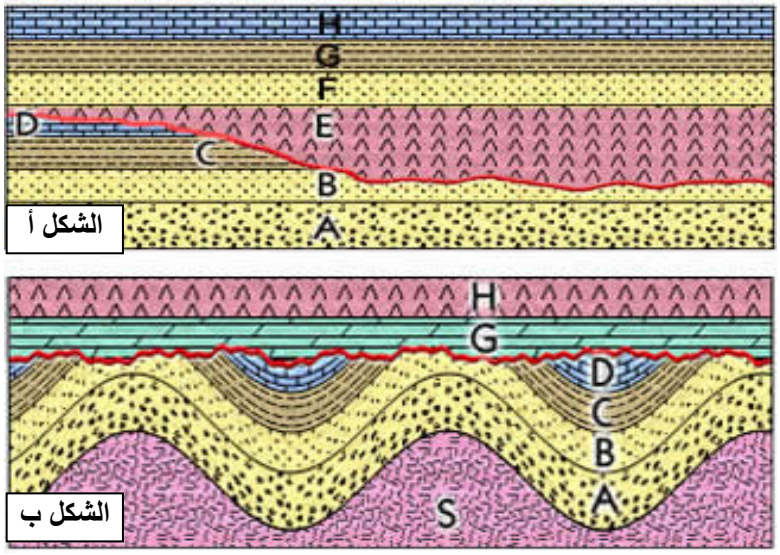
بعد تجاوز للبحر متبوع بتراجع، نحصل على متتالية تجاوزية متبوعة بمتتالية تراجعية

ج – وضع الطبقات الرسوبية بالنسبة للقاعدة الصخرية: (الوثيقة 8)

الوثيقة 8: مفهوم التنافر الجيولوجي .

تترسب الطبقات التجاوزية على طبقات القاعدة القديمة وفق تموضعين هندسيين أساسيين: الشكل أ والشكل ب.

قارن بين الحالتين ثم استخلص طبيعة الملامسات بين طبقات هذه المقاطع الجيولوجية.



www.datasvt.com

تتوضع الطبقات الرسوبية التجاوزية أحيانا على قاعدة صخرية تعرضت للحث، ولها بنية مختلفة عن بنية الغطاء الرسوبي.
ويسمى الحد الفاصل بين القاعدة والغطاء الرسوبي بالتنافر الجيولوجي Discordance
يجسد التنافر غالبا حدا فاصلا بين تشكيلتين نمطيتين متتاليتين، مما يكسبه أهمية في التقسيم الكرونولوجي.

- ✓ الشكل أ: تغطي الطبقات H,G,F,E طبقات أقدم منها هي D,C,B,A تعرضت للحث ولم تتعرض لأي تشوه، وبالتالي يحتفظ بالتوازي الأصلي بين الطبقات. نحصل في هذه الحالة على تنافر مواز.

- ✓ الشكل ب: تغطي الطبقات H و G طبقات أقدم منها هي D,C,B,A تعرضت للتشوه، وللحث وبالتالي يغيب التوازي الأصلي بين الطبقات. نحصل في هذه الحالة على تنافر زاو.

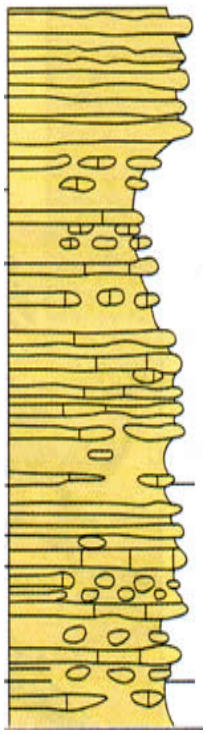
③ مفهوم المنطقة الإحيائية: Biozone (الوثيقة 9)

الوثيقة 9: تقسيمات بيوستراتيغرافية دقيقة بفضل الأمونيتات داخل الطابق الطورسي .

المنطقة الإحيائية تقسيم جيوكرونولوجي داخل الطابق. برر ذلك بالاعتماد على معطيات الوثيقة.

Hildoceras semipolitum	Hildoceras bifrons	Hildoceras tethysi	Orthildaites douvillei

- المنطقة الإحيائية : مجموعة من الطبقات المتتالية التي توجد بها مجموعة من المستحاثات والمعرفة بوفرة صنف معين من المستحاثات الاستراتيغرافية الذي يبقى ثابتا من حيث خاصياته المميزة ويعطي للطبقة الإحيائية اسم هذه المستحاثة.
- الأمونيت: مجموعة من رأسيات الأرجل البحرية، تعيش في قوقعة ويمكن أن يتجاوز قطرها المتر الواحد. ونميز بين مختلف أصناف الأمونيتات بواسطة بعض خصائص القوقعة التي تعكس التطور السريع لهذه المجموعة مما يجعلها مستحاثات استراتيغرافية جيدة تستعمل في تحديد المناطق الإحيائية.

الآفاق	جزء من التشكيلة النمطية للطورسي	H.caterinii	H.sublevisioni	H.tethyi	H.crassum	H.lusitanicum	H.apertum	H.bifrons	H.semipolitum	O.douvillei
XIII										
XII									+ +	
XI									+	
X								+ + +		
IX					+ +	+ +	+	+		
VIII				+ +						
VII		+	+ +							
VI										+

www.datasvt.com

داخل التشكيلة النمطية للطورسي Toarcien تمكن الأمونيتات من التحديد الدقيق لتأريخ الطبقات. وبذلك تساهم هذه المستحاثات الطبقاتية في تقسيم الزمن الجيولوجي داخل الطابق. وهكذا فالمنطقة الإحيائية هي وحدة استراتيغرافية من الطابق، تحدد بطبقة أو مجموعة من الطبقات المتتالية التي تحتوي على مستحاثات استراتيغرافية، يبقى نوع منها ثابتا من حيث خاصياته المميزة. ويعطى لهذه المنطقة اسم هذه المستحاثة.

④ مفهوما الحقب والدور. (Ere et Cycle) (انظر الوثيقة 10)

الوثيقة 10: نحو سلم استراتيغرافي للزمن الجيولوجي .

مكنت دراسات جيولوجية في أربع مناطق مختلفة من المغرب من تحديد بعض المستحاثات المتواجدة في هذه المناطق (الجدول أسفله)، وتوفير الأعمدة الاستراتيغرافية S_4, S_3, S_2, S_1.

Clypeaster

Pectens

Nummulites

Acanthoceras

Hoplites

Perisphincte

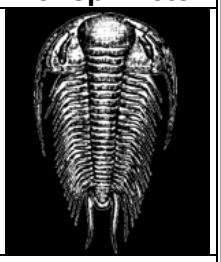
Harpoceras

Gemmulifera

Latifrons

Caudatum

Goldfussi


Bohemicus

العمود S_1: السفح الجنوبي الشرقي للأطلس الصغير الغربي	العمود S_2: الحافة الجنوبية للأطلس المتوسط	العمود S_3: منطقة أولماس	العمود S_4: منطقة أمصيلة بشمال تازة
شيست وحجر رملي كلسي Phacops latifrons	سجيل وكلس Clypeaster-pecten	بازلت من بركان مجاور	سجيل وكلس Clypeaster-pecten
شيست أسود Dalmanite caudatum	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	كلس Nummulites	كلس سجيلي Nummulites
شيست وحجر رملي خشن بحري Trinucleus goldfussi	حجر رملي خشن وشيست phillipsia gemmulifera	كلس وسجيل Ammonite acanthoceras	سجيل Ammonite hoplites
شيست Paradoxides bohemicus	حجر رملي خشن كلسي وشيست Phacops latifrons	سجيل Ammonite hoplites	كلس طيني Ammonite perisphinctes
صخور متطبقة كلسية بدون مستحاثات	شيست Dalmanites caudatum	كلس وسجيل Ammonite harpoceras	كلس طيني Ammonite harpoceras
	حجر رملي خشن Trinucleus goldfussi	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	
		شيست جد مطوي Trinucleus goldfussi	

1) وظف المبادئ الاستراتيغرافية وقارن بين الأعمدة S_1 وS_2 وS_3 وS_4 . وضع الطبقات المتشابهة في نفس المستوى على جدول.
2) بين أن النتيجة التي حصلت عليها عبارة عن سلم استراتيغرافي مبسط.

www.datasvt.com

1) تتميز طبقات الأعمدة باختلاف السحنات الصخرية والمستحاثية، وبوجود طبقات بدون مستحاثات. كما تتواجد طبقات متشابهة فيما بينها، أما من حيث السحنة الصخرية أو المستحاثية أو هما معا.

- باعتماد مبدأ التراكب يمكن القول أن الأمونيتات وثلاثية الفصوص لم تعش في نفس الزمن الجيولوجي لكون ثلاثيات الفصوص توجد في طبقات أسفل من الطبقات التي تحتوي على الأمونيتات. كما أن مختلف أنواع ثلاثيات الفصوص لم تعش في نفس الزمن لكونها تتواجد في طبقات صخرية مختلفة متراكبة، مما يدل على أنها تعرضت للتطور عبر الزمن، وهذه ميزة للمستحاثة الطبقاتية.
- يمكن تفسير غياب الطبقات في الأعمدة الاستراتيغرافية بغياب الترسب أو حث الطبقات بعد ترسبها. وذلك ما يسمى بالفجوة الرسوبية أو الطبقاتية Lacune stratigraphique.
- تمثيل نتائج المقارنة على شكل جدول يمثل عمر مختلف طبقات الأعمدة S_1 وS_2 وS_3 وS_4 . (أنظر الجدول على الصفحة الموالية).

2) يصعب أن نعتمد فقط على الطوابق كسلم جيوكرونولوجي، نظرا لعددها الهائل ونظرا لوجود ظواهر جيولوجية وبيولوجية كبرى (كالانقراضات) ميزت مراحل معينة من الزمن الجيولوجي. لهذا لجأ العلماء إلى البحث عن تقسيمات أخرى تعتمد على معايير مستحاثية ومعايير استراتيغرافية تكتونية.

- **المعايير الاستحاثية:** باعتماد هذه المعايير استطاع العلماء تقسيم الزمن الجيولوجي إلى حقب:

✓ ما قبل الكمبري Précambrien (-570 Ma):
يتميز بعدم وجود مستحاثات. وتسمى هذه الفترة أيضا بفترة الكريبتوزوي Cryptozoïque عكس الأحقاب الأخرى التي ظهرت فيها مستحاثات فسميت بذلك الفانيروزوي Phanérozoïque.

✓ الحقب الأول (الباليوزوي Paléozoïque) حيث نجد أغلب الحيوانات التي ظهرت على الأرض والتي أغلبها قد انقرض. مثلا ثلاثيات الفصوص.

✓ الحقب الثاني (الميزوزوي Mésozoïque) حيث أن نصف الحيوانات التي ظهرت في هذا الحقب قد انقرض كالديناصورات، والنصف الثاني لازال يعيش حاليا. ويتميز هذا الحقب بالأمونيتات.

✓ الحقب الثالث (السينوزوي Cénozoïque) حيث أن أغلب الحيوانات التي ظهرت في هذا الحقب لا زالت تعيش حاليا.

- **المعايير الاستراتيغرافية التكتونية:**

يترتب عن حركية الصفائح المكونة لسطح الأرض، نشأة مجالات للترسب كالبحار والمحيطات، ثم اختفاؤها نتيجة الطمر والاصطدام، مما ينتج عنه تكون سلاسل جبلية تحل محل المحيطات المختفية. فتخضع هذه الأخيرة لعوامل الحث لتكون بذلك نهاية دورة تكتونية.
لقد عرفت الكرة الأرضية عدة دورات تكتونية اعتمدت في تقسيم الزمن الجيولوجي:

✓ الدورات قبل الكمبرية: من نشأة الأرض إلى 570- مليون سنة.
✓ الدورة الكلدونية والهرسينية Hercynien et calédonien من 570- إلى 245 Ma-.
✓ الدورة الألبية Alpin ابتداء من 245 Ma-.

يعرف النظام أو الدور Système كمجموعة الطوابق التي توضعت أثناء فترة زمنية تسمى العصر الجيولوجي. وتحدد أسرة وأسقف الأنظمة بواسطة دورات رسوبية. واعتمد في تسميتها معايير مختلفة:

✓ التفحمي Carbonifère: غنى الطوابق بالفحم.
✓ الطباشيري أو الكريتاسي Crétacé: وفرة التشكلات الطباشيرية.

www.datasvt.com

السلم الاستراتيغرافي	العمود S_4:	العمود S_3:	العمود S_2:	العمود S_1:
الثانيتي الأعلى	----------	بازلت من بركان مجاور	----------	----------
	سجيل وكلس Clypeaster-pecten	----------	سجيل وكلس Clypeaster-pecten	----------
	كلس سجيلي Nummulites	كلس Nummulites	----------	----------
الثانيتي الأوسط	----------	كلس وسجيل Ammonite acanthoceras	----------	----------
	سجيل Ammonite hoplites	سجيل Ammonite hoplites	----------	----------
	كلس طيني Ammonite perisphinctes	----------	----------	----------
	كلس طيني Ammonite harpoceras	كلس وسجيل Ammonite harpoceras	----------	----------
	----------	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	----------
الثانيتي الأسفل	----------	----------	حجر رملي خشن وشيست phillipsia gemmulifera	----------
	----------	----------	حجر رملي خشن كلسي وشيست Phacops latifrons	شيست وحجر رملي كلسي Phacops latifrons
	----------	----------	شيست Dalmanites caudatum	شيست أسود Dalmanite caudatum
	----------	----------	حجر رملي خشن Trinucleus goldfussi	شيست وحجر رملي خشن بحري Trinucleus goldfussi
	----------	----------	----------	شيست Paradoxides bohemicus
ما قبل الكمبري	----------	شيست جد مطوي Trinucleus goldfussi	----------	صخور متطبقة كلسية بدون مستحاثات

www.datasvt.com

⑤ السلم الاستراتيغرافي. (Echelle stratigraphique) (انظر الوثيقة 11)

يعتمد تقسيم الزمن الجيولوجي أساسا على تطور أشكال الحياة (الأزمات البيولوجية) والدورات الرسوبية وكذا على التغيرات الكبرى في الجغرافيا القديمة لكوكب الأرض وفي هندسة المجموعات الجيولوجية (الدورات التكتونية).

الوثيقة 11: تمثيل مبسط للسلم الاستراتيغرافي

Ere الحقب			Système النظام (période) الدور	Epoque الحقبة	Etage الطابق	العمر مليون سنة
Phanérozoïque	Cénozoïque الحياة الحديثة	Quaternaire الرابع		Holocène		-2
				Pléistocène		
		Tertiaire الثالث	Néogène النيوجين	*Pliocène*	Gélacien Plaisancien Zancléen	-6
				Miocène	Méssinien Tortonien Sérravallien Langhien Burdigalien Aquitanien	-23
			Paléogène الباليوجين	Oligocène	Chattien Rupélien	-34
				Eocène	Priabonien Bartonien Lutétien Yprésien	-55
				Paléocène	Thanétien Danien	-65
	Mésozoïque الحياة الوسطى	Secondaire الثانوي	Crétacé الكريتاسي	Supérieur	Maestrichien Campanien	-95
				Inférieur		-140
			Jurassique الجوراسي	Malm		-160
				Dogger		-181
				Lias		-210
			Trias التريـاس			-245
	Paléozoïque الحياة القديمة	Primaire الأول	Permien البرمي			-290
			Carbonifère التحفري			-360
			Dévonien الديفوني			-410
			Silurien السيلوري			-440
			Ordovicien الأوردوفيسي			-500
			Cambrien الكمبري			-590
Crypto-zoique	Précambrien ما قبل الكمبري		Protérozoique			-570
			Archéen			-2500
						-4000

www.datasvt.com

III – الخريطة الجيولوجية، حصيلة تركيبية للدراسات الاستراتيغرافية.

① الخريطة الجيولوجية وثيقة تركيبية.

أ – تذكير الخريطة الطبوغرافية: Carte topographique

الخريطة الطبوغرافية هي تمثيل لتضاريس سطح الأرض، ومميزاتها الميدانية من حيث الارتفاع والشكل، على مساحة مسطحة. ويشار إلى التضاريس بوسيلتين:

- نقط الارتفاع: وهي نقط مرقمة تشير إلى ارتفاع نقطة عن مستوى سطح البحر.
- منحنيات المستوى: وهي خطوط تربط بين نقط لها نفس الارتفاع، وتنجز على الخريطة بفارق ارتفاع ثابت ينعت بتساوي البعد Equidistance بين منحنيين متتاليين.

ويتم تمثيل التضاريس بين نقطتين من الخريطة الطبوغرافية بانجاز الجانبية الطبوغرافية.

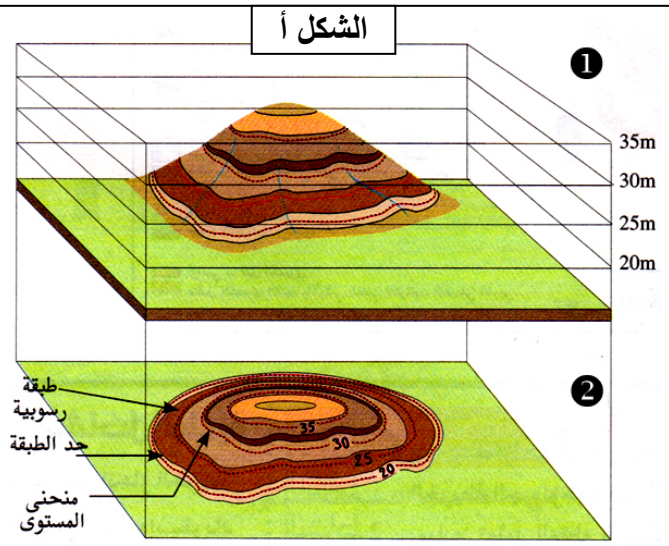
ب – الخريطة الجيولوجية: Carte géologique (الوثيقة 12)

الوثيقة 12: الخريطة الجيولوجية .

الشكل أ: الإسقاط العمودي لتلة ❶ على الخريطة ❷.
الشكل ب: رموز وألوان تعبر عن عمر الطبقات الصخرية وترتيبها الزمني.
الشكل ج: رموز تمثل المعلومات الصخرية.
الشكل د: رموز اصطلاحية لتمثيل ميلان الطبقات الصخرية.

وظف المعطيات المقترحة وتعرف باستعمال خرائط جيولوجية جهوية أو محلية مختلف المعلومات والرموز، ثم أبرز أهمية المعطيات الاستراتيغرافية والتكتونية في بناء الخريطة الجيولوجية.

الشكل أ



الشكل ب: تمثيل المعلومات الاستراتيغرافية

الحقب	النظام	الرمز	اللون
الرابع		a,q,A...	بيج
الثالث	البليوسين	p	أصفر
	الميوسين	m	
	الأوليكوسين	g	ليموني
	الاييوسين	e	
الثاني	الكريتاسي العلوي	c	أخضر فاتح
	الكريتاسي السفلي	n	
	الجوراسي الأوسط والعلوي	j	أزرق
	الجوراسي السفلي	l	
	الترياس	t	وردي
الأول	البرمي	r	بنفسجي
	التفحمي	h	رمادي
	الديفوني	d	بني
	السيلوري	s	أخضر قاتم
	الأردوفيسي	o	
	الكمبري	b,k	بيج داكن
قبل الكمبري			أحمر

الشكل ج: تمثيل المعلومات الصخرية

الرموز الصخرية	الصخور المقابلة
	Calcaire الكلس
	Dolomite الدولوميت
	Argile الطين
	Marne السجيل
	Grès الحجر الرملي
	Conglomérat الرصيص
	Sel الملح

الشكل د: تمثيل الطبقات المشوهة

الرمز	درجة الميلان
+	ميلان منعدم = طبقات أفقية
— · —	ميلان عمودي (90 °) = طبقات عمودية
	ميلان ضعيف (10° - 30°)
	ميلان متوسط (30° - 60°)
	ميلان قوي (60° - 80°)
	ميلان معكوس α > 90°

www.datasvt.com

a – تعريف الخريطة الجيولوجية:

تعتبر الخريطة الجيولوجية إسقاطا عموديا على مساحة أفقية للمكونات الجيولوجية لمنطقة معينة، حيث تمثل الاستسطاحات بألوان ورموز اصطلاحية، ويراعى في هذا التمثيل عمر الطبقات وطبيعتها الصخرية (السحنة) وتسلسلها الزمني والتشوهات التكتونية التي أصابت الصخور ودرجة الميلان.

b – العناصر الأساسية للخريطة الجيولوجية:

العنوان: عادة المنطقة التي تمثلها الخريطة الجيولوجية بالإضافة إلى موقعها الجغرافي على الكرة الأرضية.
المقياس مثلا 1/100000. منحنيات المستوى وقيمة تساوي البعد. التوجيه: سهم يشير إلى الشمال الجغرافي.
المفتاح: السحنة، العمر، التسلسل الزمني، مجاري المياه، المناجم، الطرق، المساكن... الميلان والاتجاه والفوالق.

c – خلاصة:

تمثل الخريطة الجيولوجية مختلف التشكلات والظواهر الجيولوجية التي حدثت في حوض ترسبي خلال الأزمنة الجيولوجية.
وتتطلب قراءة الخريطة الجيولوجية ترجمة المعطيات الخرائطية وتحديد العلاقات الهندسية بين الطبقات وتمثيلها على مقاطع جيولوجية.

② المقطع الجيولوجي. Coupe géologique

أ – تعريف المقطع الجيولوجي:

المقطع الجيولوجي هو تمثيل للتشكلات الصخرية في العمق، انطلاقا من خط طبوغرافي وحسب سطح عمودي.

ب – عناصر المقطع الجيولوجي:

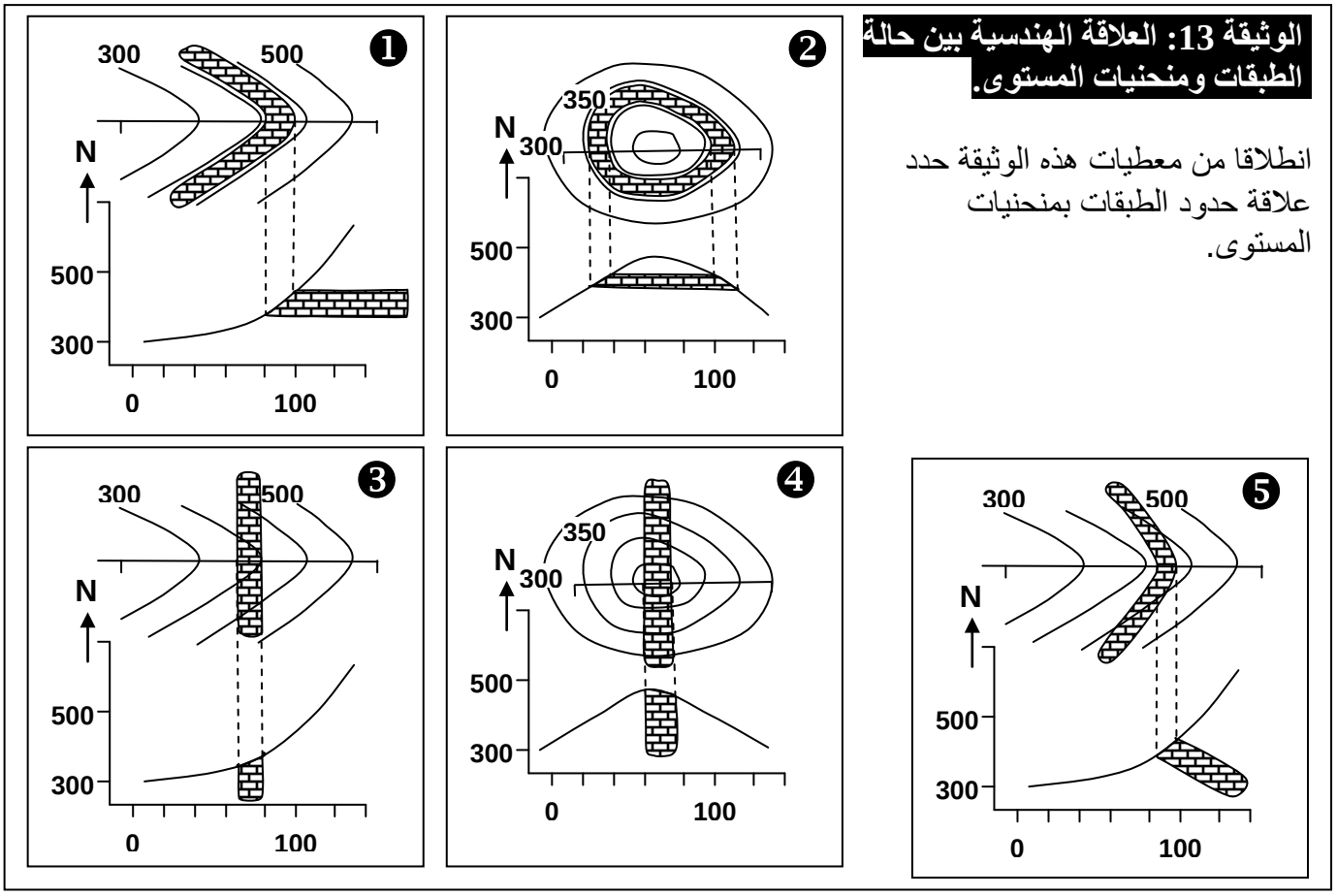
العنوان: عنوان الخريطة التي هي أصل المقطع. المقياس: مقياس الخريطة الأصلي. التوجيه: يحدد على طرفي المقطع التوجيه المناسب. المفتاح: رموز طبقاتية يشار فيها إلى سمك الطبقات.

ج – طريقة انجاز المقطع الجيولوجي:

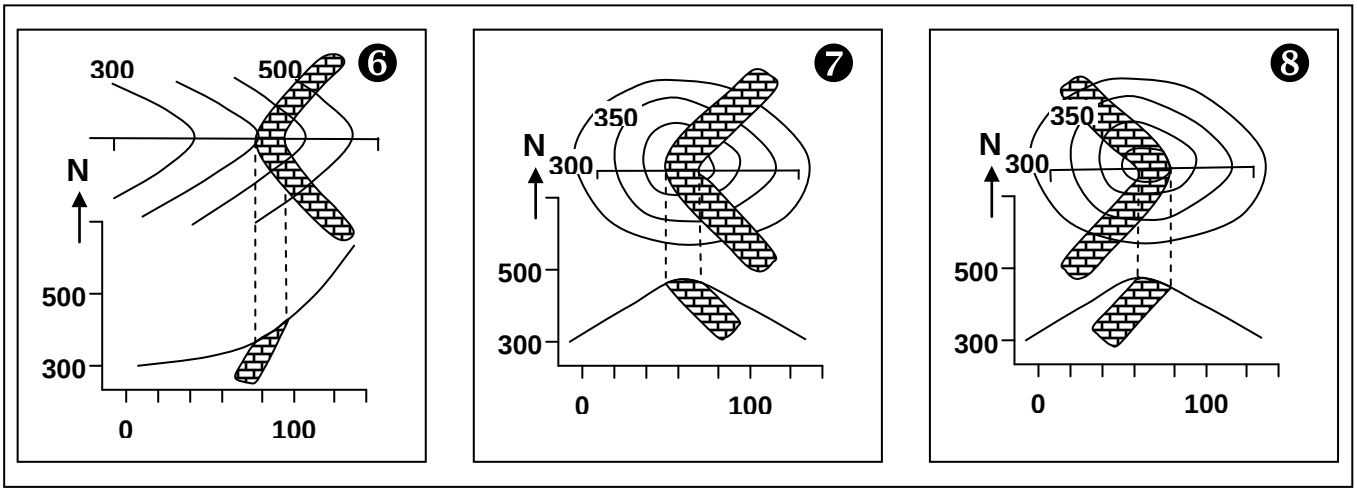
a – العلاقة الهندسية بين حالة الطبقات ومنحنيات المستوى: (الوثيقة 13)

الوثيقة 13: العلاقة الهندسية بين حالة الطبقات ومنحنيات المستوى.

انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة حدد علاقة حدود الطبقات بمنحنيات المستوى.



www.datasvt.com

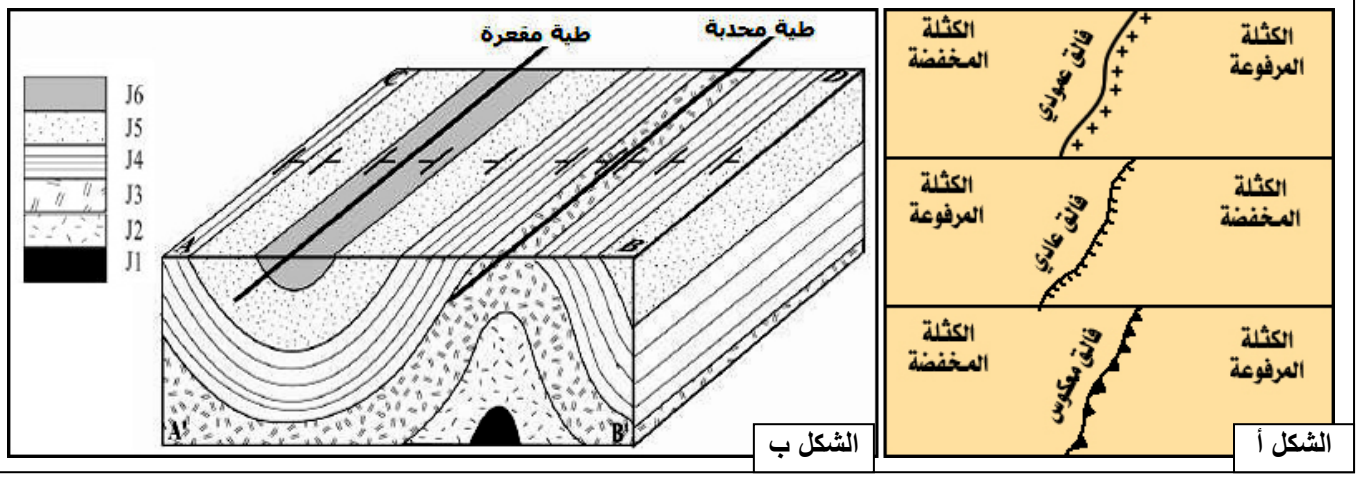


تعطي حدود استسطاح الطبقات على الخريطة الجيولوجية أشكالا متعددة يمكن استغلالها في تحديد اتجاه ميلان الطبقات.

- إذا كانت حدود استسطاح الطبقات موازية لمنحنيات المستوى فان هذه الطبقات أفقية (الشكل ❶ و❷ من الوثيقة).
- إذا كانت حدود استسطاح الطبقات على شكل رسم مستقيم فهذا يعني أن الطبقات عمودية (الشكل ❸ و❹ من الوثيقة).
- إذا كانت حدود استسطاح الطبقات تقطع منحنيات المستوى فهذا يعني أن الطبقة مائلة، وهذا التقاطع يرسم حرف V يتجه رأسه نحو اتجاه الميلان في حالة الوادي (الشكل ❺ و❻ من الوثيقة)، ويشير رأسه إلى عكس منحى الميلان في حالة التلال (الشكل ❼ و❽ من الوثيقة).

b – البنيات التكتونية على الخرائط والمقاطع الجيولوجية: (الوثيقة 14)

الوثيقة 14: تمثيل البنيات التكتونية على الخرائط والمقاطع الجيولوجية.



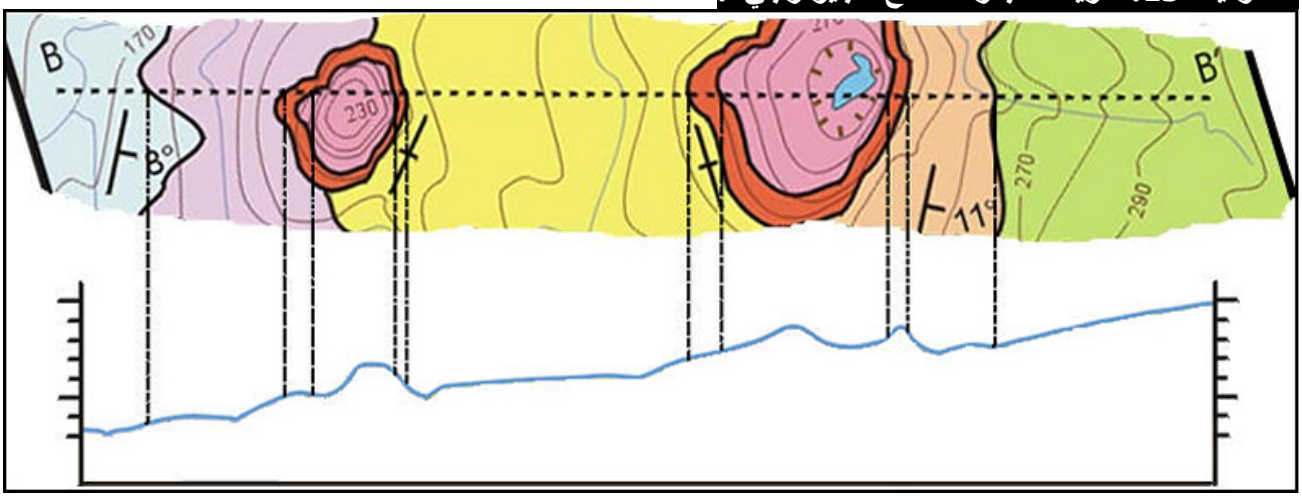
- **الفوالق:** (الشكل أ) يعبر عنها في الخريطة الجيولوجية بخطوط أكثر سمكا من حدود الطبقات ويصاحب أحيانا هذه الخطوط رموز تدل على نوع الفالق ومنحى الميلان إذا كان مائلا.

- **الطيات:** (الشكل ب) يتم التعرف على الطيات المحدبة في الخريطة أما برموز الميلان التي تكون كلها ذات منحى خارجي، أو بالتسلسل الزمني للطيات حيث يكون قلب الطية أقدم من جوانبها. أما بالنسبة للطيات المقعرة تكون رموز الميلان ذات منحى داخلي، ويكون قلب الطية احدث من جوانبها.

c – طريقة انجاز المقطع الجيولوجي: (الوثيقة 15)

www.datasvt.com

الوثيقة 15: طريقة انجاز المقطع الجيولوجي .

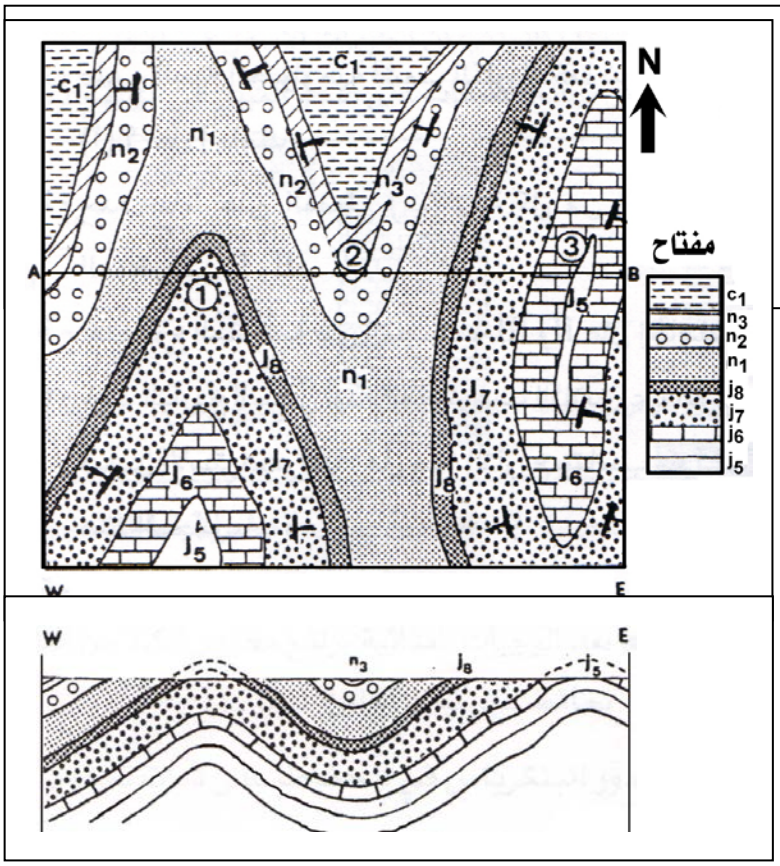


- **المرحلة الأولى:** انجاز المظهر الجانبي على الورق الميلمتري (في معلم مطابق لمسافة المقطع وعلو التضاريس الممثلة عليه)، وذلك بإسقاط نقط التقاطع بين منحنيات المستوى وخط المقطع، وربط النقط المحصل عليها. ولا يكون المظهر الجانبي كاملا إلا إذا كان مرفوقا بمفتاح يبين اسم الخريطة والسلم المعتمد واتجاه المقطع وبعض المعالم الطبوغرافية كالوديان والمدن...
- **المرحلة الثانية:** انجاز المقطع الجيولوجي ويتطلب:
  - ✓ فحص الخريطة الجيولوجية لتحديد خصائص الطبقات التي يمر منها المقطع.
  - ✓ إسقاط حدود الاستسطاحات على المظهر الجانبي مع كتابة رمز كل طبقة.
  - ✓ ربط الحدود العليا والسفلى لكل طبقة على حدة ابتداء من الطبقة الأحدث التي يعرف لها سرير وسقف.
  - ✓ إذا كانت الطبقات مشوهة يجب الأخذ بعين الاعتبار قيمة ومنحى الميلان عند تمثيل أول طبقة من هذه الطبقات.
  - ✓ تمثيل الطبقات برمز صخري أو لون مناسب، مع تحديده في المفتاح.

d – تمرين تطبيقي: (الوثيقة 16)

الوثيقة 16: تمرين تطبيقي .

1) لاحظ الخريطة الجيولوجية الممثلة أسفله وحدد الطبقة الأحدث والطبقة الأقدم (بالنظر إلى الترتيب الوارد في المفتاح).
2) حدد البنية التي تظهر في المنطقة.
3) أنجز المقطع الجيولوجي AB.



1) الطبقة الأحدث هي الطبقة c_1 والطبقة الأقدم هي الطبقة j_5.

2) تظهر الخريطة بنية مشوهة بطيات محدبة ومقعرة.

3) المقطع الجيولوجي: أنظر الوثيقة أسفله.

www.datasvt.com

IV – استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة معينة.

يتمثل استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة ما في تحديد الأحداث الجيولوجية التي عرفتها المنطقة، وترتيبها حسب تسلسلها الزمني وذلك بالاعتماد على المعطيات الاستراتيغرافية والمستحاثية والتكتونية للمنطقة، وتحليل الخريطة الجيولوجية والمقاطع الجيولوجية والأعمدة الاستراتيغرافية.

① المثال الأول: هضبة الفوسفاط (الوثيقة 17)

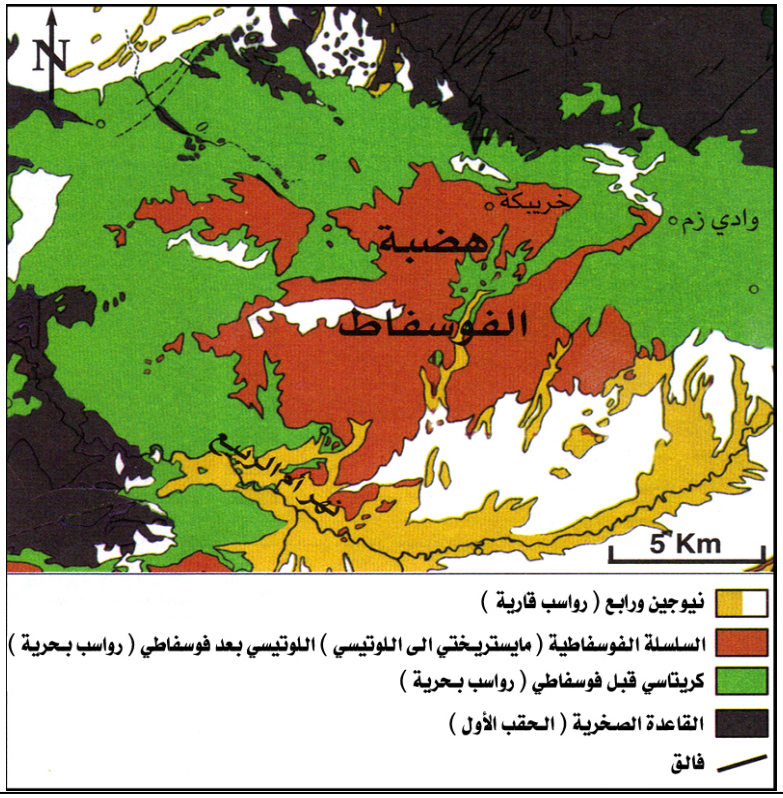
الوثيقة 17: استرداد التاريخ الجيولوجي لهضبة الفوسفاط

تمثل السلسلة الفوسفاطية لأولاد عبدون آخر جزء من سلسلة رسوبية تكونت فوق القاعدة الصخرية القديمة (الحقب الأول). وقد تعرضت الطبقات المكونة لهذه القاعدة الصخرية لتشوهات في آخر الحقب الأول على شكل طيات وفوالق، بينما لم تتعرض طبقات الحقب الثاني لأي تشوه وبقيت منضدية.

نعطي أهم مراحل التاريخ الجيولوجي غير مرتبة:

1) تشوه طبقات القاعدة الصخرية (الدورة الهرسينية).
2) ترسب طبقات القاعدة الصخرية (الحقب الأول).
3) تجاوز بحري.
4) تراجع بحري بعد لوتيسي.
5) تراجع بحري (الحقب الأول).
6) حت.
7) ترسب طبقات الكريتاسي قبل فوسفاطي.
8) ترسب السلسلة الفوسفاطية.
9) ترسب الطبقات الحديثة (نيوجين الرابع) وحت حديث.

بعد تحديد نوع الملامسة بين السلسلة قبل فوسفاطية والقاعدة الصخرية، استرد التاريخ النسبي لهضبة الفوسفاط وذلك بترتيب المراحل من 1 إلى 9.



القاعدة الصخرية مشوهة (طيات، فوالق) بينما لم تتعرض السلسلة قبل فوسفاطية (الحقب الثاني) لأي تشوه وبقيت منضدية، فالملامسة بين المجموعتين هي إذن تنافر زاوي.

يمكن استرداد التاريخ الجيولوجي للمنطقة بترتيب المراحل على الشكل التالي:

2 ← 5 ← 1← 6 ← 3 ← 7 ← 8 ← 4 ← 9.

بعد التراجع البحري للحقب الأول تم حت طبقات القاعدة الصخرية المشوهة خلال الدورة الهرسينية.

خلال الميسترختي (الكريتاسي II) تتوضع ترسبات بحرية قليلة العمق ذات خاصيات تجاوزية، أعطت ترسب طبقات الكريتاسي قبل الفوسفاطية.

خلال الكريتاسي العلوي والباليوجين (III السفلي) توضعت الرواسب الفوسفاطية وذلك ابتداء من الطابق الميسترختي (II علوي) إلى غاية الطابق اللوتيسي (III)، تميزت هذه الترسبات بخاصيات تجاوزية بحيث تشكل خليج بحري قليل العمق.

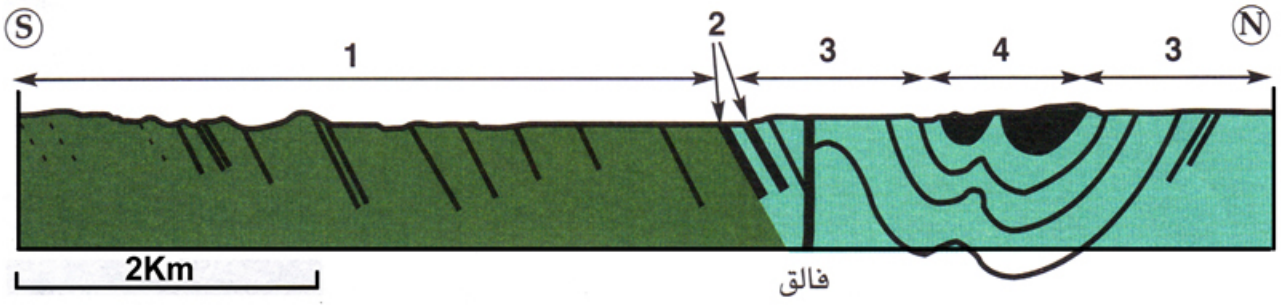
بعد اللوتيسي ظهرت رواسب (حجر رملي...) تعبر عن تراجع بحري ناتج عن الحركات التكتونية الأطلسية.

www.datasvt.com

② المثال الثاني: الحوض الفحمي لجرادة (الوثيقة 18)

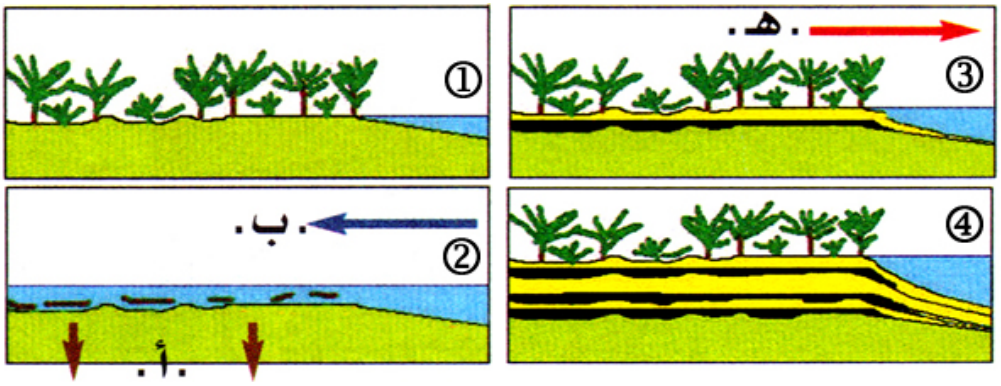
الوثيقة 18: استرداد التاريخ الجيولوجي للحوض الفحمي لجرادة .

يقع حوض جرادة على بعد 60 كلم جنوب غرب مدينة وجدة. ويمتد الحوض على مدى 25 كلم، وهو منجم للفحم الحجري ذو أصل ترسبي يظهر توالي الترسبات البحرية والقارية المناسبة لتكون الفحم، وذلك ما بين - 315Ma إلى 300Ma-.



مفتاح: 1 = سلسلة بحرية تحتوي علة غونياتيت Goniatite (الحقب الأول).
2 = أول رواسب شاطئية تحتوي على فحم وسرخسيات Fougères (الحقب الأول، ويستفالي).
3 = رواسب بحرية تحتوي على غونياتيت (الحقب الأول، أحدث من السلسلة 1).
4 = سلسلة فحمية مع طبقات جرادة (الحقب الأول، ويستفالي، أحدث من المستويات 2).
ملحوظة: تغطي الطبقات الكلسية للجوراسي كل هذه الطبقات بتنافر أعظم.

يتطلب تكون الفحم الحجري مناطق رسوبية تتميز بكثافة الغطاء النباتي (مناخ مداري)، وإمدادات قارية ضعيفة: مستنقعات شاطئية معرضة لتجاوزات بحرية دورية. كما يتطلب أيضا الانغراز السريع لقعر الحوض الذي يحمي البقايا من الأكسدة. أنظر الصورة أسفله.



وظف المعطيات الواردة في الوثيقة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لحوض جرادة.

يعتبر الحوض الفحمي لجرادة حوضا جانب بحري، ينتمي الفحم فيه الطابق الوستفالي من النظام التفحمي (315- إلى 300- مليون سنة)، (الحقب الأول).
خلال الطابق النامور كان الترسب بحريا وبقي كذلك خلال الوستفالي السفلي على شكل تجاوز بحري.
خلال الوستفالي بدأت الترسبات قارية مصحوبة بتكون الفحم حيث استمرت هذه الترسبات إلى نهاية الوستفالي.
تأثرت الرواسب الفحمية بالأطوار الأخيرة للدورة الانتهاضية الهرسينية، وبقيت عرضة للحت بع الهرسيني إلى حين توضع الرواسب الميزوزوية (II) وتدفق البازلت لنفس الحقب في شكل تنافر زاو.

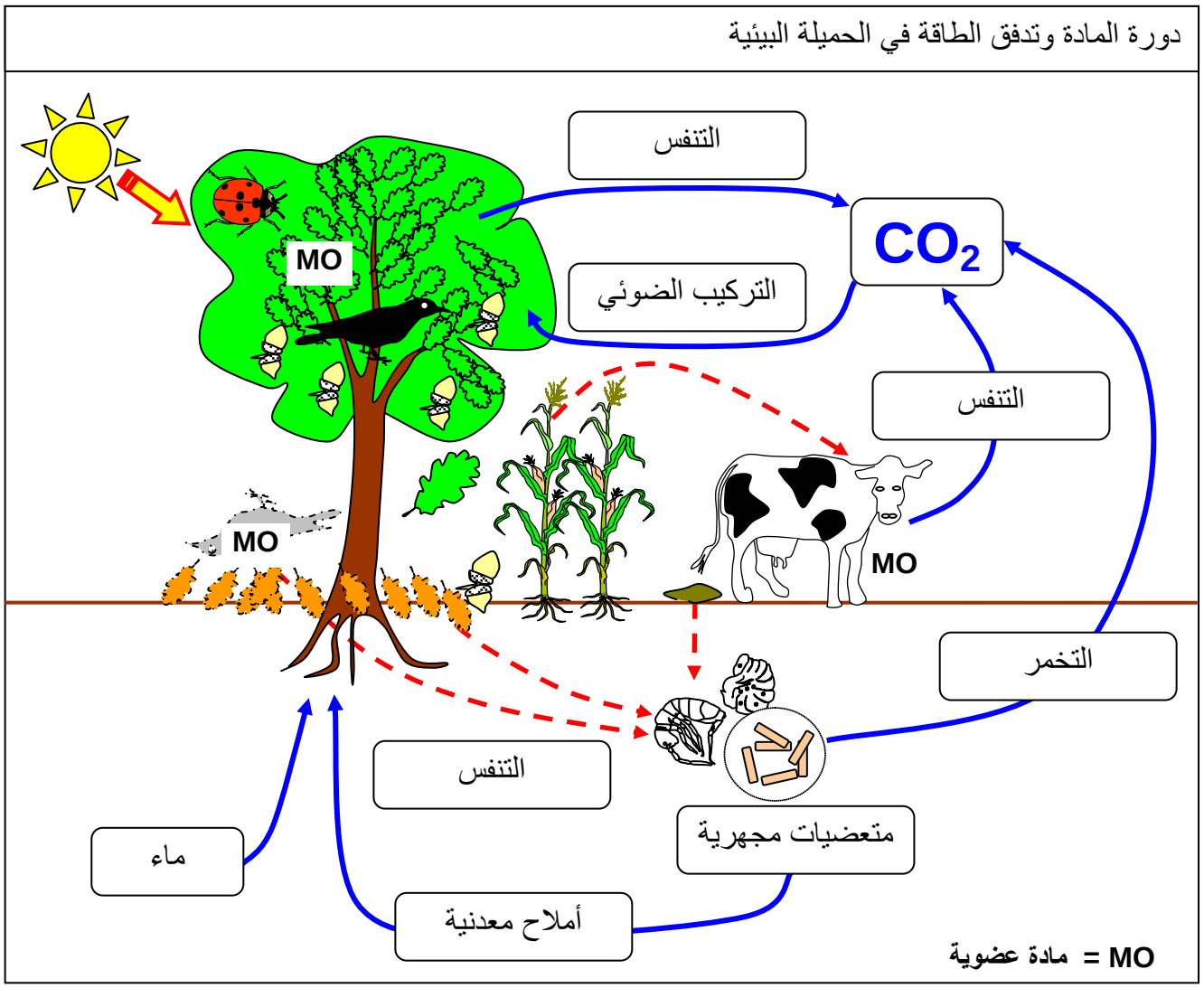
www.datasvt.com

الوحدة الثانية:

إنتاج المادة العضوية و تدفق الطاقة

مقدمة

تحتل النباتات الخضراء المستوى الأول داخل السلاسل الغذائية، وتسمى كائنات منتجة لأنها قادرة على تركيب المادة العضوية انطلاقا من المادة المعدنية (ماء، أملاح معدنية وثنائي أكسيد الكربون)، وباستعمال الطاقة الضوئية. تسمى هذه العملية بالتركيب الضوئي (La photosynthèse). فنقول أن النباتات ذاتية التغذية autotrophe عكس الحيوانات العاجزة عن تركيب مادتها العضوية انطلاقا من مادة معدنية، والتي تعتمد في اقتياتها على النباتات، إما بطريقة مباشرة (حيوانات عاشبة)، أو بطريقة غير مباشرة (حيوانات لاحمة) فنقول أنها غير ذاتية التغذية Hétérotrophe.



1) ما هي الآليات المسئولة عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية من طرف النباتات اليخضورية؟
2) كيف تركب النباتات اليخضورية مادتها العضوية؟

www.datasvt.com

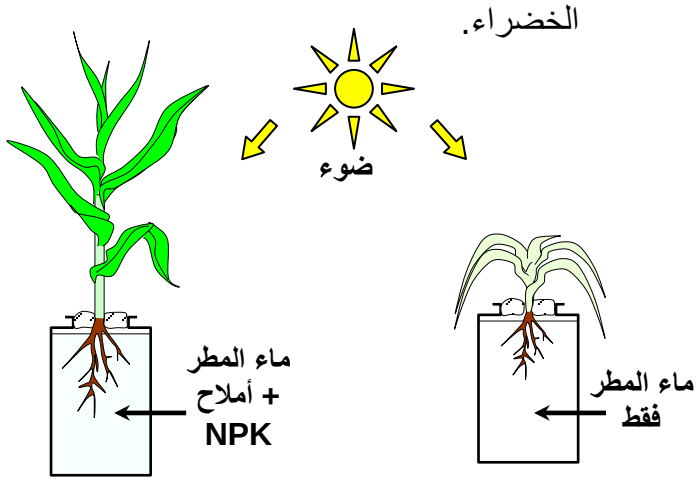
الفصل الأول

آليات امتصاص الماء والأملاح المعدنية عند النباتات اليخضورية

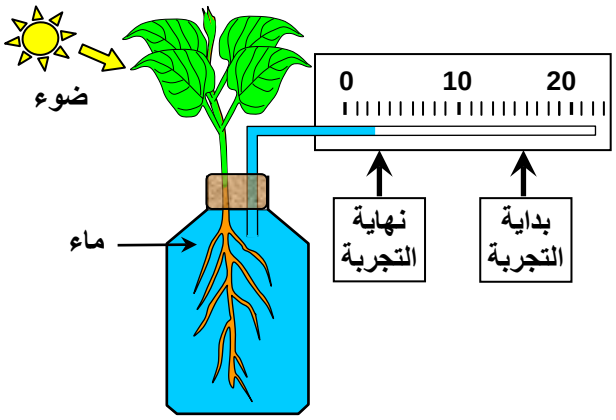
مقدمة: أنظر الوثيقة 1. انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة أبرز أهمية الماء والأملاح المعدنية بالنسبة للنباتات الخضراء.

الوثيقة 1: أهمية الماء والأملاح المعدنية بالنسبة للنباتات اليخضورية.

شكل أ: الكشف عن أهمية الأملاح المعدنية للنباتات الخضراء.



شكل ب: قياس امتصاص الماء من طرف نبات.



تحتاج النباتات اليخضورية في نموها إلى الماء والأملاح المعدنية التي تأخذها من الوسط الذي تعيش فيه.

- **فكيف تتمكن النباتات اليخضورية من امتصاص الماء والأملاح المعدنية؟**
- **وما هي البنيات الخلوية المسؤولة عن امتصاص هذه المواد؟**

I – الكشف عن تبادلات الماء عند النباتات اليخضورية.

① ملاحظات بالعين المجردة

أ – مناولة: أنظر الوثيقة 2

الوثيقة 2: الكشف عن تأثير نسبة تركيز المحلول على قطع البطاطس.

① تقطيع سبع قطع من درنة البطاطس متقايسة الأبعاد (طولها 5cm وقاعدتها مربعة ضلعها $1cm^2$).
② تحضير سبعة أنابيب اختبار، الأول نضع فيه 12ml من الماء والأنابيب الأخرى من رقم 2 إلى رقم 7 نضع فيها بالتدريج 12ml من محاليل السكروز مختلفة التركيز كما هو مبين في الجدول أسفله.

رقم الأنبوب	1	2	3	4	5	6	7
تركيز السكروز ب M	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1
طول القطع في البداية ب mm	50	50	50	50	50	50	50
طول القطع بعد ساعة ب mm	53.8	52.9	51.8	48.9	48.1	47.8	47
الفرق بين الطول البدائي والطول النهائي	3.8	2.9	1.8	-1.1	-1.9	-2.2	-3

③ نضع في كل أنبوب قطعة من البطاطس مع التحقق من أنها مغمورة كليا.
④ بعد مرور ساعة نقوم بقياس طول كل قطعة من قطع البطاطس ثم ندونها في الجدول أعلاه.

ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذه المناولة؟ وما هي الفرضية الممكن إعطائها لتفسير التغيرات الملاحظة؟

www.datasvt.com

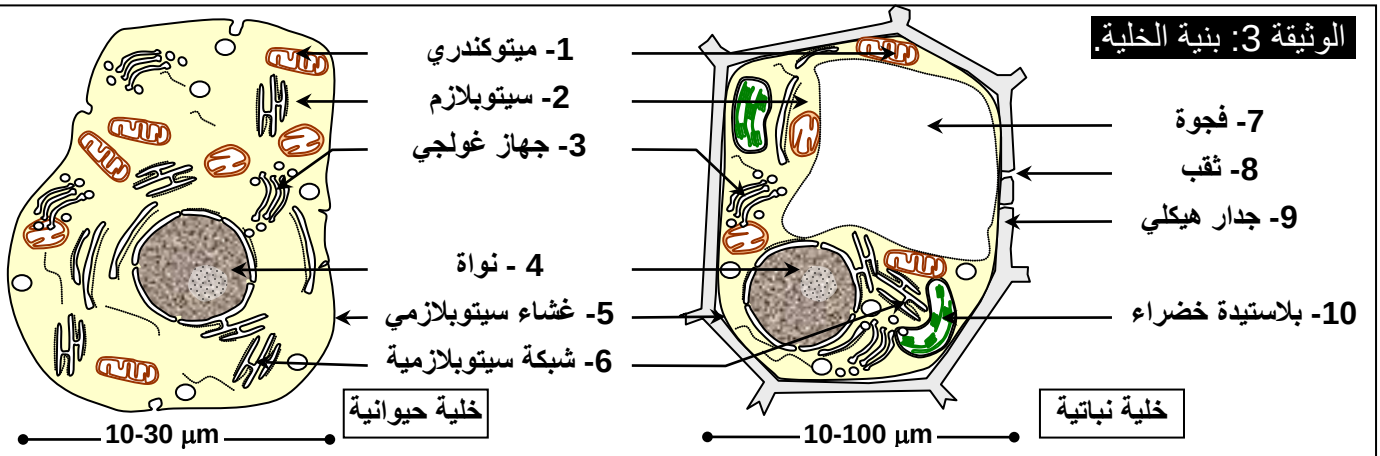
ب – تحليل واستنتاج:

- نلاحظ أن طول قطع البطاطس يتناقص مع تزايد تركيز المحلول.
- نستنتج من هذه الملاحظة أن اختلاف نسبة تركيز المحلول يسبب تغيرات في طول قطع البطاطس.
- لتفسير التغيرات الملاحظة يمكن افتراض دخول بعض المواد إلى قطع البطاطس فيؤدي ذلك إلى الزيادة في طولها، أو خروج بعض المواد من قطع البطاطس فيؤدي ذلك إلى نقصان في طولها. وبما أن الأنبوب 1 يحتوي على الماء فقط، فيمكن إرجاع الزيادة في طول القطع إلى دخول الماء.
- بما أن قطع البطاطس هي عبارة عن نسيج يتكون من خلايا، فتبادلات الماء تتم إذن على مستوى هذه الخلايا.

② ملاحظات مجهرية

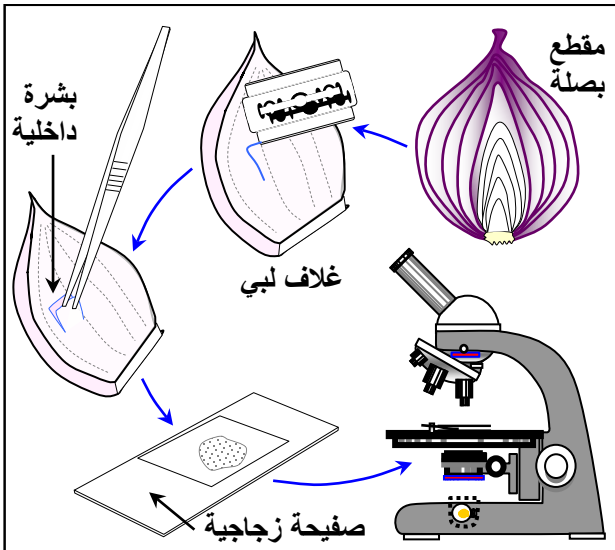
أ – تذكير ببنية الخلية: أنظر الوثيقة 3

الوثيقة 3: بنية الخلية.



ب – التحضير المجهري لبشرة البصل: أنظر الوثيقة 4، مناولة 1.

الوثيقة 4: التحضير المجهري لبشرة البصل.



★ مناولة 1: يتشكل البصل من عدد من الأغلفة اللبية متراكمة بعضها على بعض ومحيطة ببرعم مركزي.

① ننزع البشرة الداخلية للغلاف اللبي للبصل من جهته الداخلية المقعرة بواسطة ملقط، ثم نقطعها إلى عدة قطع صغيرة.

② نضع فوق صفيحة زجاجية قطرة ماء أو قطرة محلول بتركيز معين، نغمر كل قطعة صغيرة في القطرة مع الحرص على تمديد القطعة جيدا.

③ نغطي التحضير بصفيحة زجاجية مع الحرص على طرد الفقاعات الهوائية وذلك بوضع الصفيحة بطريقة مائلة.

④ نضع التحضير فوق لويحة المجهر ونلاحظ بالتكبير الضعيف ثم المتوسط، فالتكبير القوي.

★ مناولة 2: نستعمل 5 محاليل ذات تراكيز مختلفة من السكروز: 0 mole/l، و0.1 mole/l، و0.5 mole/l، و0.6 mole/l، و0.7 mole/l، و0.9 mole/l. ثم نوزعها على زجاجات ساعتية.

① نحضر قطعا من البشرة الداخلية لغلاف لحمي للبصل.

② نضع القطع في محاليل السكروز مع إضافة 1ml من محلول أحمر المتعادل، ونتركها لمدة 15 دقيقة.

③ نلاحظ بالمجهر الضوئي القطع بين صفيحة وصفيحة داخل قطرة من نفس المحلول الذي أخذت منه.

لاحظ بالمجهر الضوئي حالة الخلايا في مختلف التراكيز. وأجب عن الأسئلة التالية.

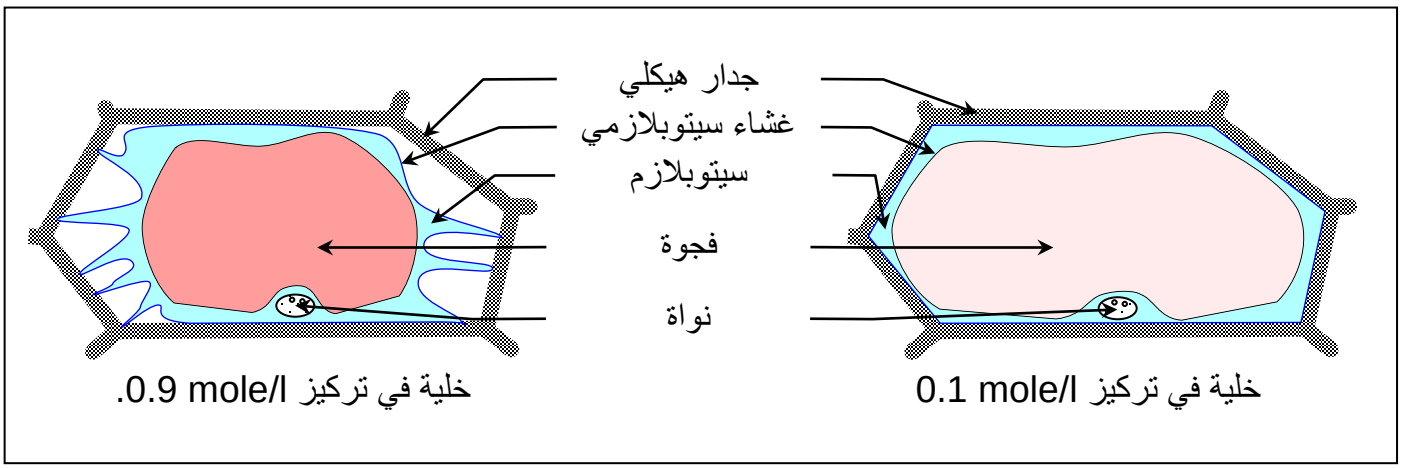
1) أرسم حالة الخلايا النباتية في التركيزين التاليين: 0.1 mole/l، و0.9 mole/l.
2) أعط تفسيرا لحالة الخلايا في كل من التركيزين السابقين.
3) على شكل جدول أعط حالة الخلايا في كل تركيز.

www.datasvt.com

ج – الملاحظة المجهرية: أنظر الوثيقة 4، مناولة 2.

تبين الملاحظة المجهرية وجود عناصر على شكل مستطيلات هي عبارة عن خلايا محاطة بإطار هو الجدار الهيكلي الذي يسمى كذلك الغشاء السيليلوزي Membrane squelettique ou cellulosique. (أنظر الوثيقة 5)

1) أنظر الرسم.



2) تبين الملاحظة المجهرية أن شكل الخلايا يتغير حسب تركيز الوسط:

⇦ في محلول السكروز ذي التركيز 0,1 mole/l : تحتوي الخلايا على فجوات ذات حجم كبير، تضغط على الغشاء السيتوبلازمي الذي يلتصق بالجدار السيليلوزي، فنقول أن الخلية ممتلئة: إنها حالة الامتلاء Turgescence. ويمكن تفسير ازدياد حجم الفجوة (امتلاء الخلية) بدخول الماء إلى الخلية.

⇦ في محلول السكروز ذي التركيز 0,9 mole/l : تحتوي الخلايا على فجوات ذات حجم صغير، و تظهر عدة انقلاعات للغشاء السيتوبلازمي عن الجدار السيليلوزي، فنقول أن الخلية مبلزمة:إنها حالة البلزمة Plasmolyse. ويمكن تفسير نقصان حجم الفجوة (بلزمة الخلية) بخروج الماء إلى الوسط الخارجي.

3) حالة الخلايا في كل التراكيز:

تركيز السكروز	0	0,1	0,5	0,6	0,7	0,9
حالة الخلايا	ممتلئة	ممتلئة	ممتلئة	بداية البلزمة	مبلزمة	مبلزمة

II – نموذج فيزيائي لتفسير تبادلات الماء بين الخلية ومحيطها

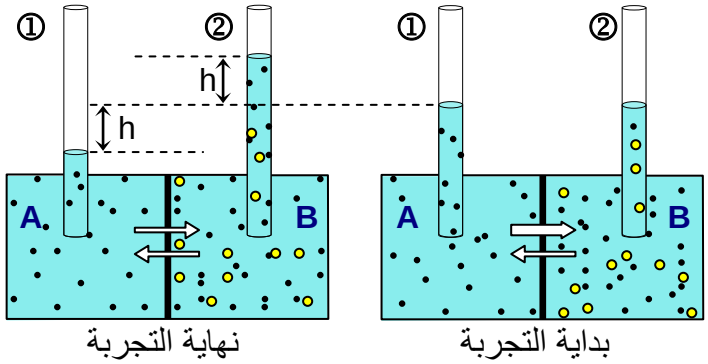
① مفهوم التنافذ عند الخلايا النباتية

أ – تجربة Dutrochet: أنظر الوثيقة 5

الوثيقة 5: تجربة Henri Dutrochet.

نعزل وسطين A و B لهما نفس الحجم بواسطة غشاء نصف نفوذ (نفوذ للماء فقط) بحيث يختلف A عن B من حيث تركيز المحلول. نضع في الوسط A الماء المقطر، أما الوسط B فيحتوي على محلول السكروز. (أنظر الرسم أمامه)

ماذا تستنتج من تحليل معطيات هذه التجربة؟



www.datasvt.com

ب – تحليل واستنتاج:

★ نلاحظ أن مستوى الماء قد انخفض بالنسبة للوسط A وارتفع بالنسبة للوسط B. وتفسر هذه الملاحظة بتدفق الماء من الوسط A الأقل تركيزا (ناقص التوتر Hypotonique) إلى الوسط B الأكثر تركيزا (مفرط التوتر Hypertonique). وتسمى هذه الظاهرة بالأوسموز (Osmose) = التنافذ.

★ تفسر ظاهرة التنافذ بكون المحلول الأكثر تركيزا يحدث ضغطا يسمى الضغط التنافذي Pression Osmotique، تتناسب قيمته مع تركيز المحلول ويتأثر بدرجة حرارة الوسط. وتضمن هذه الظاهرة تنافذ جزيئة الماء وتجانس الوسطين وبالتالي تساوي التوتر بين الوسطين.

★ نستنتج مما سبق أن تغير حجم وشكل الفجوات الخلوية الملاحظ سابقا ناتج عن دخول أو خروج الماء عبر الغشاء السيتوبلازمي:

- **حالة الامتلاء:** تتوفر الفجوة على عصارة يكون تركيزها في هذه الحالة أكبر من تركيز الوسط الخارجي، إذن حسب قانون التنافذ فان الماء سيتدفق إلى داخل الفجوة وبالتالي امتلاؤها.
- **حالة البلزمة:** في هذه الحالة يصبح الوسط الخارجي أكثر تركيزا من الفجوة، فيتدفق الماء من الفجوة إلى الوسط الخارجي، وبالتالي تقلص الفجوة.

② قياس ضغط التنافذ Π أو P La pression osmotique

يعتبر الضغط التنافذي خاصية فيزيائية لأي محلول يحتوي على مواد مذابة. ويعبر عن القوة الماصة للماء بواسطة المواد المذابة وبالتالي فهو مرتبط أساسا بالتركيز المولي للمحلول (أي عدد مولات الجزيئات أو الأيونات المذابة في 1 لتر من المحلول). ويعبر عن الضغط التنافذي باستعمال الصيغة التالية:

$$\Pi = R.C.T.n$$

Π أو P = الضغط التنافذي ب atm.
R = ثابتة الغازات = 0.082
T = درجة الحرارة المطلقة °K , (°K = t°C + 273)
C = التركيز المولي للمادة المذابة في المحلول (Mol/l) = الكتلة المولية (mol/l) / التركيز (g/l)
n = معامل التفكك (يساوي 2 بالنسبة لجزيئة NaCl التي تتفكك في الماء لتعطي Na^+ و Cl^-

مثال: نذيب 700 mg من الكليكوز $C_6H_{12}O_6$ في 25ml من الماء في درجة حرارة 20°C.
علما أن M(H) = 1g/mole و M(C) = 12g/mole و M(O) = 16g/mole

1) أحسب التركيز المولي والتركيز الكتلي و C%.
2) أحسب الضغط التنافذي للمحلول.

جواب:

★ التركيز المولي: $C = n/v\ (mol/l) = C_m/M$
★ التركيز الكتلي: $Cm = m/v\ (g/l)$
★ التركيز بالنسبة المئوية: C% (%) = Cm/10 هو الكتلة المذابة في 100ml من الماء.

1) التركيز المولي: $C = n/v = m/(M.v) = 0,7 / (180.0,025) = 0,15\ mole/l$
التركيز الكتلي: $Cm=m/V=0,7/0,025 = 28g/l$
التركيز بالنسبة المئوية: $C\%=Cm/10 = 28/10 = 2.8\%$
2) الضغط التنافذي للمحلول هو Π:
$\Pi = n.R.T.C = 1.\ 0,082\ .\ (20 + 273)\ .0,15 = 3,6039\ atm$

www.datasvt.com

III – الكشف عن تبادلات المواد المذابة عند الخلايا النباتية

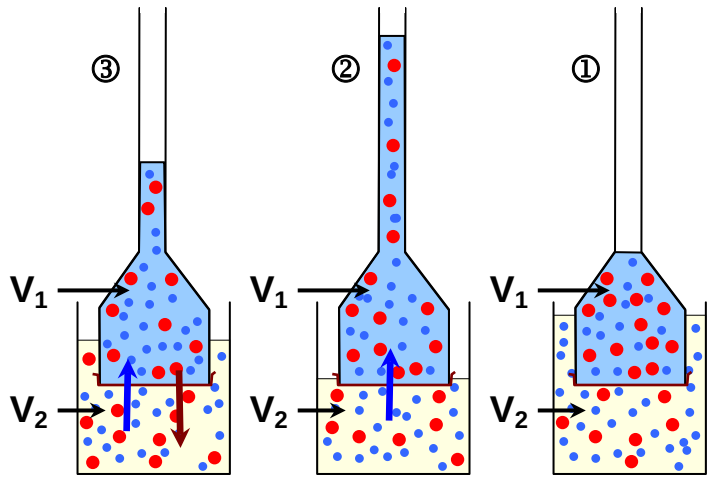
① الكشف عن ظاهرة الانتشار La diffusion

أ – تجربة: أنظر الوثيقة 6

الوثيقة 6: تجربة مقياس التنافذ.

نستعمل مقياس التنافذ كما هو مبين في الأشكال أمامه. في بداية التجربة ① يحتوي الوسط V_1 على ماء مقطر والوسط V_2 على محلول السكروز. يفصل بينهما غشاء نفوذ لجزيئات الماء والمادة المذابة. ونتتبع حالة التجربة بعد بضع دقائق (الحالة ②) وبعد بضع ساعات (الحالة ③).

اعتمادا على معلوماتك وعلى تحليل النتائج المحصل عليها، كيف يمكنك تفسير نتيجة الحالة ③؟



ب – تحليل واستنتاج:

★ بعد دقائق نلاحظ ارتفاع مستوى المحلول في الوسط V_1 وانخفاض مستوى المحلول في الوسط V_2 . وبعد ساعات ينخفض مستوى المحلول في الوسط V_1 ويرتفع في الوسط V_2.

★ إن ارتفاع مستوى المحلول في الوسط V_1 في الحالة ① هو ناتج عن تدفق الماء المقطر إلى محلول السكروز المفرط التوتر وذلك تبعا لقانون التنافذ.

★ إن انخفاض مستوى المحلول في الوسط V_1 في الحالة ③ هو ناتج عن خروج السكروز إلى الوسط V_2 عبر الغشاء النفوذ وذلك من الوسط الأكثر تركيز إلى الوسط الأقل تركيز، مما أدى إلى ارتفاع تركيز الماء المقطر وبالتالي خروج الماء من محلول السكروز (الوسط V_1) إلى الماء المقطر (الوسط V_2). وتسمى ظاهرة تسرب المواد المذابة من الوسط الأكثر تركيز إلى الوسط الأقل تركيز (حسب الدرجة التنازلية للتركيز) بظاهرة الانتشار الحر La diffusion libre.

② النفاذية الموجهة وظاهرة زوال البلزمة

أ – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 7

الوثيقة 7: الكشف عن النفاذية الموجهة وظاهرة إزالة البلزمة.

لفهم بعض آليات التبادلات الخلوية، أنجزت التجارب التالية:

★ نضع خلايا نباتية في محاليل لها نفس التركيز. ثم تتم ملاحظتها مجهريا في فترات زمنية مختلفة. ويبين الجدل أسفله ظروف ونتائج هذه التجارب.

الظروف التجريبية	الكتلة المولية	نتيجة الملاحظة بالمجهر الضوئي			
		بعد مرور 5 دقائق	بعد مرور 10 دقيقة	بعد مرور 20 دقيقة	بعد مرور 30 دقيقة
كلورور الصوديوم	58.5 g/l	مبلزمة	ممتلئة	ممتلئة	ممتلئة
أسيتات الأمونيوم	97 g/l	مبلزمة	مبلزمة	ممتلئة	ممتلئة
السكروز	342 g/l	مبلزمة	مبلزمة	مبلزمة	مبلزمة

1) كيف تفسر حالة الخلايا في محلول كلورور الصوديوم بعد مرور 5 دقائق وبعد مرور 10 دقائق؟
2) كيف تفسر الاختلاف الملاحظ بين المحاليل الثلاثة؟
3) ماذا يمكن استنتاجه من هذه التجارب؟

www.datasvt.com

الوثيقة 7: (تتمة)

★ نضع خلايا البشرة الداخلية للبصل الأبيض في محلول الأحمر المتعادل. تبين الملاحظة المجهرية أن فجوات الخلايا أخذت لونا أحمرا بسرعة. وعندما نقلنا هذه الخلايا إلى الماء المقطر تبين أن الفجوات احتفظت بلونها الأحمر وأن الماء المقطر لم يتغير لونه.

4) ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذه التجربة ؟

ب – تحليل واستنتاج:

1) بعد مرور 5 دقائق تظهر الخلايا مبلزمة لأن الوسط الخارجي يكون أكثر تركيزا من الوسط الداخلي، الشيء الذي يؤدي إلى خروج الماء من الخلية وبالتالي حدوث ظاهرة البلزمة.

2) نلاحظ أن الخلايا تصبح ممتلئة بعد 10 دقائق في محلول كلورور الصوديوم، وبعد 20 دقيقة في محلول أسيتات الأمونيوم، نتكلم عن ظاهرة إزالة البلزمة والتي لا تظهر في حالة محلول السكروز.
تفسر ظاهرة زوال البلزمة بكون المواد المذابة تنتشر داخل الخلية حتى يتساوى التركيز بين الوسط الداخلي والوسط الخارجي. وتختلف سرعة انتشار المواد باختلاف الكتلة المولية.
في حالة السكروز لا يتم زوال البلزمة خلال مراحل التجربة، لكون هذا الأخير لم ينتشر داخل الخلية. ويرجع ذلك إلى كتلته المولية الكبيرة.

3) نستنتج من المعطيات السابقة أن سرعة انتشار المواد المذابة بين الخلية والوسط الخارجي تختلف حسب الكتلة المولية لهذه المواد. وتسمى النفاذية التي تختلف حسب نوعية المواد بالنفاذية التفاضلية أو النفاذية الاختيارية
La perméabilité sélective = La perméabilité différentielle

4) إن تلون فجوات الخلايا بالأحمر يعني دخول الأحمر المتعادل إلى داخل الخلية. واحتفاظ الخلية بلونها الأحمر في الماء المقطر يعني عدم خروج الأحمر المتعادل من الخلية إلى الوسط الخارجي.
نستنتج من هذه المعطيات أن أحمر المتعادل يتدفق داخل الخلية ولا يتدفق نحو الوسط الخارجي فنتكلم عن النفاذية الموجهة La perméabilité orienté .

ج – خلاصة:

النفاذية الموجهة والاختيارية تدل على أنه لا يمكن اعتبار انتشار المواد المذابة بين الخلايا ووسطها مجرد ظاهرة فيزيائية تتمثل في الانتشار الحر، بل هناك آليات أخرى تتدخل في تبادل المواد المذابة عند الخلايا.

③ الكشف عن النفاذية الموجهة والنقل النشيط

أ – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 8

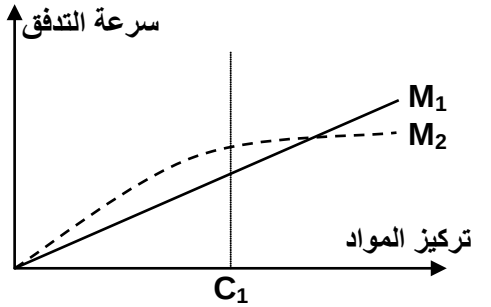
الوثيقة 8: النفاذية الموجهة والنقل النشيط.

لتفسير آلية تدفق بعض المواد عبر الغشاء السيتوبلازمي. نقترح التجارب التالية:

★ **التجربة 1:** نضع كريات حمراء في وسط يحتوي على مادتين لهما نفس الكتلة، موسومتين بنظائر مشعة (M_2*وM_1*) ونقوم بقياس الإشعاع داخل الكريات الحمراء لكل مادة وفي تراكيز متزايدة من كل مادة.
يبين المنحنى جانبه النتائج المحصل عليها.

★ **التجربة 2:** نقوم بمقارنة تركيز بعض الايونات بين ماء البحر وفجوة طحلب بحري يسمى Valonia. ويتبين باستعمال النظائر المشعة لهذه الايونات أن هناك تبادلا مستمرا لهذه الأيونات بين الخلية والوسط الخارجي رغم بقاء التراكيز مستقرة. إذا تعرضت هذه الطحالب لسموم تكبح التنفس، يحدث توازن في تركيز هذه الأيونات بين الوسط الداخلي والخارجي.
يبين الجدول أمامه النتائج المحصل عليها.

ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات التجريبية؟



الأيون	تركيزه في ماء البحر ب g/l	تركيزه في الفجوة ب g/l
Na^+	10.9	2.1
K^+	0.5	20.1
Cl^-	19.6	21.2

www.datasvt.com

ب – تحليل واستنتاج:

⇦ تحليل:

❖ في التجربة 1

- المنحنى 1: نلاحظ أنه كلما ارتفع تركيز المادة M_1* في الوسط الخارجي ترتفع سرعة تدفقها إلى داخل الخلية.
- المنحنى 2:حتى تركيز معين (C_1) نلاحظ أنه كلما ارتفع تركيز المادة M_2* في الوسط الخارجي ترتفع سرعة تدفقها إلى داخل الخلية. بعد هذا التركيز تبقى سرعة التدفق مستقرة في قيمة قصوى رغم ارتفاع التركيز الخارجي.

❖ في التجربة 2: نلاحظ أن هناك اختلاف في التراكيز، فالوسط الداخلي للخلية غني بـ K^+ ($20,1\ g.L^{-1}$) و فقير من Na^+ ($2,1g.L^{-1}$) عكس الوسط الخارجي ($10,9g.L^{-1}$ من Na^+ و $0,5\ g.L^{-1}$ من K^+).أما بالنسبة لأيون Cl^- نلاحظ أنه هناك فرق جد طفيف بين التركيز الداخلي للخلية والتركيز الخارجي.

⇦ تفسير واستنتاج:

❖ في التجربة 1

- المنحنى 1: ترتفع سرعة التدفق كلما ارتفع التركيز الخارجي وتنتقل المادة M_1* من الوسط الأكثر تركيزا نحو الوسط الأقل تركيزا، إنها ظاهرة الانتشار الحر.
- المنحنى 2: تدفق المادة M_2* في الجزء الأول من المنحنى أكبر من تدفق المادة M_1* ، يمكن تفسير هذا الفارق بتدخل بروتينات غشائية تسهل عملية نقل M_2*. و يفسر استقرار سرعة التدفق بعد التركيز C_1 رغم استمرار ارتفاع التركيز بتدخل جميع البروتينات الناقلة لـ M_2* (تشبع البروتينات الناقلة). يسمى هذا النوع من النقل حسب الدرجة التنازلية للتركيز بالانتشار المسهل Le transport facilité.

❖ في التجربة 2: إن الاختلاف الملاحظ في التراكيز لا يمكن تفسيره بظاهرة الانتشار الحر، لأن التوازن الكيميائي غير محقق. وبما أنه عند كبح التنفس أي إنتاج الطاقة من طرف الخلية تتوازن التراكيز، نستنتج أن الخلية تعمل على نقل أيونات Na^+ و K^+ عكس الدرجة التنازلية للتركيز وذلك باستعمال الطاقة. تسمى هذه العملية بالنقل النشيط (transport actif) وتتدخل فيه بروتينات غشائية تسمى مضخات بروتينية.

③ خلاصة:

تخضع تبادلات المواد المذابة عند الخلايا النباتية ل:

- ✓ ظواهر فيزيائية: كالانتشار الحر أي مرور الجزيئات المذابة من الوسط الأكثر تركيزا إلى الوسط الأقل تركيزا (حسب الدرجة التنازلية للتركيز).
- ✓ ظواهر بيولوجية: مرتبطة بحياة الخلية والتي تمكن من تسهيل انتشار بعض المواد المذابة من الوسط الأكثر تركيزا إلى الوسط الأقل تركيزا. وهي حالة الانتشار المسهل. أو من انتشارها عكس الدرجة التنازلية للتركيز وهي حالة النقل النشيط.
- ✓ كل هذه التبادلات تتم عبر الأغشية الخلوية. فما هي إذن البنيات المتدخلة في التبادلات الخلوية؟

IV – آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية

① البنيات المسؤولة عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية

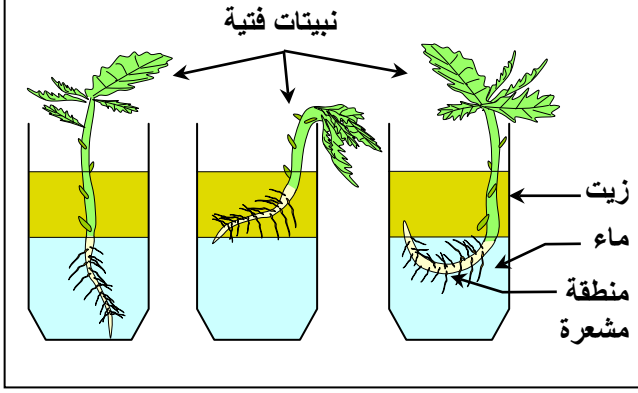
أ – الكشف عن دور زغب الامتصاص: أنظر الوثيقة 9

الوثيقة 9: الكشف عن دور زغب الامتصاص.

يشكل زغب الامتصاص Poils absorbants منطقة مشعرة في طرف الجذر. وهي أولى البنيات التي تظهر عند نبتة فتية بعد إنبات البذرة. يتراوح طول كل زغبة بين 0.7 و1 mm، وقطرها بين 12 و15 µm.

نهيئ ثلاثة كؤوس في كل منها كمية من الماء تعلوها طبقة من الزيت. نضع في كل كأس نبتة فتية ذات جذور كما هو مبين في الشكل أمامه.

ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذه التجربة؟



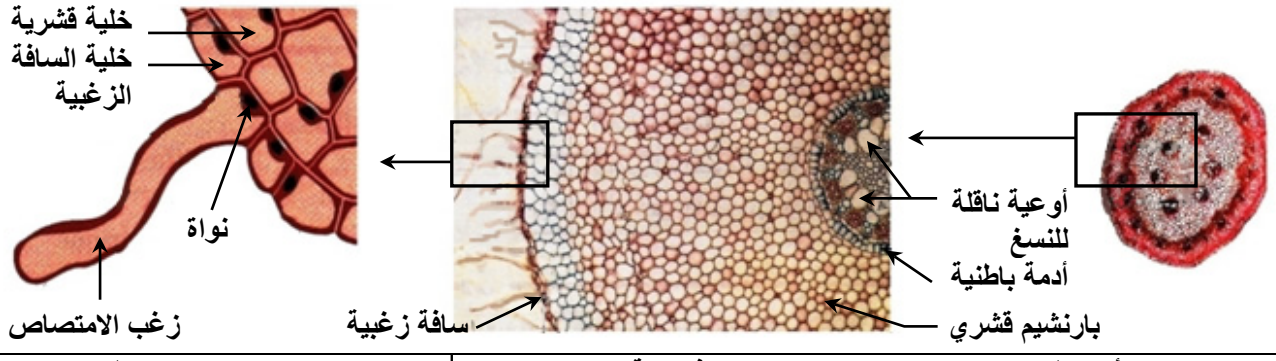
www.datasvt.com

عندما يكون زغب الامتصاص داخل الماء تنمو النبتة، وعندما يكون زغب الامتصاص خارج الماء تذبل النبتة.
يتبين من هذه المعطيات أن النباتات تمتص الماء والأملاح المعدنية على مستوى زغب الامتصاص.

ب – بنية زغب الامتصاص: أنظر الوثيقة 10

الوثيقة 10: بنية زغب الامتصاص.

تعطي الوثيقة التالية ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي في جذر نبات (الشكل أ) على مستوى المنطقة المشعرة Zone Pilifère (المنطقة المكسوة بزغب الامتصاص). مع رسم تخطيطي تفسيري لهذه الملاحظة (الشكل ب).
من خلال تحليلك لمعطيات هذه الوثيقة استخرج الخاصية الأساسية التي تميز زغب الامتصاص.



شكل أ: مقطع عرضي مجهري على مستوى جذر نبتة | شكل ب: رسم تفسيري للمقطع العرضي

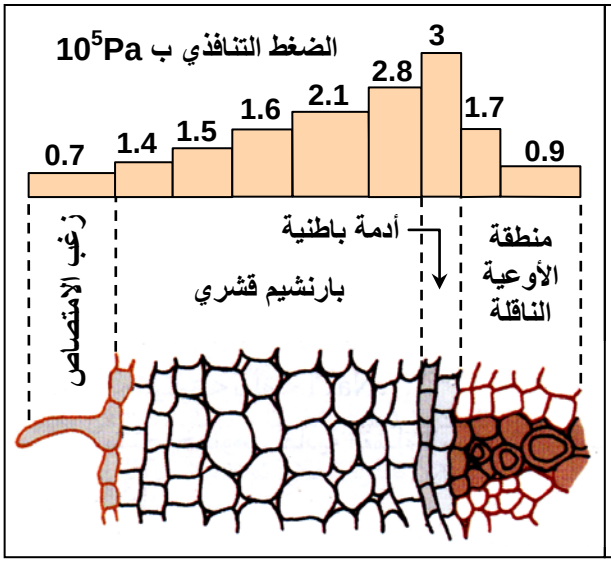
يبين المقطع العرضي للجذر على مستوى المنطقة المشعرة أن زغب الامتصاص هو عبارة عن امتداد لخلايا السافة الزغبية (Assise pilifère)، و هي خلايا مختصة ومكيفة مع وظيفة الامتصاص، نظرا لتوفرها على امتداد سيتوبلازمي يرفع مساحة اتصالها بالتربة. فكيف إذن يتم امتصاص الماء والأملاح المعدنية على مستوى زغب الامتصاص؟

② آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية أنظر الوثيقة 11

الوثيقة 11: آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية.

تضم فجوة زغب الامتصاص عصارة مفرطة التوتر بالنسبة للوسط الخارجي المتمثل في ماء التربة. ويبين الشكل جانبه نتائج قياس الضغط التنافذي في مختلف الخلايا المكونة للجذر على مستوى المنطقة المشعرة.

1) كيف يتغير الضغط التنافذي حينما ننتقل من زغب الامتصاص نحو منطقة الأوعية الناقلة؟
2) كيف تفسر ذلك؟
3) اعتمادا على معطيات الوثيقة وعلى معلوماتك، حدد الآليات المسؤولة عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية.



1) بصفة عامة حينما ننتقل من زغب الامتصاص نحو منطقة الأوعية الناقلة، يرتفع الضغط التنافذي في الخلايا.

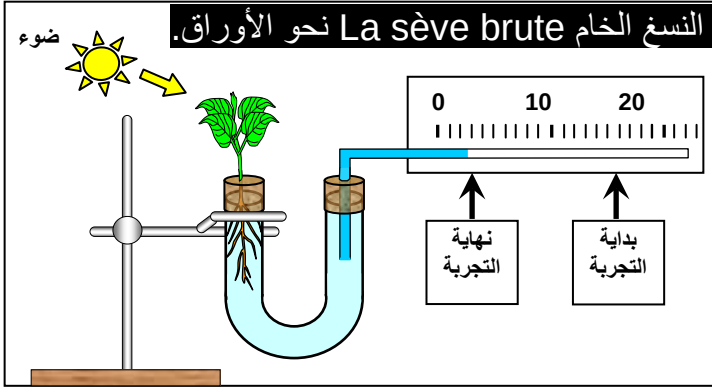
2) تحافظ الخلايا بداخلها على ضغط تنافذي مرتفع، لأنها تحافظ على تركيز مرتفع للمواد المذابة بداخلها.

3) من خلال قيمة الضغط التنافذي يتبين أن تركيز الأيونات مرتفع داخل الجذر، إذن امتصاص الأملاح المعدنية سيتم عكس المجرى الطبيعي لظاهرة الانتشار. لذا فخلايا الجذور تمتص الأيونات المعدنية بفعل ظاهرة النقل النشيط.
أما الماء فانه سيتدفق عن طريق ظاهرة الأسموز (الانتشار الحر) إلى حدود الأدمة الباطنية. ومن الأدمة الباطنية إلى منطقة الأوعية الناقلة سيتم امتصاصه عن طريق ظاهرة النقل النشيط.

www.datasvt.com

③ دور النتح في صعود النسغ الخام نحو الأوراق (transpiration,sève) أنظر الوثيقة 12

الوثيقة 12: دور النتح La transpiration في صعود النسغ الخام La sève brute نحو الأوراق.



نضع نبتة فتية في طرف أنبوب على شكل U كما هو مبين في الشكل جانبه. ثم نقيس تراجع الماء الملون على طول الأنبوب الدقيق، وذلك في بداية ثم نهاية التجربة.
عندما نقتطع نصف أوراق النبتة ونعيد القياسات بنفس الطريقة، نلاحظ أن تراجع الماء الملون ينخفض.
اعتمادا على معطيات هذه التجربة فسر كيفية انتقال النسغ الخام من الجذور نحو الأوراق.

النتح هو ظاهرة تبخر الماء على مستوى الأوراق وتعويضه بالماء الممتص على مستوى الجذور. إذن يعتبر النتح هو المحرك الأساسي لصعود النسغ الخام عبر الأوعية الناقلة.
بعد امتصاص الماء والأملاح المعدنية يتشكل النسغ الخام الذي يصل إلى منطقة الأوعية الناقلة في الجذور. وتؤدي ظاهرة النتح التي تتم على مستوى الأوراق إلى تبخر الماء وجلب النسغ الخام نحو الأوراق مرورا بالساق والأغصان.

V – البنيات الخلوية المتدخلة في امتصاص الماء والأملاح المعدنية

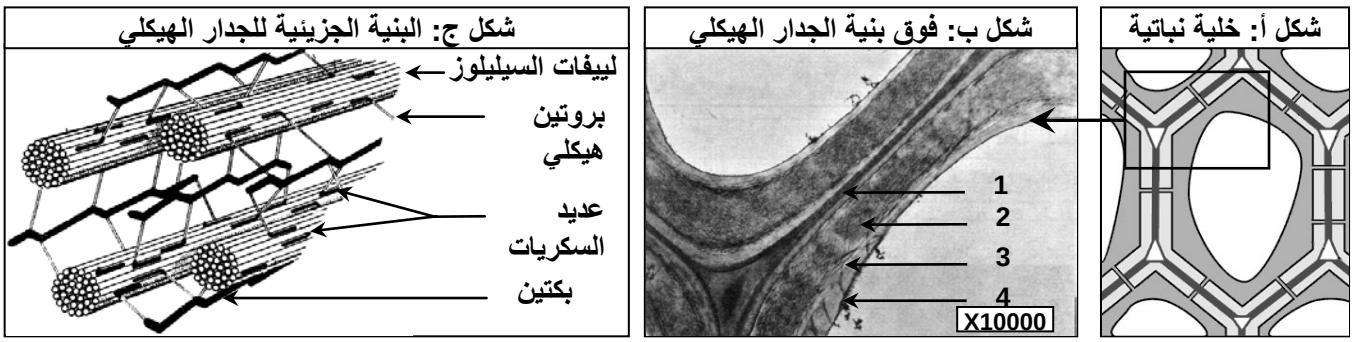
يعبر الماء والمواد المذابة الأغشية الخلوية النباتية قبل ولوج الخلية حيث تلعب هذه الأغشية دورا أساسيا في تنظيم التبادلات بين الخلية والوسط الخارجي. فما هي بنية هذه الأغشية؟ وما تركيبها؟

① تعرف بنية الجدار الهيكلي والغشاء السيتوبلازمي

أ – بنية الجدار الهيكلي: أنظر الوثيقة 13

الوثيقة 13: بنية وفوق بنية الجدار الهيكلي: La paroi squelettique

خلافا للخلايا الحيوانية تتميز الخلايا النباتية بوجود جدار هيكلي سميك وصلب يحيط بها. تعطي أشكال الوثيقة أهم الخصائص البنيوية للجدار الهيكلي.
صف بنية الجدار الهيكلي وحدد الدور الذي يلعبه في استقرار شكل الخلية وفي التبادلات.



★ تبين الملاحظة المجهرية للجدار الهيكلي أنه يتشكل من طبقتين من السيليلوز تتوسطها صفيحة متوسطة مكونة من البكتين وهي مركبات سكرية.

★ يشكل البكتين سمنت بيخلوي، أما السيليلوز فيتكون من ألياف تضم عدة جزيئات من الكليكوز تتجمع فيما بينها لتشكل ليف سيليلوزي لذلك ينعت الجدار الهيكلي بالغشاء البكتوسيليلوزي Membrane péctocellulosique.

★ تتخلل الجدار الهيكلي ثقوب تسمى بلاسموديسمات Plasmodesme تصل بين سيتوبلازمات الخلايا المتجاورة والتي تسمح بانتقال الماء والأملاح المعدنية.

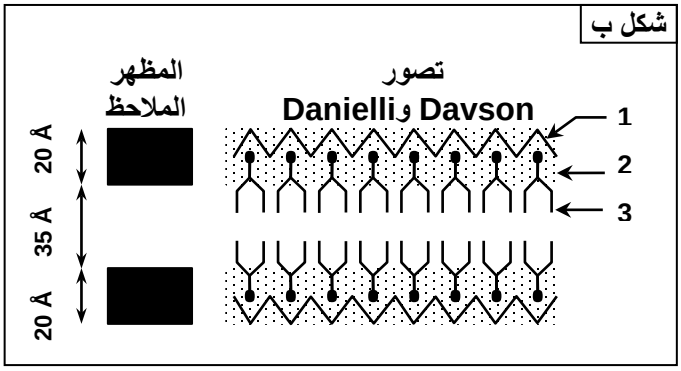
www.datasvt.com

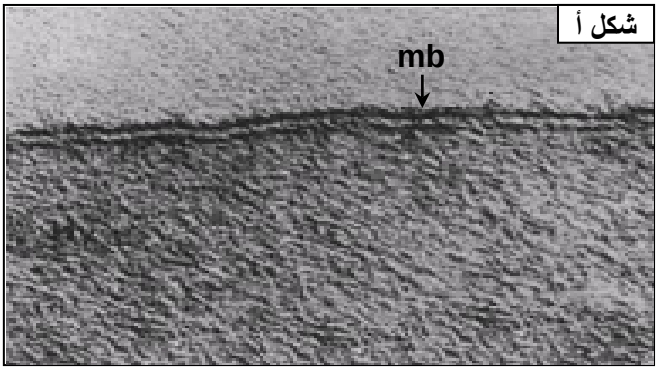
ب – بنية الغشاء السيتوبلازمي: أنظر الوثيقة 14

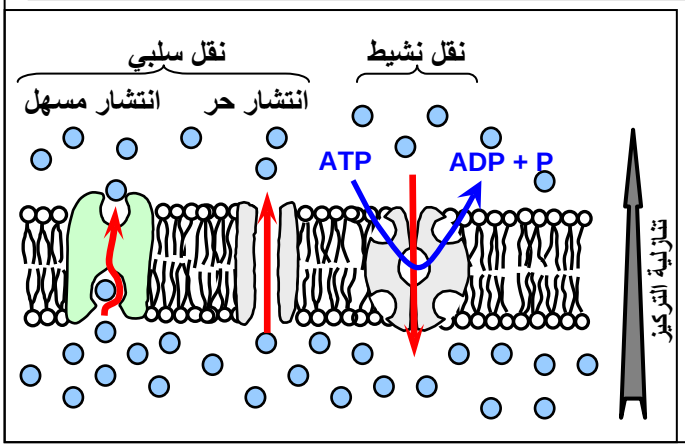
الوثيقة 14: بنية وفوق بنية الغشاء السيتوبلازمي: La Membrane cytoplasmique

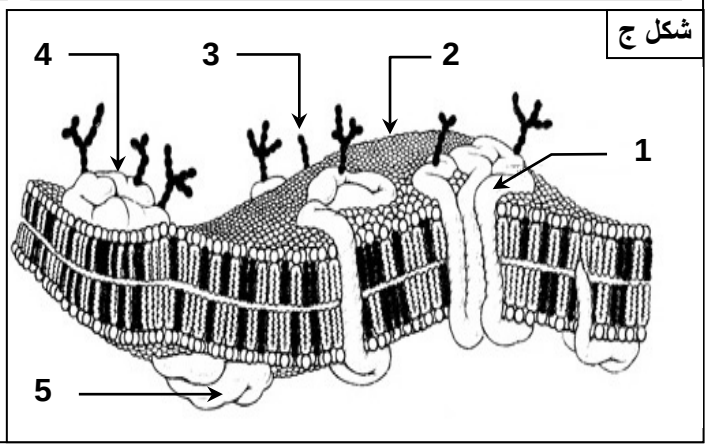
★ يعطي الشكل أ من الوثيقة ملاحظة جزئية بالمجهر الإلكتروني للغشاء السيتوبلازمي بتكبير جد قوي (x 300000) وباستعمال مثبت Tétroxyde d'osmium.
★ يعطي الشكل ب نموذج لبنية الغشاء السيتوبلازمي حسب تصور Davson و Danielli.
★ يعطي الشكل ج نموذج لبنية الغشاء السيتوبلازمي حسب تصور Singer و Nicolson.
★ يعطي الشكل د نموذج تفسيري لآليات التبادل في مستوى الغشاء السيتوبلازمي.

1) ماذا تستخلص من ملاحظة الشكل أ من الوثيقة؟
2) بعد إعطاء التسميات المقابلة للعناصر المرقمة في الشكل أ وج، قارن بين نموذج Davson و Danielli ونموذج Singer و Nicolson محددا المميزات التي تجعل من نموذج الفسيفساء السائلة بنية ملائمة للتبادلات الخلوية.
3) اعتمادا على الشكل د من الوثيقة بين كيف يسمح الغشاء السيتوبلازمي بعبور الماء والأملاح المعدنية؟









1) تظهر الملاحظة بالمجهر الالكتروني أن الغشاء السيتوبلازمي يتكون من طبقتين داكنتين مفصولتين بطبقة فاتحة.
2) الأسماء المناسبة لأرقام الشكل ب من الوثيقة:

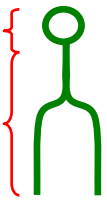
1 = بروتينات ليفية، 2 = جزيئات تيتروكسيد الأسميوم، 3 = فوسفودهنيات

الأسماء المناسبة لأرقام الشكل ج من الوثيقة:

1 = بروتين مدمج، 2 = فوسفودهنيات، 3 = كليكودهنيات،
4 = كليكوبروتينات، 5 = بروتين سطحي

تستعمل مادة رابع أكسيد الأسميوم كمثبت للتحضيرات المجهر الالكتروني، وتتراكم حسب قابلية البنيات الخلوية لهذه المادة. وبما أن أكسيد الأسميوم يثبت على الجزيئات الدهنية فان كل طبقة داكنة تتكون أساسا من جزيئات دهنية. وهي جزيئات الفوسفودهنيات:

www.datasvt.com



★ نموذج Hugh Davson وJames Danielli (1935):

إن هذا النموذج يتوافق مع الملاحظة المجهرية، إلا أنه لا يتوافق وخصائص الغشاء السيتوبلازمي إذ أن الماء لا يمكنه عبور الطبقتين الذهنيتين الكارهة للماء.

★نموذج Singer و Nicolson. (1972):

يرى هذان العالمان أن جزيئات الغشاء ليست ثابتة في وضع قار بل تتحرك بالنسبة لبعضها البعض على شكل فسيفساء سائلة Mosaïque fluide. حيث تنتظم الفوسفودهنيات على شكل طبقتين تندمج بداخلها أغلب البروتينات الغشائية.
وتتميز هذه البنية بالميوعة، مما يسمح للجزيئات بالتحرك بعضها بالنسبة لبعض.
هذا التصور يفسر مختلف الخصائص البنيوية والوظيفية للغشاء السيتوبلازمي.

3) يتكون الغشاء السيتوبلازمي من مجموعة من الجزيئات النشيطة والقادرة على انجاز تبادلات المواد على مستوى الخلية:

★ تكون بعض البروتينات قنوات مائية مؤقتة تسمح بمرور الماء والأملاح الذائبة فيه تبعا لدرجة التركيز، نتكلم عن الانتشار الحر.

★ ترتبط بعض البروتينات الناقلة ببعض الجزيئات وتعبر بها الغشاء تبعا لدرجة التركيز، نتكلم عن الانتشار المسهل.

★ تتدخل بعض البروتينات المدمجة كمضخات تحمل الجزيئات في اتجاه معاكس لدرجة التركيز مع استهلاك الطاقة على شكل ATP.

www.datasvt.com

الفصل الثاني

التبادلات الغازية اليخضورية وإنتاج المادة العضوية

مقدمة:

النباتات اليخضورية كائنات حية ذاتية التغذية، أي أنها قادرة على تركيب مادتها العضوية انطلاقا من مواد معدنية (ماء، أملاح معدنية، CO_2). يستلزم تركيب هذه المواد العضوية الضوء لذلك نتكلم عن التركيب الضوئي La photosynthèse. يصاحب التركيب الضوئي تبادلات غازية يخضورية مع المحيط الخارجي.

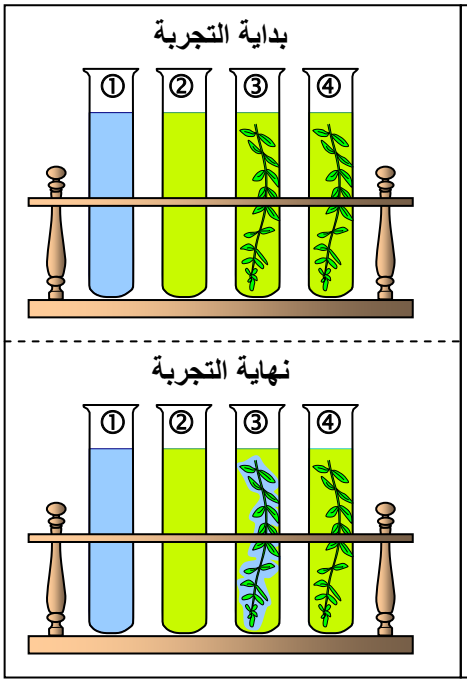
- **فكيف يتم تركيب المواد العضوية من صرف النباتات اليخضورية؟**
- **وما هي البنيات الخلوية المتدخلة في هذه العملية؟**

I – الكشف عن التبادلات الغازية عند النباتات اليخضورية

① الكشف عن امتصاص CO_2

أ – مناولة: أنظر الوثيقة 1

الوثيقة 1: الكشف عن امتصاص CO_2 من طرف نبات يخضوري.



للكشف عن امتصاص CO_2 عند النباتات اليخضورية (مثال عند نبات مائي: نبات عيلودة Elodée) نقوم بالتجارب المبينة جانبه.
نستعمل كاشف أزرق البروموتيمول الذي يتغير لونه حسب تركيز CO_2 المذاب في المحلول. يكون أزرق في وسط قليل CO_2 وأخضر مائلا إلى الصفرة في وسط غني ب CO_2.
نحضر 4 أنابيب اختبار بنفس حجم أزرق البروموتيمول المخفف، حيث نضيف إلى الأنبوب ① ماء الصنبور فقط، ونغني الأنابيب الباقية ب CO_2. نضع في الأنبوب ③ غصن عيلودة ونعرضه للضوء. ونضع في الأنبوب ④ غصن عيلودة ونضعه في الظلام.
النتائج: الأنبوب ① يبقى لون المحلول أزرق. الأنبوب ② يحافظ المحلول على لون أخضر مصفر. الأنبوب ③ يظهر اللون الأزرق حول غصن عيلودة. الأنبوب ④ يحافظ المحلول على لون أخضر مصفر.

قارن بين النتائج المحصلة في الأنبوبين ③ و④ واقترح تفسيرا لذلك.

ب – تحليل واستنتاج:

في بداية التجربة يكون الأنبوب ① أزرق لغياب CO_2، والأنابيب ② و③ و④ خضراء مصفرة لاغتناء الوسط ب CO_2.
في نهاية التجربة لا يتغير تلون الأنبوبين ① و② لعدم تغير ظروف الوسط. ويتغير لون الأنبوب ③ من الأخضر المصفر إلى الأزرق، الشيء الذي يدل على افتقار الوسط ل CO_2 ، ويفسر بامتصاصه من طرف النبتة. أما الوسط ④ فلا يتغير تلوينه ويفسر ذلك بعدم امتصاص CO_2 من طرف النبتة.
نستنتج من هذا أن النباتات اليخضورية في الضوء تمتص ثنائي أكسيد الكربون (CO_2).

② الكشف عن طرح O_2

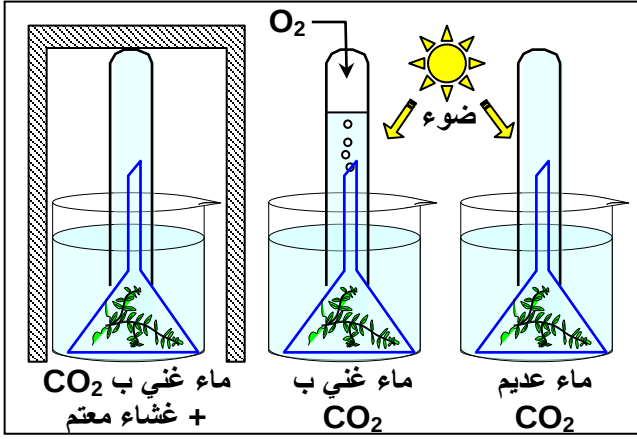
أ – مناولة: أنظر الوثيقة 2

www.datasvt.com

الوثيقة 2: الكشف عن طرح O_2 من طرف نبات يخضوري.

للكشف عن طرح O_2 من طرف نبات يخضوري (نبات عيلودة Elodée) نقوم بالتجارب المبينة جانبه.
في بداية التجربة يكون الأنبوب المقلوب ممتلئا بالماء. وبعد ساعة في وسط مضاء وغني ب CO_2 يظهر غاز يوهج عود ثقاب في طور الانطفاء. (للتأكد من طبيعة الغاز المحرر (O_2) يعتمد على اختبار تأجج شعلة عود الثقاب)

ماذا يمكنك استنتاجه من نتائج هذه التجربة؟



ب – تحليل واستنتاج:

نلاحظ أن النبتة في الإضاءة وبوجود CO_2 تطرح غازا يؤدي إلى تأجج عود الثقاب، فطبيعة هذا الغاز إذن هو الأكسجين O_2. نستنتج من هذا أن الضوء وCO_2 ضروريان لطرح O_2 من طرف النباتات الخضراء.

③ خلاصة:

بوجود الضوء وتوفر CO_2 واليخضور تقوم النباتات بتبادلات غازية تتمثل في طرح O_2 وامتصاص CO_2، تسمى الظاهرة المسؤولة عن هذه التبادلات الغازية اليخضورية بالتركيب الضوئي. أما في الظلام فتقوم النباتات اليخضورية بظاهرة التنفس حيث تستهلك O_2 وتطرح CO_2.
ملحوظة: بوجود الضوء تقوم النباتات بالظاهرتين معا التنفس والتركيب الضوئي، إلا أن ظاهرة التركيب الضوئي هي التي تسود.

II – العوامل التي تؤثر على شدة التبادلات الغازية اليخضورية

تتأثر التبادلات الغازية اليخضورية بعوامل داخلية متعلقة بالنبتة نفسها، وبعوامل خارجية مرتبطة بالوسط الذي تعيش فيه.
ومن أهم هذه العوامل الخارجية نجد: نسبة CO_2 وشدة الإضاءة ودرجة الحرارة.

① تعريف شدة التبادلات الغازية اليخضورية

تقاس شدة التبادلات الغازية اليخضورية بحجم الأكسجين المطروح أو ثنائي أكسيد الكربون الممتص خلال وحدة زمنية معينة (دقيقة) وحسب وحدة وزن النبات (كيلوغرام) أو المساحة الورقية (m^2).

نعبر عن شدة التبادلات ب IP: $IP = P(O_2 \text{ ou } CO_2) / min / kg \text{ (ou } / m^2)$

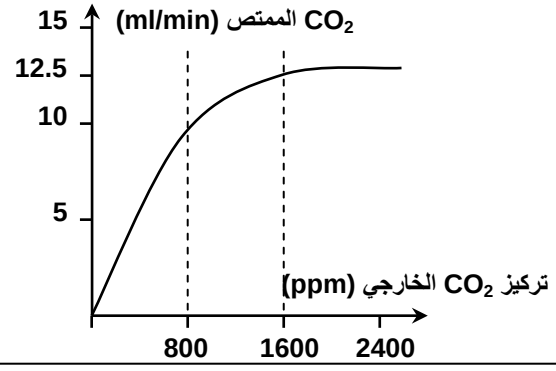
ملحوظة: يمكن معاينة حجم الأكسجين المطروح بعد عدد الفقاعات المطروحة، لكن هذا الحجم لا يمثل الحجم الحقيقي للأكسجين المطروح، لهذا يجب الأخذ بعين الاعتبار حجم O_2 المستهلك أثناء عملية التنفس.

② تأثير تركيز CO_2: أنظر الوثيقة 3

الوثيقة 3: تأثير تركيز CO_2 الخارجي :

مكن تتبع امتصاص CO_2 عند نباتات يخضورية في أوساط تحتوي على CO_2 بتراكيز مختلفة من الحصول على المنحنى الممثل في الوثيقة أمامه.

1) حلل هذا المنحنى.
2) كيف يمكنك تفسير هذه النتائج؟



www.datasvt.com

1) تحليل المنحنى: يمكن أن نقسم المنحنى إلى ثلاثة مجالات:
★ في التراكيز المنخفضة لـ CO_2 الخارجي (أقل من 800ppm)، نلاحظ أن كمية CO_2 الممتص من طرف النبتة ترتفع بشكل كبير مع ارتفاع CO_2 الخارجي.
★ في التراكيز المتوسطة لـ CO_2 الخارجي (بين 800 ppm و 1600ppm) نلاحظ أن كمية CO_2 الممتص من طرف النبتة ترتفع بشكل طفيف مع ارتفاع تركيز CO_2 الخارجي.
★ في التراكيز المرتفعة لـ CO_2 الخارجي (أكبر من 1600ppm) نلاحظ استقرار في كمية CO_2 الممتص من طرف النبتة رغم استمرار ارتفاع تركيز CO_2 في الوسط الخارجي.

2) تأويل النتائج:
★ عندما يكون تركيز CO_2 دون 1600ppm، فإن قدرة النبتة على امتصاص CO_2 تفوق هذا التركيز الخارجي لـ CO_2 ومن تم فإن كمية CO_2 الممتص تزداد كلما ارتفع تركيز CO_2 الخارجي.
★ عندما يصل تركيز CO_2 الخارجي إلى القيمة 1600 ppm، تصل قدرة النبتة على امتصاص CO_2 قيمتها القصوى التي تسمى نقطة التشبع، بحيث تبقى مستقرة رغم استمرار ارتفاع تركيز CO_2 الخارجي.

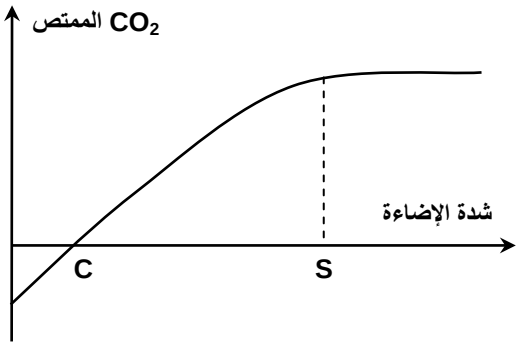
خلاصة:
يتوفر الهواء الأرضي على نسبة من CO_2 لا تتعدى 0,03 % (أي 300 ppm) وهذا التركيز لا يمكن النباتات من بلوغ نقطة التشبع وبالتالي لا يمكنها بلوغ مردوديتها القصوى Rendement maximal. يعتبر CO_2 إذن عاملا محددا Facteur limitant طبيعيا يحد من مردودية النباتات. إذن يمكن رفع مردودية النباتات برفع نسبة تركيز CO_2 في الهواء المحيط بها، وذلك باستعمال الغبار مثلا الذي يتخمر ويطرح CO_2 في البيوت المغطاة.

③ تأثير شدة الإضاءة: أنظر الوثيقة 4

الوثيقة 4: تأثير شدة الإضاءة:

نعرض نباتات يخضورية لإضاءة ذات شدة تصاعدية مع توفير كمية كافية من CO_2 وحرارة مناسبة. ونسجل في كل شدة إضاءة حجم CO_2 الممتص. يبين المبيان أمامه النتائج المحصل عليها.

1) حلل هذه النتائج.
2) ماذا تستنتج؟



1) تحليل النتائج: يمكن تقسيم المنحنى إلى ثلاث مجالات:
★ عندما تكون شدة الإضاءة أصغر من القيمة C نلاحظ أن قيم CO_2 الممتص سالبة أي أن النبتة لا تمتص CO_2 بل تطرحه في الوسط الخارجي (تنفس). وعندما تصل شدة الإضاءة إلى القيمة C يتساوى حجم CO_2 المطروح مع حجم CO_2 الممتص. تسمى القيمة C نقطة التكافؤ Point de compensation.
★ عندما تكون شدة الإضاءة محصورة بين القيمتين C وS، نلاحظ ارتفاعا في حجم CO_2 الممتص (التركيب الضوئي) إلى أن يصل إلى قيمته القصوى أي قيمة التشبع (S).
★ عندما تصبح شدة الإضاءة أكبر من القيمة S نلاحظ استقرارا في حجم CO_2 الممتص رغم استمرار ارتفاع شدة الإضاءة.

2) استنتاج:
تعتبر شدة الإضاءة من العوامل الرئيسية التي تؤثر في التبادلات الغازية، وبالتالي في تغذية ونمو النباتات اليخضورية. في الظروف الطبيعية تختلف شدة الإضاءة على سطح الأرض حسب المناطق وحسب الفصول، الشيء الذي يؤثر في التوزيع الجغرافي والزمني للنباتات. فقيمة C وS تختلف من نبات لآخر، إذ يمكن تمييز صنفين رئيسيين من النباتات حسب تأثرها بشدة الإضاءة:

★ نباتات الظل Sciaphytes التي تبلغ تبادلاتها الغازية قيمتها المثلى في شدة إضاءة خفيفة.
★ نباتات الشمس Héliophytes التي تحتاج إلى شدة إضاءة مرتفعة لكي تبلغ تبادلاتها الغازية قيمتها المثلى.

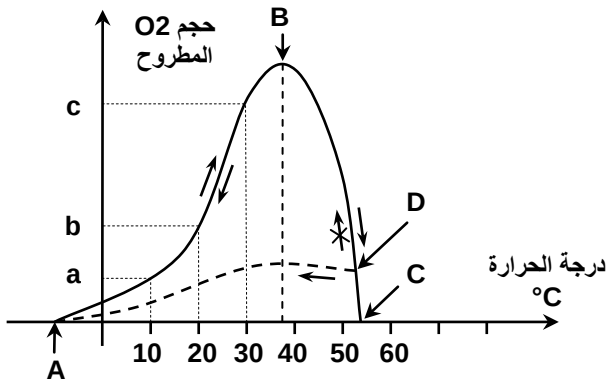
www.datasvt.com

④ تأثير درجة الحرارة: أنظر الوثيقة 5

الوثيقة 5: تأثير درجة الحرارة:

للكشف عن تأثير درجة الحرارة على التبادلات الغازية اليخضورية عند نبات الصنوبر نقوم بتغيير هذا العامل مع الإبقاء على العوامل الأخرى في قيم ثابتة. موازاة مع هذا التغيير نقوم بقياس نسبة O_2 المطروح من طرف النبتة.
ويمثل المبيان أمامه النتائج المحصل عليها.

1) حلل المنحنى.
2) ماذا تستنتج؟



1) تحليل النتائج: يمكن تقسيم المنحنى إلى مجالين:

★ نلاحظ أن طرح O_2 يبدأ من 10°C- وهي الحرارة الدنيا (A)، ويبلغ أقصاه في درجة حرارة 37°C وهي الحرارة المثلى (B).
★ عندما تفوق درجة الحرارة 37°C نلاحظ أن حجم O_2 المطروح من طرف النبتة يبدأ في الانخفاض إلى أن نصل إلى درجة الحرارة القصوى (C).

2) استنتاج:

تمثل درجة الحرارة أهم العوامل الطبيعية التي تتحكم في توزيع النباتات وذلك من خلال تأثيرها على التبادلات الغازية.

⑤ خلاصة:

إن شدة الإضاءة ونسبة CO2 ودرجة الحرارة عوامل تؤثر على شدة التبادلات اليخضورية حسب قانون الحد الأدنى الذي مفاده أن العمل الأقل تواجدا يحد من أهمية هذه الظاهرة، ويكون عاملا محددا.
فما هي البنيات المسؤولة عن التبادلات الغازية اليخضورية عند النبلتات؟

III – البنيات المسؤولة عن التبادلات الغازية اليخضورية

① ملاحظة مجهرية لورقة خضراء أنظر الوثيقة 6

الوثيقة 6: البنيات المسؤولة عن التبادلات الغازية.

★ يتميز كلورور الكوبالت chlorure de cobalt بتغير لونه من الأزرق في وسط جاف إلى اللون الوردي في وسط رطب.

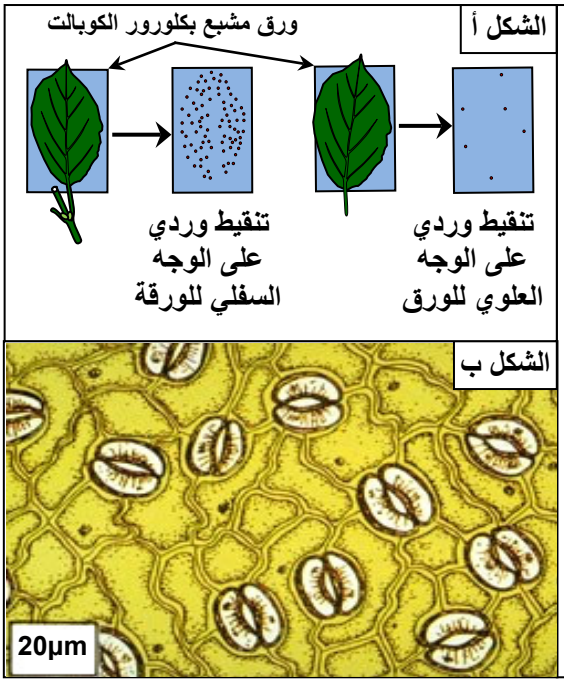
- نأخذ قطعتين من ورق مشبع بكلورور الكوبالت (أزرق).
- نضع القطعة الأولى فوق الجهة السفلى من ورقة نبات يخضوري ونضع القطعة الأخرى فوق الجهة العليا لنفس الورقة (تبقى الورقة مرتبطة بالنبات).
- بعد مدة نزيل القطعتين ثم نلاحظ حالة ورق كلورور الكوبالت.

يبين الشكل أ من الوثيقة النتائج المحصل عليها في نهاية التجربة.

1) ماذا تستنتج من تحليلك لنتائج التجربة؟

★ نأخذ ورقة من نبات يخضوري، ثم نزيل قطعة صغيرة من بشرة الوجه السفلي ونلاحظ هذه القطعة بالمجهر الضوئي.
يعطي الشكل أ ملاحظة مجهرية للوجه السفلي للورقة.

2) أنجز المناولة المقترحة ولاحظ بالمجهر الضوئي.
3) قارن بين ملاحظتك والنتائج المبينة على الشكل ب ثم استنتج.



www.datasvt.com

★ يعطي الجدول أسفله عدد الثغور في mm^2 في أوراق بعض النباتات اليخضورية.

أنواع النباتات		لوبيا	عباد الشمس	ذرة	قمح	بلوط	زان	زيزفون
عدد الثغور	الوجه العلوي	40	175	52	33	0	0	0
	الوجه السفلي	281	325	68	14	346	100	60

4) قارن بين معطيات الجدول واستنتج.

1) نلاحظ أن البقع الوردية تظهر بنسبة كبيرة من جهة السطح السفلي للورقة اليخضورية. هذا يدل على أن الأوراق اليخضورية تطرح بخار الماء عبر سطحها السفلي. وتسمى هذه الظاهرة بعملية النتح La transpiration.

2) تظهر الملاحظة المجهرية لبشرة الوجه السفلي لأوراق النباتات اليخضورية أنها تحتوي على عدة ثقوب (مسام) منتشرة بين خلايا البشرة تسمى الثغور stomates.

3) نستنتج من هذه الملاحظات أن التبادلات الغازية عند النباتات اليخضورية تتم عبر الثغور.

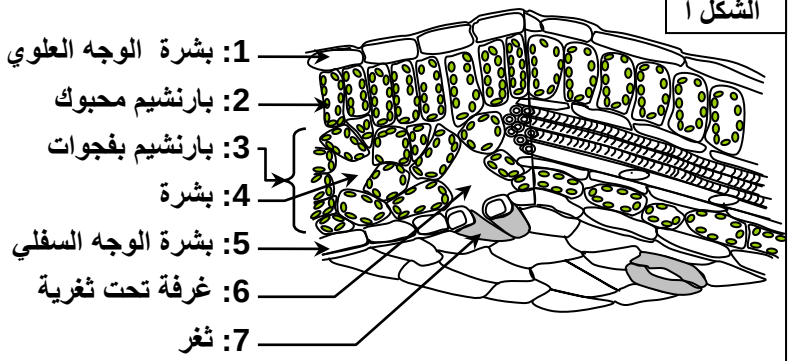
4) يختلف عدد الثغور حسب وجه الورقة من جهة وحسب نوعية النبات. فإذا كانت الورقة أفقية يكون الوجه العلوي معرضا أكثر للضوء، ولكي لا تفقد النبتة الماء تتجمع الثغور في الوجه السفلي الأقل إضاءة. أما إذا كانت الورقة عمودية يكون الوجهان معرضان لنفس الإضاءة فيكون عدد الثغور متساوي بين الوجهين.
بالنسبة للنباتات المائية لا توجد بها ثغور إلا تلك التي تطفو فوق سطح الماء حيث تظهر ثغورا في الوجه العلوي للورقة فقط.

② بنية الثغور أنظر الوثيقة 7

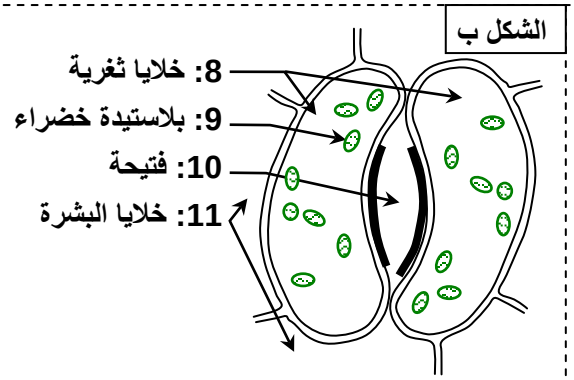
الوثيقة 7: بنية الثغور. يعطي الشكل أ من الوثيقة نموذج تفسيري لمقطع من ورقة نبات يخضوري. والشكل ب رسم تخطيطي لثغر ملاحظ على وجه الورقة.

بعد إعطاء الأسماء المناسبة لأرقام الوثيقة، استخرج من هذه الوثيقة ما يبين أن الثغور بنيات مكيفة مع التبادلات الغازية اليخضورية، علما أن الأوراق اليخضورية تكون مكسوة بطبقة رقيقة من المواد الدهنية تسمى قشيرة Cuticule، تتميز بنفاذية ضعيفة للماء والغازات.

الشكل أ



الشكل ب



يتبين من معطيات هذه الوثيقة أن الثغور تتشكل من العناصر التالية:

- خليتان ثغريتان Cellules Stomatiques تفصل بينهما فتيحة ostiole. تتوفر الخليتان على بلاستيدات خضراء.
- غرفة تحثغرية chambre sous stomatique وهي عبارة عن حيز يوجد مباشرة تحت الخليتين الثغريتين من الجهة الداخلية للورقة و يتصل بالوسط الخارجي عبر الفتيحة.

بما أن بشرة الأوراق اليخضورية تكون مكسوة بالقشيرة Cuticule، فتبادل الغازات (CO_2 و O_2 وبخار الماء) يتم أساسا عبر الثغور.

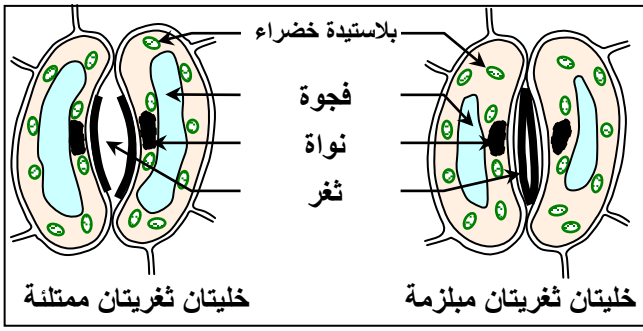
www.datasvt.com

③ آلية انفتاح وانغلاق الثغور أنظر الوثيقة 8

الوثيقة 8: آلية انفتاح الثغور وانغلاقها:

الشكل أ: حالة الخليتين الثغريتين عندما يكون الثغر منغلق.
الشكل ب: حالة الخليتين الثغريتين عندما يكون الثغر منفتح.

انطلاقا من مقارنتك لحالة الخلايا في الشكلين أ وب، أعط تفسيرا لآلية انفتاح وانغلاق الثغور عند النباتات الخضراء.



يلاحظ أن شكل الفتيحة يتغير حسب حالة الخلايا الثغرية، أي أن انفتاح وانغلاق الثغور مرتبط بتغيير الضغط التنافذي داخل هذه الخلايا، وهكذا:

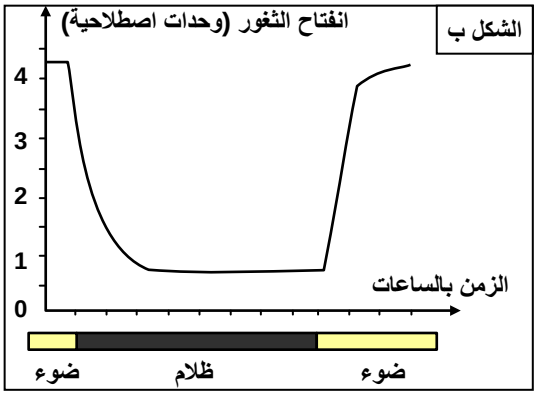
★ عندما تكون الخليتان الثغريتان ممتلئتان أي عندما يكون ضغطهما التنافذي مرتفعا بالمقارنة مع الضغط التنافذي لخلايا البشرة المجاورة، يتقعر الجدار الداخلي للخلايا الثغرية (المواجه للفتيحة) فينفتح الثغر.

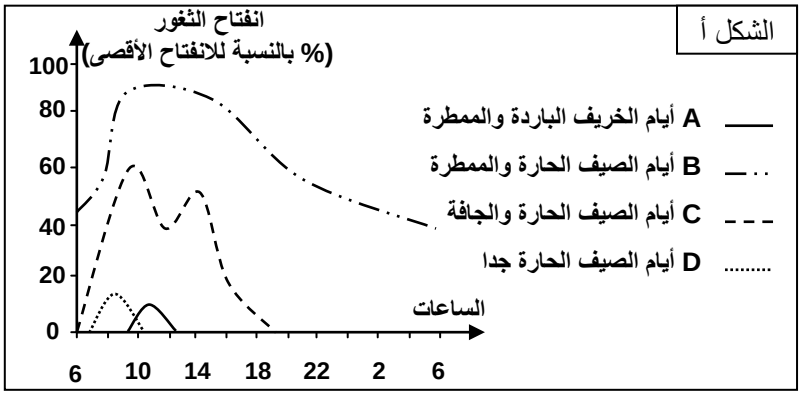
★ عندما تكون الخليتان الثغريتان مبلزمتان أي عندما يكون ضغطهما التنافذي منخفضا بالمقارنة مع الضغط التنافذي لخلايا البشرة المجاورة، يتقلص الجدار الداخلي للخلايا الثغرية فينغلق الثغر.

④ العوامل المؤثرة في انفتاح وانغلاق الثغور أنظر الوثيقة 9

الوثيقة 9: العوامل التي تؤثر على انفتاح الثغور وانغلاقها:

مكن تتبع انفتاح الثغور عند نباتات يخضورية في ظروف مختلفة من الحصول على النتائج المبينة على أشكال الوثيقة:
★ يبين الشكل أ تأثير كل من درجة الحرارة والرطوبة على انفتاح الثغور.
★ يبين الشكل ب تأثير الضوء والظلام على انفتاح الثغور.





1) ماذا تستنتج من مقارنتك للمنحنيين B وC الشكل أ ؟
2) ماذا تستنتج من مقارنتك للمنحنيين A وD الشكل أ ؟
3) ماذا تستنتج من تحليل منحنى الشكل ب من الوثيقة ؟

1) في نفس الظروف من الإضاءة ودرجة الحرارة، تنفتح الثغور أكثر إذا ارتفعت حرارة ورطوبة الجو (B)، بينما تنخفض نسبة انفتاح الثغور إذا كان الجو حارا وجافا (C). نستنتج من ذلك أن النبتة في حالة الجفاف تغلق الثغور حتى لا تفقد كمية كبيرة من الماء أثناء عملية النتح.

2) تظهر مقارنة المنحنيين A و D أن انفتاح الثغور يتم لفترات وجيزة في بعض الظروف:

★ في الساعات الأولى من الصباح خلال أيام الصيف الشديدة الجفاف ،(D) أي عندما تسود حرارة ورطوبة ملائمتين.

★ في منتصف النهار خلال أيام الخريف الباردة والممطرة (A)، أي عندما تكون شدة الإضاءة ودرجة الحرارة ملائمتين.

www.datasvt.com

3) نلاحظ أن الثغور تنغلق في فترات الظلام وتنفتح في الضوء، وأن هذا الانفتاح يتم بسرعة كبيرة عندما نمر من مرحلة إلى أخرى. ويمكن تفسير انغلاق الثغور في الفترات المظلمة بكون النبتة تمنع دخول CO_2 لأنها لن تستفيد منه في غياب الضوء.

⑤ خلاصة:

تتم التبادلات الغازية اليخضورية على مستوى الثغور، إذ تمكن الفتيحة من اتصال الهواء الجوي بغرفة تحثغرية، الشيء الذي يسهل امتصاص CO2 وطرح O2 وبخار الماء. ومن العوامل التي تؤثر على انفتاح وانغلاق الثغور: شدة الإضاءة، درجة الحرارة، الرطوبة والجفاف. وذلك بهدف تنظيم عملية التبادل حسب الظروف الخارجية.

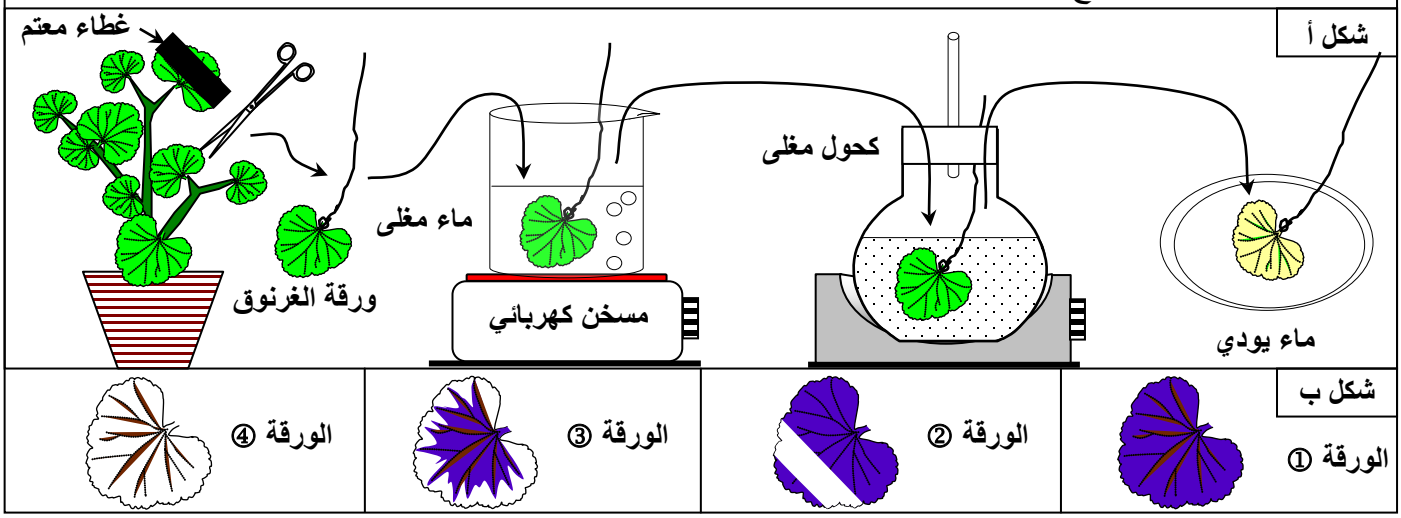
IV – إنتاج المادة العضوية من طرف النباتات اليخضورية

① شروط إنتاج النشا عند النباتات اليخضورية

أ – تجارب: أنظر الوثيقة 10

الوثيقة 10: الشروط الضرورية لإنتاج المادة العضوية: نموذج تركيب النشا:

⇦ نضع نبتات من الغرنوق **Pélargonium** في الظلام لمدة 48 ساعة ثم نهيئ أربعة أوراق على النحو التالي:
① ورقة تعرض للضوء لمدة عدة ساعات.
② ورقة تعرض للضوء لمدة ساعات بعد حجب جزء منها بواسطة شريط معتم.
③ ورقة بها مناطق ينعدم بها اليخضور وتعرض بدورها للإضاءة بنفس الطريقة.
④ ورقة تعرض للضوء وهي داخل غرفة شفافة ومغلقة حيث يعبرها هواء جرد من CO_2 بواسطة البوتاس.
⇦ نقتلع الأوراق الأربعة ونضع كل واحدة في إناء به ماء مغلى من أجل تليين الأنسجة، ثم نضعها في كحول مغلى إلى أن تفقد لونها الأخضر.
⇦ ننقل كل ورقة إلى علبة Pétri وبعد أن تبرد، نلونها بالماء اليودي الذي يكشف عن النشا، حيث يتلون بالأزرق الداكن. يبين الشكل أ من الوثيقة البروتوكول التجريبي. والشكل ب نتائج التجربة.
من خلال تحليل هذه النتائج التجريبية، حدد الشروط الضرورية لتركيب النشا.



ب – تحليل واستنتاج:

⇦ نلاحظ أن الورقة ① التي تعرضت للإضاءة لمدة ساعات تلون بأكملها بواسطة الماء اليودي. بينما في الورقة ② التي حجب جزء منها بواسطة شريط معتم، لم يلون الجزء المحجوب عن الضوء. نستنتج من الحالتين أن الضوء عنصر أساسي في تركيب النشا.

⇦ نلاحظ أن الورقة ③ التي تتوفر على مناطق ينعدم فيها اليخضور، لا تلون الأجزاء التي لا تحتوي على اليخضور. نستنتج إذن أن اليخضور عنصر أساسي في تركيب النشا.

⇦ نلاحظ أن الورقة ④ التي لا يصلها CO_2، لا تلون بأكملها. نستنتج أن CO_2 ضروري لتركيب النشا.

www.datasvt.com

نستخلص مما سبق أن النباتات اليخضورية تقوم بإنتاج مادتها العضوية على مستوى الأوراق. ويتطلب إنتاج النشا (سكر معقد) بالإضافة للماء الممتص من طرف الجذور، إلى وجود الضوء وCO_2 واليخضور.
يمكن تمثيل حصيلة التركيب الضوئي بالنسبة للنشا على النحو التالي:

$$6nCO_2 + 6nH_2O \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} (C_6H_{10}O_5)_n + 6nO_2$$

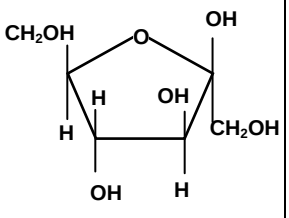
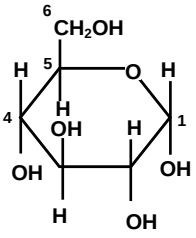
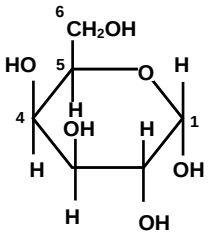
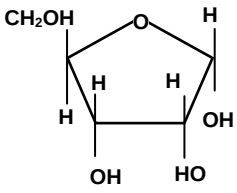
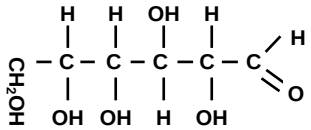
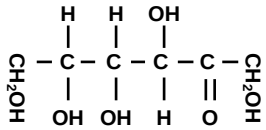
② الطبيعة الكيميائية للمواد العضوية المركبة

إن النواتج المباشرة لظاهرة التركيب الضوئي هي السكريات، غير أن خلايا النباتات اليخضورية تحول السكريات إلى مواد عضوية أخرى، وهي بالأساس البروتيدات والدهنيات.
فما هي أهم أصناف المواد العضوية المركبة وما هو تركيبها الكيميائي؟

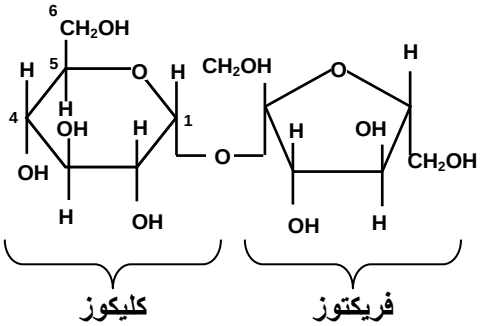
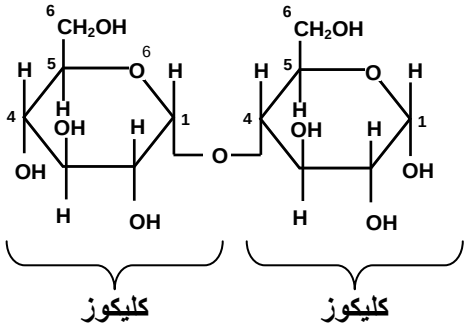
أ – السكريات: Les glucides أنظر الوثيقة 11

الوثيقة 11: التركيب الكيميائي للسكريات:

السكريات الأحادية: صيغتها الكيميائية الإجمالية: $C_n(H_2O)_n$

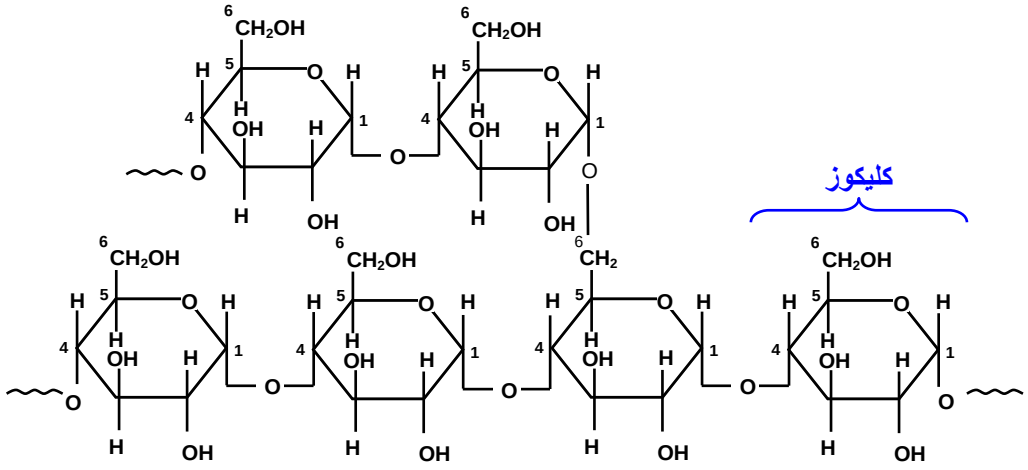
الصيغة الكيميائية المنشورة الحلقية				
سكريات أحادية	فريكتوز $C_6H_{12}O_6$	كليكوز $C_6H_{12}O_6$	كلاكتوز $C_6H_{12}O_6$	ريبوز $C_5H_{10}O_5$
الصيغة الكيميائية المنشورة الخطية	 الكليكوز		 الفريكتوز	

السكريات الثنائية: صيغتها الكيميائية الإجمالية: $C_{2n}(H_2O)_{2n-1}$

الصيغة الكيميائية المنشورة الحلقية	 كليكوز — فريكتوز	 كليكوز — كليكوز
أمثلة لسكر ثنائي	السكروز Saccharose	المالتوز Maltose
طريقة الكشف عنها	للكشف عن وجود سكر في محلول معين نضيف محلول Fehling أزرق اللون وبعد التسخين نحصل على لون أحمر أجوري يدل على وجود سكر مختزل sucre réducteur.	

www.datasvt.com

الوثيقة 11 (تابع) :

السكريات المعقدة: صيغتها الكيميائية الإجمالية: $(C_6H_{10}O_5)_n$	
	الصيغة الكيميائية المنشورة الحلقية
L'amidon النشا	مثال لعديد السكر
يتم الكشف عن وجود النشا باستعمال الماء اليودي. يتغير لون هذا الأخير من الأصفر إلى الأزرق البنفسجي في حالة وجود النشا. يمكن استعمال الماء اليودي للكشف عن الغليكوجين حيث يتغير لونه إلى اللون الأسمر في حالة وجود هذا السكر المعقد ذو الأصل الحيواني.	طريقة الكشف عنها

تعتبر السكريات أجساما ثلاثية Composés ternaires ، تتكون من ثلاثة عناصر أساسية هي الكربون C والأكسجين O، والهيدروجين H. وتملك عددا من الوظائف الهيدروكسيلية Fonctions hydroxyles (—OH) لذا نقول أنها متعددة الكحول Polyalcools، ويمكن تصنيف السكريات إلى:

a – سكريات أحادية Les oses

هي سكريات بسيطة تشكل الوحدات الجزيئية الأساسية لجميع السكريات، ونكتب صيغتها الكيميائية الإجمالية كما يلي: $C_nH_{2n}O_n$، بحيث n تتراوح بين 3 و6. وترتب حسب عدد ذرات الكربون.

b – سكريات ثنائية Les diholosides (Les disaccharides)

تتكون عن طريق ارتباط جزيئتين من السكريات الأحادية برابطة كليكوزيدية. وخلال هذا الارتباط يتم تحرير جزيئة من الماء حسب التفاعل التالي:

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$$

وعلى العكس يمكن أن يتحلل السكر الثنائي ليعطي جزيئتين من السكريات الأحادية ، هذا التفاعل يستهلك جزيئة ماء، ويسمى حلمأة Hydrolyse.

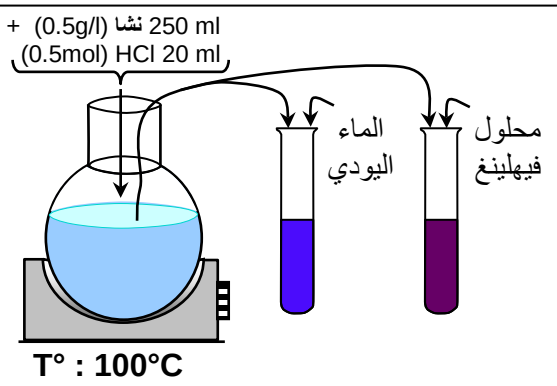
c – عديدات السكر Les polysaccharides

هي عبارة عن جزيئات جد كبيرة مكونة من سكريات أحادية على شكل سلاسل وتفرعات. فجزيئة النشا مثلا تتكون من 2000 إلى 3000 جزيئة كليكوز، نقول إذن أنه عديد الكليكوز (بوليمير الكليكوز)، تتراوح كتلته الجزيئية ما بين 100000 و1000000 .

تعطي حلمأة النشا في وسط حمضي النتائج الممثلة على الوثيقة 12:

www.datasvt.com

الوثيقة 12: تجربة حلمأة النشا في وسط حمضي:



تتم حلمأة النشا عبر مراحل متسلسلة كالآتي:
① تحضير محلول النشا وتحريكه حتى يصبح متجانسا.
② إضافة قليل من حمض الكلوريدريك HCl أو حمض الكبريتيك H_2SO_4 إلى المحلول.
③ تسخين المحلول حتى درجة الغليان.
④ أخذ عينات من مطبوخ النشا في أوقات مختلفة، لاختبار الحلمأة بالماء اليودي ومحلول فهلينغ. (نستعمل محلول فهلينغ بعد إبطال مفعول HCl بإضافة NaOH).
نتائج الاختبار مدونة على الجدول أمامه.

قم بالتجربة واستنتج التحول الذي خضع له النشا.

وقت الاقتطاع	إضافة محلول Fehling	إضافة الماء اليودي	الجسم الكشوف عنه
5mn	أزرق	أزرق بنفسجي	النشا
10mn	أزرق	بنفسجي	دكسترينات
15mn	راسب أحمر أجوري	أحمر بنفسجي	مالتوز
20mn	راسب أحمر أجوري	أصفر	كليكوز

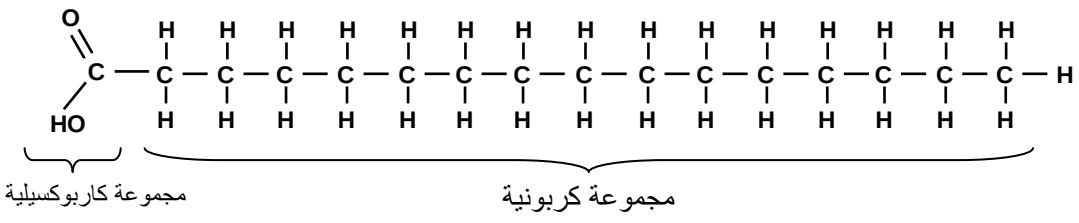
النشا من السكريات غير المختزلة، إلا أن حلمأتها تقود إلى الكليكوز، ويتركب النشا ويتعرض للحلمأة على النحو التالي:

$$n(C_6H_{12}O_6) \underset{\text{حلمأة}}{\overset{\text{تركيب}}{\rightleftarrows}} n(C_6H_{10}O_5) + n(H_2O)$$

ب – الدهنيات: Les lipides أنظر الوثيقة 13

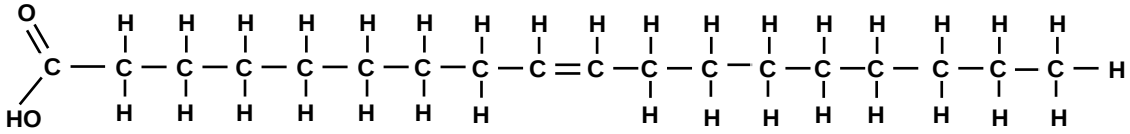
الوثيقة 13: التركيب الكيميائي للدهنيات:

المكونات الأساسية للدهون

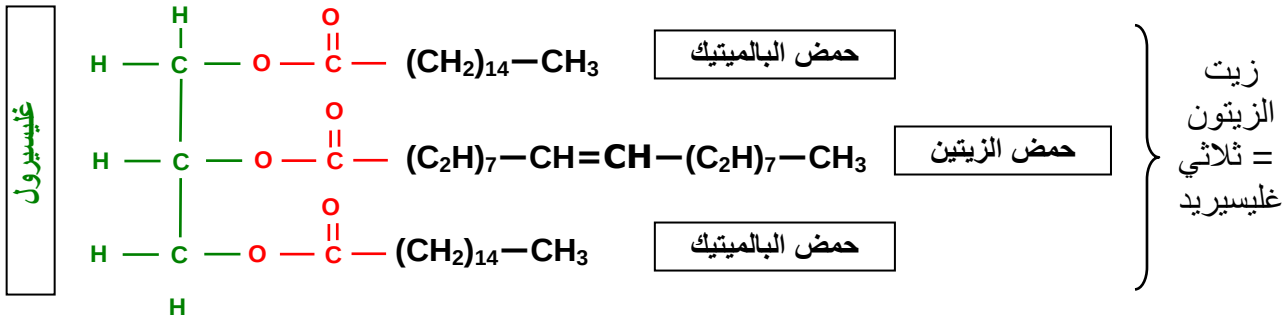


الغليسرول

الحمض البالميتي **Acide palmétique** $(C_{16}H_{32}O_2)$



الحمض الزيتي **Acide oléique** $(C_{18}H_{34}O_2)$



الكشف عن الدهنيات

بإضافة أكسيد الأسميوم osmium (OsO_4) <---------- تلون أسود
بإضافة أحمر السودانّ Rouge soudan <---------- تلون أحمر

www.datasvt.com

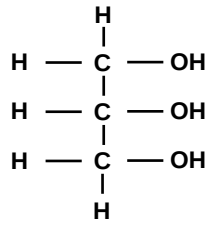
تعتبر الدهنيات أجساما ثلاثية تتكون من ثلاثة عناصر أساسية هي الكربون C والأكسجين O، والهيدروجين H. كما نجد في بعضها الفوسفور P والأزوت N والكبريت S . وتشكل عادة مدخرات الخلية.

تنتج الدهنيات عن ارتباط جزيئات كحول وجزيئتين أو ثلاث جزيئات من أحماض دهنية Acides gras.

⇦ جزيئة الكحول:

نرمز لهذه الجزيئة ب $R_1—OH$ (R_1 = شق عضوي)
غالبا ما يكون الغليسرول Glycérol هو جزيئة الكحول عند الدهنيات وهو عبارة عن جزيئة ثلاثية الكحول تكتب صيغتها المنشورة كما يلي:

الغليسرول
GLYCEROL

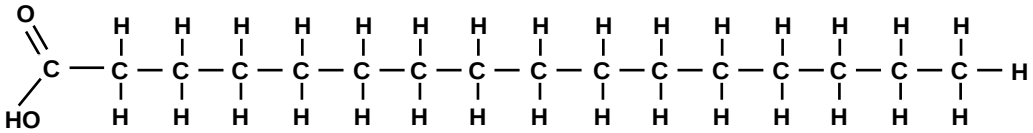


في بعض الدهون، عوض الغليسرول نجد الستيرول Stérol، وتكون كتلته الجزيئية جد ضخمة كحالة الكولسترول.

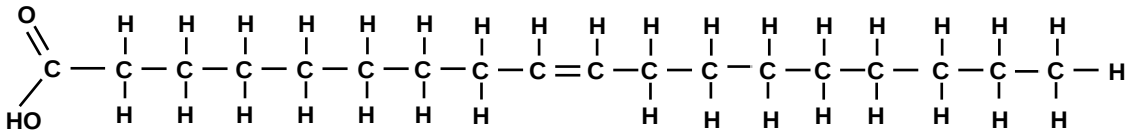
⇦ جزيئة الحمض الدهني:

يتكون كل حمض دهني من سلسلة من ذرات الكربون تنتهي بمجموعة كربوكسيلية —COOH ونرمز للحمض الدهني ب $R_2—COOH$ (R_2 = شق عضوي)، مثلا:

- الحمض البالميتي Acide palmétique ($C_{16}H_{32}O_2$).



- الحمض الزيتي Acide oléique ($C_{18}H_{34}O_2$).



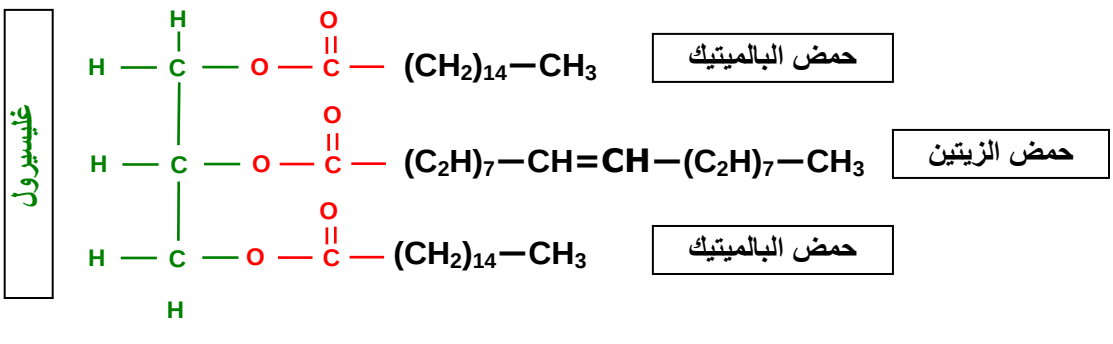
⇦ الدهن:

إن كل دهن خالص ينتج عن ترابط كحول وحمض دهني ويسمى استير ester

$$R_2—COOH + R_1—OH \longrightarrow R_1—COO—R_2 + H2O$$

حمض دهني — كحول — إستير = دهن — ماء

مثال للدهون: زيت الزيتون هو ثلاثي غليسيريد يتكون من توفيق جزيئة غليسرول وجزيئتين لحمض البالمتيك وجزيئة حمض الزيتين.



www.datasvt.com

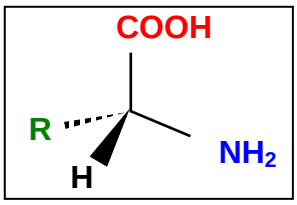
ج – البروتيدات: Les protides أنظر الوثيقة 14

تتكون البروتيدات أساسا من أربعة عناصر كيميائية هي (C , H, O, N) لذا تسمى أجساما رباعية. بعضها يحتوي S وp.

تؤدي حلمأة البروتيدات إلى ظهور مركبات عضوية تدعى أحماضا أمينية Les acides aminés، وهي والحدات الجزيئية الأساسية المكونة لجميع البروتيدات.

⇦ الأحماض الأمينية: Les acides aminés

تتكون الأحماض الأمينية من أربع وحدات محمولة على نفس الكربون:



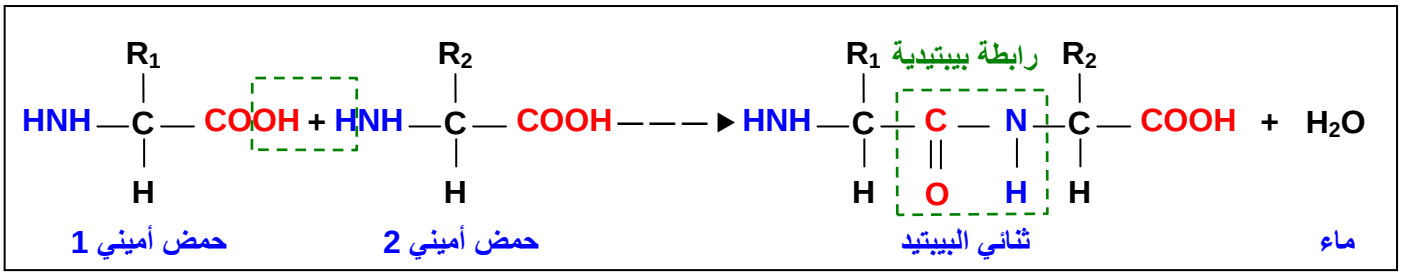
- وظيفة كربوكسيلية —COOH
- وظيفة أمينية = ازوتية = قلائية ($-NH_2$)
- R شق عضوي.
- H ذرة هيدروجين.

كلما تغير الشق العضوي R تغير معه الحمض الأميني. ولقد تبين أن عدد الأحماض الأمينية المكونة للبروتينات ينحصر في 20 حمض أميني فقط منها على سبيل المثال:

R = H ⇦ الغليسين Glycine، $R = CH_3$ ⇦ الألنين L'alaline، $R = CH_2OH$ ⇦ السيرين Sérine.

⇦ عديدات الببتيد: Les polypeptides

تتكون عديدات الببتيد من اتحاد الأحماض الأمينية. ويتم هذا بواسطة رابطة تساهمية نسميها الرابطة الببتيدية. وهي نتيجة التوفيق بين الوظيفة الكربوكسيلية —COOH للحمض الأميني الأول، والوظيفة الأمينية NH_2 للحمض الأميني الثاني. ويكتب هذا التفاعل كما يلي:

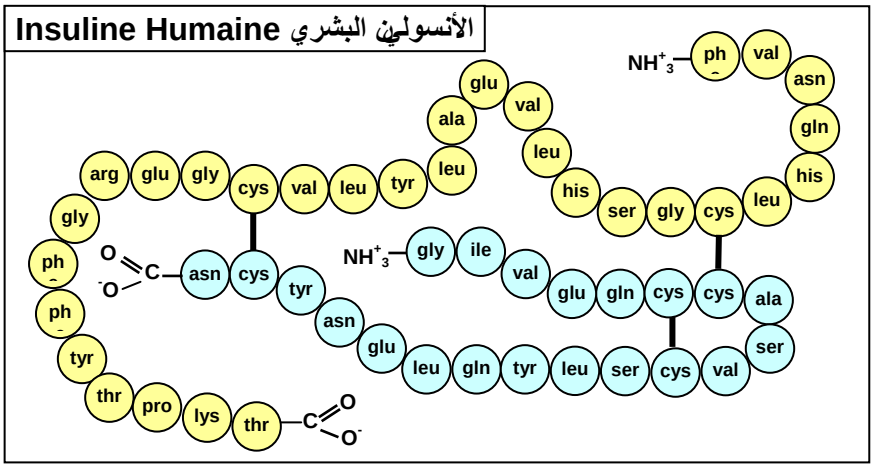


يمكن تأسيس روابط ببتيدية جديدة مع ثنائي الببتيد بما أن الوظيفة الكربوكسيلية والمجموعة الأمينية لا تزال موجودتين في جزيئة ثنائي الببتيد. وهكذا تتمدد السلسلة الببتيدية مكونة عديدات الببتيد والتي تختلف عن بعضها البعض حسب نوع الأحماض الأمينية وعددها وترتيبها داخل السلسلة.

⇦ البروتينات: Les protéines

عندما يصبح عدد الأحماض الأمينية كبيرا (يعادل أو يفوق 100 حمض أميني) يصبح عديد الببتيد بروتينا. مما يدل على أن لها كتلة جزيئية كبيرة وبنية معقدة غالبا ما تتلى على بعضها أو تتغصن، مكونة بنية جزيئية كروية.

مثال للبروتينات: الأنسولين البشري



www.datasvt.com

الفصل الثالث
إنتاج المادة العضوية وتدفق الطاقة

مقدمة:

بفضل اليخضور La chlorophylle (صبغة خضراء) تلتقط النباتات الخضراء الطاقة الشمسية (الضوء) وتوظفها في إنتاج المواد العضوية انطلاقا من الماء و CO_2 والأملاح المعدنية. وهكذا تتمكن النباتات اليخضورية من تحويل الطاقة الضوئية إلى مواد عضوية تدخر الطاقة الكيميائية.

- **فكيف تتمكن النبتة من تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية؟**
- **وما هي البنيات والجزيئات المساهمة في هذا التحول؟**
- **ما الآليات البيوكيميائية المسؤولة عن هذا التحول؟**

I – الصبغات اليخضورية ومكان تموضعها داخل الخلية Les pigments chlorophylliens

① استخلاص الصبغات اليخضورية

أ – مناولات: أنظر الوثيقة 1

الوثيقة1: استخلاص الصبغات اليخضورية.

★المناولة الأولى: استخلاص اليخضور(أنظر الشكل أ)

⇦ نقوم بتقطيع أوراق خضراء إلى أجزاء، ثم نقوم بهرسها في مهراس مع قليل من الرمل من أجل سحق الخلايا.

⇦ نضيف بكيفية تدريجية 10ml من الكحول 90° أو الأسيتون Acétone، من أجل تذويب الصبغات اليخضورية.

⇦ نقوم بترشيح محتوى المهراس باستعمال ورق الترشيح، وبذلك نحصل على محلول كحولي للصبغات اليخضورية، انه اليخضور الخام Chlorophylle brute.

★ المناولة الثانية: عزل الصبغات اليخضورية بواسطة الذوبانية الاختلافية (أنظر الشكل ب).

باعتبار أن قابلية الذوبان للصبغات اليخضورية تختلف حسب المذيبات، نقوم بالمناولة التالية:

⇦ نسكب $5cm^3$ من المحلول الأسيتوني لليخضور الخام في أنبوب اختبار، ونضيف إليه $5cm^3$ من ايثير البترول وقليلا من الماء (الأنبوب ①) فنحصل على خليطين (الأنبوب ②).

⇦ نحتفظ بالخليط الأكثر اخضرارا وهو الذي يحتوي على اثير البترول. ثم نضيف لهذا الخليط كحول الميتانول (الأنبوب ③).

★ المناولة الثالثة: عزل اليخضور بواسطة التحليل الكروماتوغرافي (أنظر الشكل ج).

⇦ نضع قطرة أو قطرتين من محلول اليخضور الخام على بعد 2 cm من أسفل سفيفة ورق Wattman.

⇦ نترك البقعة الخضراء حتى تجف، ثم نضيف إليها قطرات أخرى، ثم ننتظر حتى تجف البقعة تماما.

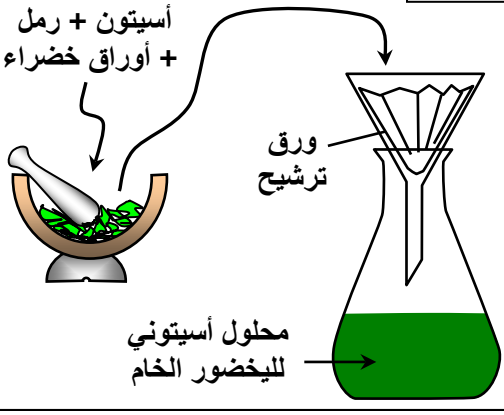
⇦ نعلق السفيفة بسدادة ونضعها داخل مخبار مدرج به خليط من المذيبات العضوية، لا يتعدى علوه 2cm. مع الحرص أن لا يغمر هذا الأخير إلا بضع مليمترات من أسفل السفيفة.

⇦ نغلق المخبار لمنع تبخر المذيبات مع الحرص على عدم لمس الورقة لجدار المخبار.

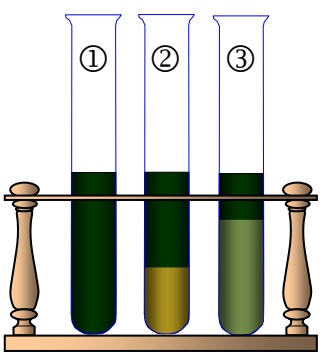
⇦ نحجب التركيب عن الضوء لمدة 40min.

1) أنجز المناولات الممثلة في الوثيقة.
2) ماذا تستخلص من تحليلك لنتائج هذه المناولات؟

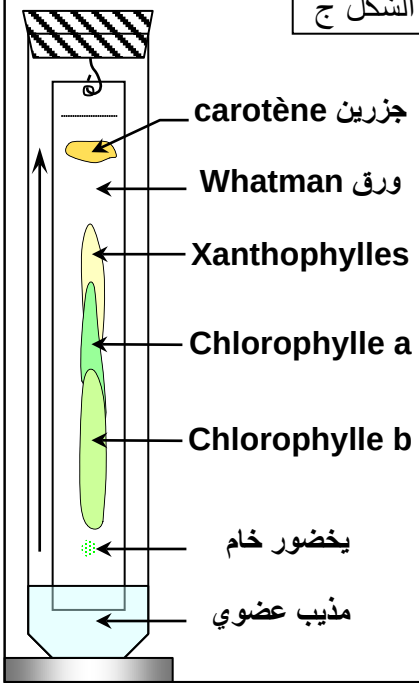
الشكل أ



الشكل ب



الشكل ج



www.datasvt.com

ب – تحليل النتائج:

1) انجاز المناولات.

2) تحليل واستنتاج:

★ المناولة الأولى:
نعتمد في هذه الحالة على خاصية ذوبانية الصبغات اليخضورية في المحاليل العضوية (الكحول والأستون.....).
● بعد استخلاص اليخضور يظهر ورق الترشيح دوائر بألوان مختلفة (خضراء، صفراء، برتقالية)، مما يبين أن اليخضور الخام يتكون من صبغات مختلفة.
● عند تسليط الضوء الأبيض على محلول اليخضور الخام نلاحظ أن الإشعاعات التي تعبر المحلول تكون ذات لون أخضر هذا يعني أن هذه الإشعاعات لا يتم امتصاصها. لكن عند ملاحظة المحلول من جهة المنبع الضوئي تظهر إشعاعات حمراء، نتكلم عن ظاهرة التفلور Fluorescence. والتي تفسر بكون جزيئات اليخضور الخام تصدر الطاقة الضوئية الممتصة على شكل إشعاعات حمراء و حرارة.

★ المناولة الثانية:
نلاحظ بعد إضافة قطرات من الماء انفصال الكحول الخفيف عن إثير البترول الثقيل و ذوبان صبغات يخضورية مختلفة في كل محلول. تسمى بالذوبانية الإختلافية للصبغات اليخضورية.
نستنتج أن اليخضور مكون من نوعين من الصبغات على الأقل: الصفراء والخضراء.

★ المناولة الثالثة:
يعطي التحليل الكروماتوغرافي أربع بقع مختلفة الألوان، وعلى مستويات مختلفة من مكان تموضع اليخضور الخام.
نستنتج أن اليخضور الخام مكون من أربع صبغات تتموضع على الورق الكروماتوغرافي حسب درجة ذوبانيتها في المحلول، وهي:
اليخضور b: ذو لون أخضر مصفر واليخضور a: ذو لون أخضر مزرق والجزرين: ذو لون برتقالي والكزانتوفيلات.

ج – خلاصة:

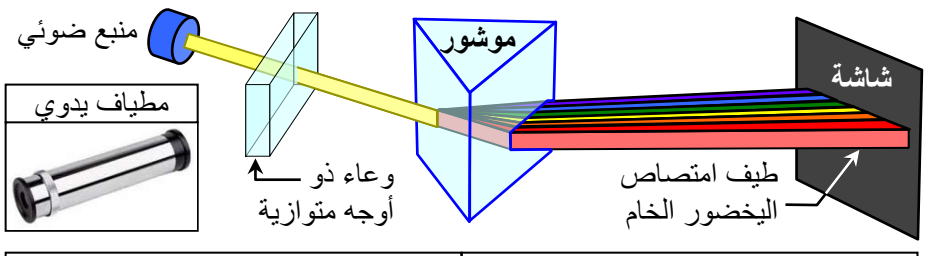
تحتوي النباتات الخضراء على عدة أنواع من الصبغات اليخضورية قادرة على امتصاص الضوء وهي:
اليخضور ذو اللون الأخضر المصفر، هو اليخضور b.
اليخضور ذو اللون الأخضر المزرق، هو اليخضور a.
الكزانتوفيلات مصفرة ذات اللون الأصفر.
الجزرين ذو اللون البرتقالي.

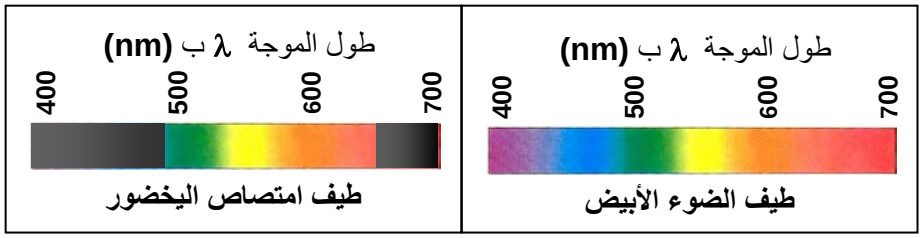
② خاصيات الصبغات اليخضورية

أ – كيف يتعامل اليخضور مع مختلف الإشعاعات؟

a – الكشف عن طيف امتصاص اليخضور الخام Le spectre d'absorption (أنظر الوثيقة 2)

الوثيقة 2: الكشف عن امتصاص الإشعاعات الضوئية من طرف الصبغات اليخضورية.





نحصل على طيف الضوء الأبيض بتعريض شعاع من الضوء الأبيض لموشور (Prisme)، واستقبال الأشعة النافذة منه على شاشة،
وللكشف عن طيف امتصاص اليخضور الخام نملأ وعاء ذا أوجه متوازية بمادة اليخضور الخام، ثم نضعه بين الموشور ومنبع الضوء، ونلاحظ النتيجة على الشاشة.
قارن بين طيف الضوء الأبيض وطيف اليخضور الخام. ماذا تستنتج؟

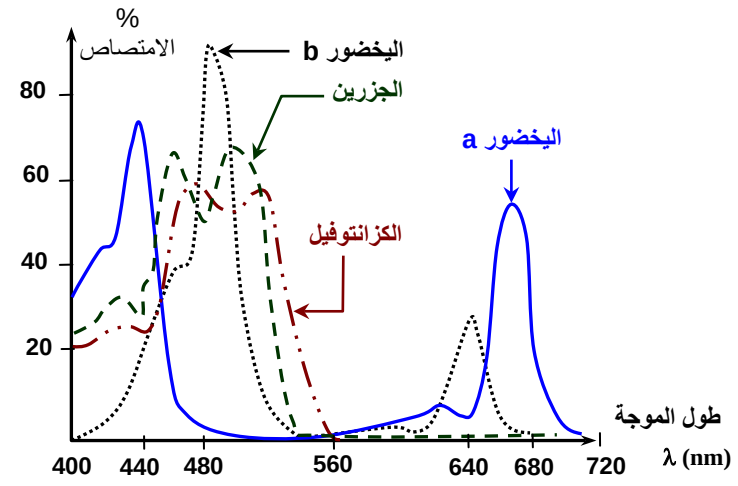
www.datasvt.com

تتمة الوثيقة 2:

أطياف امتصاص الصبغات اليخضورية

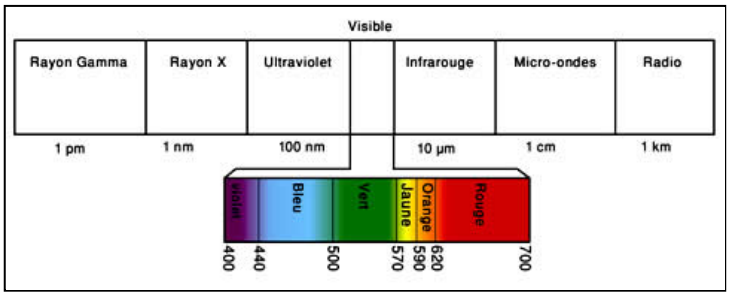
بطريقة مماثلة لطريقة قياس طيف امتصاص اليخضور الخام، نحصل على قياسات طيف امتصاص الصبغات اليخضورية بعد عزلها.
يعطي المبيان أمامه أطياف امتصاص أهم الصبغات اليخضورية.

★ ماذا تستخلص من تحليل هذه المعطيات؟



b – تحليل واستنتاج

★ يتبين من ملاحظة طيف الضوء الأبيض أن هذا الأخير يتكون من إشعاعات مختلفة يتراوح طول موجتها λ من 400nm (البنفسجي) إلى 720nm (الأحمر).



★ عندما نضع محلول اليخضور الخام بين منبع الضوء والموشور نحصل على طيف من الإشعاعات يظهر أشرطة مظلمة توافق الإشعاعات الممتصة من طرف اليخضور. نتكلم عن طيف امتصاص اليخضور الخام.

★ نستنتج من هذه المعطيات أن اليخضور الخام يمتص الإشعاعات البنفسجية، والزرقاء والحمراء. ويعكس الإشعاعات الصفراء والخضراء والبرتقالية وخاصة الخضراء مما يعطي اللون الأخضر للنباتات الخضراء.

★ تبين منحنيات شدة امتصاص الإشعاعات من طرف الصبغات اليخضورية أن مجال الموجات الممتصة يهم بالأساس اللونين الأزرق والأحمر والأقل امتصاصا يهم اللون الأخضر.
نستنتج إذن أن الصبغات اليخضورية المكونة لليخضور لا تمتص كل الإشعاعات المكونة للضوء الأبيض. فهل فعالية التركيب الضوئي تختلف حسب نوعية الإشعاعات الممتصة من طرف اليخضور؟

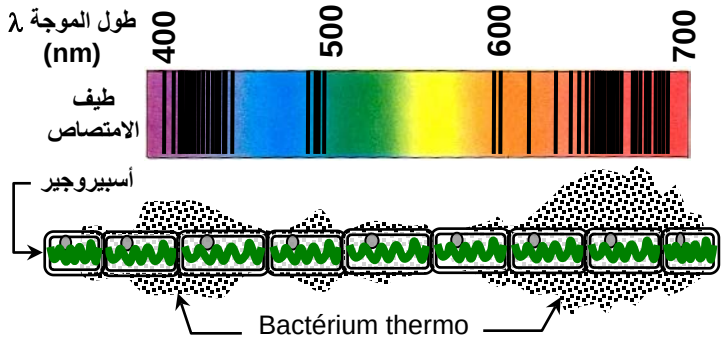
ب – فعالية الإشعاعات الممتصة

a – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 3

الوثيقة 3: فعالية الإشعاعات الممتصة

★ التجربة الأولى: تجربة Engelmann 1885:
لمعرفة تأثير مختلف الإشعاعات الضوئية الممتصة على شدة التركيب الضوئي. قام Engelmann بوضع طحلب الأسبيروجير في وسط يحتوي على عالق من بكتيريا Bactérium thermo التي تتميز بالانجذاب الكيميائي ل O_2. يبين الشكل أمامه نتائج هذه التجربة.

1) قارن بين النتائج التجريبية المحصلة واقترح تفسيرا لذلك.

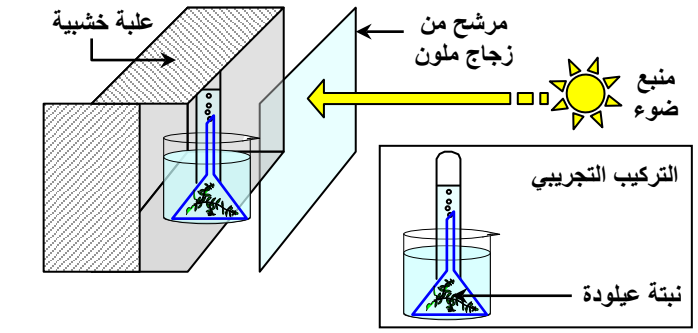


www.datasvt.com

الوثيقة 3 (تابع): فعالية الإشعاعات الممتصة

★ التجربة الثانية: نضع التركيب التجريبي داخل علبة خشبية، ثم نعرض الوجه المفتوح من العلبة لمنبع ضوئي بعد حجب الضوء بأحد المرشحات الزجاجية الملونة (الأحمر، الأصفر، الأخضر، الأزرق والبنفسجي).
نقوم بقياس حجم O_2 المطروح خلال استعمال كل مرشح وذلك خلال نفس المدة الزمنية.
نحصل على النتائج الممثلة أمامه.

2) ماذا تستنتج من نتائج هذه التجربة؟



لون المرشح	بنفسجي	أزرق	أخضر	أصفر	أحمر
عدد فقاعات O_2 في الدقيقة	8	6	0	3	12

b – تحليل واستنتاج

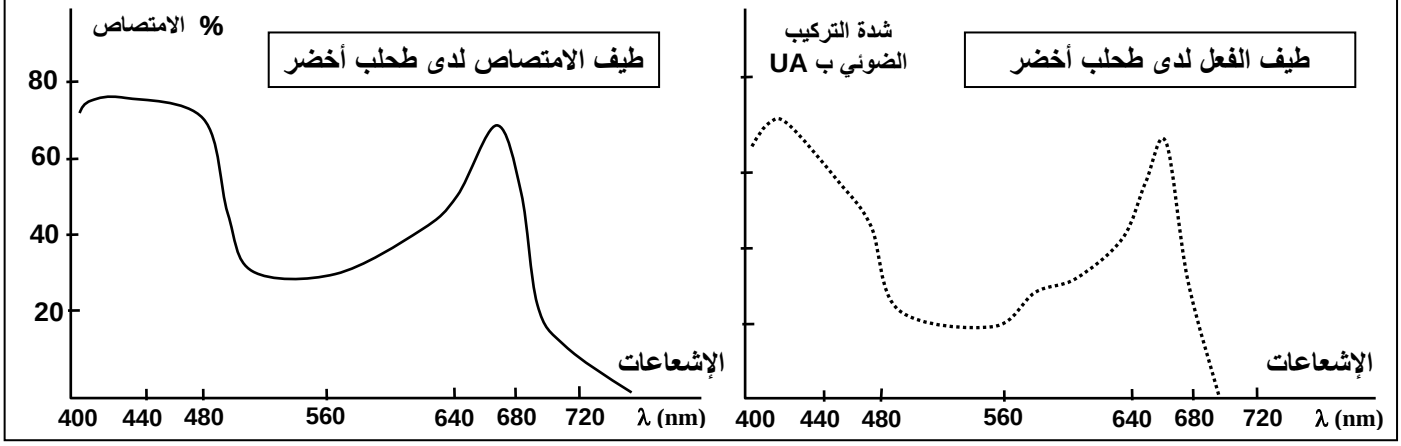
1) خلال التجربة الأولى نلاحظ تجمعا كثيفا للمستعمرات البكتيرية حول الطحلب مقابل الإشعاعات الزرقاء والحمراء، في حين تنفر البكتيريا من الإشعاعات الخضراء.
نستنتج من هذا أن المناطق التي تجمعت فيها البكتيريا غنية بالأكسجين نظرا لوجود أشعة تنشط ظاهرة التركيب الضوئي.

2) خلال التجربة الثانية نلاحظ تحرير كمية كبيرة من الأكسجين في الأنبوب عند استعمال المرشح الأحمر والبنفسجي، وكمية متوسطة عند استعمال المرشح الأزرق، وكمية ضعيفة عند استعمال المرشح الأصفر. في حين ينعدم تحرير O_2 عند استعمال المرشح الأخضر.
نستنتج أن الإشعاعات الضوئية لا تتوفر على نفس الفعالية في عملية التركيب الضوئي. ويطلق على فعالية مختلف الإشعاعات الممتصة اسم طيف الفعل Spectre d'action.

ج – طيف الامتصاص وطيف الفعل أنظر الوثيقة 4

الوثيقة 4: طيف الفعل لدى طحلب أخضر

نقيس شدة التركيب الضوئي (طيف الفعل) وكمية الضوء الممتص على مستوى اليخضور (طيف الامتصاص).
ونمثل على نفس المبيان تغيرات شدة التركيب الضوئي ونسبة الامتصاص حسب طول الموجات الضوئية.
قارن بين طيف الامتصاص وطيف الفعل. ماذا تستنتج من ذلك؟



نلاحظ أن هناك تطابق بين طيف الامتصاص وطيف الفعل، وبالتالي فالإشعاعات الأكثر امتصاصا هي نفسها الأكثر فعالية في التركيب الضوئي. نستنتج من هذه المعطيات أن الطاقة الضوئية الممتصة من طرف الصبغات اليخضورية تستعمل في ظاهرة التركيب الضوئي. وكل إشعاع ممتص يكون إشعاعا فعالا.

د – خاصية التفلور لدى اليخضور La fluorescence أنظر الوثيقة 5

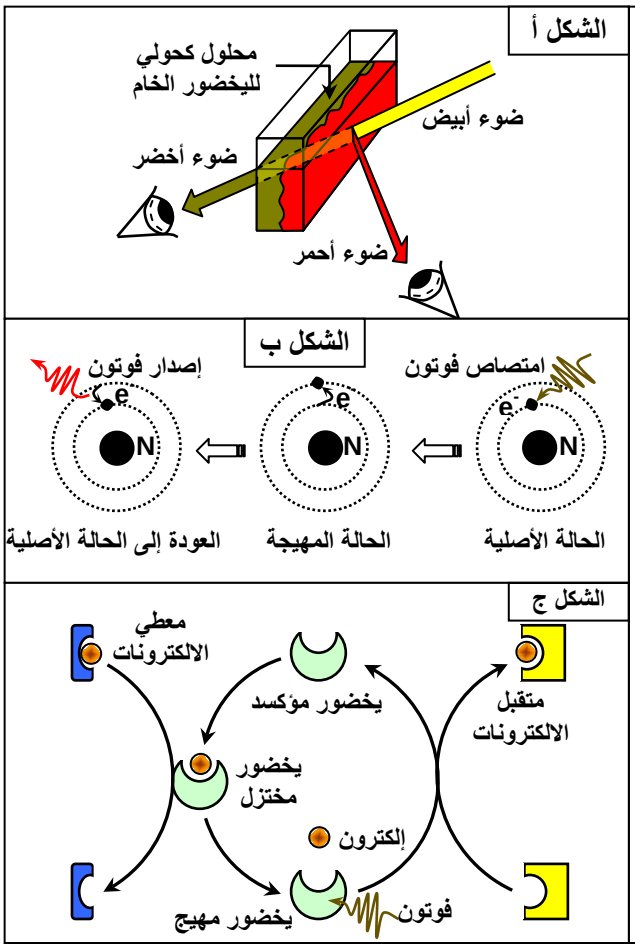
www.datasvt.com

الوثيقة 5: خاصية التفلور لدى اليخضور La fluorescence

★ عند تسليط الضوء الأبيض على محلول اليخضور الخام، تكون الإشعاعات الضوئية التي تعبر المحلول خضراء والمنعكسة حمراء. وتسمى هذه الظاهرة بالتفلور (الشكل أ). وتفسر بكون جزيئات اليخضور المعزول تستجيب للضوء بفقدان إلكترون يخرج عن مداره مبتعدا عن نواة الذرة ومكتسبا مستوى طاقيا أكبر مؤقتا. وعند رجوعه إلى مداره الأصلي يعيد الطاقة المكتسبة على شكل حرارة وتفلور (الشكل ب)

★ تنتظم جزيئات الصبغات اليخضورية على شكل مجموعة وظيفية تسمى اللاقطة المجمعة. تلتقط هذه الجزيئات الطاقة الضوئية وتوجهها إلى جزيئة واحدة من اليخضور a التي تصبح في حالة اهتياج.
عند اهتياجها تفقد جزيئة اليخضور a الكترونا لفائدة متقبل الكترونات فتكتسب قدرة مؤكسدة عالية تمكنها من انتزاع إلكترون من معطي الكترونات لتسترجع حالتها الأصلية (الشكل ج).
تسمى الوحدة الوظيفية المكونة من اللاقطة المجمعة وجزيئة اليخضور a نظاما ضوئيا.

من خلال معطيات هذه الوثيقة أبرز دور النظام الضوئي في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.



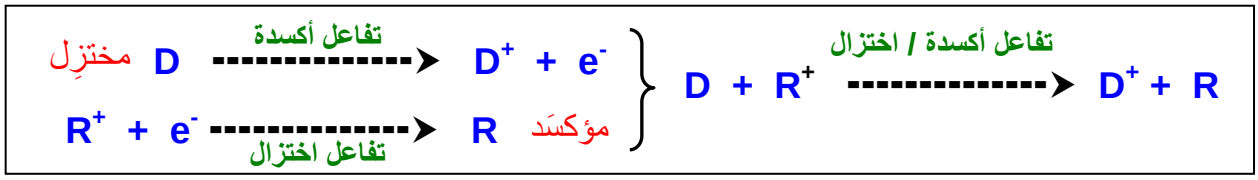
بعد امتصاصها لكمية من الطاقة الضوئية تصبح جزيئة اليخضور مهيجة، ويمن أن تعود إلى حالتها الأصلية بثلاث طرق:

★ طرح كمية من الحرارة والضوء، طول موجتها أطول من طول الموجة الممتصة وهذا ما يسمى بالتفلور.

★ نقل الطاقة إلى جزيئة أخرى، هذه الأخيرة تصبح بدورها مهيجة.

★ تنشيط نقل الالكترونات بين معط D ومستقبل R، يتميزان بجهد أكسدة - اختزال (E_0) بحيث $E_0D^+/D < E_0R^+/R$.
ويتم هذا التنشيط بواسطة اليخضور a الذي يهيج تحت تأثير فوتون فيفقد إلكترون ويكتسب قدرة مؤكسدة عالية تسمح له بانتزاع إلكترون من معط للالكترونات لتسترجع حالتها الأصلية. انه تفاعل أكسدة – اختزال باستعمال طاقة الضوء، وهكذا يحول اليخضور a الطاقة الضوئية إلى عمل كيميائي.
تسمى الوحدة الوظيفية المكونة من اللاقطة المجمعة وجزيئة اليخضور a نظاما ضوئيا Photosystème.

★ تفاعلات الأكسدة - اختزال هي تفاعلات كيميائية يحدث خلالها انتقال الإلكترونات بين معط للإلكترونات (مختزِل) ومتقبل للإلكترونات (مؤكسِد).
يتميز كل زوج مؤكسد – مختزل بجهد أكسدة – اختزال (E_0)، يعبر عن قدرته على الاختزال، ففي المثال أسفله تنتقل الإلكترونات من D إلى R دون مصدر خارجي للطاقة مما يعني أن: $E_0D^+/D < E_0R^+/R$



③ على أي مستوى من الخلية يوجد اليخضور؟ أنظر الوثيقة 6

أ – ملاحظة مجهرية لورقة خضراء:

★ يتضح من الملاحظة المجهرية لورقة خضراء (الشكل أ) أنها تتكون من مجموعة من الخلايا تحتوي على عناصر شبه كروية الشكل ذات لون أخضر، نسميها بلاستيدات خضراء Les chloroplastes. نستنتج إذن أن هذه العضيات الخلوية هي التي تحتوي على اليخضور.

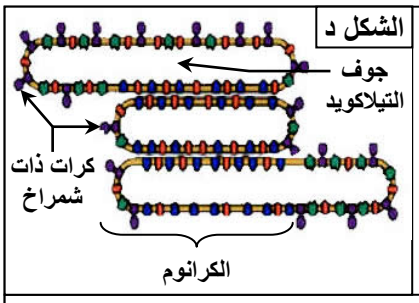
www.datasvt.com

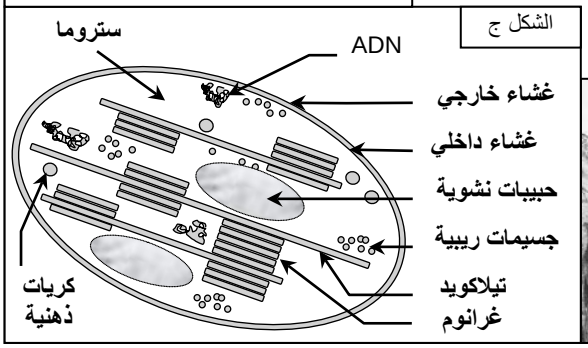
ب – بنية وفوق بنية البلاستيدة الخضراء:

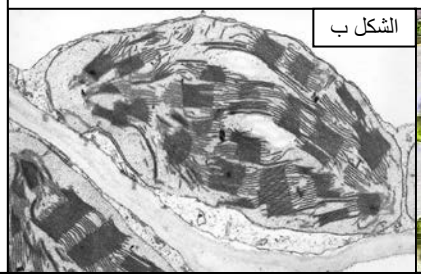
الوثيقة 6: مكان تموضع الصبغات اليخضورية

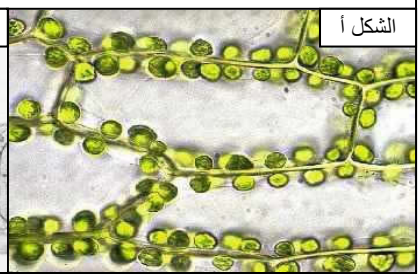
يعطي الشكل أ ملاحظة مجهرية لخلايا ورق عيلودة. ويعطي الشكل ب فوق بنية البلاستيدة الخضراء ملاحظة بالمجهر الالكتروني. والشكل ج رسم تفسيري لفوق بنية البلاستيدة الخضراء. والشكل د رسم تفسيري لفوق بنية التيلاكويد.

بالاعتماد على معطيات الوثيقة وعلى ملاحظات مجهرية لورقة خضراء صف بنية وفوق بنية البلاستيدة الخضراء وحدد تموضع الصبغات اليخضورية بها.









★ تبين الملاحظة الالكترونوغرافية (الشكل ب وج) أن البلاستيدة الخضراء تتكون من صفيحات ممتدة داخل وسط عديم اللون يسمى الستروما Stroma.

تظهر البلاستيدة الخضراء غشاءين، غشاء خارجي وغشاء داخلي. هذا الأخير يظهر تفرعات هي التي تكون الصفيحات والتي نسميها التيلاكويد Thylacoïde.

في بعض المناطق تتجمع الصفيحات على شكل أقراص متراكبة تسمى الكرانوم Granum.

تتجمع الصبغات اليخضورية في أغشية التيلاكويد. كما تظهر هذه الأغشية عناصر يتراوح قطرها بين 8nm إلى 9nm تسمى كريات ذات شمراخ Sphères pédonculées (الشكل د)، وهي عبارة عن مركبات أنزيمية تحتوي على أنزيم ATP سانتيتاز ATP Synthétase.

نجد بالستروما عدة جزيئات عضوية أهمها النشا وعدة أنزيمات كالأنزيم المسؤول عن إدماج CO_2.

ج – خلاصة:

تنفرد البلاستيدة الخضراء باحتوائها على اليخضور الذي تستمد منه لونها الأخضر. وهي عضيات خلوية تسبح في السيتوبلازم. تحتوي كل بلاستيدة على صفيحات التيلاكويد التي تتجمع في مناطق متعددة على شكل كرانوم. وتشبه التيلاكويد في بنيتها الغشاء الغشاء السيتوبلازمي إلا أنها تتميز باحتوائها على جزيئات اليخضور وعلى أنزيمات تساهم في عملية التركيب الضوئي.

II – آلية التركيب الضوئي

① الكشف عن مراحل التركيب الضوئي

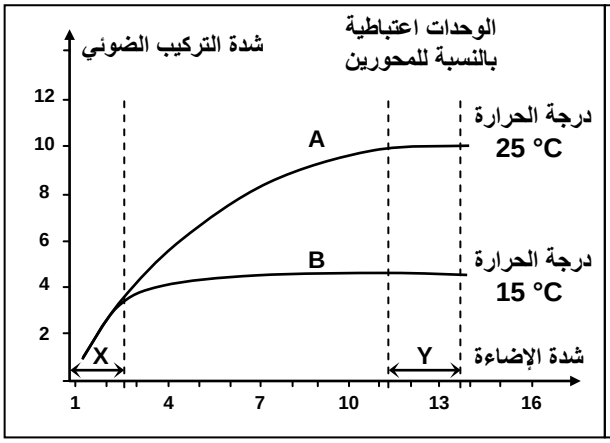
أ – ملاحظات Blackman (1905): أنظر الوثيقة 7

الوثيقة 7: الكشف عن تفاعلات التركيب الضوئي

اهتم Blackman بدراسة تأثير درجة الحرارة وشدة الإضاءة على شدة التركيب الضوئي، فحصل على النتائج الممثلة على المبيان أمامه.

افترض Blackman وجود نوعين من التفاعلات في ظاهرة التركيب الضوئي: تفاعلات ضوكيميائية وأخرى كيميائية حرارية.

أبرز هذا الافتراض انطلاقا من تحليل معطيات هذه الوثيقة.



www.datasvt.com

ب – تحليل واستنتاج

★ في المرحلة X عند شدة إضاءة ضعيفة نلاحظ أن شدة التركيب الضوئي تتأثر بشدة الإضاءة، ولا تتأثر بدرجة الحرارة، إذ ترتفع شدة التركيب الضوئي مع ارتفاع شدة الإضاءة. وبالتالي فالعامل المحدد لهذه الفترة هو شدة الإضاءة.

★ في المرحلة Y عند شدة إضاءة مرتفعة نلاحظ أن شدة التركيب الضوئي لا تتأثر بشدة الإضاءة، وتتأثر بدرجة الحرارة، إذ ترتفع شدة التركيب الضوئي عند ارتفاع درجة الحرارة. وبالتالي فالعامل المحدد لهذه الفترة هو درجة الحرارة.

★ انطلاقا من هذه المعطيات يمكن افتراض تدخل نوعين من التفاعلات خلال عملية التركيب الضوئي:
- ✓ تفاعلات ضوكيميائية Réactions photochimiques تستلزم الإضاءة ولا تتأثر بالحرارة.
- ✓ تفاعلات كيميائية حرارية Thermochimiques لا تستلزم الإضاءة وتتأثر بالحرارة.

② التفاعلات الأساسية للتركيب الضوئي

أ – تفاعلات المرحلة المضاءة: أكسدة الماء

تلتقط الصبغات اليخضورية (اليخضور b والمصفر والجزرين) الطاقة الضوئية، وتنقلها إلى اليخضور a التي تحرر الكترونا لفائدة متقبل الكترونات وتصبح قادرة على انتزاع إلكترون من معط للالكترونات.
فما المصدر الطبيعي للالكترونات المنتزعة من طرف اليخضور a؟ وما مصير الإلكترون المحرر من طرفه؟

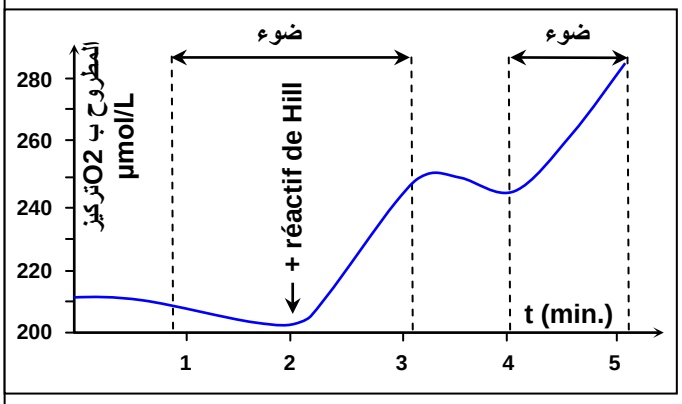
a – الكشف عن التحليل الضوكيميائي للماء: La photolyse de l'eau (أنظر الوثيقة 8)

الوثيقة 8: الكشف عن التحليل الضوكيميائي للماء La photolyse de l'eau

★ تجربة Karmen و Ruben (1941).

لمعرفة أصل O_2 المطروح اثر التركيب الضوئي قام Karmen وRubeng بتزويد وسط زرع طحلب يخضوري أحادي الخلية (الكلوريل Chlorelle) بماء مشع يحتوي على الأكسجين الثقيل H_2O^{18} وبثنائي أكسيد الكربون يحتوي على الأكسجين الخفيف CO_2^{16}. ثم قاما بتحليل الأكسجين المطروح الذي اتضح أنه يحتوي على O^{18} بنسبة قريبة من نسبته في الماء المستعمل في بداية التجربة. كما قاما بتجربة مضادة حيث زودت الكلوريلات بماء يحتوي على الأكسجين الخفيف H_2O^{16} وبثنائي أكسيد الكربون مشع يحتوي على الأكسجين الثقيل CO_2^{18}. وتبين أن الأكسجين المطروح يحتوي على O^{16} بنفس النسبة الموجودة في الماء المستعمل في التجربة المضادة.

1) ماذا يمكنك استخلاصه من هذه التجارب؟
2) أكتب معادلة التفاعل.



★ تجربة Hill (1939)

استعمل Hill محلولا عالقا للبلاستيدات الخضراء المعزولة في وسط بدون CO2. وقام بقياس حجم O2 المطروح تحت إضاءة مستمرة. أضاف إلى الوسط متقبلا غير طبيعي للالكترونات (Ferricyanure de potassium) يدعى كاشف Hill بدل المتقبل الطبيعي الموجود داخل البلاستيدة الخضراء. يحتوي هذا الكاشف على Fe3+ وهو ايون قابل لاستقبال إلكترون وفق التفاعل التالي:

$$Fe^{3+} + 1e^- \text{ ----------> } Fe^{2+}$$

1) ما يمكن استخلاصه من نتائج تجربة Karmen وRubeng، هو أن الماء هو أصل O_2 المطروح أثناء عملية التركيب الضوئي

2) يكتب التفاعل كما يلي: $2H_2O$ ----------> $4H^+ + 4e^- + O_2$

يسمى هذا التفاعل بالتحليل الضوكيميائي للماء La photolyse de l'eau

www.datasvt.com

3) في الظلام وقبل إضافة كاشف Hill نلاحظ أن نسبة O_2 المطروح تكون منخفضة. وبعد إضافة هذا الكاشف نلاحظ ارتفاع نسبة O_2 المطروح، طيلة مدة الإضاءة. وفي الظلام تنخفض من جديد نسبة O_2 المطروح.
نستنتج من هذا أن طرح O2 مرتبط بوجود مادة كيميائية متقبلة للالكترونات. في هذه التجربة المادة المتقبلة للالكترونات هي أملاح الحديد حيث $Fe^{3+} + 1e^- \text{ ----------> } Fe^{2+}$.
في الحالة الطبيعية، المادة الكيميائية المتقبلة للالكترونات هي جزيئة NADP (Nicotinamide Adénine Diphosphate) توجد في الستروما وتتميز بقدرة اختزالية عالية تمكنها من اكتساب الالكترونات حسب التفاعل التالي:

$$NADP^+ + 2H^+ + 2e^- \text{ ----------> } NADPH,H^+$$

خلاصة: يتبين من تجربة Hill أن تفاعلات طرح O_2 هي تفاعلات أكسدة للماء (فقدان الكترونات). وإذا رمزنا للمادة المؤكسدة ب A يكون التفاعل:

$$\left.\begin{array}{l} 2H_2O \text{ --------> } 4H^+ + 4e^- + O_2 \\ 2A + 4H^+ + 4e^- \text{ --------> } 2AH_2 \end{array}\right\} 2A + 2H_2O \text{ ----------> } 2AH_2 + O_2$$

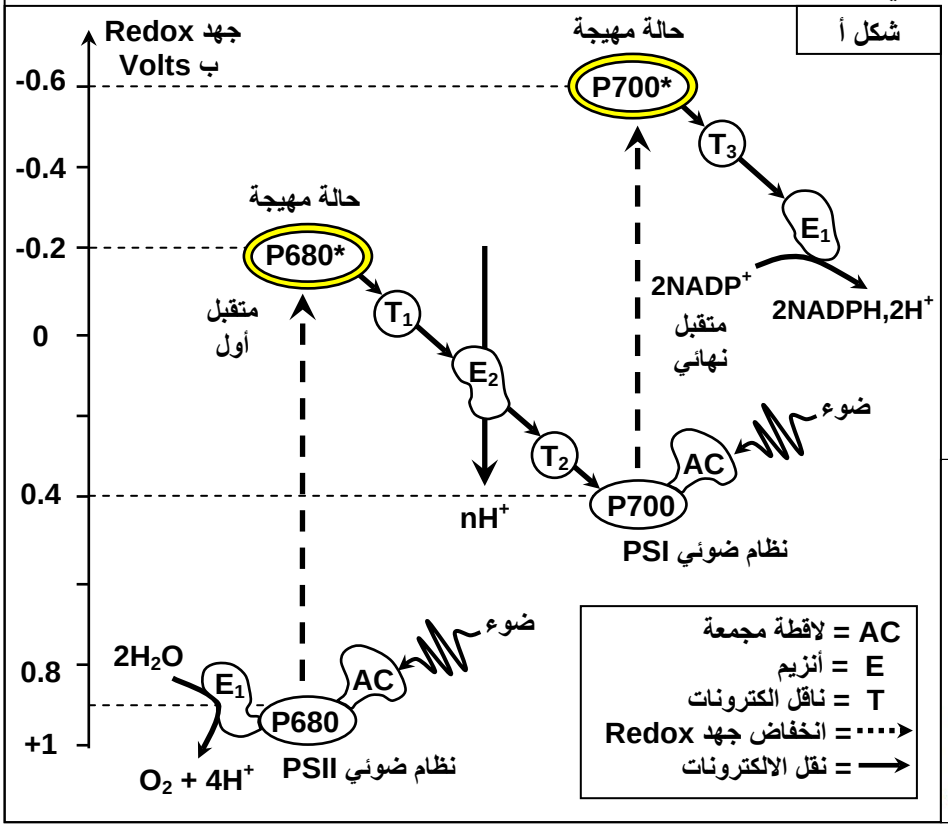
الحصيلة

إن الإلكترون المنزوع من طرف جزيئات اليخضور a يستقبل من طرف جزيئات $NADP^+$ حيث يتم نقله إلى هذه الجزيئة عبر سلسلة أكسدة / اختزال بواسطة ناقلات خاصة $(\ldots, T_3, T_2, T_1)$ توجد على مستوى غشاء التيلاكويد، بينما $NADP^+$ توجد على مستوى الستروما.
فكيف يتم انتقال الالكترونات من اليخضور a إلى المتقبل النهائي $NADP^+$ عبر سلسلة أكسدة/اختزال؟

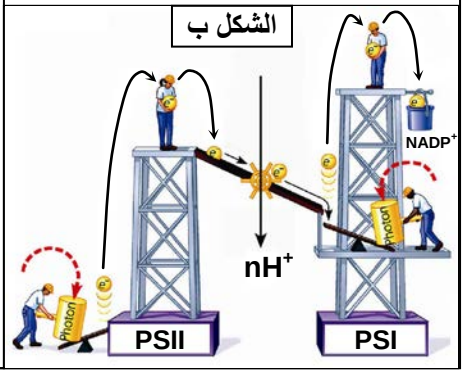
b – نقل الالكترونات داخل البلاستيدة الخضراء

الوثيقة 9: نقل الالكترونات من اليخضور a إلى المتقبل النهائي $NADP^+$

لمعرفة كيفية تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية نقترح دراسة الوثائق التالية:
يبين الشكل أ من الوثيقة قيم جهد الأكسدة / اختزال لناقلات الالكترونات. ونعلم أن الالكترونات تنتقل تلقائيا في اتجاه E_0 متزايد مع تحرير الطاقة، ولا تنتقل في اتجاه E_0 متناقص إلا إذا توفرت الطاقة.

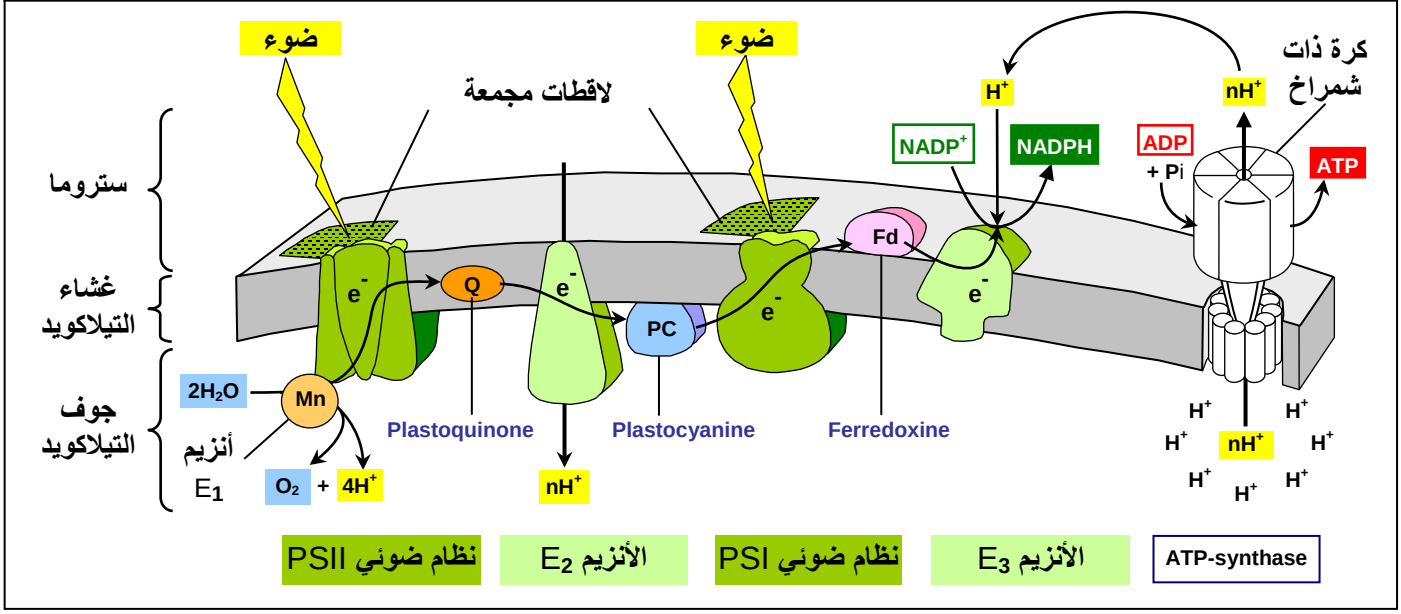


1) بالاستعانة بالشكل 2 من الوثيقة، بين معللا جوابك كيف تنتقل الالكترونات عبر السلسلة من الناقلات المبينة في الشكل أ.
2) حدد المتقبل النهائي للالكترونات
3) بالاعتماد على معطيات الشكل ج من الوثيقة، حدد ما هو مصدر البروتونات H^+؟ وما مصيرها؟
4) فسر تركيب جزيئة ATP على مستوى الكرات ذات شمراخ.



www.datasvt.com

الشكل ج: تموضع سلسلة التركيب الضوئي على مستوى غشاء التيلاكويد



1) يتطلب نقل الالكترونات إمدادا طاقيا خارجيا. ويتم بفضل نظامين ضوئيين PSI وPSII عند التقاطهما للطاقة الضوئية، وبمساعدة مجموعة من البروتينات الموجودة في غشاء التيلاكويد والتي تلعب دور ناقلات للالكترونات. وتشكل ما يسمى سلسلة التركيب الضوئي.وتنتقل الإلكترونات عبر السلسلة على الشكل التالي:

- من T_1 إلى PSI و من T_3 إلى $NADP^+$: انتقال من E_0 منخفض إلى E_0 مرتفع، هو انتقال تلقائي للإلكترونات مع تحرير الطاقة.
- من PSII إلى T_1 و من PSI إلى T_3: انتقال من E_0 مرتفع إلى E_0 منخفض مع استعمال الطاقة.

2) المتقبل النهائي للإلكترونات هو $NADP^+$:

$$2NADP^+ + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2NADPH,2H^+$$

3) يتم نقل الإلكترونات المحررة من طرف اليخضور عند تهييجه عبر سلسلة تفاعلات (أكسدة / اختزال) بواسطة ناقلات الإلكترونات التي توجد على مستوى غشاء التيلاكويد.
أثناء انتقال الإلكترونات عبر الناقلات الغشائية تحرر طاقة تستعمل في ضخ البروتونات H^+ من الستروما نحو جوف التيلاكويد والتي تضاف إلى البروتونات الناتجة عن التحليل الضوئي للماء في جوف التيلاكويد، فيرتفع بذلك تركيز أيونات H^+ داخل جوف التيلاكويد وإحداث ممال (Gradient) H^+ بين جهتي غشاء التيلاكويد (انخفاض pH جوف التيلاكويد).

4) تتدفق البروتونات H^+ عبر الكرات ذات شمراخ إلى خارج التيلاكويد، وتستعمل الطاقة الناتجة عن ذلك في تركيب جزيئات ATP انطلاقا من ADP و Pi، بتدخل أنزيم غشائي ATP سنتاز حسب التفاعل التالي:

$$ADP + Pi \xrightarrow[ATPsynthase]{\text{طاقة}} ATP$$

يسمى هذا التفاعل بالتفسفر التأكسدي La phosphorylation oxydative.

C – خلاصة:

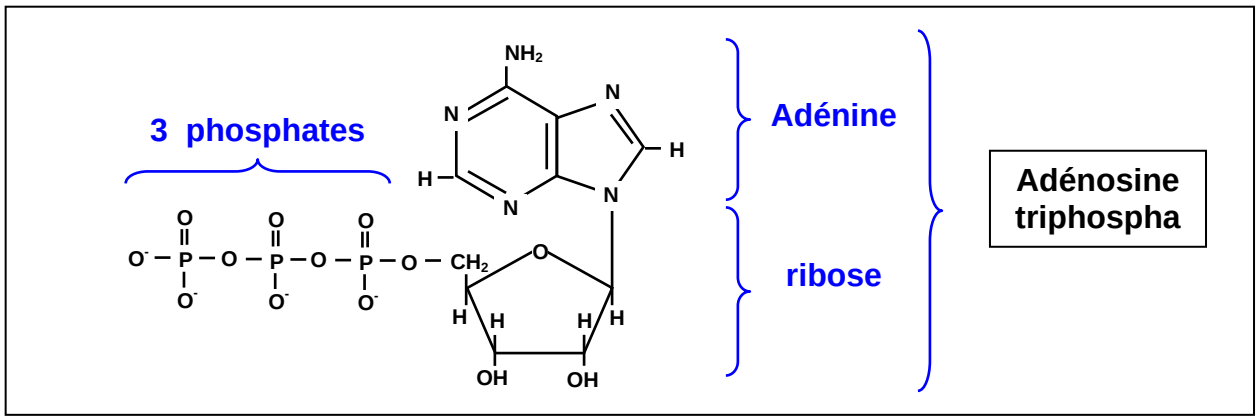
يمكن تلخيص نواتج المرحلة المضاءة فيما يلي:

- التحليل الضوكيميائي للماء داخل جوف التيلاكويد (أكسدة): $2H_2O \text{ ----------> } 4H^+ + 4e^- + O_2$
- اختزال جزيئة $NADP^+$ إلى $NADPH,H^+$: $2NADP^+ + 4H^+ + 4e^- \text{ ----> } 2NADPH,2H^+$
- تركيب جزيئات ATP : $ADP + Pi \text{ ----------> } ATP$

المعادلة الحصيلة: $3ADP + 3Pi + 2NADP + 2H_2O \text{ ---------> } 3ATP + O_2 + 2NADPH,2H^+$

www.datasvt.com

يتبين إذن أن الطاقة الضوئية تحولت إلى طاقة كيميائية على شكل جزيئة ATP (Adénosine triphosphate) = الأدينوزين ثلاثي الفوسفات. وهي جزيئة مركبة من الأدينوزين (أدينين – ريبوز) والفوسفات.



الروابط التي تجمع بين الفوسفاط غنية بالطاقة . فعند تركيب جزيئة ATP يتم تخزين طاقة يمكن تحريرها أثناء الحلمأة:

$ATP + H_2O \text{ ----------> } ADP + Pi + E$ **(Energie)**

ب – تفاعلات المرحلة المظلمة: اختزال CO_2 وتركيب المادة العضوية

a – الكشف عن مصير CO_2 الممتص من طرف النباتات أنظر الوثيقة 10

الوثيقة 10: الكشف عن مصير CO_2 الممتص من طرف النباتات

★ تجربة Gaffron وزملاؤه (1951). الشكل أ

يتم إدماج ثنائي أكسيد الكربون مشع $^{14}CO_2$ في محلول عالق لطحلب الكلوريل. ونتتبع سرعة امتصاصه خلال فترة إضاءة لمدة ساعة، وبعد توقيف الإضاءة مباشرة. يبين منحنى الشكل أ النتائج المحصل عليها.

1) حلل المنحنى واستنتج مستلزمات امتصاص CO2.

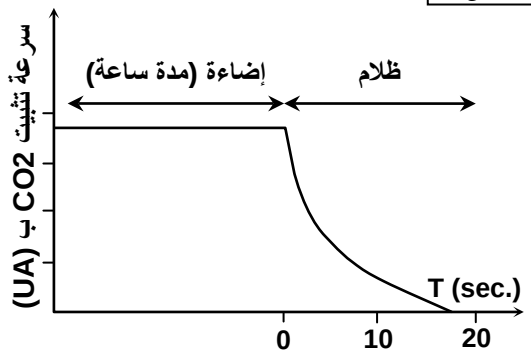
★ تجربة Calvin.وBenson (1962). الشكل ب

تم وضع عينة من طحالب الكلوريل في محلول مغذ داخل وعاء مغلق دقيق الجدران وشفاف، حيث تتم اضائتها وتزويدها بثنائي أكسيد الكربون العادي. تدفع الطحالب بواسطة مضخة داخل أنبوب دقيق وشفاف، يتم عبوره في مدة زمنية محددة حسب قوة صبيب المضخة. يحقن $^{14}CO_2$ الإشعاعي النشاط في مستويات مختلفة من الأنبوب حسب المدة الزمنية المختارة لمكوث الطحالب في الوسط الذي يحتوي على ^{14}C، والتي بعدها تقتل الخلايا الطحلبية بواسطة الكحول المغلى. بعد استخراج المواد العضوية المركبة من طرف الخلايا الطحلبية، يتم فرزها بواسطة تقنية التحليل الكروماتوغرافي الإشعاعي ثنائي القطب على النحو التالي:

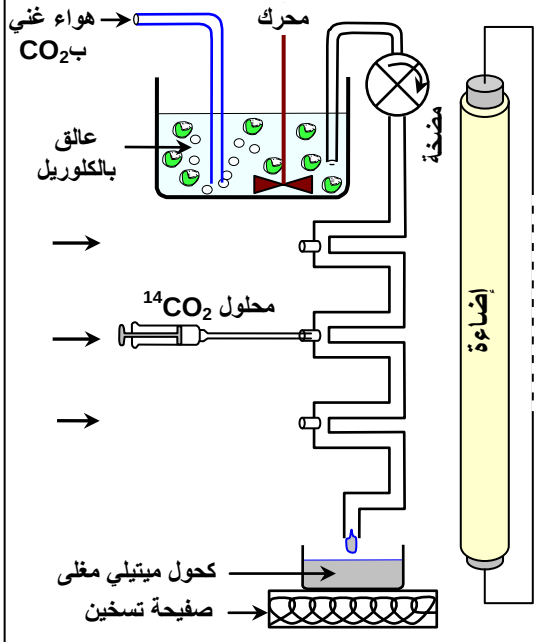
- توضع قطرة من مستخلص الطحالب المقتولة في النقطة 0 من ورق التحليل الكروماتوغرافي.
- يستعمل على التوالي مذيبان مختلفان في اتجاهين مختلفين.
- بعد انتشار المواد تقاس شدة إشعاعها وتنجز صور إشعاعية ذاتية تكون فيها مواقع المواد المركبة محددة ومعروفة. (الشكل ج).

2) حدد ترتيب ظهور المواد المركبة حسب التسلسل الزمني. ماذا تستنتج؟

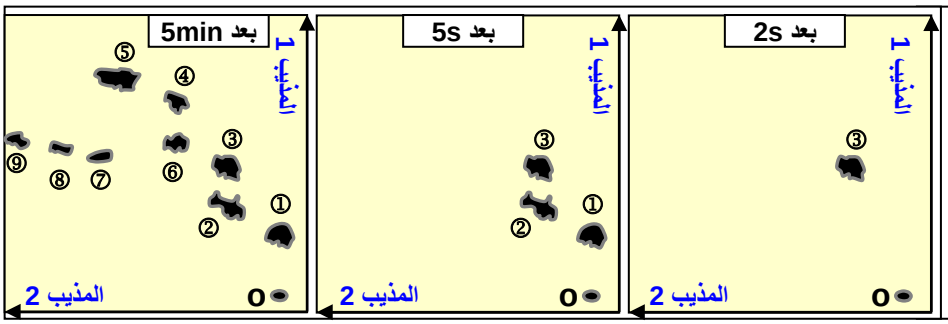
الشكل أ



الشكل ب



www.datasvt.com



الشكل ج

O= الوضعية الأولى للمستخلص
①= ريبولوز ثنائي الفوسفات RudiP
②= سكر سداسي فوسفات
③= حمض فوسفوغليسيري APG
④= حمض بيروفي، ⑤= حمض الماليك
⑥= حمض أسبرتي، ⑦= سيرين
⑧= غليسين، ⑨= ألنين

1) يلاحظ أن امتصاص CO_2 يكون مرتفعا ومستقرا أثناء فترة الإضاءة. لكن خلال فترة الظلام يستمر هذا التثبيت تنخفض نسبته تدريجيا إلى أن تنعدم بعد 18s في الظلام.

نستنتج من هذا أن تثبيت CO_2 لا يتطلب إضاءة ولكن يتطلب توفير مواد يتم تركيبها خلال فترة الإضاءة. هذه الطاقة تنفذ بعد 18 ثانية من تطبيق الفترة المظلمة لذلك يتوقف تثبيت CO_2.
إن تفاعلات المرحلة المظلمة (التفاعلات الكيميائية الحرارية) تمكن من إدماج CO_2 قصد تركيب المادة العضوية وذلك بوجود نواتج المرحلة الضوكيميائية: ATP و$NADPH,H^+$.

2) نلاحظ في الثواني الأولى أن الإشعاع يظهر في الحمض الفوسفوغليسيري APG (جزيئة ثلاثية الكربون)، ثم السكر السداسي أحادي الفوسفات ثم السكر الخماسي ثنائي الفوسفات RudiP، وبعد مدة أطول يظهر الإشعاع في مواد عضوية أكثر تعقيدا مثل الأحماض الأمينية، الأحماض الذهنية، السَكَروز...

نستنتج من هذا أن الكربون المعدني (CO_2) يتحول إلى كربون عضوي يدمج في مواد عضوية مختلفة مع مرور الزمن.

b – اختزال CO_2 الممتص وتركيب المادة العضوية أنظر الوثيقة 11

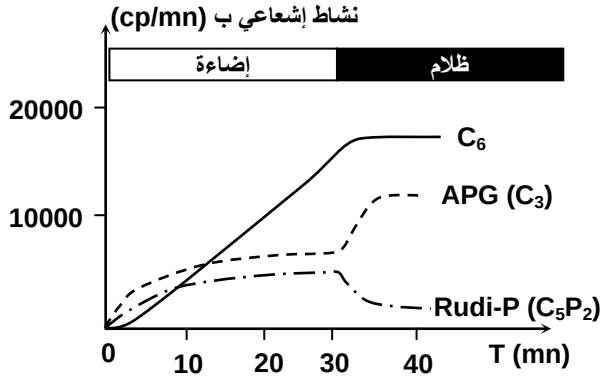
الوثيقة 11: اختزال CO2 الممتص وتركيب المادة العضوية

للكشف عن التحولات المتبادلة بين المواد المركبة حسب الإضاءة وحسب توفر CO_2 نستعمل تركيب Calvin ونقوم بالتجارب التالية:

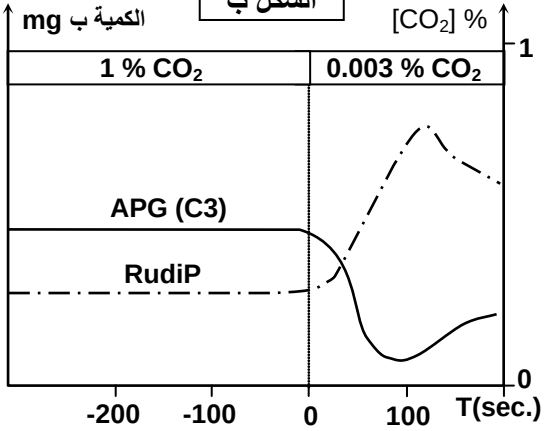
★ عرضت عينة من الكلوريلات لفترة إضاءة متبوعة بفترة مظلمة مع قياس شدة الإشعاع عبر الزمن بالنسبة لثلاث مركبات كربونية: سكر سداسي الكربون (C_6) وRudiP وهو سكر خماسي الكربون (C_5) وAPG (C_3). النتائج مبينة على الشكل أ من الوثيقة.

★ في فترة ثانية تم وضع الكلوريلات بالتتالي في وسط غني ب CO2 (1%) ووسط فقير من CO2 (0.003%) مع إخضاعها لإضاءة ثابتة وقياس شدة الإشعاع بالنسبة لكل من RudiP وAPG (أنظر الشكل ب).

الشكل أ



الشكل ب



1) صف تطور كل من المركبات C_6 وC_5 وC_3 في مختلف مراحل التجربتين.
2) اقترح تفسيرا للتطور المتزامن لهذه المركبات (اربط العلاقة بين تطور كل من RudiP و APG ووجود CO_2 في الوسط).

www.datasvt.com

1) تطور المركبات C_6 وC_5 وC_3:

★التجربة الأولى (عند توفر CO_2 بنسبة ثابتة):

- ✓ خلال فترة الإضاءة ترتفع كمية السكريات C_6 باستمرار بينما ترتفع كمية APG وRudiP وتبقى مستقرة عند قيمة قصوية.
- ✓ خلال الفترة المظلمة: نلاحظ ارتفاع في نسبة APG (C_3) و C_6 وانخفاض في نسبة RudiP (C_5).

★ التجربة الثانية (عند تغيير تركيز CO_2):

- ✓ بوجود CO_2 تكون تراكيز APG وRudiP ثابتة مع نسبة أكبر من APG.
- ✓ بغياب CO_2 يرتفع RudiP وينخفض تركيز APG.

2) تفسير التغيرات الملاحظة:

★ يتبين خلال فترة الإضاءة أن هناك تحولات متبادلة بين RudiP وAPG تجعل تركيزهما ثابتا. أما خلال الفترة المظلمة يتراكم APG على حساب RudiP، الذي لا يتم تجديده إلا بوجود الإضاءة أي بوجود نواتج المرحلة الضوكيميائية وهي ATP و $NADPH,H^+$.

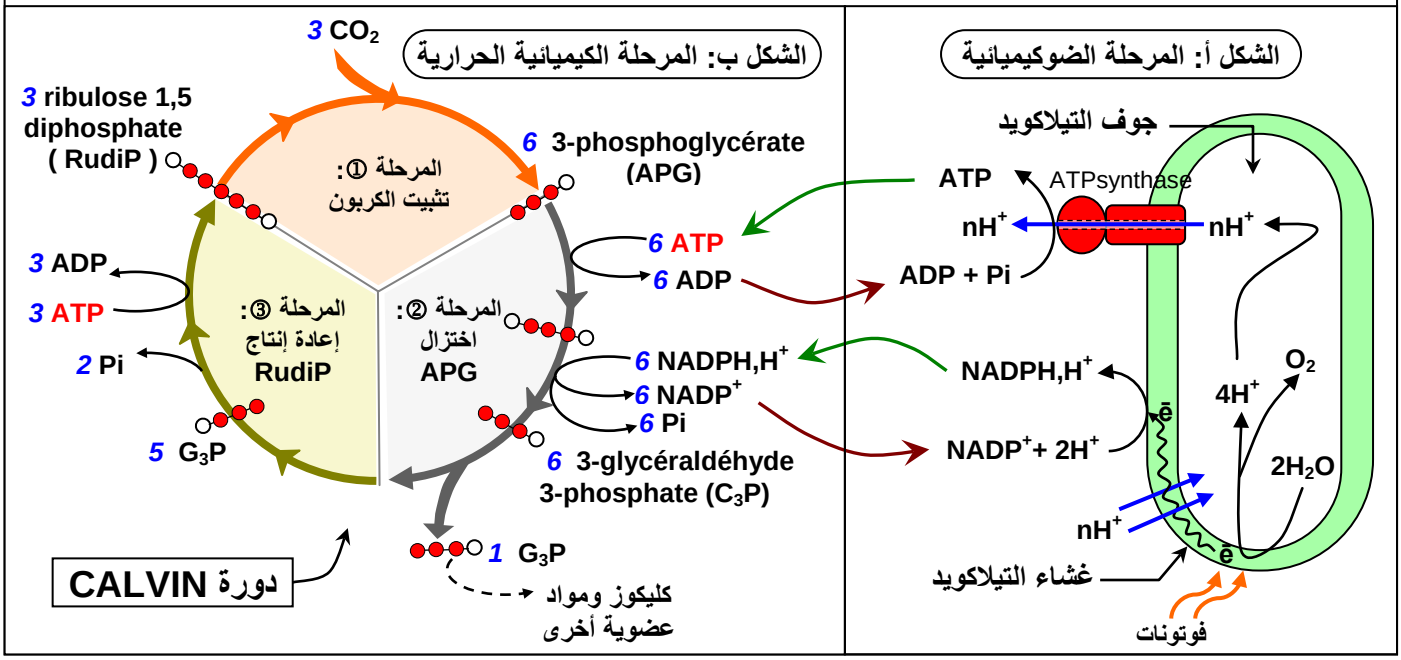
★ في غياب CO_2 يتراكم RudiP على حساب APG الذي يتناقص وذلك راجع إلى توقف تحول RudiP إلى APG واستمرار تحول APG إلى مواد أخرى من بينها RudiP.

استنتاج:

إن APG هو أول منتوج عضوي لعملية التركيب الضوئي، يستعمل هذا المنتوج في تركيب مواد عضوية أخرى (سكريات ثلاثية الكربون بها فوسفات) والتي تعتبر المواد الأولية لتركيب مختلف المواد العضوية (سكريات، دهنيات، بروتيدات...) وكذا تجديد RudiP الضروري لضمان استمرار إدماج CO_2. وذلك ضمن مجموعة من التفاعلات البيوكيميائية التي تنتظم في شكل دورة مغلقة تسمى دورة Calvin. هذه التفاعلات لا تستلزم الإضاءة لهذا تسمى تفاعلات المرحلة المظلمة. ولكن تستلزم نواتج المرحلة المضاءة (أنظر الوثيقة 12).

الوثيقة 12: تفاعلات دورة Calvin وعلاقتها بتفاعلات المرحلة الضوكيميائية

بينت عدة تجارب أن تفاعلات المرحلة المظلمة (شكل ب) ترتبط بالمرحلة المضاءة (شكل أ). ففي ستروما البلاستيدة الخضراء تتحول جزيئة **APG** عبر تفاعلات مستهلكة لـ **ATP** و **$NADPH,H^+$** إلى سكر ثلاثي الفوسفات C_3، مصدر تركيبات عضوية متنوعة، وإلى تجديد **RudiP**. تشكل هذه التفاعلات دورة بيوكيميائية تدعى دورة **Calvin**.
تعطي الوثيقة أسفله مزاوجة تفاعلات كل من المرحلة المضاءة (شكل أ) والمرحلة المظلمة (شكل ب).
أول معطيات هذه الوثيقة إلى نص علمي سليم محددا مراحل دورة **Calvin** مع الربط بين المرحلة المضاءة والمظلمة.



www.datasvt.com

تفاعلات دورة Calvin

يمكن تقسيم دورة Calvin إلى ثلاث مراحل:
⇦ المرحلة ①: إدماج CO_2 في مركب خماسي الكربون RudiP للحصول على جزيئتين لمركب ثلاثي الكربون APG، وذلك بتدخل أنزيم يسمى RubisCO.

⇦ المرحلة ②: اختزال APG إلى سكر ثلاثي الكربون أحادي الفوسفات (G_3P) مع استهلاك لـ ATP و$NADPH,H^+$، يدخل جزء من (G_3P) في تركيب المواد العضوية والجزء الآخر في المرحلة ③ من دورة Calvin.

⇦ المرحلة ③: إعادة إنتاج RudiP: تعد هذه المرحلة أساسية لإعادة إدماج CO_2، إذ تتم عبر سلسلة من التفاعلات التي تستهلك الطاقة. وتتم إعادة التركيب باستعمال جزء من ثلاثيات السكر (G_3P) المركبة.

إذن خلال التفاعلات الضوكيميائية تتمكن البلاستيدات الخضراء من تركيب $NADPH,H^+$ و ATP اللازمين لاختزال CO2. ويتم هذا الاختزال مع تركيب المادة العضوية خلال المرحلة المظلمة.

✓ نتيجة المرحلة الضوكيميائية:

$$3ADP + 3Pi + 2NADP + 2H_2O \text{ ----------> } 3ATP + O_2 + 2NADPH, 2H^+$$

✓ نتيجة المرحلة البيوكيميائية:

$$9ATP + 3CO_2 + 6(NADPH, H^+) \text{ ----------> } G_3P\ (C_3) + 6NADP^+ + 9ADP + 9Pi$$

✓ حصيلة:

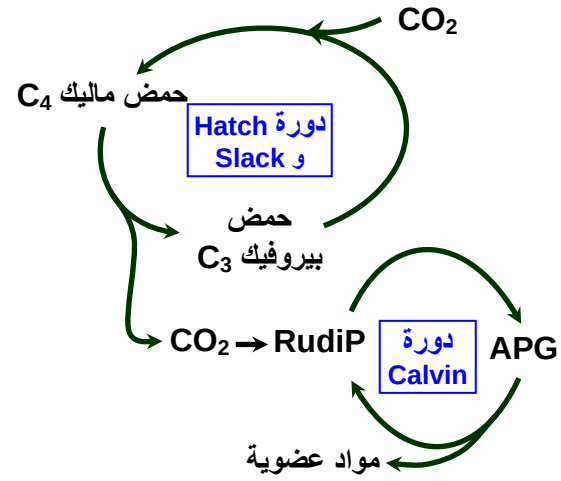
$$6CO_2 + 12H_2O \text{ ----------> } C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

$$6CO_2 + 6H_2O \text{ ----------> } C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

ملاحظة: نمط آخر لدمج CO_2 (أنظر الوثيقة 13)

الوثيقة 13: دمج CO_2 عند المخلدات

تضم فصيلة المخلدات النباتات المكيفة على العيش في المناطق الجافة، إذ تتميز بقدرتها على الاحتفاظ بكميات هائلة من الماء في بعض أجزائها، وتتميز بعدم انفتاح الثغور خلال النهار، مما يجعلها تمتص CO_2 خلال الليل فقط.
عند المخلدات والنباتات C_4 كالذرة وقصب السكر، يتم تثبيت CO_2 خلال الليل على مستوى مركبات رباعية الكربون (C_4) (حمض ماليك مثلا).
خلال النهار يتم انتزاع CO_2 منها ليدخل في دورة Calvin.
يعتبر التركيب الضوئي عند النباتات (C_4) تكيفا مع العيش في المناطق الحارة والجافة. أبرز ذلك.



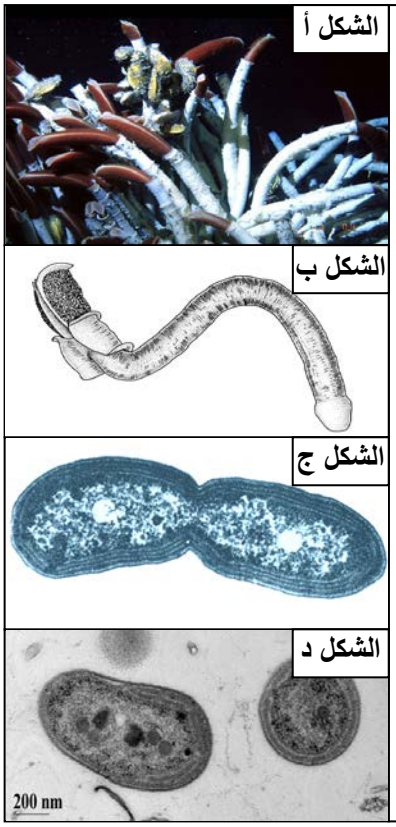
بالنسبة للنباتات المكيفة مع العيش في مناخ جاف مثل المخلدات، يتعذر امتصاص CO_2 نهارا فيتم تثبيته ليلا لتركيب حمض الماليك (C_4) ليشكل خزان لـ CO_2 يراكمه في فجوات الخلية، لهذا تنعت هذه النباتات بالنباتات C_4 لأن أول مركب ينتج عن دمج CO_2 يكون رباعي الكربون C_4.
خلال النهار يتحول حمض ماليك إلى حمض بيروفيك مع تحرير CO_2 الذي يلتحق بدورة Calvin وبالتالي إنتاج APG ثم باقي المركبات العضوية على شاكلة النباتات C_3.

www.datasvt.com

III – تنوع مصادر المادة والطاقة المستعملة من طرف الكائنات الحية

① التركيب الكيميائي عند الكائنات المعدنية التغذية أنظر الوثيقة 14

الوثيقة 14: الكائنات الكيميائية المعدنية التغذية



★ في بداية ثمانينيات القرن العشرين اكتشفت فونة تحت بحرية تعيش في أعماق البحار التي تفوق 2500m، باستقلال تام عن الطاقة الشمسية، كحالة بعض البكتريات وحيوان ريفتيا Riftia pachyptila (الشكل أ وب)
تعيش هذه الكائنات ، بمحاذاة الذروات الوسط محيطية، حيث توجد مدخنات حرارية تنثر مجموعة من المركبات المعدنية المختزلة، من أهمها H_2S. تعمل البكتريات معدنية التغذية على أكسدتها من أجل تركيب المادة العضوية.

★ تتمكن بكتيريا من نوع Nitrosomonas (الشكل ج) من أكسدة محلول النشادر Ammoniac NH^+_4 إلى حمض النتروز NO^-_2 بوجود O_2 مع تحرير طاقة (ATP وRH_2) تعتبر مصدرا لإنتاج مادتها العضوية.

$$NH^+_4 + 3/2O_2 \rightarrow NO^-_2 + H_2O + 2H^+$$

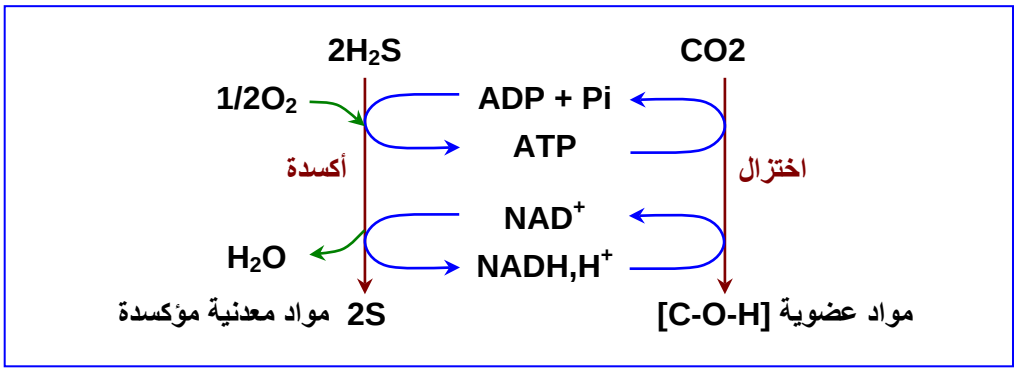
★ تتمكن بكتيريا Nitrobacter (الشكل د) من أكسدة حمض النتروز NO^-_2 إلى حمض النتريك NO^-_3 :

$$NO^-_2 + 1/2O_2 \rightarrow NO^-_3$$

قارن بين مصدر الطاقة المستعملة من طرف النباتات اليخضورية ومصدر الطاقة المستعملة من طرف البكتيريات التي تعيش قرب الذروات الوسط محيطية، وبكتيريات التربة المعدنية التغذية.

★ تتميز الكائنات الحية بتنوع كبير في أنواعها وبنيتها وأوساط عيشها التي تستمد منها الطاقة والمادة اللازمتين لتركيب مادتها العضوية والقيام بوظائفها الحيوية. فإضافة إلى النباتات التي تركب مادتها العضوية انطلاقا من مادة معدنية بالاعتماد على الطاقة الشمسية، توجد كائنات حية تعيش باستقلال تام عن الطاقة الشمسية والتركيب الضوئي وتستطيع تحويل المادة المعدنية إلى مادة عضوية.

★ تعيش الكائنات المعدنية التغذية، على مستوى الذروات المحيطية بالقرب من مدخنات حرارية تنثر مجموعة من المركبات المعدنية مثل H_2S، تعمل هذه الكائنات على أكسدتها من أجل تركيب المادة العضوية، وتسمى هذه الظاهرة بالتركيب الكيميائي، وتتم على النحو التالي:



★ تتمكن بكتريات التربة من أكسدة الأمونياك إلى نترات، وتشكل هذه العملية مصدرا للطاقة التي تستغل لتنشيط دورة Calvin وبالتالي تركيب المادة العضوية دون الانطلاق من الطاقة الضوئية، لذلك نتكلم عن التركيب الكيميائي.

www.datasvt.com

② تنوع مصادر المادة والطاقة أنظر الوثيقة 15

الوثيقة 15: تنوع مصادر المادة ومصادر الطاقة واستعمالاتها من طرف الكائنات الحية

تختلف الكائنات الحية حسب / مصادر الطاقة		يمكنها استعمال الضوء (دائما يخضورية)	- لا تستعمل الضوء - تستعمل مواد تؤكسدها
مصادر المادة		ضوئية التغذية	كيميائية التغذية
تتطلب مواد معدنية فقط	ذاتية التغذية	ضوء معدنية التغذية تنجز عملية التركيب الضوئي (أغلبية الخلايا اليخضورية بوجود الضوء)	كيمياء معدنية التغذية تنجز تركيبا كيميائيا (بعض البكتريات كالبكتريات الأزوتية للتربة)
تتطلب مواد عضوية	اعتمادية التغذية (غير ذاتية التغذية)	ضوعضوية التغذية تستعمل معطيا عضويا للبروتونات والالكترونات في التركيب الضوئي (بعض البكتيريات اليخضورية)	كيمياء عضوية التغذية (عدد كبير من البكتريات والفطريات، الخلايا اللايخضورية للنباتات اليخضورية، خلايا يخضورية في الظلام)

تلجأ الكائنات الحية إلى استعمال مصادر متنوعة من المادة العضوية أو المعدنية، للقيام بمختلف الوظائف الإحيائية، والى استغلال الطاقة الشمسية أو طاقة الأكسدة للحصول على طاقة كيميائية قابلة للاستعمال مباشرة في التفاعلات اللازمة لانجاز هذه الوظائف الإحيائية.

www.datasvt.com

الوحدة الثالثة:

التواصلات الهرمونية والعصبية

مقدمة

يتعرض جسم الإنسان باستمرار إلى متغيرات خارجية وداخلية غير منتظمة، كنقصان أو إفراط في التغذية، تغير في درجة الحرارة، نزيف دموي ينتج عنه انخفاض في الضغط الشرياني. وعلى الرغم من ذلك تبقى أغلب الخصائص الداخلية للجسم ثابتة مثل درجة الحرارة الداخلية 37°C، تركيز الكليكوز في الدم 1g/l، ضغط شرياني ثابت. وأي تغير في هذه الثابتات البيولوجية له عواقب وخيمة على الجسم.

تمكن التواصلات البيولوجية جميع أعضاء الجسم من القيام بوظائفها بشكل متناسق. ويحتوي جسم الإنسان على جهازين رئيسيين للتواصل بين الخلايا: الجهاز العصبي والجهاز الهرموني.

- التواصلات العصبية تتم بواسطة رسائل ذات طبيعة كهربائية وكيميائية مستعملة في ذلك شبكة من الخلايا العصبية المرتبطة فيما بينها. ويشرف الجهاز العصبي على عمل الأعضاء، ويضمن النقل السريع للمعلومات ويمكن من ردود أفعال لحظية.
- التواصلات الهرمونية تعتمد على تبادل الرسائل بين الخلايا بواسطة مواد كيميائية تفرز من طرف خلايا عدية، وتفرز في الدم الذي يضمن نقلها إلى الخلايا الهدف. يلعب الجهاز الهرموني الدور الأساس في الحفاظ على توازن وتمامية الجسم. ويكون تدخله، على العموم طويل المدى.

1) كيف تنقل الرسالة الهرمونية بين الخلايا؟ وما آلية تأثيرها؟
2) ما طبيعة الرسالة العصبية؟ وكيف يتم تبليغ هذه الرسالة بين الخلايا؟

www.datasvt.com

الفصل الأول

التواصل الهرموني

مقدمة: نسبة الكليكوز في الدم عامل بيولوجي يطالب الأطباء عادة بالكشف عنها خلال تشخيص الحالة الصحية للمريض. ورغم وجود عوامل عدة تؤثر على هذه النسبة في الدم، إلا أنها لا تبتعد، في الحالة العادية، عن قيمة متوسطة (1g/l). مرض السكري، مرض ناتج عن فرط مزمن للسكر في الدم، ويعد هرمون الأنسولين Insuline دواء حيويا يجب حقنه بشكل منتظم بالنسبة للأشخاص للمصابين. وهكذا تسمح دراسة تنظيم نسبة السكر في الدم من فهم إحدى مظاهر التواصلات الهرمونية

- **فما هي الآليات التي تمكن الجسم من تنظيم نسبة الكليكوز في الدم؟**
- **ما طبيعة الهرمونات المتدخلة في هذا التنظيم؟ وما البنيات المفرزة لها؟**

I – تحلون الدم عامل بيولوجي ثابت

الكليكوز سكر أحادي بسيط صيغته الكيميائية العامة هي $C_6H_{12}O_6$، ويعتبر من أهم مواد القيت التي تمر من المعي الدقيق إلى الدم بواسطة الامتصاص المعوي. وتكمن أهميته في كونه مصدرا أساسيا للطاقة بالنسبة لجميع خلايا الجسم، وبالخصوص خلايا الدماغ التي لا يمكنها الاستغناء عنه، مما يستوجب تواجده بشكل مستمر في الدم.

① الكشف عن وجود الكليكوز في الدم: أنظر الوثيقة 1

الوثيقة 1: الكشف عن وجود الكليكوز في الدم

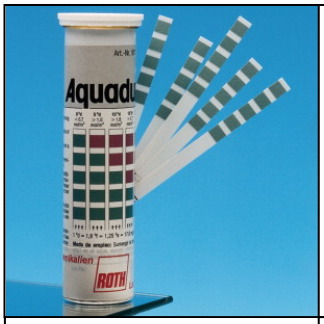
للكشف عن وجود الكليكوز في الدم يمكن اللجوء إلى طريقتين مختلفتين:

★ استعمال ألسينات التفاعلية Bandelettes réactives (الشكل أ) وهي عبارة عن شريط تفاعلي يباع في الصيدليات.
نبلل شريطا تفاعليا في دم طري، نقارن اللون الذي يأخذه الشريط بمقياس مرجعي وهكذا نتوصل إلى تحديد قيمة تقريبية لنسبة الكليكوز في الدم.

★ استعمال جهاز قياس الكتروني (الشكل ب):
نضع قليلا من الدم على شريط يحتوي على منطقة مخصصة لذلك ثم نضع الشريط في جهاز إليكتروني يحتوي على نظام يمكنه من قياس نسبة السكر في الدم. تظهر النتيجة على لوحة إليكترونية ب mg/dl (لتحويل هذه القيمة إلى g/l نقسم العدد المحصل على 100). تمكن هذه التقنية من مراقبة نسبة الكليكوز في الدم بسهولة وبسرعة لعدة مرات في اليوم.

قارن بين تقنيتي قياس تركيز الكليكوز في الدم وبين أيتهما أكثر دقة.

الشكل أ



الشكل ب

نسمي نسبة السكر في الدم بتحلون الدم La glycémie. وهناك عدة تقنيات لقياس تحلون الدم، أهمها الجهاز القارئ لتحلون الدم، نظرا لسهولة استعماله ويعطي نتائج دقيقة وسريعة.

② الكشف عن ثبات قيمة تحلون الدم:

أ – تجارب وملاحظات: أنظر الوثيقة 2

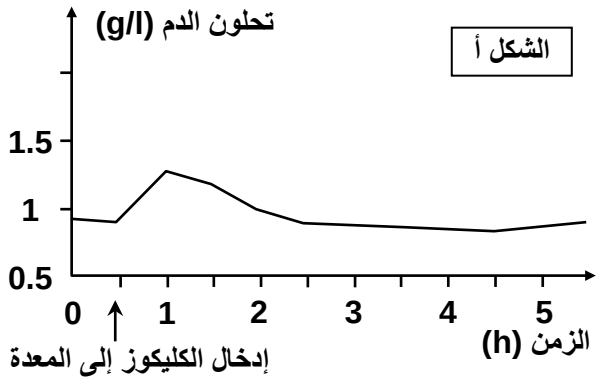
www.datasvt.com

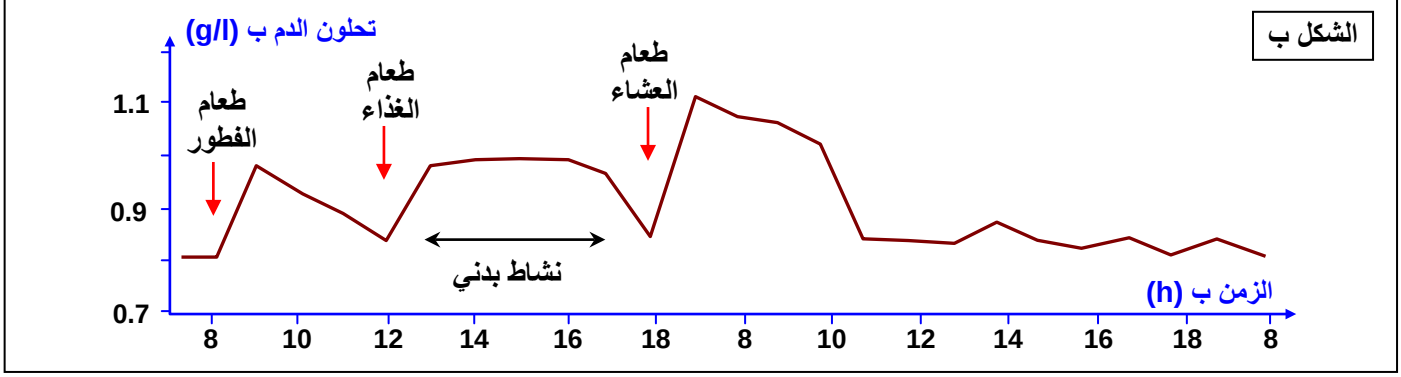
الوثيقة 2: الكشف عن ثبات قيمة تحلون الدم

★ بعد فترة صيام دامت 12 ساعة تناول شخص سليم 100g من الكليكوز، ثم قمنا بمعايرة الكليكوز في دم هذا الشخص فحصلنا على النتائج الممثلة على المبيان أمامه (الشكل أ).

★ يعطي مبيان الشكل ب من الوثيقة تغيرات تحلون الدم عند شخص سليم خلال 24 ساعة.

بين من خلال تحليل معطيات الوثيقة أن تحلون الدم ثابتة بيولوجية (لا يبتعد في الحالة العادية عن قيمة متوسطة) وأنه يخضع للتنظيم.





ب – تحليل واستنتاج:

★ من خلال مبيان الشكل أ نلاحظ أنه أثناء تناول الكليكوز من طرف شخص في حالة صيام ترتفع قيمة تحلون الدم لتبلغ 1.3g/l، بعدها تبدأ بالانخفاض تدريجيا لتسترجع القيمة الأصلية.

★ من خلال مبيان الشكل ب نلاحظ أنه في حالة شخص سليم أثناء تناول الطعام ترتفع قيمة تحلون الدم، لتنخفض تدريجيا في حالة الراحة أو القيام بنشاط بدني.

★ يتميز تركيز تحلون الدم عند شخص عادي بقيمة ثابتة لا يطرأ عليها أي تغيير ملحوظ رغم وجود عوامل من شأنها أن تغير هذا التركيز كالصيام أو تناول الطعام ... إذ تظل قيمته تتأرجح حول قيمة متوسطة تقدر ب 1g/l من البلازما.
نستنتج من هذا أن تحلون الدم يشكل ثابتة بيولوجية تخضع للتنظيم.

- **ما هي الأعضاء المتدخلة في الحفاظ على ثبات تحلون الدم؟ وما هي أدوارها؟**
- **كيف تتواصل هذه الأعضاء فيما بينها للحفاظ على ثبات تحلون الدم؟**

II – الأعضاء المسؤولة عن الحفاظ على ثبات تحلون الدم

① علاقة الكبد بتحلون الدم:

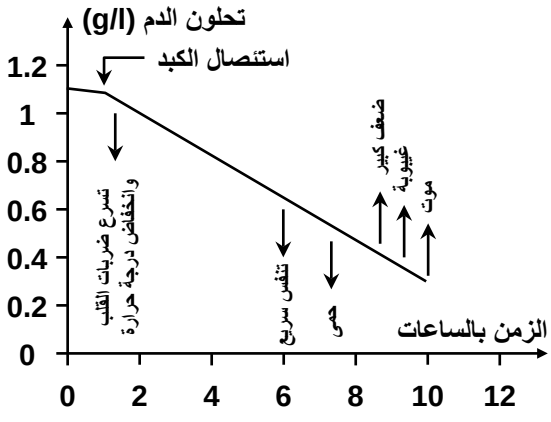
أ – تجربة استئصال الكبد:

a – التجربة: أنظر الوثيقة 3

الوثيقة 3: الكشف عن علاقة الكبد بتحلون الدم

يؤدي استئصال الكبد عند كلب إلى انخفاض كبير في تحلون دمه يفضي به إلى الإغماء نتيجة افتقاد خلايا الدماغ للكليكوز، ثم الموت.يمكن للكلب أن يستفيق من الإغماء إذا تم حقنه بمحلول للكليكوز، إلا أنه لا يواصل الحياة أكثر من 18 إلى 24 ساعة، لأن للكبد وظائف أخرى جد حيوية.

يعطي المبيان أمامه تطور تحلون الدم خلال تجربة استئصال الكبد عند الكلب. اعتمادا على هذه الوثيقة بين كيف يتغير تحلون الدم بعد استئصال الكبد، ثم استنتج علاقة الكبد بتحلون الدم.



www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

نلاحظ قبل استئصال الكبد ثبات نسبة تحلون الدم (1.1g/l). ومباشرة بعد الاستئصال عرفت هذه الثابتة انخفاضا تدريجيا مصحوبا باضطرابات تنتهي بموت الحيوان.
نستنتج أن للكبد دور مهم في الحفاظ على ثبات تحلون الدم. فما هو هذا الدور؟

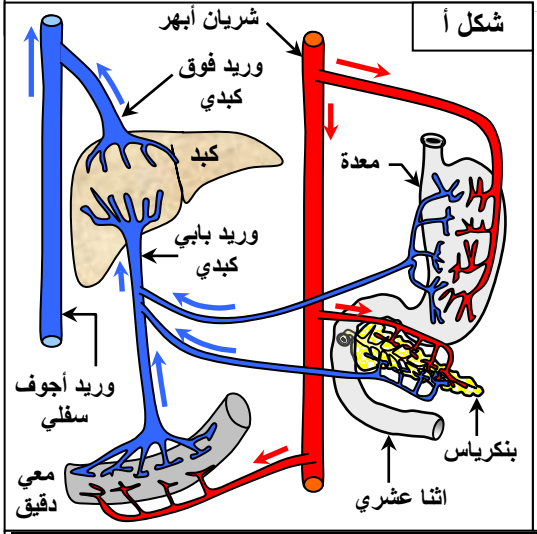
ب – تجربة الكبد المغسولة ل Claude Bernard (1855):

a – التجربة: أنظر الوثيقة 4

الوثيقة 4: تجربة الكبد المغسولة ل Claude Bernard

يرجع الفضل في اكتشاف دور الكبد في ثبات تحلون الدم إلى العالم الفرنسي Claude Bernard سنة 1855 حيث كتب ما يلي: "... لقد اخترت كلبا بالغا قويا وفي صحة جيدة، تمت تغذيته خلال عدة أيام باللحم. وضحيت به 7 ساعات من تناوله وجبة وافرة من الكروش".
أزيلت الكبد مباشرة وأخضعت لغسل مستمر عن طريق الوريد البابي. (الشكل أ: تعرق الكبد والأعضاء المجاورة)
"... تركت هذه الكبد معرضة للغسل المستمر طيلة 40 دقيقة، فلاحظت في بداية التجربة أن الماء الملون بالأحمر الذي يخرج من الأوردة فوق الكبدية حلو. كما لاحظت في نهاية التجربة أن الماء الذي يخرج أصبح عديم اللون ولا يحتوي على آثار للسكر..."

شكل أ



"... تركت هذه الكبد تحت درجة حرارة الوسط ورجعت بعد 24 ساعة، فلاحظت أن هذا العضو الذي تركته بالأمس فارغا تماما من السكر قد أصبح يحتوي على كمية وافرة منه". وعلق Claude Bernard على ذلك بالقول:
"... تثبت هذه التجربة أن الكبد الطرية في الحالة الفيزيولوجية، أي أثناء عملها، تحتوي على مادتين:
★ السكر الشديد الذوبان في الماء ينقل بالغسل.
★ مادة أخرى قليلة الذوبان في الماء. هذه المادة تتحول شيئا فشيئا في الكبد التي تركتها إلى سكر". وقد سمى Claude Bernard هذه المادة بالغليكوجين Glycogène.

تمت معايرة الغليكوجين الكبدي لدى شخصان أ وب، بعد فترة صيام دامت 6 أيام، وبعد تناول الشخصين لأغذية غنية بالسكريات. نتائج هذه المعايرة ممثلة على جدول الشكل ب.
بالاعتماد على معطيات الوثيقة استخرج علاقة الكبد بتحلون الدم.

الشكل ب

مقدار الغليكوجين الكبدي ب g/kg من الكبد								
خلال فترة صوم (6 أيام)						بعد تناول أغذية غنية بالسكريات		
الأيام	1	2	3	4	5	6	1	2
الشخص أ	50.8	30.1	20.7	7.1	7.1	6.9	84.2	88.5
الشخص ب	40.7	20.1	10.7	4.2	3.8	3.8	78.9	80.2

b – تحليل واستنتاج:

يتبين من معطيات الوثيقة أن الكبد تلعب دورا أساسيا في تنظيم تحلون الدم. فعند ارتفاع نسبة الكليكوز في الدم الداخل إلى الكبد تخزن هذه الأخيرة الفائض من الكليكوز على شكل غليكوجين وتسمى هذه العملية بالغليكوجينوجنيز glycogénogenèse. وعند انخفاض نسبة الكليكوز في الدم الداخل إلى الكبد تحول هذه الأخيرة الغليكوجين إلى كليكوز وتسمى هذه العملية بالغليكوجينوليز La glycogénolyse.

ملاحظات:

★ بالإضافة إلى الكبد يخزن الكليكوز في مستويات أخرى، على شكل مركبات ذهنية في النسيج الودكي، وعلى شكل غليكوجين في العضلة. إلا أن هذه الأعضاء لا تحرر الكليكوز في الدم.
★ في حالة استهلاك كل مدخرات الغليكوجين في الكبد فان هذه الأخيرة قادرة على إنتاج الكليكوز انطلاقا من الأحماض الأمينية والذهنية، إنها ظاهرة النيوكليكوجينيز Neoglycogenèse.

www.datasvt.com

② علاقة البنكرياس بتحلون الدم:

أ – الكشف التجريبي عن دور البنكرياس:

a – تجارب: أنظر الوثيقة 5

الوثيقة 5: الكشف عن علاقة البنكرياس بتحلون الدم

بينت عدة ملاحظات أن مرض السكري عند الإنسان مرتبط بخلل في وظيفة البنكرياس. وفي حالة الإصابة بمرض السكري، يلاحظ تعرض بعض المناطق من البنكرياس للتلف.

1) ما الفرضية الممكن إعطائها انطلاقا من هذه الملاحظات؟

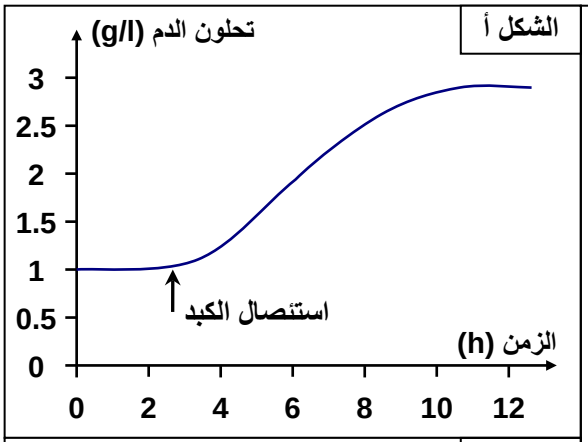
يؤدي استئصال البنكرياس عند الكلب إلى اضطرابات هضمية. كما أن معايرة تحلون الدم عند هذا الكلب تعطي النتائج الممثلة على الشكل أ من الوثيقة.

2) ماذا تستخلص من تحليل هذه النتائج؟

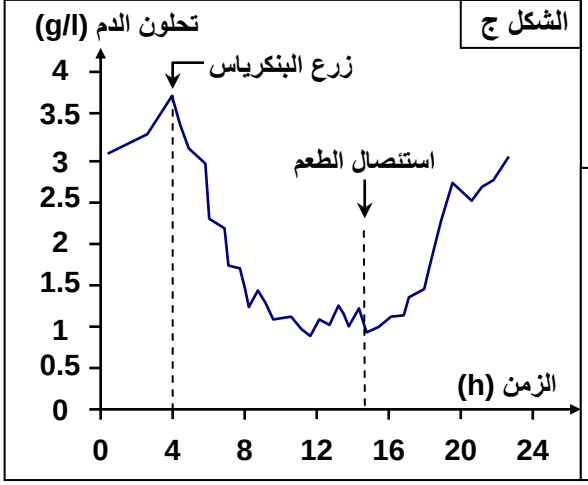
عند كلب مستأصل البنكرياس، أدرج بنكرياس في دورته الدموية على مستوى العنق (الشكل ب). فلوحظ اختفاء مرض السكري. وقد تمت معايرة تحلون دمه في فترات منتظمة (الشكل ج).

3) ماذا تستنتج من تحليل منحنى الشكل ج من الوثيقة؟

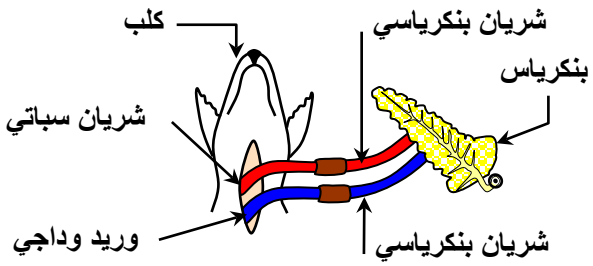
الشكل أ



الشكل ج



الشكل ب



b – تحليل واستنتاج:

1) انطلاقا من الملاحظات السريرية يمكن افتراض أن للبنكرياس دور في مراقبة تحلون الدم.

2) قبل استئصال البنكرياس كانت نسبة تحلون الدم ثابتة في القيمة 1g/l. وبعد الاستئصال ترتفع هذه القيمة بشكل تدريجي ومستمر. نستنتج من هذا أن البنكرياس تتدخل في تنظيم تحلون الدم.

3) عند إيصال البنكرياس بالدورة الدموية للكلب، ينخفض تحلون الدم ويعود إلى القيمة العادية. لكن عند إزالة الوصل يرتفع تحلون الدم من جديد.

نستنتج أن للبنكرياس دور أساسي في ضبط تحلون الدم وذلك بواسطة إفرازات تنقل بواسطة الدم، فتؤثر في خلايا هدف، هي إذن عبارة عن هرمونات (Les hormones).

ب – دور الهرمونات البنكرياسية:

يعتبر البنكرياس غدة صماء Glande endocrine تفرز نوعين من الهرمونات في الدم:

- الأنسولين L'insuline: عديد ببتيد يتكون من 51 حمضا أمينيا.
- الكليكاكون Le glucagon: عديد ببتيد يتكون من 29 حمضا أمينيا.

a – تجارب: أنظر الوثيقة 6

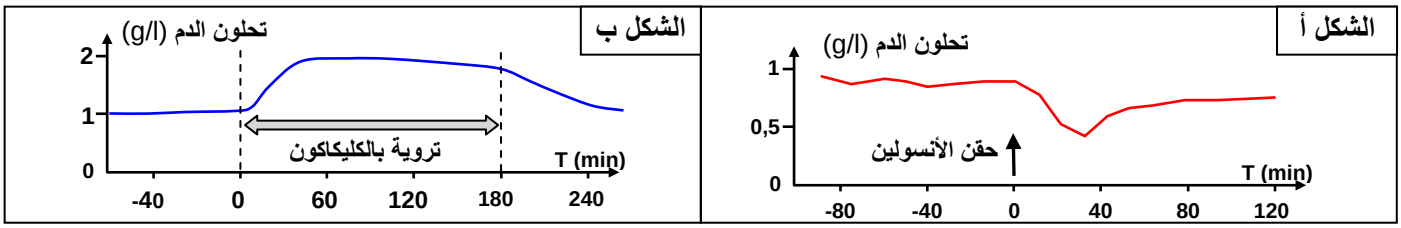
الوثيقة 6: دور الهرمونات البنكرياسية

★ نتتبع تطور تحلون الدم عند كلب قبل وبعد حقن كمية من الأنسولين. فحصلنا على النتائج الممثلة على الشكل أ.

★ نتتبع تطور تحلون الدم عند كلب تلقى تروية بالكليكاكون، بحيث في الزمن t_0 تم رفع تركيز الكليكوز في محلول التروية 4 مرات.نتائج هذه الدراسة ممثلة على مبيان الشكل ب.

انطلاقا من تحليل المبيانين استنتج دور كل من الأنسولين والكليكاكون في تنظيم تحلون الدم.

www.datasvt.com



b – تحليل واستنتاج:

★ قبل حقن الأنسولين نلاحظ استقرار تحلون الدم في قيمة قريبة من 1g/l، وبعد حقن الأنسولين نلاحظ انخفاض نسبة تحلون، لترتفع بعد مدة زمنية.
نستنتج من هذه المعطيات أن للأنسولين دور مخفض لتحلون الدم.

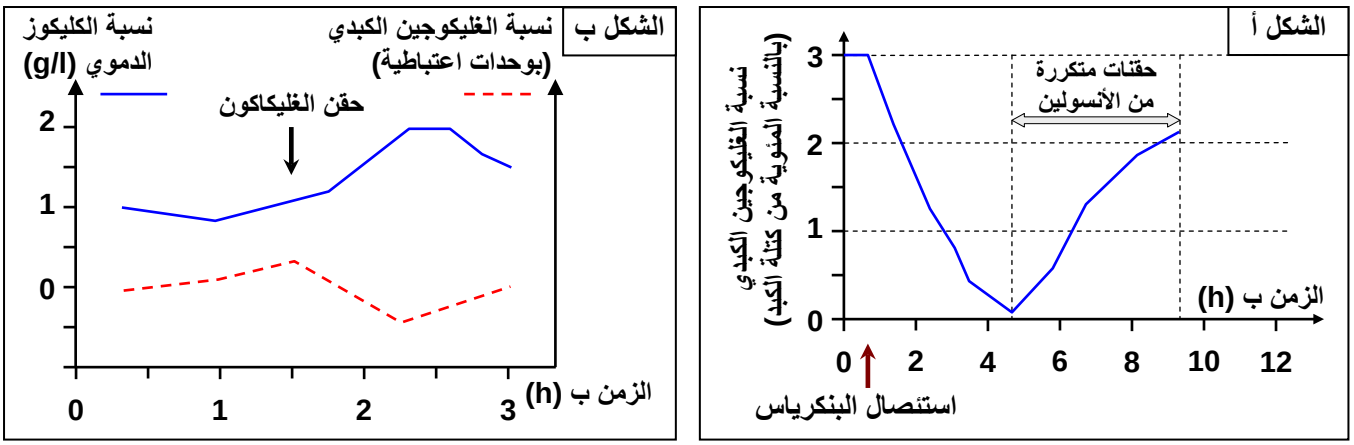
★ قبل حقن الكليكاكون نلاحظ استقرار تحلون الدم في القيمة 1g/l، وبعد حقن الكيكاكون نلاحظ ارتفاع نسبة تحلون، لتعود بعد فترة زمنية إلى القيمة العادية.
نستنتج من هذه المعطيات أن للكليكاكون دور رافع لتحلون الدم.

ج – تأثير الأنسولين والكليكاكون على الخلايا الهدف:

a – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 7

الوثيقة 7: تأثير الأنسولين والغليكاكون على الأعضاء الهدف

★ نقوم بمعايرة نسبة الغليكوجين الكبدي عند كلب مستأصل البنكرياس تعرض لحقنات متكررة من الأنسولين، فحصلنا على النتائج الممثلة على مبيان الشكل أ.
★ نقوم بمعايرة الغليكوجين الكبدي والكليكوز الدموي عند كلب صائم قبل وبعد حقن الغليكاكون. النتائج ممثلة على مبيان الشكل ب.



★ نضع نسيجا عضليا في وسط زرع ملائم ونعاير كمية الكليكوز التي يستهلكها هذا النسيج من الوسط وكمية الغليكوجين التي يدخرها، وذلك خلال 10 دقائق. النتائج ممثلة على الجدول التالي:

تركيز الكليكوز في النسيج العضلي ب mg/g من العضلة خلال 10min		كمية الكليكوز المستهلك ب mg بالنسبة لكل g من العضلة خلال 10min	
وسط به أنسولين	وسط بدون أنسولين	وسط به أنسولين	وسط بدون أنسولين
2.85	2.45	1.88	1.43

★ تتسبب التغذية الغنية بالسكريات في البدانة. ولتعرف العلاقة بين الكليكوز والبدانة أخضع حيوان لمرض السكري التجريبي (تدمير الخلايا المفرزة للأنسولين) فلوحظ أن تركيب الدهنيات في النسيج الودكي Tissu adipeux قد انخفض ب 90%.

بالاعتماد على معطيات الوثيقة، بين كيف تؤثر الهرمونات البنكرياسية على الكبد، وعلى كل من النسيجين العضلي والودكي. ثم استنتج الخلايا الهدف للهرمونات البنكرياسية.

www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

★ الشكل أ: بعد استئصال البنكرياس تنخفض نسبة الغليكوجين الكبدي بشكل كبير، وعند حقن الأنسولين ترتفع من جديد هذه النسبة. نستنتج من هذا أن الأنسولين ينشط تخزين الكليكوز على شكل غليكوجين على مستوى الكبد.

★ الشكل ب: يؤدي حقن الغليكاكون لكلب في حالة صيام إلى ارتفاع تحلون الدم وانخفاض نسبة الغليكوجين الكبدي. نستنتج من هذه المعطيات أن الغليكاكون يحفز خلايا الكبد على تحرير الكليكوز انطلاقا من حلمأة الغليكوجين.

★ بوجود الأنسولين ترتفع نسبة الكليكوز في النسيج العضلي، كما يزداد استهلاك الكليكوز من طرف الخلايا العضلية. نستنتج من هذا أن الأنسولين يحفز الخلايا العضلية على تخزين الكليكوز.

★ في غياب الأنسولين ينخفض تركيب الدهنيات من طرف النسيج الودكي. نستنتج من هذا أن الأنسولين يحفز الخلايا الودكية على تحويل الكليكوز إلى مدخرات ذهنية.

c – خلاصة:

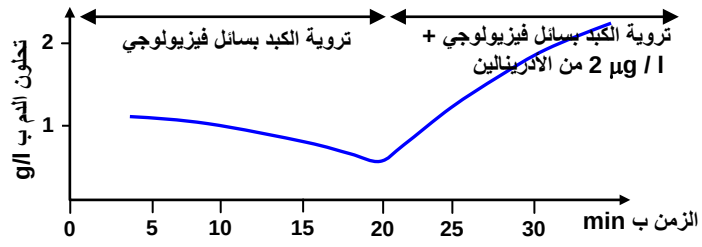
لتنظيم تحلون الدم تؤثر الهرمونات البنكرياسية في عدة خلايا هدف:

- يؤثر الأنسولين في الخلايا الكبدية والخلايا العضلية، ويحثها على ادخار الكليكوز على شكل غليكوجين. إذن ينشط تفاعلات الغليكوجينوجينيز، ويكبح تفاعلات الغليكوجينوليز.
- يؤثر الأنسولين في الخلايا الودكية، ويحثها على ادخار الكليكوز على شكل دهون.
- ييسر الأنسولين دخول الكليكوز واستعماله من طرف مجموع خلايا الجسم. (باستثناء الخلايا العصبية وخلايا الأنبوب الهضمي والكليتين).
- يؤثر الغليكاكون على الخلايا الكبدية إذ يرفع من الغليكوجينوليز (حلمأة الغليكوجين)، مما يؤدي إلى تحرير الكليكوز في الدم. كما يؤثر في النسيج الودكي حيث ييسر تحرير الأحماض الذهنية التي يمكن أن تتحول إلى كليكوز في الكبد (النيوغليكوجينيز).

ملاحظة: أنظر الوثيقة 8

الوثيقة 8: تأثير الأدرينالين على تحلون الدم

يعطي المبيان أمامه تغير نسبة تحلون الدم في غياب أو تواجد هرمون الأدرينالين L'adrénaline الذي تفرزه الغدة الكُظْرية (غدة فوق كلوية).
ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات؟



نلاحظ خلال تروية الكبد بسائل فيزيولوجي لا يحتوي على هرمونات انخفاض تحلون الدم تدريجيا عن القيمة 1g/l. لكن عند إضافة هرمون الأدرينالين إلى سائل التروية، يرتفع تحلون الدم بشكل ملحوظ. نستنتج من هذا التحليل أن هرمون الأدرينالين هو هرمون مفرط للسكر في الدم، ويفرز هذا الهرمون من طرف لب الكُظْر (= الغدة فوق الكلوية) وينشط الغليكوجينوليز. وقد بينت دراسات أخرى وجود هرمونات أخرى مفرطة للسكر في الدم:

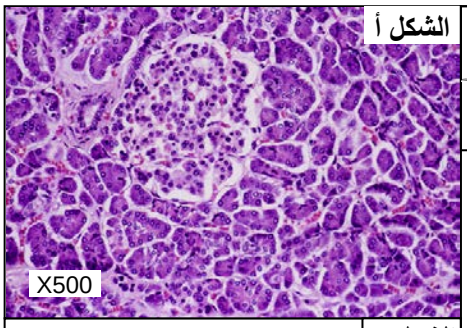
- الكورتيزول: يفرز من طرف قشرة الكُظْر، ينشط النيوغليكوجنيز ويخفض استعمال الكليكوز من طرف الخلايا.
- هرمون النمو: يفرز من طرف الفص الأمامي للغدة النخامية وينشط النيوغليكوجنيز.
- هرمونات T3 و T4: تفرز من طرف الغدة الدرقية، وتنشط النيوغليكوجنيز.

د – البنيات المسؤولة عن إفراز الهرمونات البنكرياسية:

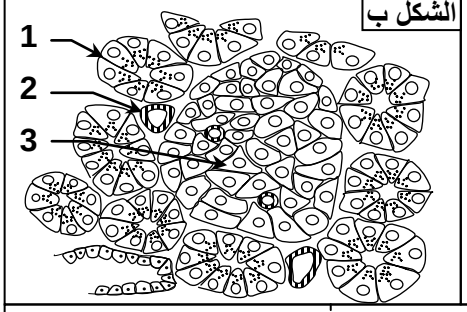
a – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 9

www.datasvt.com

الوثيقة 9: البنيات البنكرياسية المسؤولة عن تنظيم تحلون الدم



بنكرياس



يعطي الشكل أ من الوثيقة ملاحظة مجهرية لمقطع بنكرياس. والشكل ب رسم تخطيطي تفسيري لهذه الملاحظة المجهرية.

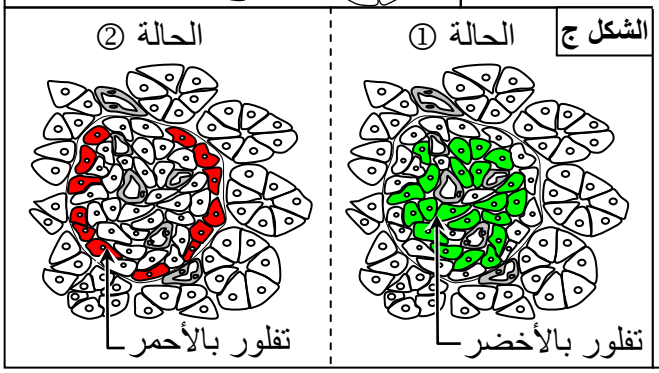
1) انطلاقا من المعطيات السابقة حدد البنية النسيجية للبنكرياس.

للكشف عن دور مختلف خلايا البنكرياس أجريت التجارب التالية:

★ **التجربة 1**: يؤدي حقن مادة الألوكسان Alloxane لأرنب إلى إصابة هذا الأخير بالسكري دون حدوث اضطرابات في وظيفة الهضم. وقد كشفت الملاحظة المجهرية لبنكرياس هذا الأرنب عن تدمير معظم الخلايا المكونة لجزيرات Langerhans دون باقي خلايا البنكرياس.

★ **التجربة 2**: يؤدي ربط القناة البنكرياسية عند حيوان إلى منع وصول العصارة البنكرياسية إلى الاثنى عشري، فينتج عن ذلك اضطرابات هضمية دون ظهور أعراض داء السكري، مع بقاء خلايا الجزيرات في حالة عادية.

2) استنتج هذه المعطيات البنيات المسؤولة عن إفراز الهرمونات البنكرياسية، مبينا المسلك الذي تؤثر بواسطته في تنظيم تحلون الدم.



★ **التجربة 3:** لتحديد الخلايا المفرزة للأنسولين والخلايا المفرزة للكليكاكون، حقنت بمحاذاة جزيرات Langerhans جزيئات متفلورة بالأخضر ترتبط بصفة نوعية بالأنسولين (الحالة ①) وجزيئات أخرى متفلورة بالأحمر ترتبط بصفة نوعية بالكليكاكون (الحالة ②). فحصلنا على النتائج الممثلة على الشكل ج من الوثيقة.

3) استنتج الخلايا المسؤولة عن إفراز الأنسولين والخلايا المسؤولة عن إفراز الكليكاكون.

b – تحليل واستنتاج:

1) البنكرياس غدة تقع خلف المعدة ومرتبطة بالاثنى عشري (الجزء الأول من المعي الدقيق). وتتكون من مجموعتين من الخلايا:
   - خلايا على شكل عنبات acini (un acinus): الخلايا 1.
   - خلايا متجمعة على شكل جزيرات تسمى جزيرات Langerhans: الخلايا 3.

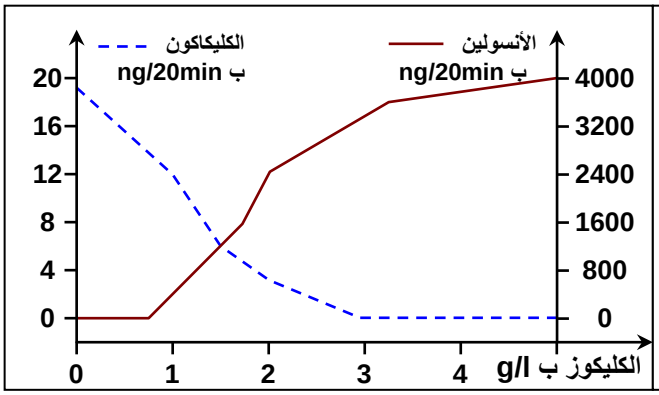
2) يتبين من هذه المعطيات التجريبية أن العنبات مسؤولة عن إفراز الأنزيمات الهضمية، إذن هي خلايا ذات إفراز خارجي. بينما جزيرات Langerhans هي خلايا ذات إفراز داخلي (في الوسط الداخلي)، إذ تفرز الهرمونات المسؤولة عن تنظيم تحلون الدم.

3) يتبين من هذه المعطيات التجريبية أن جزيرات Langerhans تتكون من نوعين من الخلايا:
   - خلايا مركزية يصطلح عليها بالخلايا β، وهي المسؤولة عن إفراز الأنسولين.
   - خلايا محيطية يصطلح عليها بالخلايا α، وهي المسؤولة عن إفراز الكليكاكون.

ه – تنظيم إفراز الهرمونات البنكرياسية:

a – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 10

الوثيقة 10: تنظيم إفراز الهرمونات البنكرياسية



نقوم بعزل خلايا جزيرات Langerhans ونضعها في وسط زرع ملائم يتغير فيه تركيز الكليكوز كل 20 دقيقة، ثم نقوم بمعايرة نسبة كل من الكليكاكون والأنسولين في هذا الوسط. النتائج المحصلة ممثلة على المبيان أمامه.

حلل هذه المنحنيات وبرهن على أن الخلايا α و β تستطيع رصد تغيرات تحلون الدم فتستجيب بكيفية ملائمة مكيفة مع هذا الفارق.

www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

نلاحظ أنه كلما ارتفع تركيز الكليكوز في المحلول الفيزيولوجي إلا وارتفع إفراز الأنسولين وانخفض إفراز الكليكاكون.
نستنتج من هذا أن خلايا جزيرات Langerhans (α و β) لها حساسية مباشرة لنسبة الكليكوز في الدم فتستجيب بإفراز الأنسولين والكليكاكون:

- إذا كان تحلون الدم مرتفع، تنشط الخلايا β وتكبح الخلايا α، فيفرز بذلك الأنسولين.
- إذا كان تحلون الدم منخفض، تنشط الخلايا α وتكبح الخلايا β، فيفرز بذلك الكليكاكون.

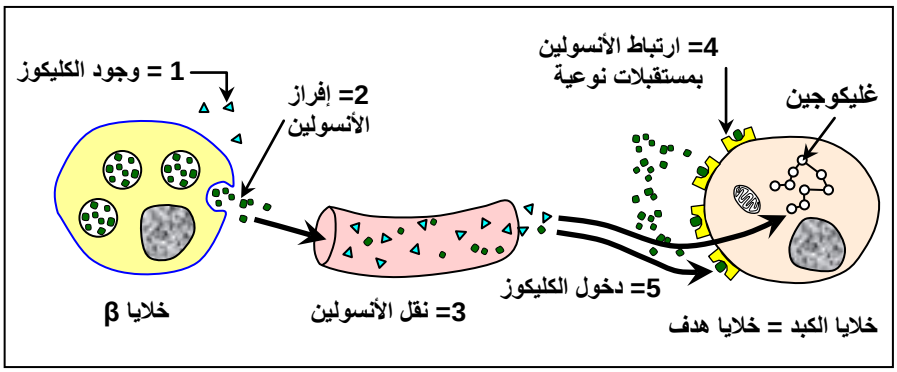
وهكذا فنسبة الكليكوز في الدم هي التي تحدث تحرير الأنسولين أو الكليكاكون، وبالتالي هي التي تنظم تحلون الدم. يتعلق الأمر إذن بتنظيم ذاتي L'autorégulation.

و – كيف تؤثر الهرمونات البنكرياسية على الخلايا الهدف؟

a – ملاحظات: أنظر الوثيقة 11

الوثيقة 11: تأثير الهرمونات البنكرياسية على الخلايا الهدف

عند حقن فأر بالأنسولين المشع، يلاحظ انتشار النشاط الإشعاعي حول الخلايا الكبدية والعضلية والودكية. وقد بينت تقنية التصوير الذاتي L'autoradiographie تثبيت الجزيئات المشعة على الأغشية الخلوية في مستوى جزيئات بروتينية تلعب دور المستقبلات النوعية.



تمثل الخطاطة أمامه أهم مراحل استجابة الخلية الهدف للرسالة الهرمونية

بالاعتماد على معطيات الوثيقة حدد تأثير الهرمونات البنكرياسية على الخلايا الهدف. تعرف مراحل استجابة الخلية الهدف للرسالة الهرمونية.

b – تحليل واستنتاج:

يتبين من معطيات الوثيقة أن للأنسولين مستقبلات نوعية على مستوى الغشاء السيتوبلازمي للخلايا الهدف. عندما يفرز هذا الهرمون من طرف الخلايا β لجزيرات Langerhans ينقل بواسطة الدم إلى مختلف أنحاء الجسم، إلا أنها لا تؤثر إلا على خلايا معينة كخلايا الكبد، وتسمى بذلك خلايا هدف. ويتم هذا التأثير حسب المراحل التالية:

① استقبال الرسالة الهرمونية (رسول أول): خلال هذه المرحلة يثبت الهرمون على مستقبلات غشائية نوعية توجد على غشاء الخلايا الهدف، فيتشكل المركب مستقبل – هرمون.

② ترجمة الرسالة الهرمونية: يؤدي تثبيت الهرمون على المستقبلات النوعية إلى ظهور رسول ثاني داخل الخلية الهدف.

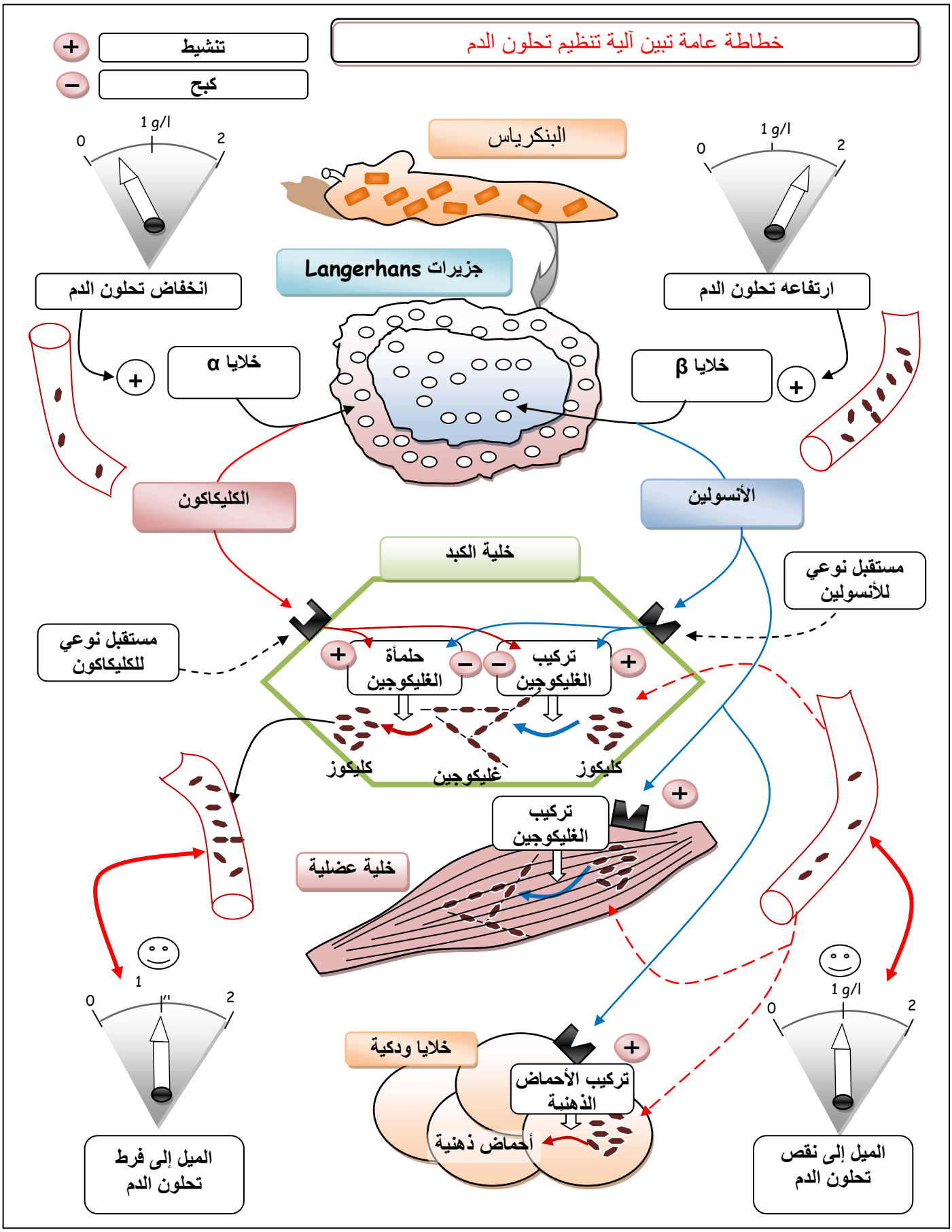
③ الاستجابة للرسالة الهرمونية: بعد ظهور الرسول الثاني داخل الخلية الهدف، تنشط أنزيمات محفزة لتفاعلات كيميائية حيوية. مثلا تحفيز الغليكوجينوجينيز وكبح الغليكوجينوليز في حالة الأنسولين.

III – خطاطة عامة تبين آلية تنظيم تحلون الدم أنظر الوثيقة 12

الوثيقة 12: آلية تنظيم تحلون الدم

تعطي الخطاطة التالية أهم مراحل تنظيم تحلون الدم.
أتمم عناصر هذه الخطاطة، ثم أبرز أن تنظيم تحلون الدم هو آلية فيزيولوجية تمكن من الحفاظ على أحد العوامل (فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية) عند حدود قيم معينة.

www.datasvt.com



يخضع تنظيم تحلون الدم لصنفين من الرسائل المتعارضة، إحداهما مخفضة لتركيز الكليكوز والثانية رافعة له. وثبات هذا التركيز مرتبط بتوازن هاتين الرسالتين. هكذا يتم تجديد هذا التوازن في كل لحظة بفضل استشعار أو التقاط معلومات حول نسبة الكليكوز الدموي. فنقول أن تنظيم تحلون الدم هو تنظيم ذاتي Autorégulation de la glycémie.

www.datasvt.com

الفصل الثاني: تنظيم الضغط الشرياني والحفاظ على التوازن المائي المعدني

مقدمة: يعد الضغط الشرياني La pression artérielle إحدى الثوابت البيولوجية القابلة للتنظيم عندما يتغير تحت تأثير مجموعة من العوامل. ففي الحالة العادية تتأرجح قيمته بين 9 cmHg و16 cmHg.
وتعتبر قيمة الضغط التنافذي للبلازما ثابتة فيزيولوجية ضرورية لضمان عمل الخلايا في ظروف عادية. وهي دالة على التوازن المائي المعدني للوسط الداخلي.

- **فما هي الآليات المسؤولة عن تنظيم الضغط الشرياني؟**
- **وكيف يتم الحفاظ على التوازن المائي المعدني للجسم؟**

I – الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت

① قياس الضغط الشرياني

أ – القياس المباشر للضغط الشرياني

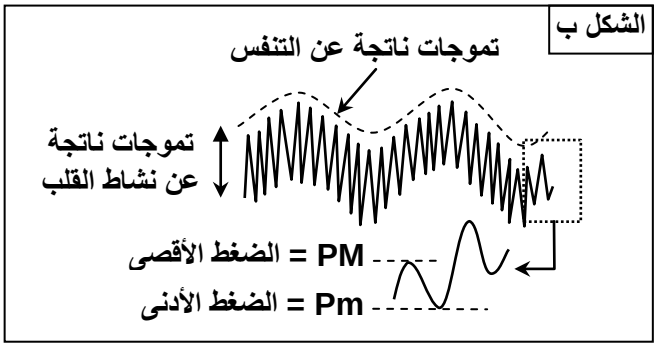
a – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 1

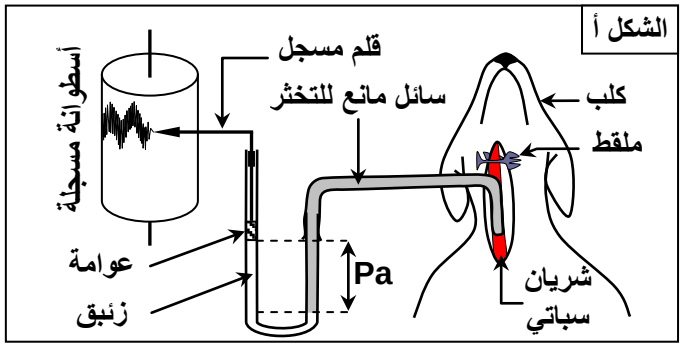
الوثيقة 1: القياس المباشر للضغط الشرياني La pression artérielle

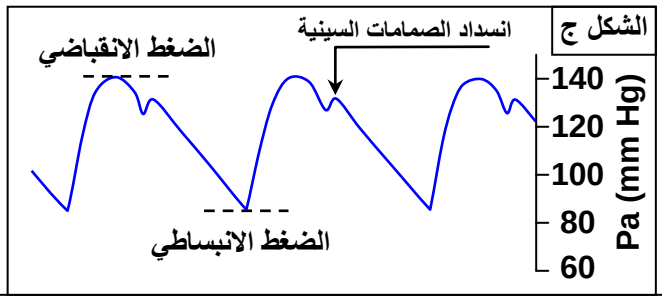
★ في سنة 1732 قطع الباحث الانجليزي Stephen Hales الشريان الفخذي لأنثى فرس ملقاة على ظهرها، ثم أوصل جزء الشريان المتصل بالقلب بأنبوب عمودي طوله 3 m، فلاحظ ارتفاع الدم في الأنبوب إلى مستوى 2.7m.

1) ماذا يمكنك استنتاجه من هذه الملاحظة؟

★ يبين الشكل أ طريقة القياس المباشر للضغط الشرياني عند الكلب، والشكل ب نتائج هذا القياس المباشر.







★ يعطي الشكل ج نتائج قياس الضغط الشرياني داخل الشريان الأبهر L'artère Aorte عند الإنسان عن طريق القسطرة Cathétérisme (إدخال مجس في الأبهر)

2) من خلال تسجيلات الشكلين ب و ج فسر تغيرات الضغط الشرياني الملاحظة.

b – تحليل واستنتاج

1) لقد لاحظ S.Hales أن الدم يرتفع في الأنبوب إلى مستوى 2.7m. نستنتج من هذه الملاحظة أن الدم يدور في الشرايين تحت ضغط معين، يفوق قيمة الضغط الجوي ويسمى الضغط الشرياني Pa.

2) يمكن قياس الضغط الشرياني مباشرة على مستوى الشرايين:

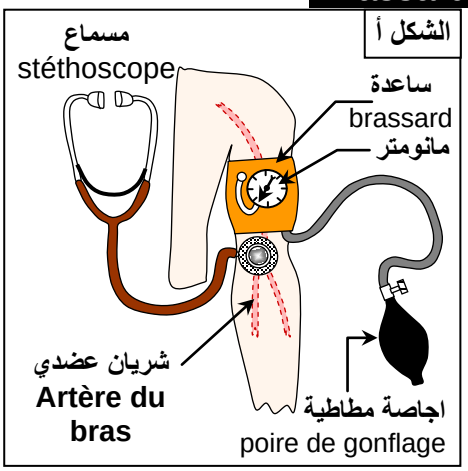
- ✓ **عند الكلب:** نلاحظ أن الضغط الشرياني المسجل يتأرجح بين قيمتين، قيمة دنيا (Pm) وقيمة قصوى (PM). وتتأثر هذه القيم جزئيا بالنشاط القلبي وبعملية التنفس.
- ✓ **عند الإنسان:** الضغط الشرياني كذلك يتأرجح بين قيمتين، قيمة دنيا (Pm) تمثل الضغط الانبساطي La pression diastolique وهي القيمة القصوى للضغط على مستوى الأبهر الناتج عن انقباض البطين الأيسر. وقيمة قصوى (PM) تمثل الضغط الانقباضي La pression systolique وهي القيمة الدنيا للضغط الشرياني في الأبهر الناتج عن الانبساط العام للقلب.

www.datasvt.com

ب – القياس غير المباشر للضغط الشرياني

a – استعمال الساعدة المطاطية: أنظر الوثيقة 2

الوثيقة 2: القياس غير المباشر للضغط الشرياني بواسطة الساعدة المطاطية Brassard

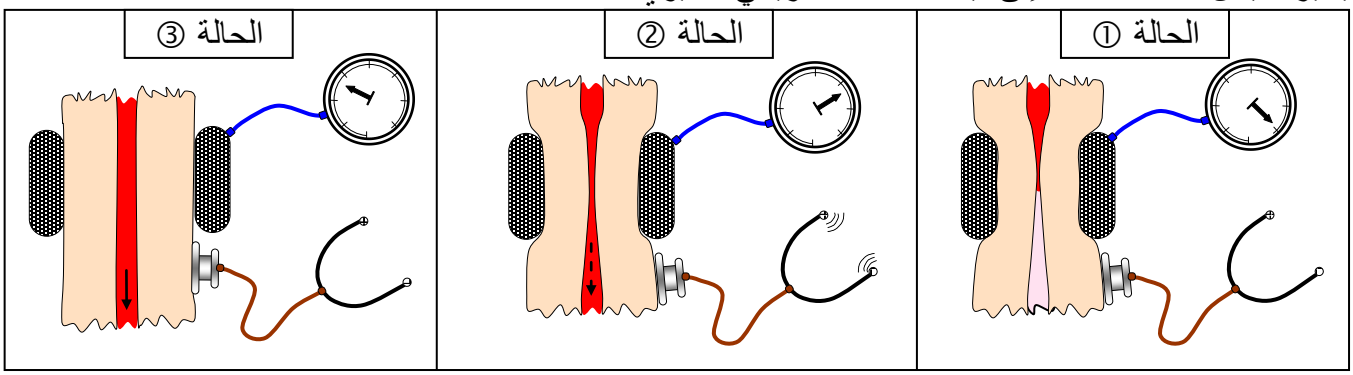


عند الإنسان يتم القياس غير المباشر للضغط الشرياني على مستوى الشريان العضدي بواسطة الساعدة والمسماع (الشكل أ). ويتم ذلك في ثلاث مراحل:

★ المرحلة ①: تنفخ الساعدة بواسطة اجاصة مطاطية ضاغطة للهواء إلى أن يتوقف جريان الدم في الشريان العضدي، وتختفي بذلك كل الأصوات في المسماع.

★ المرحلة ②: تفرغ الساعدة المطاطية تدريجيا من الهواء حتى سماع الأصوات المصاحبة لعودة جريان الدم، حينئذ نقرأ الضغط الشرياني القصوي مباشرة على مقياس الضغط Manomètre.

★ المرحلة ③: نستمر في إفراغ الساعدة إلى أن تختفي الأصوات نهائيا فيشير مقياس الضغط آنذاك إلى قيمة الضغط الشرياني الدنيوي.



اعتمادا على معطيات الوثيقة صف قياس الضغط الشرياني بواسطة الساعدة والمسماع، مع تفسير نتائج كل مرحلة.
أنجز المناولة على أحد التلاميذ واستنتج مجال تغير الضغط الشرياني عنده.

b – تحليل وتفسير:

★ في المرحلة ① بعد نفخ الساعدة يكون الضغط الموجه من الخارج على الشريان بواسطة الاجاصة أكبر من الضغط الشرياني الأقصى، الشيء الذي يفسر توقف دوران الدم بهذا الشريان واختفاء الأصوات المصاحبة له.

★ في المرحلة ② عند إفراغ الساعدة وفي اللحظة التي تظهر فيها الأصوات من جديد نتيجة جريان الدم من جديد، فهذا يعني أن الضغط الشرياني قارب الضغط الموجه من الخارج. حينئذ نسجل الضغط الشرياني القصوي.

★ في المرحلة ③ عند الاستمرار في إفراغ الساعدة، تختفي الأصوات رغم استمرار تدفق الدم. هذا يعني أصبح الضغط الشرياني تحت أدنى قيمة للضغط الخارجي. حينئذ نسجل قيمة الضغط الدنيا.

c – خلاصة:

يبين القياس غير المباشر للضغط الشرياني أن قيمته تتأرجح بانتظام بين قيمة دنيا (Pm = 9cmHg) وقيمة قصوى (PM=16cmHg). إلا أن هذه القيم تتأثر بشكل طفيف بمجموعة من العوامل، وسرعان ما تصحح مما يدل على أن الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت يخضع باستمرار لآلية تعمل على تنظيمه.

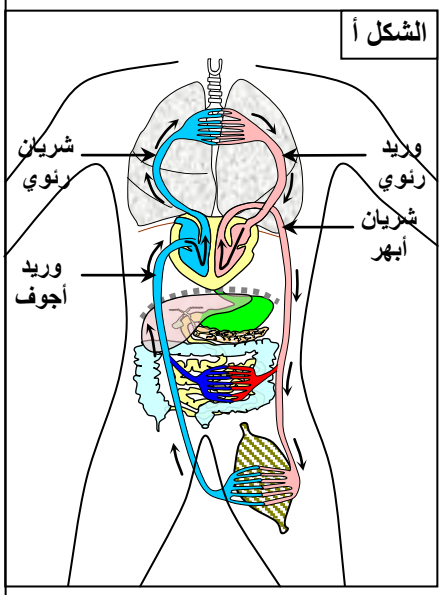
② تغيرات الضغط الشرياني

أ – بعض العوامل المؤثرة على الضغط الشرياني:

a – وثائق للاستثمار: أنظر الوثيقة 3

www.datasvt.com

الوثيقة 3: تغيرات الضغط الشرياني



لمعرفة بعض العوامل المسؤولة عن تغيرات الضغط نعطي الوثائق التالية:

★ الشكل أ: هو رسم تخطيطي مبسط للدورتان الدمويتان الصغرى والكبرى.

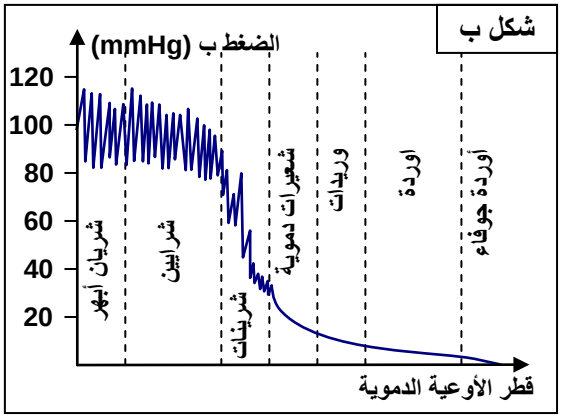
★ الشكل ب: تمثيل للضغط الشرياني في مختلف الأوعية الدموية للدورة العامة.

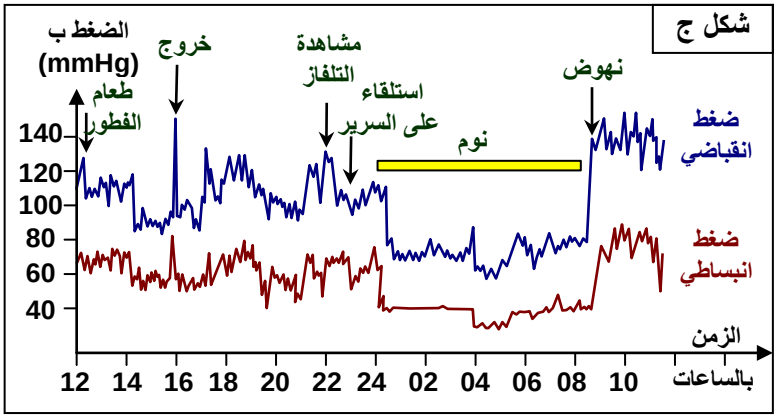
★ يعطي الجدول التالي القيم العادية للضغط الشرياني عند الإنسان حسب العمر:

العمر بالسنوات	الحدود القصوى للقيم العادية للضغط ب (cmHg)	
	القيم القصوى للضغط	القيم الدنيا للضغط
من 4 إلى 16	ما بين 10.5 و13	ما بين 7 و8
من 16 إلى 30	13	8
من 30 إلى 50	ما بين 14.5 و15.5	ما بين 9 و9.5
من 50 وما فوق	ما بين 16.5 و17.5	ما بين 10 و10.5

★ الشكل ج: تمثيل لتغيرات الضغط الشرياني عند إنسان بالغ خلال 24 ساعة.

من خلال تحليل معطيات هذه الوثائق استنتج العوامل المؤثرة في الضغط الشرياني.





b – تحليل واستنتاج:

★ إن الدم يدور في الأوعية الدموية تحت ضغط معين. ينطلق الدم دوريا من القلب ليعود إليه بعد مروره في الشرايين والشرينات والشعيرات الدموية والوريدات والأوردة، وتتكرر هذه الدورة (الكبرى والصغرى) بدون توقف وفي نفس الاتجاه.

★ كلما ابتعدنا عن القلب انخفضت قيمة الضغط الشرياني وذلك حسب طبيعة الأوعية الدموية (شرايين، شرينات، ...).

★ تتغير القيم القصوى والدنيا للضغط الشرياني عند الإنسان حسب الفئات العمرية، إذ ترتفع مع زيادة العمر.

★ تتغير قيمة الضغط الشرياني القصوى والدنيا عند الإنسان بالتوازي حسب الأنشطة اليومية، والانفعالات التي يتعرض لها. وأدنى قيمة للضغط تكون خلال النوم حيث يبذل أقل مجهود.

نستنتج من هذا التحليل أن تغيرات الضغط الشرياني ترتبط بعدة عوامل منها ما يرتبط ببنية وطبيعة الأوعية الدموية، ومنها ما يرتبط بنشاط القلب. فما العلاقة بين تغيرات الضغط الشرياني ونشاط القلب؟

ب – العلاقة بين الضغط الشرياني ونشاط القلب

a – وثائق للاستثمار: أنظر الوثيقة 4

www.datasvt.com

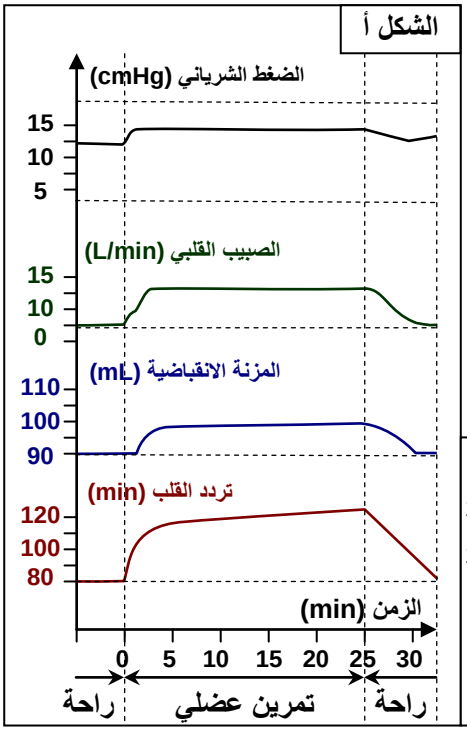
الوثيقة 4: العلاقة بين الضغط الشرياني ونشاط القلب

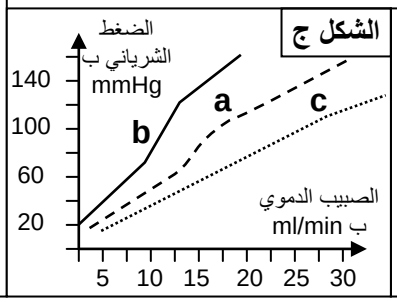
★ نسجل بانتظام عند شخص تردد القلب FC وصبيب القلب Q (حجم الدم الذي يمر من القلب خلال دقيقة واحدة)، والمزنة الانقباضية Vs (حجم الدم المدفوع من قبل البطين في كل انقباض)، والضغط الشرياني PA. وذلك في حالة راحة متبوعة بتمرين عضلي ذو شدة معتدلة وثابتة خلال عدة دقائق، والعودة لحالة الراحة.
تحول النتائج المحصلة إلى سلسلة من البيانات هي الممثلة على الشكل أ.

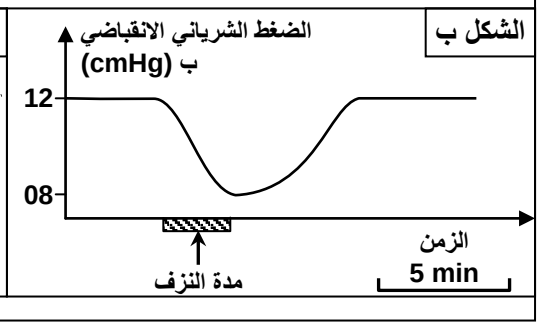
★ يعطي الشكل ب تغيرات متوسط الضغط الشرياني اثر نزف دموي.

★ يعطي الشكل ج تغيرات الضغط الشرياني حسب تغيرات الصبيب الدموي وقطر الشرينات: a: حالة عادية، b: حالة تضيق قطر الشرينات، c: حالة تمدد قطر الشرينات.

1) حلل المنحنيات واربط العلاقة بين نشاط القلب وتغير الضغط الشرياني.
2) انطلاقا من تحليل معطيات الوثيقة وضح أن الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت.







b – تحليل واستنتاج:

1) تحليل الوثائق:

★ الشكل أ: في حالة الراحة كل القيم المقاسة (FC، Vs، Q، وPA) تبقى ثابتة. مع بداية التمرين العضلي نلاحظ ارتفاعا في كل من التردد القلبي والمزنة الانقباضية والصبيب الدموي والضغط الشرياني، فتبقى ثابتة في قيمة قصوية طيلة مدة التمرين العضلي. مباشرة بعد نهاية التمرين تعود تدريجيا جميع العوامل إلى قيمها الأصلية.

★ الشكل ب: يؤدي النزيف مباشرة إلى انخفاض الضغط الشرياني، وبمجرد توقف النزيف يعود الضغط الشرياني إلى قيمته الأصلية.

★ الشكل ج: يؤدي تضيق العروق الدموية إلى ارتفاع مقاومتها لجريان الدم ومن تم ارتفاع الضغط الشرياني. في حين يؤدي تمددها إلى انخفاض المقاومة وبالتالي انخفاض الضغط الشرياني.

يتبين من هذه الملاحظات أن كل تغير في نشاط القلب ينتج عنه تغير في الضغط الشرياني. فارتفاع تردد القلب ينتج عنه ارتفاع المزنة الانقباضية وبالتالي ارتفاع صبيب القلب، الشيء الذي يؤدي إلى ارتفاع الضغط الشرياني. والعكس صحيح فانخفاض الصبيب القلبي ينتج عنه انخفاض الضغط الشرياني.

2) يتبين من هذه الملاحظات أن الضغط الشرياني يعود إلى قيمته الأصلية عند توقف كل العوامل المؤثرة عليه كالنشاط العضلي أو النزف أو الانفعال. وهكذا يمكن القول أن الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت.

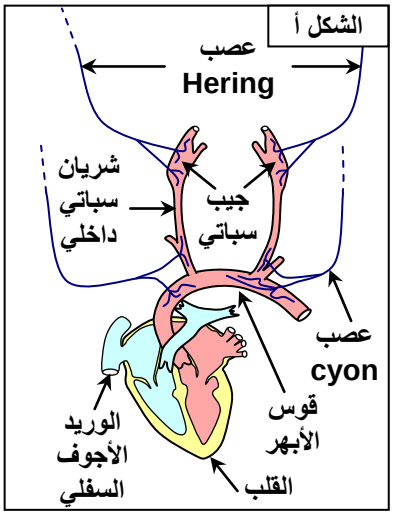
③ دور الجهاز العصبي في تنظيم الضغط الشرياني

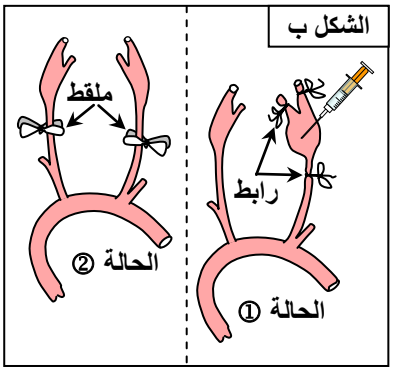
أ – الكشف عن مستقبلات الضغط الشرياني:

a – تجارب Hering (1924): أنظر الوثيقة 5

www.datasvt.com

الوثيقة 5: الكشف عن مستقبلات الضغط الشرياني





للكشف عن مناطق رصد تغيرات الضغط الشرياني نقوم بالتجارب التالية:
يعطي الشكل أ من الوثيقة رسم تخطيطي لتعصيب الشرايين المرتبطة بالقلب.

★ **التجربة 1:** عند قطع الأعصاب القلبية التي تربط القلب بالمراكز العصبية عند كلب ونجبره على الجري، يلاحظ انه يسقط منهكا خلال وقت وجيز ويبقى إيقاع قلبه ثابتا.

★ **التجربة 2:** بعد عزل الجيب السباتي عند حيوان بواسطة رابطات (الشكل ب) تم حقن سائل فيزيولوجي في المنطقة المعزولة للرفع من الضغط بداخلها، فلوحظ انخفاض في كل من التردد القلبي والضغط الشرياني في الجهاز الدوراني للحيوان.

★ **التجربة 3:** يؤدي ربط الشريانين السباتيين أسفل الجيب السباتي بواسطة ملقط (الشكل ب) إلى انخفاض الضغط في هذه المنطقة يترتب عليه تسارع في إيقاع القلب وارتفاع في الضغط الشرياني في الجهاز الدوراني للحيوان.

★ **التجربة 4:** تحتوي منطقة الجيب السباتي على نهايات عصبية تعصب الطبقة العضلية لجدار الشريان. يؤدي تهييج هذه الألياف العصبية إلى تبطيء تردد القلب. ويؤدي قطعها إلى تسريع تردد القلب. ولا ينتج عن تهييج الطرف المحيطي أي تأثير بينما يترتب على تهييج الطرف المركزي تبطيء لتردد القلب.

حلل المعطيات التجريبية وفسر دور الجيب السباتي واستنتج المعلومات التي تمكن من إبراز وجود مستقبلات الضغط في هذا الجيب السباتي.

b – تحليل واستنتاج:

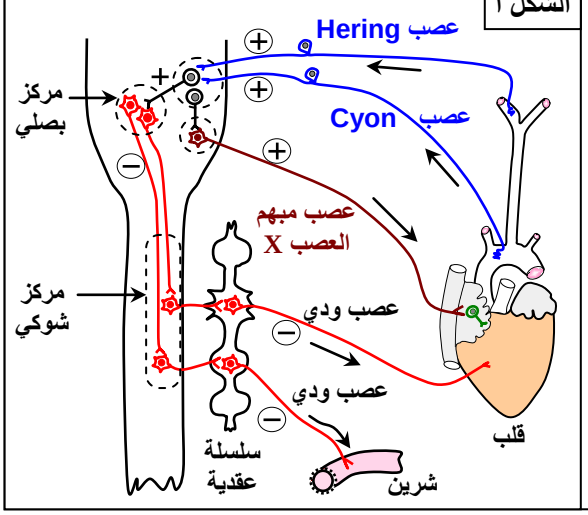
★ من خلال معطيات التجربة 1 يتبين أن الجهاز العصبي يتدخل في نشاط القلب ومن تم في تنظيم الضغط الشرياني.

★ من خلال معطيات التجربة 2 و3 و4 يتبين أن الجيب السباتي يحتوي على مستقبلات حساسة لتغيرات الضغط تسمى مستقبلات الضغط Les barorécepteurs، حيث انه كل ارتفاع في الضغط على مستوى الجيب السباتي يؤدي إلى انخفاض التردد القلبي وبالتالي انخفاض الضغط الشرياني وعودته إلى قيمته الأصلية، والعكس صحيح عند انخفاض الضغط على مستوى الجيب السباتي.
مستقبلات الضغط هذه هي عبارة عن نهايات عصبية تنتمي لأعصاب حسية هي عصبا Hering في مستوى الجيبين السباتيين، وعصبا Cyon في مستوى قوس الأبهر.

ب – دور الانعكاسات العصبية في تنظيم الضغط الشرياني:

a – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 6

الوثيقة 6: دور الانعكاسات العصبية في تنظيم الضغط الشرياني



للقلب تعصيب مزدوج ينتمي للجهاز العصبي الاعاشي Végétatif (= تسمى ذاتية وتوجد خارج الجهاز العصبي المركزي):

- ألياف عصبية لا ودية Parasympathique تتمركز أجسامها الخلوية بالبصلة السيسائية Bulbe rachidien. (عصب مبهم)
- ألياف عصبية ودية Orthosympathique تتمركز أجسامها الخلوية بعقد نجمية ترتبط بالمركز النخاعي.

للكشف عن دور هذه المراكز والأعصاب الودية والأعصاب اللاودية في تنظيم الضغط الشرياني نقترح التجارب التالية:
(أنظر الصفحة الموالية)

www.datasvt.com

★ تحديد دور المراكز العصبية والأعصاب في تنظيم الضغط الشرياني:

البنية	نتائج تهييجها	نتائج تخريبها أو قطعها
البصلة السيسائية البطنية	**- انخفاض تردد القلب. - توسيع الشرايين. - انخفاض الضغط الشرياني.**	**- ارتفاع تردد القلب. - ارتفاع الضغط الشرياني.**
البصلة السيسائية الجانبية والنخاع الشوكي	**- ارتفاع تردد القلب. - تضيق الشرايين. - ارتفاع الضغط الشرياني.**	**- انخفاض تردد القلب. - انخفاض الضغط الشرياني.**
اللاودي: العصب X.	**- انخفاض تردد القلب. - انخفاض الضغط الشرياني.**	**- ارتفاع تردد القلب. - ارتفاع الضغط الشرياني.**
الودي: العصب القلبي الودي المحرك	**- ارتفاع تردد القلب. - ارتفاع الضغط الشرياني.**	**- انخفاض تردد القلب. - انخفاض الضغط الشرياني.**

1) حلل المعطيات التجريبية واستنتج المراكز العصبية والأعصاب المتدخلة في تنظيم الضغط الشرياني مبينا دورها.

★ النشاط العصبي للألياف العصبية المرتبطة بالقلب وعلاقتها بنشاط القلب والأوعية الدموية.

نقوم بتسجيل السيالات العصبية في الألياف العصبية المرتبطة بالقلب والأوعية الدموية عند حيوان ثديي، اثر تغيرات الضغط الشرياني، كما نحدد تغيرات تردد القلب ومقاومة الأوعية الدموية.
النتائج مدونة على الجدول أمامه:

الضغط الشرياني ب mmHg	ضغط منخفض	ضغط عادي	ضغط مرتفع
			mmHg
رسالة عصبية موردة نحو القلب (العصب المبهم)			
رسالة عصبية موردة نحو القلب (العصب الودي)			
تردد القلب (bat/min)	↗	→	↘
رسالة عصبية متجهة نحو الأوعية الدموية (العصب الودي)			
مقاومة الأوعية الدموية	↗	→	↘

2) بين كيف تؤثر تغيرات الضغط الشرياني على نشاط مختلف المسالك العصبية.

3) بالاعتماد على كل ما سبق وضح كيف يتدخل الجهاز العصبي في تنظيم الضغط الشرياني.

b – تحليل واستنتاج:

1) نستنتج من تحليل المعطيات التجريبية أن هناك مركزين عصبيين يتحكمان في نشاط القلب وبالتالي الضغط الشرياني:
- مركز بصلي مبطئ للقلب اي مخفض للضغط الشرياني.
- مركز بصلي جانبي ومركز شوكي مسرع للقلب ومضيق للأوعية الدموية اي رافع للضغط الشرياني.

ويؤثر هذان المركزان العصبيان على نشاط القلب والأوعية الدموية بواسطة عصبات حركية تنطلق منهما لتعصب القلب وهي نوعان:
- ألياف العصب اللاودي (العصب الرئوي المعدي أو العصب X Nerf vague = Nerf pneumogastrique)، تتمركز أجسامها الخلوية بمركز البصلة السيسائية القلبي وتنقل سيالات عصبية كابحة لنشاط القلب.
- ألياف العصب الودي، تتمركز جل أجسامها الخلوية بالعقد النجمية وتنقل سيالات عصبية منبثقة من المركز النخاعي، منبهة لنشاط القلب ورافعة لمقاومة الأوعية الدموية.

2) يتبين من المعطيات التجريبية أن نشاط القلب يتغير مع تغير الضغط الشرياني:
- في حالة ارتفاع الضغط الشرياني يرتفع تردد جهود العمل على مستوى العصب المبهم بينما ينخفض هذا التردد على مستوى العصب الودي. كما ينخفض تردد القلب ومقاومة الأوعية الدموية.
- في حالة انخفاض الضغط الشرياني ينخفض تردد جهود العمل على مستوى العصب المبهم بينما يرتفع هذا التردد على مستوى العصب الودي. كما يرتفع تردد القلب ومقاومة الأوعية الدموية.

www.datasvt.com

3) انطلاقا من المعطيات السابقة يمكن القول أن تنظيم الضغط الشرياني هو عبارة عن فعل انعكاسي يتم بواسطة آليات لا إرادية سريعة، ويتم كما يلي:

- في حالة ارتفاع الضغط الشرياني يتم تهييج مستقبلات الضغط على مستوى الجيب السباتي وقوس الأبهر، لتصل سيالة عصبية حسية عبر أعصاب Hering وCyon إلى المركز البصلي المبطئ للقلب. يتم من جهة كبح المركز النخاعي المسرع للقلب والمضيق للشرايين، ومن جهة أخرى تنبعث سيالة عصبية نابذة عبر العصب المبهم نحو القلب لتخفض من نشاطه. وكنتيجة لهذا ينخفض التردد القلبي وتتوسع العروق الدموية ومن تم انخفاض الضغط الشرياني ليعود إلى قيمته الأصلية.

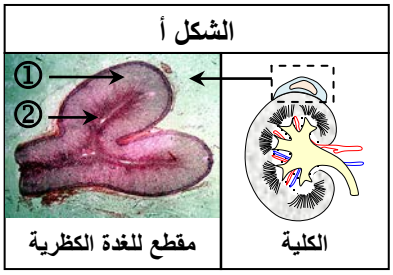
- في حالة انخفاض الضغط الشرياني لا يتم تهييج مستقبلات الضغط على مستوى الجيب السباتي وقوس الأبهر، ومن تم توقف نشاط أعصاب Hering وCyon، فيرفع الكبح عن المركز النخاعي المسرع للقلب والمضيق للشرايين، وتنبعث سيالة عصبية نابذة عبر الألياف العصبية الودية القلبية نحو القلب لترفع من نشاطه، وعبر الألياف العصبية الودية الشريانية نحو العروق الدموية لتضيقها. وكنتيجة لهذا يرتفع التردد القلبي وتتضيق العروق الدموية ومن تم ارتفاع الضغط الشرياني ليعود إلى قيمته الأصلية.

③ دور الهرمونات في تنظيم الضغط الشرياني

أ – التنظيم السريع للضغط الشرياني بواسطة الكاتيكولامينات: Catécholamine

a – وثائق ومعطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 7

الوثيقة 7: دور الكاتيكولامينات في تنظيم الضغط الشرياني

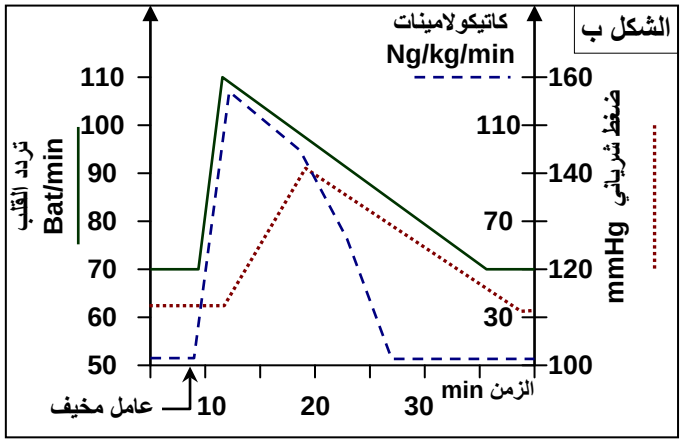


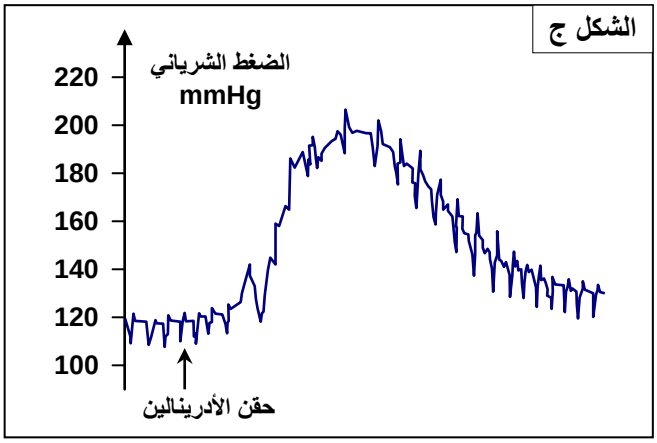
الأدرينالين adrénaline والنورادرينالين noradrénaline هرمونين ينتميان إلى مجموعة الكاتيكولامينات catécholamines، يفرزهما لب الغدة الكظرية في الدم، تحت تأثير الجهاز العصبي الودي.

★ يعطي الشكل أ رسم تخطيطي لمقطع للغدة الكظرية الموجودة فوق الكلية. وتتكون من جزء خارجي (①) يسمى قشرة الكظر Corticosurrénale، وجزء مركزي (②) يدعى لب الكظر Medullosurrénale

★ بينت تجارب أنجزت على حيوانات أن الانفعال يحدث ارتفاعا مفاجئا لإفراز مادة الأدرينالين من لدن غدة لب الكظر. ويبين الشكل ب من الوثيقة تسجيلات تردد القلب والضغط الشرياني وكمية الكاتيكولامينات البلازمية عند الإنسان في حالة الانفعال (الخوف مثلا).

★ بعد حقن الأدرينالين أو النورادرينالين لكلب سليم، نتتبع تغيرات الضغط الشرياني. النتائج المحصل عليها ممثلة على الشكل ج من الوثيقة.





انطلاقا من تحليل معطيات الوثيقة حدد تأثير الكاتيكولامينات (الأدرينالين مثلا) على نشاط القلب، والية تدخلها في تنظيم الضغط الشرياني.

www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

★ في حالة الانفعال كالخوف مثلا يلاحظ ارتفاع سريع في تردد القلب، يصاحبه ارتفاع إفراز الأدرينالين من طرف لب الكظر، ثم بعد فترة زمنية قصيرة يرتفع الضغط الشرياني. تصحح هذه الاضطرابات بعد عدة دقائق.

★ عند حقن الأدرينالين لكلب سليم يلاحظ ارتفاع مفاجئ للضغط الشرياني. وبعد مدة زمنية يصحح هذا الارتفاع.

يتبين من هذه المعطيات أن الكاتيكولامينات هي هرمونات مفرطة للضغط الشرياني إذ أنها تسرع القلب وبالتالي تؤثر على الصبيب القلبي، وتضيق الشرايين وبالتالي تؤثر على مقاومة جريان الدم.

ب – التنظيم المتوسط المدى للضغط الشرياني بواسطة الرينين - الأنجيوتانسين:

a – وثائق ومعطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 8

الوثيقة 8: دور نظام الرينين - أنجيوتانسين في تنظيم الضغط الشرياني

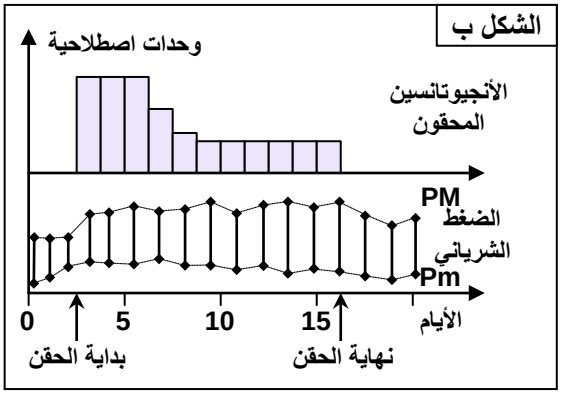
★ لوحظ عند شخص مصاب بفرط الضغط الشرياني انغلاق جزئي للشريان الكلوي الأيسر نتج عنه انخفاض كبير للضغط الدموي في الكلية اليسرى مصحوب بارتفاع مهم للضغط في الكلية اليمنى. يبين الجدول أمامه قياس تركيز الرينين (أنزيم تفرزه الكلية) في الدم الداخل والدم الخارج من كل كلية.

الشكل أ

تركيز الرينين في البلازما ب UA			
شخص مريض			شخص شاهد
كلية يمنى	كلية يسرى		
6	6	شريان كلوي (دم داخل)	4
6	12	وريد كلوي (دم خارج)	5

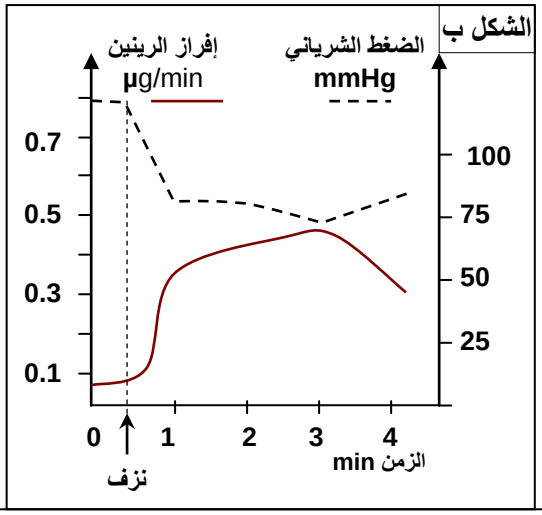
★ الأنجيوتانسين Angiotensine بروتين يفرز من طرف بعض الخلايا الكبدية على شكل بشير خامل يدعى الأنجيوتانسينوجين. يوجد هذا الأخير في البلازما بصفة دائمة، ولا يتحول إلى هرمون نشيط إلا بتواجد أنزيم الرينين Rénine المفرز من طرف الكليتين. خضع شخص عادي لتروية مطولة (عدة أيام) بالأنجيوتانسين، وتم عنده تتبع تغير قيمة الضغط الشرياني، ويلخص الشكل ب من الوثيقة النتائج المحصل عليها.

الشكل ب



1) حلل هذه الملاحظات السريرية، والمعطيات التجريبية واستنتج الآلية المتحكمة في إفراز الرينين وعلاقة هذا الأخير بتنظيم الضغط الشرياني.

الشكل ب



بعد استئصال الغدتين الكظريتين وإحدى كليتي كلب، وقطع الأعصاب المرتبطة بالكلية المتبقية، تم تتبع كل من كمية الرينين المفرزة من طرف الكلية المتبقية، وتغير الضغط الشرياني داخلها حسب الزمن قبل وبعد خضوع هذا الكلب لنزف دموي. يمثل مبيان الشكل ج من الوثيقة النتائج المحصل عليها.

2) انطلاقا من تحليل هذه المعطيات التجريبية حدد العامل المسؤول عن تنظيم إفراز الرينين من طرف الكلية.

b – تحليل واستنتاج:

1) يتبين من معطيات الشكل أ أن انخفاض الضغط في الشريانات الكلوية يحرض الكلية على إفراز الرينين في الدم، الشيء الذي يؤدي إلى ارتفاع الضغط الشرياني.
يتبين من معطيات الشكل ب أن حقن الأنجيوتانسين يؤدي إلى رفع قيمة الضغط الشرياني سواء منها القيمة الدنيا أو القصوى. وقد بينت الدراسات أن الأنجيوتانسين يسرع القلب ويضيق الشرايين وبذلك يرفع الضغط الشرياني.
نستخلص من هذه الملاحظات أن انخفاض الضغط الشرياني على مستوى الكلية يؤدي إلى إفراز الرينين في الدم حيث يقوم بتحويل الأنجيوتانسينوجين المفرز من قبل الكبد إلى أنجيوتانسين، هذا الأخير يعمل على زيادة ضغط الشرياني.

www.datasvt.com

2) يؤدي النزف إلى نقصان حجم الدم، فيصل الدم إلى الكليتين بضغط منخفض، يمثل هذا الضغط المنخفض منبها للكليتين فتفرزان أنزيم الرينين. نستنتج من هذا أن العامل المسؤول عن تنظيم إفراز الرينين هو تغير الضغط الشرياني على مستوى الشرينات الكلوية. وقد بينت دراسات أخرى أن ارتفاع تركيز Na^+ في البلازما أو ارتفاع الضغط الشرياني يحفز الكليتين على إفراز أنزيم الرينين.

ج – التنظيم الطويل المدى للضغط الشرياني:

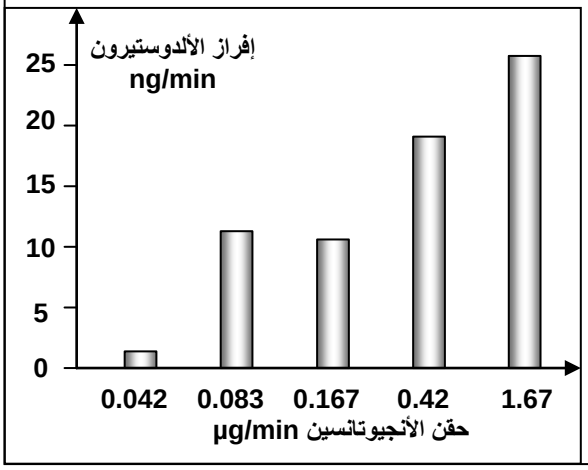
a – دور هرمون الألدوستيرون في تنظيم الضغط الشرياني: أنظر الوثيقة 9

الوثيقة 9: دور هرمون الألدوستيرون Aldostérone في تنظيم الضغط الشرياني

★ ينتج عن ورم في الغدة الكظرية فرط في الضغط الشرياني بسبب احتفاظ الجسم بكميات كبيرة من Na^+، وبالتالي الاحتفاظ بالماء، في حين يؤدي ضمور هذه الغدة، عند بعض المرضى، إلى انخفاض الضغط الشرياني الناتج عن طرح كميات كبيرة من Na^+ في البول، وبالتالي فقدان كميات مهمة من الماء.

★ يؤدي حقن حيوان مستأصل الغدة الكظرية بمستخلصات قشرة الكظر إلى انخفاض كبير في طرح Na^+ في البول، وقد بينت التحاليل أن المادة النشيطة في المستخلصات هي هرمون الألدوستيرون Aldostérone.

★ لوحظ عند حيوان ثديي خضع لنظام غذائي بدون Na^+ فرط في إفراز الألدوستيرون، وبالمقابل يسبب النظام الغذائي الغني بملح الطعام انخفاض في إفراز هذا الهرمون.



★ عند تروية الغدة الكظرية بمحاليل ذات تركيز ضعيف أو كبير ل NaCl لا يلاحظ أي تغيير في إفراز الألدوستيرون. وعند تروية الشرين المورد للكبيبة بمحلول NaCl المخفف يسيب إفراز الرينين المتبوع بإفراز الألدوستيرون.

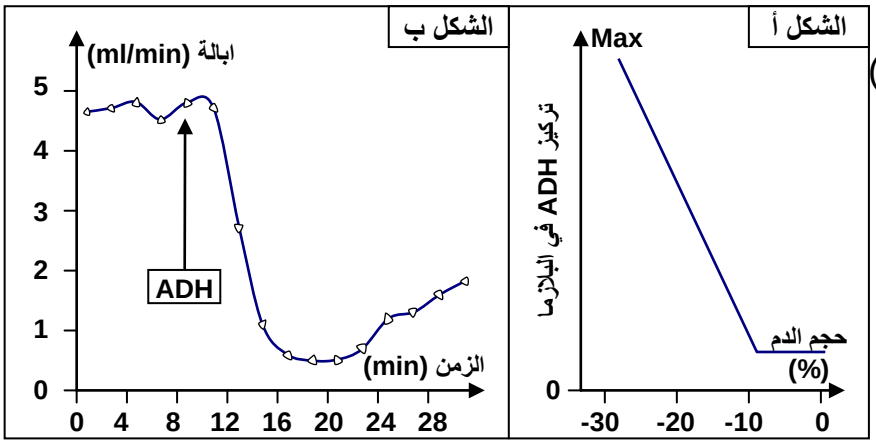
★ نتتبع عند كلب مستأصل الكليتين تغير إفراز الالدوستيرون من طرف قشرة الغدة الكظرية بعد حقن الأنجيوتانسين. يمثل المبيان أمامه النتائج المحصل عليها.

حلل المعطيات السريرية والتجريبية واستنتج آلية إفراز ودور الألدوستيرون في تنظيم الضغط الشرياني.

تتدخل القشرة الكظرية في تنظيم الضغط الشرياني عن طريق افراز هرمون الألدوستيرون، وهو الهرمون الذي يؤثر على الأنابيب الكلوية لاعادة امتصاص الصوديوم Na^+، ومن تم الاحتفاظ بالماء، مما يؤدي إلى زيادة حجم الدم، وبالتالي الزيادة في الضغط الشرياني.
ينشط وجود الأنجيوتانسين في الدم افراز الألدوستيرون.

b – دور هرمون ADH في تنظيم الضغط الشرياني أنظر الوثيقة 10

الوثيقة 9: دور هرمون ADH (Anti-Diuritic-Hormon) في تنظيم الضغط الشرياني



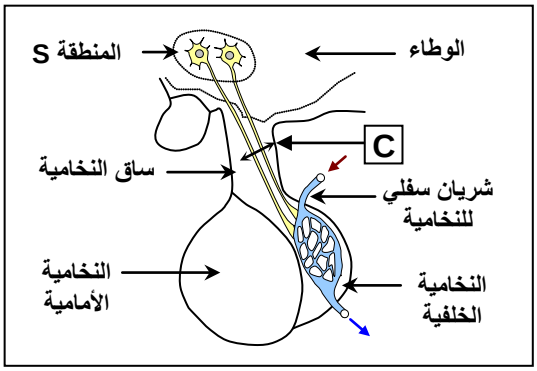
★ قصد الكشف عن دور هرمون ADH (هرمون مضاد الابالة Antidiuritique) في تنظيم الضغط الشرياني، أجري عند كلب قياس كل من تركيز ADH وحجم البول المطروح، ويبين الشكلان أ وب النتائج المحصل عليها.

- الشكل أ: تغير تركيز هرمون ADH في الدم بدلالة تغير نسبة حجم الدم.
- الشكل ب: تغير الابالة على اثر الحقن الضموريدي بهرمون ADH.

www.datasvt.com

★ قصد الكشف عن مصدر هرمون ADH وعن مراحل تدخله في تنظيم الضغط الشرياني، تم عند الكلب، القيام بالتجارب الممثلة في الجدول التالي:

التجربة	النتائج
اهاجة المنطقة S من الوطاء (مركز اندماجي)	**- انخفاض طرح البول.** **- ارتفاع نسبة ADH في الدم الوريدي للنخامية.**
قطع الألياف في مستوى C ثم تهييج المنطقة S	**- ارتفاع طرح البول.** **- انعدام ADH في الدم الوريدي للنخامية.**
استئصال النخامية الخلفية	**- ارتفاع حجم البول المطروح**
عزل الكلية وحقنها بمستخلصات النخامية الخلفية	**- نقص في حجم البول المطروح.**



انطلاقا من تحليلك لمعطيات الوثيقة:

- أبرز العلاقة الموجودة بين تركيز ADH وتغير حجم الدم. ثم حدد تأثير حقن ADH على حجم البول المطروح.
- حدد مصدر ADH والبنيات الشراحية المتدخلة في تنظيم حجم البول المطروح.
- استنتج دور ADH في تنظيم الضغط الشرياني.

- تحفيز الغدة النخامية الخلفية لافراز فاسوبريسين (هرمون المضاد للابالة ADH) الذي يؤثر أيضا على الكليتين لاعادة امتصاص الماء، مما يؤدي إلى زيادة حجم الدم اي الصبيب الدموي،ويضيق الاوعية الدموية وبالتالي الزيادة في الضغط الشرياني.

معالجة ارتفاع الضغط الشرياني عن طريق كبح نظام الرينين ـ الأنجيوتانسين

4 ـ خلاصة:

يتم تنظيم الضغط الشرياني بواسطة أعضاء مختلفة بينها تواصل عصبي ـ هرموني أي اندماج الاليات العصبية والهرمونية.

تتدخل في البداية الاليات العصبية السريعة وفي حالة استمرار انخفاض الضغط تتدخل الاليات الهرمونية لتكمل عمل الجهاز العصبي.

تتدخل كل هذه الاليات اما بتسريع القلب او تضييق الأوعية الدموية او الزيادة في حجم الدم.

www.datasvt.com

الوحدة الرابعة:

الاندماج العصب الهرموني

مقدمة

تتواصل الخلايا فيما بينها بفضل تدخل كل من الجهازين العصبي والهرموني:

- يتمثل التواصل العصبي في نقل الرسائل العصبية، عبر الخلايا العصبية، نحو الأعضاء المنفذة. ويتميز الجهاز العصبي برد فعل سريع، يمكن الجسم من التكيف مع الظروف الجديدة.
- يتمثل التواصل الهرموني في تدخل الغدد الصماء المفرزة للهرمونات وانتشار الرسالة الهرمونية بواسطة الدم وتأثيرها النوعي على الخلايا الهدف. ويتميز بتدخل متأخر، إلا أنه ذو فعالية أقوى ومستديمة تضمن تنظيما للمتغيرات البيولوجية الأساسية.

وبفضل وجود تكامل وظيفي بين هذين الجهازين يعمل جسم الإنسان على التنظيم الذاتي لوظائفه الحيوية. ومن بين مظاهر هذا التنظيم، التي يتجلى فيها تدخل كل من الجهازين العصبي والهرموني، هناك تنظيم الهرمونات الجنسية والضغط الشرياني والحفاظ على التوازن المائي المعدني.

1) فكيف يتم تنظيم هذه الوظائف الحيوية؟
2) وما مظاهر التكامل الوظيفي بين التواصل العصبي والتواصل الهرموني؟

www.datasvt.com

الفصل الأول: تنظيم وظيفة التوالد عند الإنسان

مقدمة: تلعب التواصلات الهرمونية والعصبية دورا أساسيا في تنظيم وظيفة التوالد عند الإنسان.

فكيف يحصل الاندماج بين الجهازين العصبي والهرموني لتحقيق وتنظيم وظيفة التوالد؟

I – فيزيولوجية الجهاز التناسلي عند الرجل

① الكشف عن دور الخصية في الوظيفة الجنسية عند الرجل

أ – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 1

الوثيقة 1: الكشف عن الدور المزدوج للخصية

★ ملاحظات سريرية:

- يظهر عند الأولاد في طور البلوغ عدد من التغيرات المرفولوجية والفيزيولوجية منها:نمو الأعضاء التناسلية، بداية عمل الخصيتين (قذف المني)، ظهور صفات جنسية ثانوية كشعر الإبطين والعانة.
- يعتبر بقاء الخصيتين داخل تجويف البطن بعد الولادة شذوذا خلقيا يدعى اختفاء الخصية، بحيث لا تنزل إلى مكانها الطبيعي وهو كيس الصفن. إذا لم تتم معالجة الوضعية قبل البلوغ فان الشخص خفي الخصية يبقى عقيما، لكنه يظهر صفات جنسية ثانوية عادية.
- يؤدي استئصال الخصيتين لأسباب طبية عند بعض الأطفال قبل سن البلوغ إلى العقم واختفاء الصفات الجنسية الثانوية الذكرية.
- يؤدي الخصي ثنائي الجانبين عند شخص بالغ إلى توقف إنتاج الحيوانات المنوية، وضمور الغدد الملحقة وتراجع الصفات الجنسية الثانوية.

1) انطلاقا من تحليل هذه الملاحظات، بين العضو الذي يتحكم في إنتاج الأمشاج وظهور الصفات الجنسية الثانوية.

★ تجارب: قصد تحديد دور الخصية بعد البلوغ أنجزت التجارب المبينة في الجدول التالي:

	التجارب	النتائج	استنتاج
①	استئصال الخصيتين عند فأر بالغ عادي	- عقم - تراجع الصفات الجنسية الثانوية. - توقف نمو الأعضاء التناسلية. - غياب الغريزة الجنسية.	الخصيتان مسئولتان عن إنتاج الحيوانات المنوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية.
②	حقن مستخلصات الخصية في دم فأر خصي.	- يبقى الفأر عقيما. - عودة الصفات الجنسية الثانوية.	تؤثر الخصية في ظهور الصفات الجنسية الثانوية عن طريق إفراز مواد كيميائية.
③	استئصال الخصيتين عند فأر عادي وزرعها في مكان أخر من الجسم	- يبقى الفأر عقيما - عودة الصفات الجنسية الثانوية.	تنتقل المادة المفرزة من طرف الخصية إلى الخلايا الهدف بواسطة الدم و بالتالي فهي هرمون.
④	حقن فأر مستأصل الخصيتين بهرمون التيستوسترون Testostérone	استرجاع الصفات الجنسية الثانوية مع بقاء العقم	الخصية تفرز هرمون التستوسترون وهو المسؤول عن ظهور وبقاء الصفات الجنسية الثانوية.

2) حلل هذه النتائج التجريبية وأعط الاستنتاج الخاص بكل تجربة، ثم استنتج دور الخصية في الوظيفة الجنسية عند الرجل، وكيف تؤثر في الصفات الجنسية الثانوية؟

ب – تحليل واستنتاج:

1) يتبين من الملاحظات السريرية أن الخصيتين ضروريتين لإنتاج الأمشاج الذكرية، وظهور واستمرار الصفات الجنسية الثانوية.

www.datasvt.com

2) أنظر الاستنتاجات على جدول الوثيقة.
نستنتج من هذه المعطيات التجريبية أن للخصية وظيفتين أساسيتين:

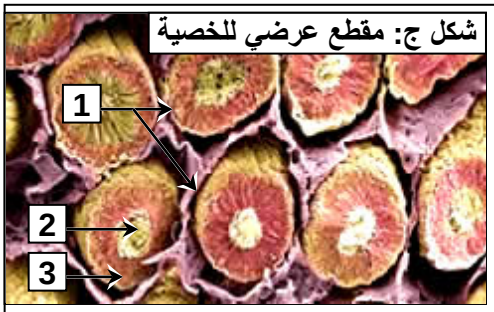
- تشكل الأمشاج الذكرية (الانطاف).
- إفراز التستوسترون المسؤول عن نمو الصفات الجنسية الأولية، وظهور وبقاء الصفات الجنسية الثانوية.

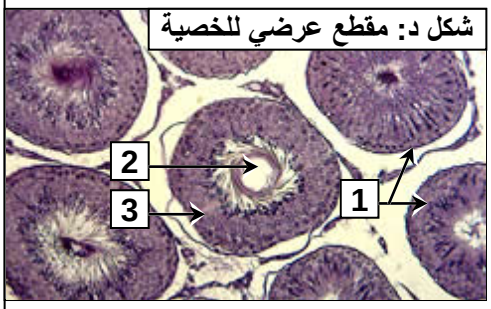
② البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الذكرية وإفراز التستوستيرون:

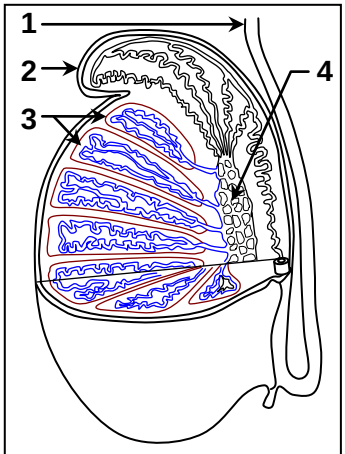
أ – البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الذكرية:

a – معطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 2

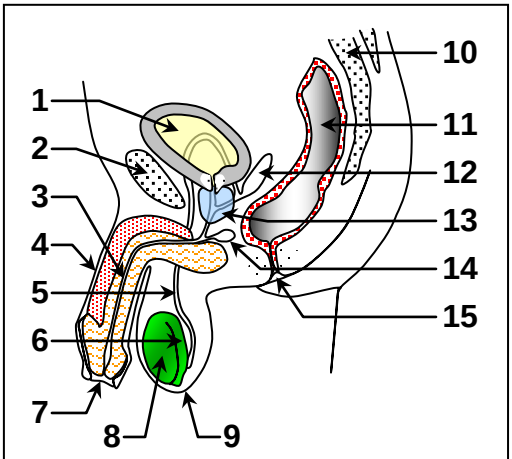
الوثيقة 2: البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج عند الرجل





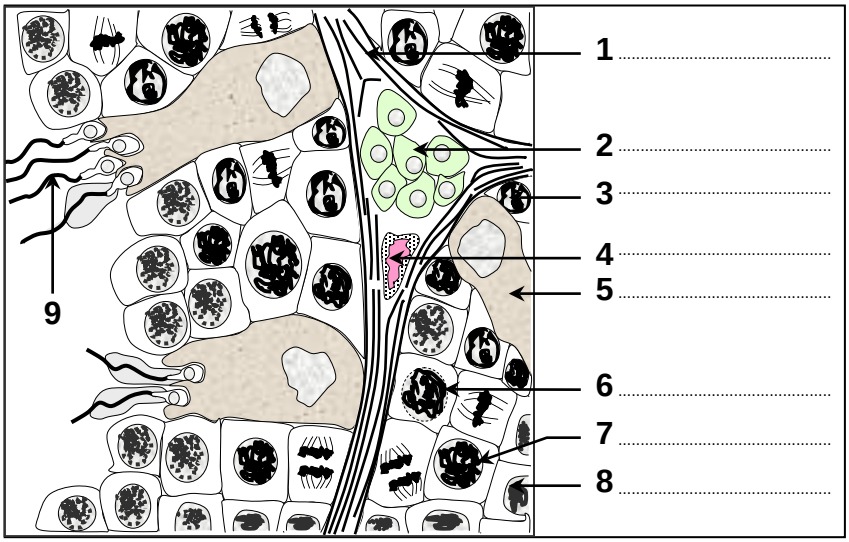


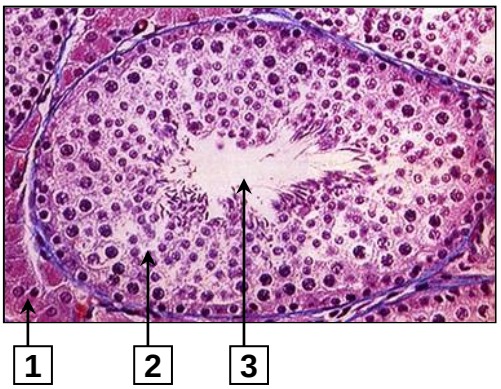
شكل ب: رسم تخطيطي لمقطع طولي للخصية



شكل أ: رسم تخطيطي لمقطع طولي للجهاز التناسلي عند الرجل

الشكل ه: مقطع عرضي لأنبوب منوي (الصورة أسفله) مع رسم تفسيري لجزء من هذا المقطع (الرسم أمامه).





اعتمادا على ملاحظتك لأشكال الوثيقة ومعارفك، أعط أسماء العناصر المرقمة على الوثيقة. ثم صف البنيات المسؤولة عن تشكل الأمشاج عند الرجل.

b – تحليل واستنتاج:

★ الأسماء المناسبة لعناصر الوثيقة:

• الشكل أ: رسم تخطيطي لمقطع طولي للجهاز التناسلي عند الرجل.
1 = مثانة ، 2 = عظم العانة، 3 = احليل، 4 = قضيب، 5 = قناة ناقلة، 6 = بربخ،
7 = قناة بولية تناسلية، 8 = خصية، 9 = كيس الصفن، 10 = عمود فقري، 11 = مستقيم،
12 = حويصلة منوية، 13 = موثة = بروستات، 14 = غدة كوبر، 15 = شرج.

www.datasvt.com

- الشكل ب: رسم تخطيطي لمقطع طولي للخصية
1 = قناة ناقلة، 2 = بربخ، 3 = فصيصات، 4 = شبكة الخصية.

- الشكل ج والشكل د: مقطع عرضي للخصية
1 = أنابيب منوية، 2 = جوف الأنبوب المنوي، 3 = جدار الأنبوب المنوي.

- الشكل ه: مقطع عرضي لأنبوب منوي
1 = خلايا بيفرجية أو خلايا Leydig ، 2 = جدار الأنبوب المنوي ، 3 = جوف الأنبوب المنوي.
رسم تخطيطي لمقطع عرضي لأنبوب منوي
1 = غلاف ضام، 2 = خلايا بيفرجية (خلايا Leydig)، 3 = منسلية منوية، 4 = شعيرة دموية،
5 = خلية Sertoli، 6 = خلية منوية من الرتبة الأولى، 7 = خلية منوية من الرتبة الثانية،
8 = منوية، 9 = حيوان منوي.

★ وصف البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج عند الرجل:

نلاحظ أن الجهاز التناسلي عند الرجل يظهر بالإضافة للخصيتين:
- ✓ غدد ملحقة (حويصلتين منويتين + الموثة + غدد cowper).
- ✓ مسالك تناسلية (القنوات الناقلة والقناة القاذفة والاحليل).
- ✓ العضو التناسلي (القضيب).

نلاحظ أن الخصية تظهر مجموعة من الفصوص، كل فص يتضمن مجموعة من الأنابيب المنوية إضافة إلى قنوات (قناة بربخية وقناة ناقلة).

نلاحظ أن كل أنبوب يشتمل على جزأين أساسيين: جزء مركزي يشكل جوف الأنبوب المنوي، وجز محيطي جد محبب يشكل جدار الأنبوب.
ولتحديد طبيعة الحبيبات الملاحظة على جدار الأنابيب نركز الملاحظة على المنطقة الجدارية لكن بتغيير سلم التكبير المجهري: يتضح من هذه الملاحظة أن الحبيبات عبارة عن نوى خلايا بعضها في طور الانقسام، وأن مركز الأنبوب يحتوي على حيوانات منوية. أما النسيج المتواجد بين الأنابيب المنوية أي الوسط البيفرجي فيظهر نوع أخر من الخلايا يعرف بالخلايا البيفرجية (خلايا Leydig).

إن وجود حيوانات منوية في تجويف الأنبوب المنوي، ووجود خلايا في طور الانقسام على مستوى المنطقة الجدارية، يعني أن تشكل الأمشاج يتم على مستوى الأنابيب انطلاقا من خلايا جداريه في اتجاه مركز الأنبوب.

أ – البنيات المسؤولة عن إفراز الهرمونات عند الرجل:

a – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 3

الوثيقة 3: البنيات المسؤولة عن إفراز الهرمونات عند الرجل

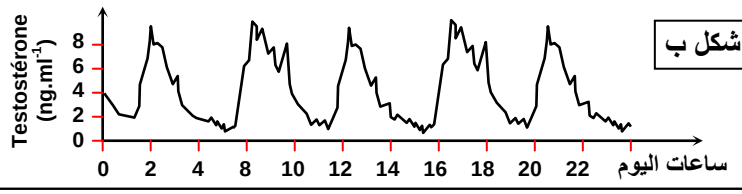
لمعرفة دور بعض العناصر المكونة للخصية، تم إنجاز التجارب المبينة على الجدول أمامه:

شكل أ	التجارب	النتائج	استنتاج
①	تخريب خلايا Leydig بواسطة إشعاعات عند الفأر.	عدم تشكل الحيوانات المنوية. ضمور الصفات الجنسية الثانوية.	؟
②	حقن الفأر السابق بمستخلصات الخصية.	استرجاع الفأر لحالته الطبيعية	؟
③	تخريب خلايا Leydig وحقن الفأر بهرمون التيستوسترون المشع.	تشكل أمشاج ذكرية مع ظهور نشاط إشعاعي على خلايا جدار الأنبوب المنوي.	؟

1) حلل هذه المعطيات ثم استخرج مصدر ودور هرمون التيستوسترون.

يعطي مبيان الشكل ب نتائج معايرة تركيز هرمون التيستوسترون المفرز من طرف الخصية في جسم خروف خلال 24 ساعة.

شكل ب



2) صف كيفية إفراز التيستوسترون، علما أن إفراز هذا الهرمون عند الإنسان يتم بنفس الطريقة، إلا أنه غير خاضع لتغيرات مرتبطة بفصول السنة.

www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

1) الاستنتاج الخاص بكل تجربة:
التجربة ① : لخلايا Leydig دور في تشكل الأمشاج الذكرية وبقاء الصفات الجنسية الثانوية عند الذكر.
التجربة ② : تؤثر خلايا Leydig بواسطة هرمونات.
التجربة ③ : تؤثر خلايا Leydig بواسطة هرمون التيستوسترون.
نستنتج من هذه المعطيات أن التيستوسترون يفرز من طرف Leydig، فيؤدي إلى ظهور وبقاء الصفات الجنسية الثانوية. كما يحفز عملية الانطاف.

2) لا يتم إفراز التيستوسترون في الدم بشكل قار، بل يتم على شكل "نبضات" حيث تمثل كل نبضة تفريغا قويا وسريعا للهرمون في الدم (تدوم بضع دقائق)، وبذلك يتأرجح تركيز التيستوسترون في الدم باستمرار بين 0.5 mg/ml و9 ng/ml.

II – فيزيولوجية الجهاز التناسلي عند المرأة

① الكشف عن دور المبيض في الوظيفة الجنسية عند المرأة

أ – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 4

الوثيقة 4: الكشف عن دور المبيض في الوظيفة الجنسية عند المرأة

★ ملاحظات سريرية:
عند سن البلوغ يعرف جسم المرأة تغيرات مهمة منها: بداية إنتاج الأمشاج، نمو الثديين، ظهور الطمث أو الحيض بشكل دوري، ظهور شعر العانة والإبطين. تسمى هذه الصفات المرافقة لسن البلوغ بالصفات الجنسية الثانوية.
يؤدي الاستئصال الجراحي للمبيضين عند المرأة لأسباب طبية إلى العقم واختفاء الحيض وتراجع الصفات الجنسية الثانوية.

1) انطلاقا من تحليل هذه الملاحظات، بين العضو الذي يتحكم في إنتاج الأمشاج وظهور الصفات الجنسية الثانوية.

★ تجارب: قصد تحديد دور المبيض عند الأنثى بعد البلوغ أنجزت التجارب المبينة في الجدول التالي:

	التجارب	النتائج	استنتاج
①	استئصال المبيضين عند فأرة عادية قبل البلوغ	- عقم - توقف نمو الأعضاء التناسلية. - عدم ظهور الصفات الجنسية الثانوية كنمو الغدد الثديية وغياب الغريزة الجنسية.	المبيضين مسئولين عن إنتاج الأمشاج الأنثوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية.
②	استئصال المبيضين عند فأرة عادية بعد البلوغ	- تراجع الأعضاء التناسلية وعقم. - ضمور الصفات الجنسية الثانوية. - اختفاء الغريزة الجنسية.	المبيضين مسئولين عن بقاء الصفات الجنسية الثانوية.
③	استئصال المبيضين عند فأرة عادية وزرع قطعة مبيض في مكان أخر من الجسم أو حقنها بمستخلصات المبيض	- تبقى الفأرة عقيمة. - اختفاء الاضطرابات الناجمة عن استئصال المبيضين.	يؤثر المبيض في ظهور وبقاء الصفات الجنسية عن طريق مواد كيميائية تفرز في الدم، هي إذن عبارة عن هرمونات.

2) حلل هذه النتائج التجريبية وأعط الاستنتاج الخاص بكل تجربة، ثم استنتج دور المبيض في الوظيفة الجنسية عند المرأة، وكيف تؤثر في الصفات الجنسية الثانوية؟

ب – تحليل واستنتاج:

1) يتبين من الملاحظات السريرية أن المبيضين ضروريين لنمو الأعضاء التناسلية وإنتاج الأمشاج الأنثوية، وظهور واستمرار الصفات الجنسية.

www.datasvt.com

2) الاستنتاجات الخاصة بكل تجربة: أنظر جدول الوثيقة 4.
نستنتج من تحليل المعطيات التجريبية أن للمبيضين وظيفتين أساسيتين:

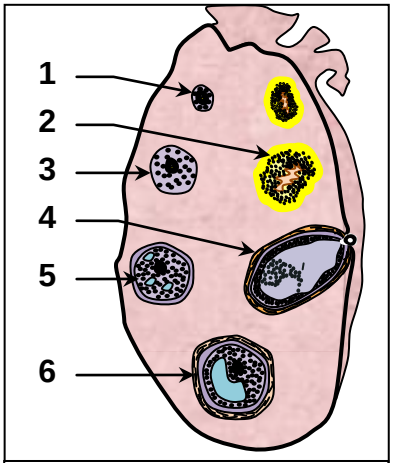
- تشكل الأمشاج الأنثوية.
- إفراز الهرمونات المسؤولة عن نمو الصفات الجنسية الأولية، وظهور وبقاء الصفات الجنسية الثانوية.

② الإنتاج الدوري للأمشاج الأنثوية والهرمونات المبيضية:

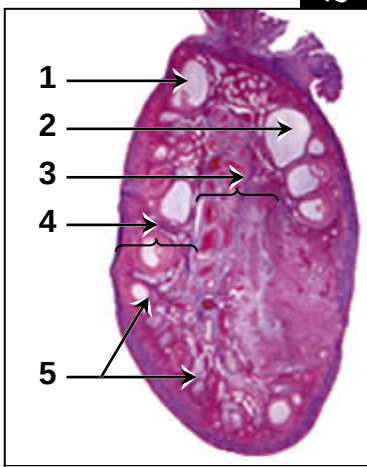
أ – البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الأنثوية:

a – معطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 5

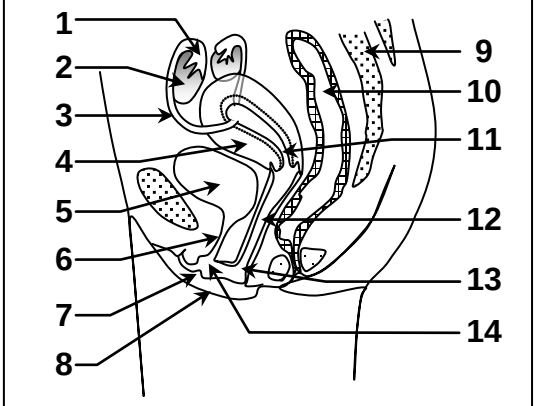
الوثيقة 5: البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الأنثوية



شكل ج: رسم تخطيطي تفسيري للمقطع الطولي للمبيض عند المرأة



شكل ب: ملاحظة مجهرية لمقطع طولي للمبيض عند المرأة



شكل أ: رسم تخطيطي لمقطع طولي للجهاز التناسلي عند المرأة

اعتمادا على ملاحظتك لأشكال الوثيقة ومعارفك، أعط أسماء العناصر المرقمة على الوثيقة. ثم صف البنيات المسؤولة عن تشكل الأمشاج عند المرأة، علما أن المرأة تنتج مشيجا واحدا كل 28 يوما في المتوسط محاطا بخلايا جريبية.

b – تحليل واستنتاج:

★ الأسماء المناسبة لعناصر الوثيقة:

- الشكل أ: رسم تخطيطي لمقطع طولي للجهاز التناسلي عند المرأة.
  1 = صيوان ، 2 = مبيض، 3 = خرطوم، 4 = رحم، 5 = مثانة، 6 = احليل،
  7 = شفة صغيرة، 8 = شفة كبيرة، 9 = عمود فقري، 10 = مستقيم، 11 = عنق الرحم،
  12 = مهبل، 13 = فتحة تناسلية، 14 = فتحة بولية.

- الشكل ب: ملاحظة مجهرية لمقطع طولي للمبيض.
  1 = جريب ناضج، 2 = جسم أصفر، 3 = منطقة لبية، 4 = منطقة قشرية، 5 = جريبات.

- الشكل ج: رسم تخطيطي للملاحظة المجهرية لمقطع طولي للمبيض.
  1 = جريب أصلي، 2 = جسم أصفر، 3 = جريب ابتدائي، 4 = جريب ناضج De Dégrafe،
  5 = جريب ثانوي، 6 = جريب ثلاثي.

★ وصف البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الأنثوية:

- نلاحظ أن الجهاز التناسلي عند المرأة يظهر بالإضافة للمبيضين (مناسل أنثوية):
  - ✓ غدد تناسلية (غدد بارثولين Glandes de Bartholin).
  - ✓ مسالك تناسلية (تتشكل من المهبل وعنق الرحم والرحم والخرطوم والصوان).
  - ✓ العضو التناسلي (الفرج).

www.datasvt.com

نلاحظ أن المبيض محاط كليا بجدار ويظهر منطقتين : منطقة قشرية ومنطقة لبية، حيث تظهر المنطقة القشرية عناصر متعددة مختلفة القد، بعضها يظهر تجويفات، تنعت هذه العناصر بالجريبات. أحد هذه الجريبات قام بتحرير مشيج مباشرة عبر جدار المبيض.
الانتقال من الجريب الأصلي إلى الجريب الناضج يتم تدريجيا ويتميز بازدياد حجم الجريب ومعه حجم الخلية البيضية.
بعد نضج الجريب، يضغط على جدار المبيض ويحرر المشيج الأنثوي. يشكل هذا ظاهرة الإباضة. بعد ذلك يتحول إلى الجسم الأصفر.

ما يمكن استنتاجه من هذه الملاحظة هو أن:

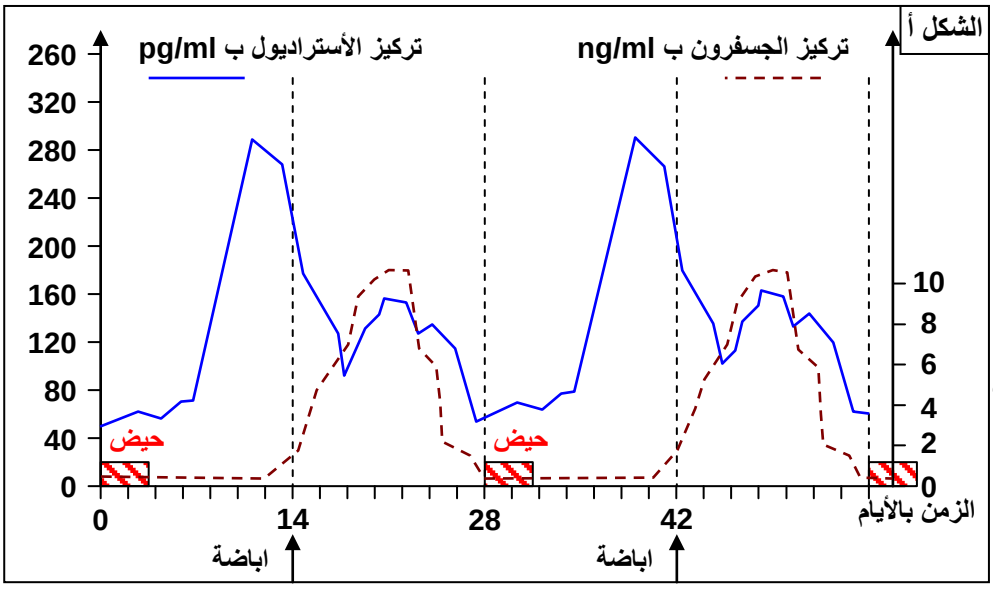
- البنيات النسيجية الأساسية في المبيض هي الجريبات مما يعني أنها مسؤولة عن إنتاج الأمشاج الأنثوية.
- إنتاج الأمشاج الأنثوية يتم بشكل دوري (واحد كل 28 يوم في المتوسط). لذلك نتكلم عن دورة الجنسية لدى المرأة.
- الأمشاج تغادر المبيض مباشرة باختراقها للجدار وليس عبر قناة كما هو الحال بالنسبة للحيوانات المنوية.
- وجود جريبات مختلفة المظهر والحجم الشيء الذي يدل على أنها تخضع لنمو وتطور خلال مراحل تشكل المشيج الأنثوي.

ب – البنيات المسؤولة عن إنتاج الهرمونات الأنثوية:

a – معطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 6

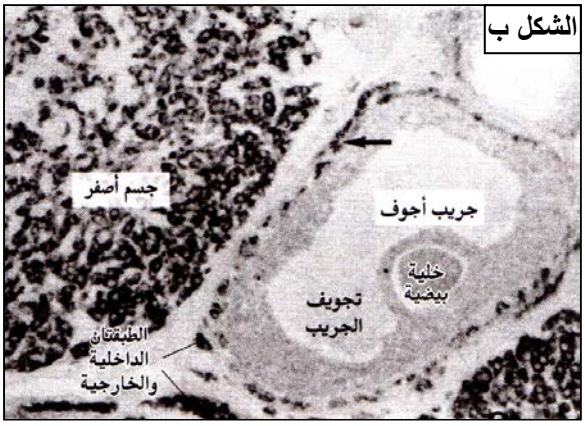
الوثيقة 6: البنيات المسؤولة عن إنتاج الهرمونات الأنثوية

★ يفرز المبيضين صنفين من الهرمونات تتحكم في الدورة الجنسية: الأستروجينات Les œstrogènes (أهمها الأستراديول (L'œstradiol) والجسفرون La progestérone.



يعطي الشكل أ تسجيلا لإفراز الهرمونات الجنسية خلال الدورة الجنسية عند المرأة

1) ما مدة الدورة الجنسية العادية ؟
2) كم عدد الدورات الجنسية الكاملة الممثلة في الشكل أ ؟
3) أذكر أنواع الهرمونات التي تفرز خلال الدورة الجنسية .
4) ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات ؟



★ نعزل مبيضي أنثى جرد بالغة ثم نغمرها في سائل مثبت يوقف جميع التفاعلات البيولوجية داخل الخلايا. نقوم بعد ذلك بانجاز مقاطع دقيقة في المبيضين (سمكها حوالي 10µm). نحضن هذه المقاطع خلال ليلة كاملة في وسط بوجود مضادات أجسام مشعة ترتبط نوعيا بأنزيمات مسؤولة عن تركيب الهرمونات الجنسية الأنثوية. بعد غسل التحضيرات لإزالة مضادات الأجسام غير المرتبطة بهذه الأنزيمات، نحدد الخلايا المشعة بواسطة التصوير الإشعاعي الذاتي.

نتائج هذه التجربة ممثلة على الشكل ب من الوثيقة (تمثل البقع السوداء على الصورة أماكن تواجد الإشعاع).

5) انطلاقا من هذه المعطيات حدد البنيات النسيجية المسؤولة عن إفراز الهرمونات المبيضية وأنجز رسما تخطيطيا لهذه البنيات.

www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

1) مدة الدورة الجنسية العادية: حوالي 28 يوم على العموم، تدوم من بداية حيض إلى بداية الحيض الموالي.

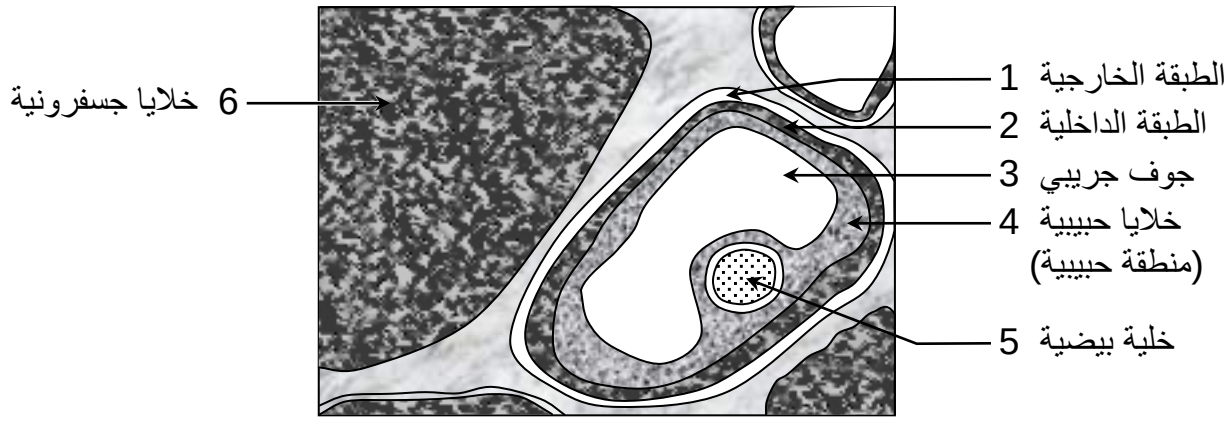
2) عدد الدورات الجنسية الكاملة الممثلة في الشكل ب من الوثيقة هو دورتان.

3) أنواع الهرمونات التي تفرز خلال الدورة الجنسية: هي الجسفرون والأستروجينات (الأستراديول).

4) يفرز الأستراديول طيلة الدورة الجنسية عند المرأة مع بلوغ قيمة قصوى 24 ساعة إلى 36 ساعة قبل الإباضة. ويفرز هرمون الجسفرون خلال المرحلة الثانية من كل دورة جنسية حيث تكون كميته في الدم مرتفعة.
نستنتج من هذه المعطيات أن الإفرازات المبيضية تتغير خلال مرحلتي الدورة الجنسية، مرحلة ما قبل الإباضة وتسمى المرحلة الجريبية، ومرحلة ما بعد الإباضة وتسمى المرحلة الجسفرونية.

5) انطلاقا من معطيات الشكل ب من الوثيقة يتبين أن الخلايا المسؤولة عن إفراز الهرمونات المبيضية هي:
- ✓ الطبقة الداخلية والطبقة الحبيبية للجريبات أثناء المرحلة الجريبية، إذن تفرز الأستراديول.
- ✓ الجسم الأصفر خلال المرحلة الجسفرونية، إذن يفرز الجسفرون.

رسم تخطيطي للبنيات الممثلة على الشكل ب من الوثيقة:



رسم تخطيطي لملاحظة الكترونوغرافية لمقطع عرضي للمبيض بعد المعالجة بمضادات الأجسام نوعية

c – خلاصة:

يتم إفراز الهرمونات الجنسية عند المرأة بكيفية دورية حيث ترتفع نسبة الأستروجينات خلال المرحلة الجريبية مع بلوغ قيمة قصوى قبل الإباضة. ويتم إفراز هذه الأستروجينات من طرف الجريبات، وقد بينت الدراسات أن الخلايا الجريبية للمنطقة الحبيبية وخلايا الطبقة الداخلية هي المسؤولة عن هذا الإفراز.
أما الجسفرون فترتفع نسبته خلال المرحلة الجسفرونية مما يدل على أن الجسم الأصفر هو المسؤول عن إنتاجها، وكما يدل على ذلك انخفاض نسبة الجسفرون عند ضمور الجسم الأصفر في نهاية الدورة الجنسية.

ملحوظة: خلال المرحلة الجسفرونية يستمر إنتاج الأستروجينات من طرف خلايا الطبقة الداخلية للجسم الأصفر إلا أن هذا الإنتاج يكون بنسبة قليلة.

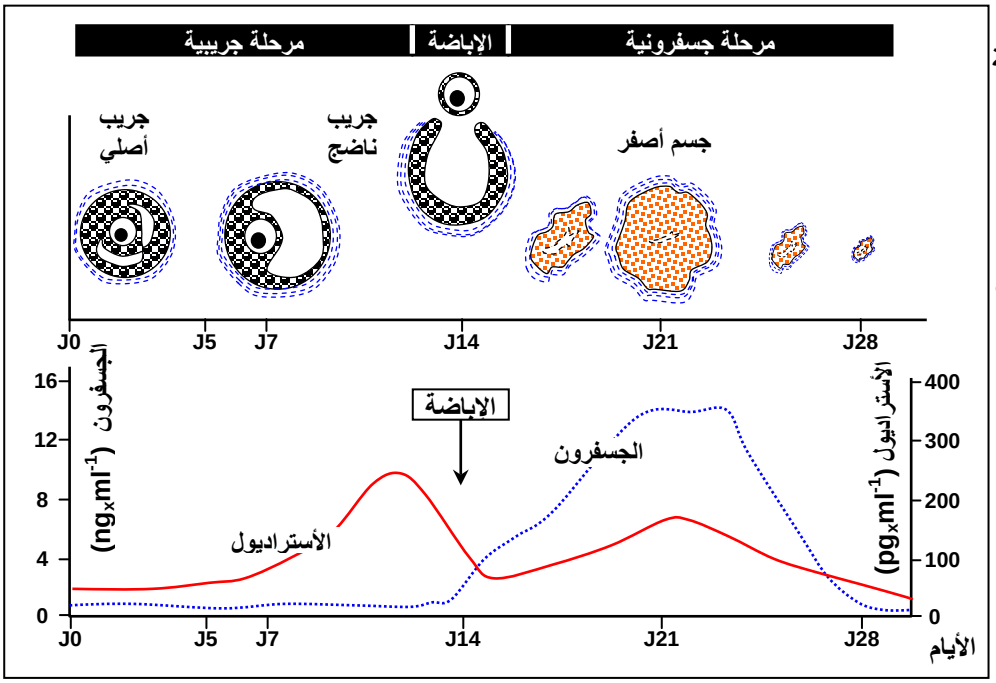
② العلاقة الوظيفية بين المبيض والرحم:

أ – دورة المبيض:

a – معطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 7

www.datasvt.com

الوثيقة 7: دورة المبيض



ثلاثة أشهر قبل كل دورة جنسية تتطور مجموعة من الجريبات الأصلية وتحاط بطبقات من الخلايا الجريبية. إلا أن أغلب هذه الجريبات ينحل حيث يتم جريب واحد تطوره ليتحول إلى جريب ناضج والذي ينفجر في منتصف الدورة ليحرر المشيج الأنثوي، ويتحول الجريب المنفجر إلى جسم أصفر يخضع للانحلال في حالة عدم حدوث الإخصاب.
يعطي المبيان أمامه تغيرات الهرمونات المبيضية الملاحظة عند المرأة خلال دورة جنسية.

صف كيف يتطور إفراز الهرمونات الجنسية عند المرأة خلال دورة جنسية، وأربط العلاقة بين تطور إفراز الهرمونات الجنسية ومراحل تطور الجريبات.

b – تحليل واستنتاج:

يتم إفراز الهرمونات المبيضية بكيفية دورية، وينتج هذا الإفراز الدوري عن التطور الدوري لجريبات المبيض لذلك نتكلم عن الدورة المبيضية. وهي مجموع الظواهر الهرمونية والفزيولوجية التي تحدث بشكل دوري في المبيض.

تنقسم الدورة المبيضية إلى مرحلتين تفصلهما مرحلة الإباضة :

★ المرحلة الجريبية :

تدوم ما بين 12 إلى 18 يوما، تتميز هذه المرحلة بنمو الجريبات حيث يبلغ في الغالب جريب واحد مرحلة النضج بينما تصاب الأخرى بالانحلال.
وخلال هذه المرحلة ترتفع نسبة الأستراديول تدريجيا لتبلغ قيمة قصوى 24 إلى 36 ساعة قبل الإباضة.

★ الإباضة :

في في نهاية المرحلة الجريبية تصير جدران الجريب الناضج والمبيض نحيفة تحت تأثير أنزيمات خاصة الشيء الذي يساعد تقلصات المبيض على تفجير هذا الجريب وتحرير الخلية البيضية II محاطة بتاج من الخلايا الجريبية. تسمى هذه الظاهرة بالاباضة L'ovulation.

★ المرحلة الجسفرونية:

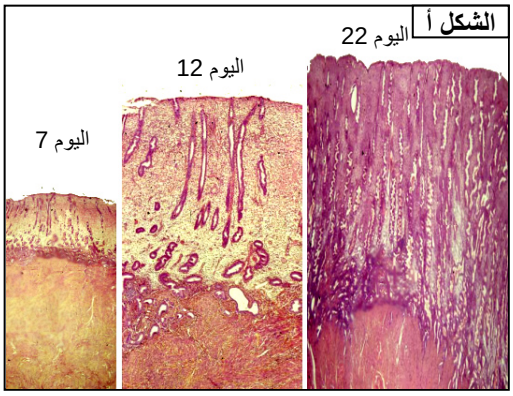
مدتها ثابتة نسبيا بين 13 و14يوما. تتميز هذه المرحلة بتحول الجريب المنفجر إلى جسم أصفر نتيجة تحول الخلايا الجريبية إلى خلايا جسفرونية، وفي حالة عدم حدوث إخصاب يتراجع الجسم الأصفر ويتحول إلى جسم ابيض قبل أن يختفي خلال الدورة الجنسية الموالية تاركا ندبة على سطح المبيض.
خلال هذه المرحلة يفرز الجسم الأصفر الجسفرون الذي يبلغ ذروته في منتصفها ثم ينخفض إلى أدنى نسبة في نهاية الدورة.

ب – دورة الرحم:

a – معطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 8

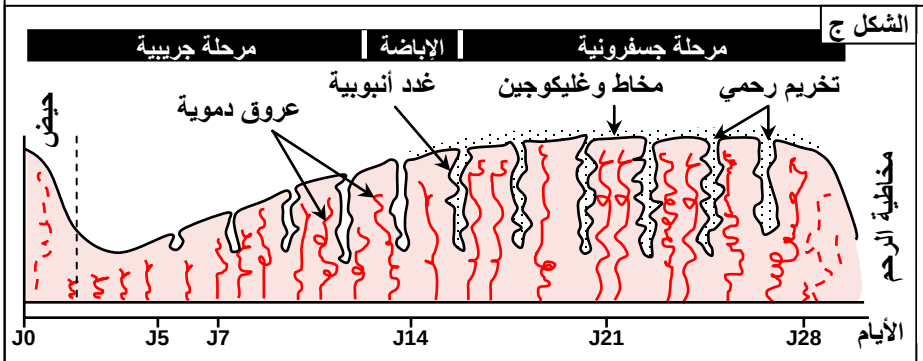
www.datasvt.com

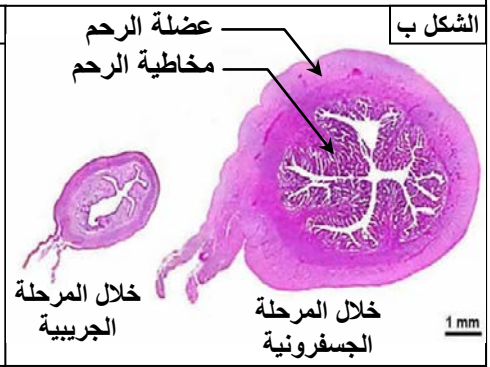
الوثيقة 8: دورة الرحم



يعتبر الرحم العضو الذي ينمو فيه الجنين وله جدار سميك يتكون من طبقة خارجية مكونة من عضلات ملساء وبذلك تدعى عضلة الرحم.
وطبقة داخلية تتكون من نسيج ضام غني بالعروق الدموية ومغطى بظهار غدي، وتسمى هذه الطبقة بمخاطية الرحم Muqueuse.

★ يعطي الشكل أ صور فوتوغرافية لمخاطية الرحم في مراحل مختلفة من الدورة الجنسية.
★ يعطي الشكل ب صور فوتوغرافية لمقاطع عرضية الرحم في مراحل مختلفة من الدورة الجنسية.
★ يعطي الشكل ج رسم تخطيطي تفسيري لتطور مخاطية الرحم.





بالاعتماد على معطيات هذه الوثيقة صف التغيرات التي تطرأ على مستوى مخاطية الرحم خلال الدورة الجنسية.

b – تحليل واستنتاج:

التغيرات التي تطرأ على مخاطية الرحم خلال الدورة الجنسية :

★ بعد نهاية فترة الحيض أو ما يسمى بالمرحلة التكاثرية:

- ✓ ازدياد سمك مخاطية الرحم (5mm – 1mm).
- ✓ يتغمد الظهار الغدي داخل المخاطية مكونا انغمادات على شكل أصابع قفاز وهي عبارة عن غدد أنبوبية.
- ✓ تتداخل الشرينات وشبكة من الشعيرات الدموية بين هذه الغدد الأنبوبية.

★ خلال المرحلة الإفرازية :

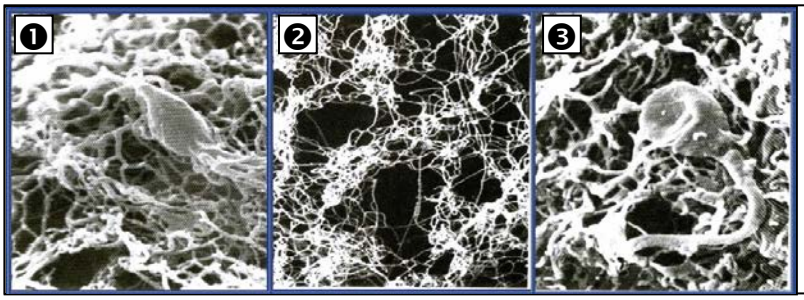
- ✓ استمرار ازدياد سمك مخاطية الرحم (8mm – 5mm).
- ✓ تأخذ الغدد الأنبوبية أشكال منفرجة ومتفرعة وتعطي للرحم شكله المخرم فنتكلم عن رحم مخرم.
- ✓ تأخذ العروق الدموية شكلا ملولبا بين الغدد الأنبوبية.
- ✓ تفرز خلايا الظهار مخاط وغليكوجين.

★ عند نهاية الدورة الرحمية :

- ✓ في غياب الإخصاب تتكاثر تقلصات عضلة الرحم وتتمدد العروق الدموية اللولبية فتتمزق جدرانها محدثة نزيفا يكون مصحوبا بتقشر أنسجة مخاطية الرحم مما يؤدي إلى سيلان دم مصحوب بأنسجة المخاطية في ما يسمى الطمث أو الحيض الذي يدوم ما بين 3 و 6 أيام.

ملحوظة: أنظر الوثيقة 9

الوثيقة 9: تطور نخامة عنق الرحم عند المرأة



تعطي الوثيقة أمامه ملاحظة بالمجهر الالكتروني للنخامة العنقية، خلال بداية الدورة الجنسية (❶)، وخلال فترة الإباضة (❷)، وفي اليوم 24 من بداية الدورة الجنسية (❸).
صف التطور الدوري لمظهر النخامة العنقية.

www.datasvt.com

خلال الدورة الجنسية تتخذ نخامة عنق الرحم ثلاثة أشكال:

- تكون كثيفة في بداية الدورة الجنسية ولزجة.
- تكون سائلة وقليلة الكثافة في الأيام التي تتزامن مع الإباضة مما يسمح بمرور الأمشاج.
- تكون ذات كثافة مرتفعة ومتخثرة خلال المراحل التي تلي حدوث الإباضة بعدة أيام.
- أما عند الحمل تتصلب نخامة عنق الرحم لمنع ولوج الرحم.

ج – العلاقة الوظيفية بين المبيض والرحم:

a – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 10

الوثيقة 10: العلاقة الوظيفية بين المبيض والرحم

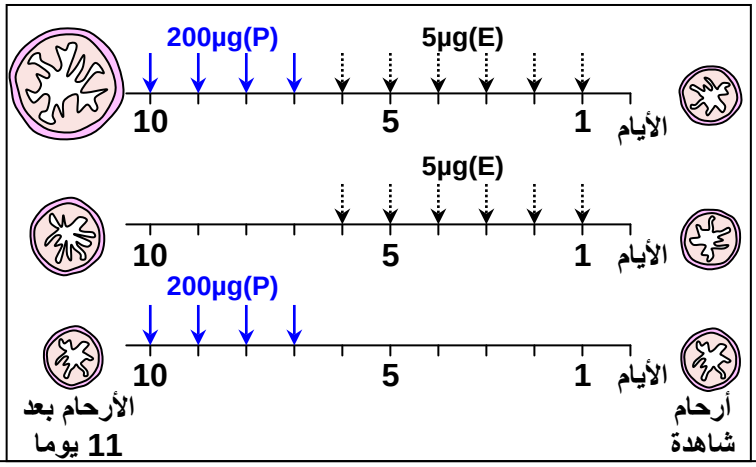
★ **ملاحظات سريرية:** يؤدي استئصال المبيضين عند المرأة لأسباب مرضية إلى التوقف النهائي للدورات الجنسية والذي يتمظهر باختفاء الحيض مع ضمور تدريجي للرحم. أما الاستئصال الجراحي للرحم عند امرأة بالغة لأسباب طبية، لا يؤثر على نشاط مبيضيها، بحيث أن المبيضين يعملان بشكل دوري وعادي.

★ **تجارب:** للكشف عن العلاقة الوظيفية بين المبيضين والرحم تنجز تجارب عند إناث الفئران كما هو ممثل على الجدول التالي:

فئران إناث شاهدة	استئصال المبيضين	استئصال المبيضين ثم زرعهما تحت الجلد	استئصال المبيضين وحقن يومي لمستخلصات المبيضين
تطور دوري لمخاطية الرحم	عدم نمو مخاطية الرحم	تطور دوري لمخاطية الرحم	تطور لمخاطية الرحم دون تغيرات يومية

لتحديد دور الهرمونات المبيضية في نمو مخاطية الرحم، حقنت إناث أرانب أليفة غير بالغة يوميا بالأستراديول (E) أو الجسفرون (P) أو هما معا لمدة عشرة أيام. وفي اليوم الحادي عشرة يستخلص رحم كل أنثى وتنجز مقاطع عرضية لهذه الأعضاء، وتمثل الرسوم جانبه النتائج المحصل عليها.

انطلاقا من معطيات الوثيقة بين طبيعة العلاقة بين المبيضين والرحم، ثم استنتج كيفية تأثير المبيضين على دورة الرحم.



b – تحليل واستنتاج:

- ما يمكن استنتاجه من معطيات الوثيقة هو أن:
- المبيض يتحكم في عمل الرحم وأن الرحم لا يؤثر في عمل المبيض.
- المبيض يتحكم في عمل الرحم بواسطة الهرمونات المبيضية الأستروجينات والجسفرون حيث أن:

✓ الأستروجينات تحدث بداية نمو المخاطيق لكنها غير كافية لجعل المخاطيق في أوج استعدادها لاستقبال جنين محتمل.

✓ الجسفرون وحده لا يؤثر في المخاطيق ,لكنه يحدث تخريم المخاطيق في حالة وجود الأستروجينات.

c – خلاصة:

تتزامن دورة الرحم مع دورة المبيض، ويدل ذلك على تأثير الهرمونات المبيضية على الرحم.
خلال المرحلة الجريبية تنشط الأستروجينات نمو مخاطية الرحم، وتخفض حرارة الجسم قليلا. وخلال المرحلة الجسفرونية يدعم الجسفرون فعل الأستروجينات على المخاطية (استمرار نمو وتخرم المخاطية) ويكبح تقلصات عضلة الرحم ويرفع قليلا حرارة الجسم.
يؤدي الانخفاض الكبير للهرمونات الجنسية في نهاية الدورة إلى تحطم العروق الدموية وتقشر أنسجة المخاطية مما يؤدي إلى حدوث الطمث.

www.datasvt.com

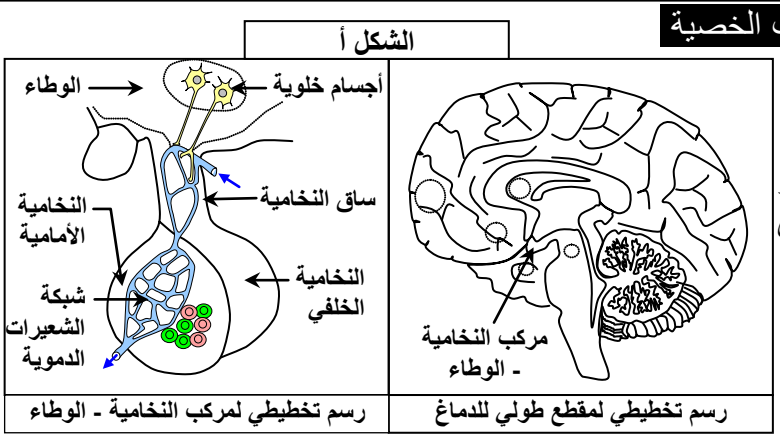
III – الاندماج العصب هرموني في تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية

① تنظيم النشاط الإفرازي للخصية

أ – دور الغدة النخامية في تنظيم إفراز هرمونات الخصية:

a – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 11

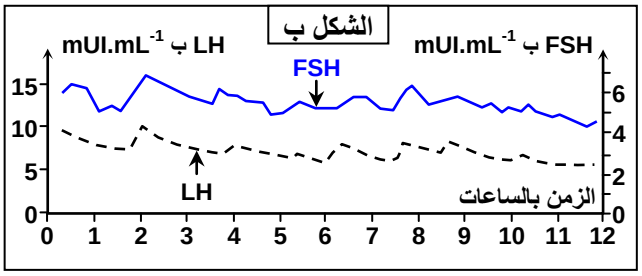
الوثيقة 11: دور الغدة النخامية في تنظيم إفرازات الخصية



★ ملاحظات سريرية:

توجد الغدة النخامية L'hypophyse في الجهة السفلى من الدماغ وهي معلقة بتحت سرير المخ أو الوطاء L'hypothalamus. (الشكل أ) وتتكون من فصين، أمامي يتكون من خلايا غدية، وخلفي هو امتداد للوطاء. يلاحظ عند الأشخاص المصابين بخلل في الغدة النخامية، ضمور الخصيتين والعقم، وضعف نمو بعض الصفات الجنسية الثانوية.

تفرز النخامية الأمامية هرمونات تسمى منشطات المناسل هي: FSH (Follicule Stimuline Hormone) و LH (Luteinizing hormone). يعطي الشكل ب من الوثيقة تغيرات تركيز هرموني FSH وLH عند الرجل.



★ تجارب:

لتحديد دور النخامية في مراقبة عمل الخصيتين عند الفئران نقوم بالتجارب المبينة على الجدول أسفله:

التجربة	استئصال الغدة النخامية عند مجموعة من الفئران البالغة وتوزيعها إلى أربع مجموعات			
	تركت المجموعة 1 دون معالجة	حقن المجموعة 2 مدة شهر بمستخلصات النخامية	حقن يومي ل 4mg من FSH المستخلصة من النخامية للمجموعة 3	حقن LH المستخلصة من النخامية للمجموعة 4
النتائج	- ضمور الخصيتين. - ضمور الحويصلات المنوية. - توقف إنتاج الأمشاج. - توقف إفراز التيستوسترون	- استعادة الخصيتين لنشاطهما العادي. - إفراز التستوستيرون. - تشكل الأمشاج.	استعادة الخصيتين لنشاط تشكل الأمشاج.	استعادة الخصيتين لنشاط إفراز هرمون التستوستيرون.

بالاعتماد على معطيات الوثيقة بين كيف تتدخل الغدة النخامية في مراقبة نشاط الخصيتين.

b – تحليل واستنتاج:

★ النخامية عبارة عن غدة صغيرة ترتبط بالدماغ عبر منطقة تعرف بتحت سرير المخ أو الو طاء : Hypothalamus.

★ بما أن بعض أشكال العقم عند الذكر هي مرتبطة بخلل وظيفي على مستوى الغدة النخامية فهذا يدل على أن الغدة النخامية تراقب نشاط الخصية.

★ تتحكم الغدة النخامية في نشاط الخصية بواسطة الهرمونات FSH وLH، والتي تفرز بكيفية نبضانية ولا تشهد أي تطور دوري. حيث أن:

- FSH ينشط تشكل الأمشاج الذكرية إذن يؤثر في الأنابيب المنوية.
- LH يحفز إفراز هرمون التستوستيرون إذن يؤثر في خلايا Leydig.

ب – دور الوطاء في تنظيم إفراز هرمونات الغدة النخامية:

a – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 12

www.datasvt.com

الوثيقة 12: مراقبة الوطاء لنشاط الغدة النخامية عند الرجل

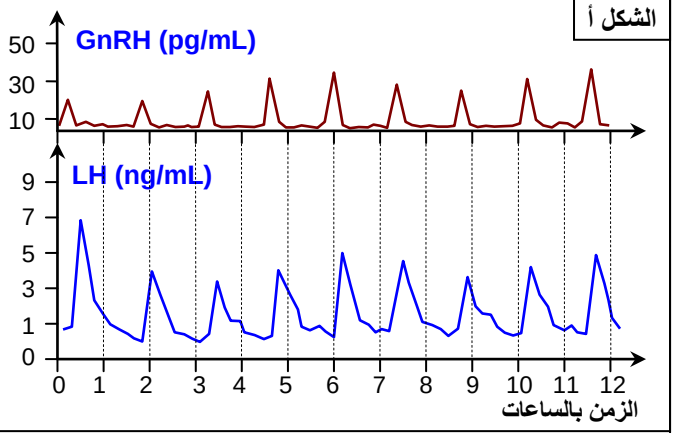
★ مكنت عدة تجارب أجريت على حيوانات من تحديد دور الوطاء في مراقبة نشاط النخامية، ويلخص الجدول التالي بعض هذه التجارب ونتائجها:

التجارب	النتائج
تخريب بعض مجموعات عصبات الوطاء عند حيوان	توقف إفراز FSH وLH من طرف النخامية
تنبيه كهربائي لنفس هذه المجموعات من العصبات عند حيوان آخر	ارتفاع مفاجئ لإفراز FSH وLH من طرف النخامية
فصل النخامية الأمامية عن الوطاء بوضع صفيحة Téflon على مستوى ساق النخامية عند حيوان عادي	توقف إفراز FSH وLH من طرف النخامية الأمامية
عزل عينة دم من ساق النخامية ثم تحليلها	عزل مادة نشيطة GnRH يسيب تحرير FSH وLH من طرف النخامية الأمامية
حقن هرمون GnRH بشكل مستمر لحيوان خرب وطاءه	استمرار توقف إفراز FSH وLH من طرف النخامية الأمامية.
حقن هرمون GnRH بتردد نبضة في الساعة لحيوان خرب وطاءه	إفراز FSH وLH من طرف النخامية الأمامية.

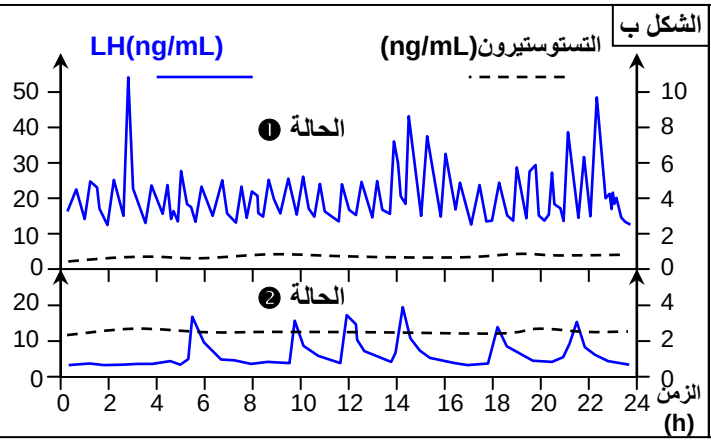
★ نقوم بمعايرة إفراز هرمون GnRH في دم ساق النخامية، وهرمون LH في الدورة الدموية، عند كبش خصي، فتحصل على النتائج الممثلة على الشكل أ من الوثيقة.

★ نقوم بمعايرة إفراز هرمون LH، وهرمون التستوستيرون في الدورة الدموية خلال 24 ساعة، عند كبش بعد 6 أسابيع من الخصي (الحالة ❶)، وعند كبش خصي يحمل مزدرعا Implant تحت الجلد يحرر التستوستيرون بكيفية مستمرة (الحالة ❷)، فنحصل على النتائج الممثلة على الشكل ب من الوثيقة.

الشكل أ



الشكل ب



انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة بين كيف ينظم الوطاء إفرازات النخامية، وفسر الارتباط الإيقاعي لإفراز GnRH وإفراز LH. ثم برهن على وجود مفعول رجعي سلبي ينظم نشاط الخصية.

b – تحليل واستنتاج:

★ يخضع نشاط الغدة النخامية لمراقبة الوطاء وذلك بواسطة مادة تنقل عبر شبكة العروق الدموية لساق النخامية. هذه المادة هي عبارة عن هرمون عصبي GnRH (*Gonadotropin Releasing Hormone*)، والتي تفرز بشكل اهتزازي فتسيب إفراز كل من FSH وLH.

★ يتبين من الشكل أ أن الاهتزازات التي تؤدي إلى إفراز هرمون LH يسبقها بقليل ارتفاع تركيز GnRh. نستنتج من ذلك أن سبب الاهتزازات التي تؤدي إلى إفراز هرمون LH في الدم هو ارتفاع تركيز هرمون GnRh.

★ تحليل الشكل ب من الوثيقة:

- الحالة ❶: بعد 6 أسابيع من خصي الكبش تنخفض كمية التستوسترون في دم هذا الحيوان، يتبع ذلك انخفاض إفراز هرمون GnRH.
- الحالة ❷: في حالة حمل الكبش الخصي لمزدرع يحرر التستوستيرون، نلاحظ ارتفاع تركيز التستوستيرون في الدم، يتبع ذلك انخفاض تركيز هرمون GnRH.

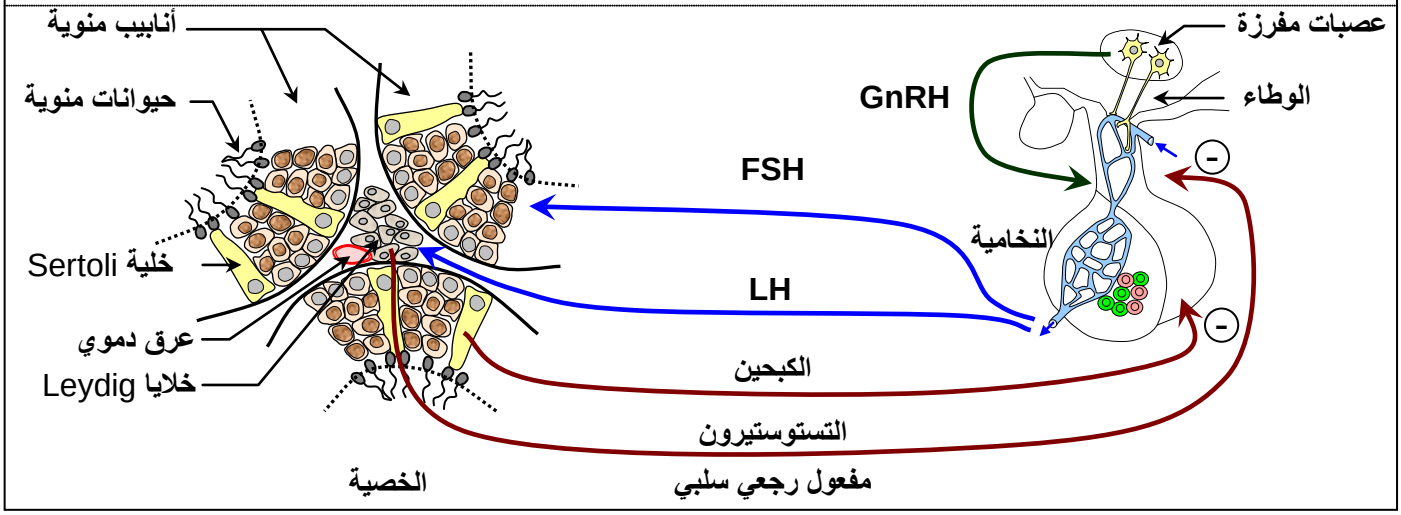
www.datasvt.com

يتبين من هذا التحليل أن ارتفاع نسبة التستوستيرون في الدم يؤدي إلى التقليل من إفراز GnRH من طرف الوطاء، الشيء الذي سيؤثر في نسبة إفراز FSH وLH من طرف النخامية الأمامية. نقول إذن أن الخصية تمارس مفعولا رجعيا سلبيا على مركب الوطاء – النخامية = Rétroaction = Feedback.

ج – دور الغدة النخامية والوطاء في تنظيم النشاط الإفرازي للخصية أنظر الوثيقة 13

الوثيقة 13: آلية تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية عند الرجل

بعد كتابة العناصر القابلة لكل رقم، أول الوثيقة إلى نص يبين آلية تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية عند الرجل.



★ تفرز النخامية الأمامية هرموني FSH وLH بكيفية نبضانية ومتزامنة.
تؤثر LH على خلايا Leydig لإنتاج التستوستيرون، بينما تمكن FSH من تنشيط إنتاج الأمشاج الذكرية وذلك بتأثيرها على خلايا الأنابيب المنوية.

★ يفرز الوطاء هرمون GnRH بشكل نبضاني كذلك من طرف خلايا عصبية متجمعة على شكل نوى في الوطاء تدعى عصبات مفرزة، تفرز الهرمون في شبكة العروق الدموية لساق النخامية لينقل إلى الفص الأمامي للغدة النخامية حيث ينشط إفراز هرموني FSH و LH. وبهذا تمثل العصبات المفرزة للوطاء البنيات التي تشكل حلقة الاندماج بين التواصل العصبي والتواصل الهرموني.

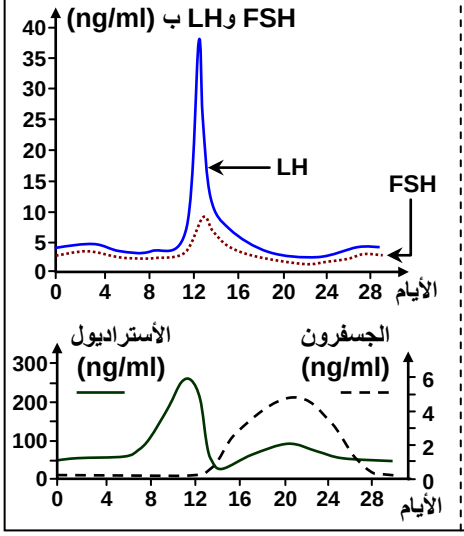
★ بواسطة الهرمون الجنسي التستوستيرون تمارس الخصية مفعولا رجعيا سلبيا على مركب النخامية – الوطاء وذلك لوجود مستقبلات نوعية على مستوى الوطاء تتأثر بنسبة التستوستيرون في الدم.

② تنظيم النشاط الإفرازي للمبيض

أ – دور الغدة النخامية في تنظيم إفرازات المبيض:

a – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 14

الوثيقة 14: دور الغدة النخامية في تنظيم إفرازات المبيض



★ **ملاحظات سريرية:** تؤدي الإصابة بورم في الغدة النخامية عند المرأة إلى حدوث عدة اضطرابات من بينها توقف الطمث وغياب الإباضة.

★ **تجارب:**

- يؤدي استئصال الغدة النخامية عند إناث قردة البعام Chimpanzé إلى اختفاء الدورتين المبيضية والرحمية. ويمكن تصحيح هذه الاضطرابات بحقنها بشكل متكرر بمستخلصات الغدة النخامية.
- عند زرع النخامية الأمامية في وسط مقيت مناسب يغتني هذا الوسط بهرموني FSH وLH. وعند معايرة FSH وLH والهرمونات الجنسية في دم أنثى بالغة خلال دورة جنسية نحصل على النتائج الممثلة أمامه.

انطلاقا من معطيات الوثيقة حدد العضو المتحكم في دورة المبيض وبين كيفية تأثيره.

www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

يتبين من معطيات الوثيقة أن:

★ نشاط المبيضين يخضع لمراقبة الغدة النخامية وذلك بواسطة هرموني FSH وLH على غرار ما هو عليه الحال عند الذكور.

★ إفراز منشطتي المناسل FSH و LH عند الإناث يتميز بكون الكمية المفرزة تختلف حسب أيام الدورة الجنسية مع إفراز غزير في الأيام التي تسبق الإباضة. على عكس الذكور فان إفراز هذه الهرمونات يكون بشكل نبضاني شبه ثابت.

★ إفراز FSH يبلغ ذروته في منتصف الدورة المبيضية، فينشط خلال المرحلة الجريبية نمو الجريبات ونضجها وبالتالي ينشط إفراز الأستروجينات.

★ إفراز LH يصل ذروته قبيل الإباضة، ويعتبر هذا التفريغ السريع العامل الأساسي لحدوث الإباضة. خلال المرحلة الجسفرونية تمكن هذه الهرمونات من تكون الجسم الأصفر وبالتالي تنشيط إفراز الجسفرون الأستروجينات.

ب – دور الوطاء في تنظيم إفرازات الغدة النخامية:

a – ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 15

الوثيقة 15: مراقبة الوطاء لنشاط الغدة النخامية عند المرأة

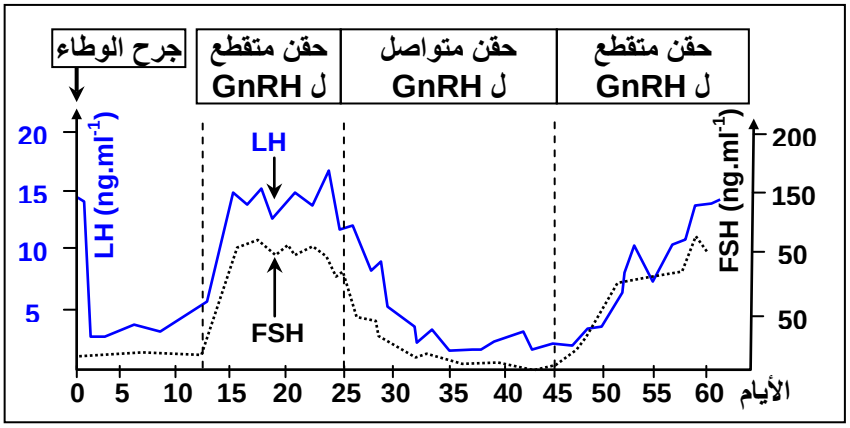
★ ملاحظات سريرية:

- يؤدي الاستئصال الجراحي للمبيضين لأسباب طبية إلى انخفاض تركيز الأستروجينات في الدم، والى ارتفاع تركيز كل من FSH وLH.
- يحدث حقن كمية ضعيفة من الأستراديول في بداية المرحلة الجريبية انخفاض كمية كل من FSH وLH.
- عند الظهي، تنخفض كمية الهرمونات المبيضية في الدم نتيجة اختفاء جريبات المبيض، وترتفع بكيفية ملحوظة كمية كل من FSH وLH .

★ تجارب: مكنت عدة تجارب أجريت على حيوانات من تحديد دور الوطاء في مراقبة نشاط الغدة النخامية.

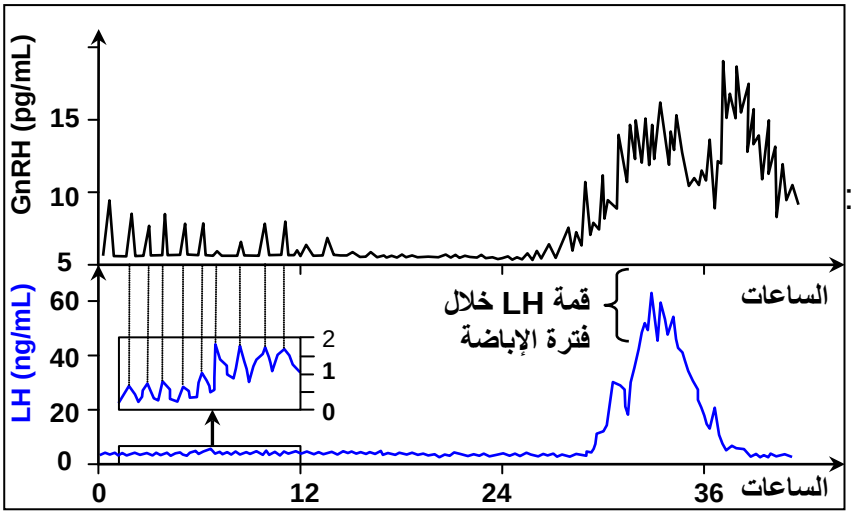
- خربت إحدى نوى الوطاء عند أنثى قرد ثم تمت معايرة إفراز كل من FSH وLH مباشرة بعد التخريب، وبعد حقن متقطع لهرمون GnRH، وبعد حقن متواصل بكميات متزايدة من هرمون GnRH.

نتائج هذه التجربة ممثلة على المبيان أمامه.



- تم تسجيل إفراز هرمون GnRH الوطاء وLH النخامية الأمامية عند شاة في نهاية المرحلة الجريبية وأثناء ذروة LH المحدثة للاباضة.

تمثل المنحنيات أمامه النتائج المحصل عليها:



انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة بين كيف ينظم الوطاء إفرازات النخامية، وفسر الارتباط الإيقاعي لإفراز GnRH وإفراز LH. واستنتج العلاقة بين إفراز الهرمونات المبيضية وإفراز هرمونات مركب الوطاء-النخامية.

www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

★ يتبين من الملاحظات السريرية أن إفراز كل من FSH وLH هو تحت تأثير الهرمونات المبيضية. وأن تأثير هذه الهرمونات يختلف حسب تركيزها في الدم بحيث أن الأستروجينات (الأستراديول) تمارس تأثيرا سلبيا في حالة تركيز ضعيف (المرحلة الجريبية)، وتأثيرا ايجابيا في حالة تركيز في حالة غياب هذه الهرمونات.

★ يتبين من المعطيات التجريبية أن:

- جرح الوطاء لدى الشاة، يؤدي إلى تقلص كبير في إفراز LH.
- الحقن المتقطع ل GnRH عند حيوان يحمل جروح وطائية يؤدي إلى إفراز FSH وLH بشكل كبير ومتقطع.
- الحقن المستمر ل GnRH عند حيوان يحمل جروح وطائية يؤدي إلى إفراز FSH وLH بشكل متوسط شبه ثابت.
- تقريبا كل اهتزاز في إفراز GnRH يقابله اهتزاز في إفراز LH .

نستنتج من هذا أن وجود GnRH في الدم بشكل كبير وبشكل نبضاني هو الذي يسيب إفراز FSH وLH. وأن للهرمونات المبيضية مفعولان مختلفان على إفراز GnRH:

- وجود الهرمون الجنسي الأنثوي (الأستراديول) في الدم بكمية قليلة يكبح إفراز GnRH وعبرها إفراز FSH وLH (مفعول رجعي سلبي).
- وجود الهرمون الجنسي الأنثوي (الأستراديول) في الدم بكمية كبيرة يؤدي إلى إفراز GnRH وعبرها إفراز غزير ل LH (مفعول رجعي إيجابي).

ملحوظة: هذا لا يلاحظ عند الذكور، فوجود الهرمون الجنسي الذكري (التستوستيرون) في الدم يكبح إفراز GnRH وعبرها إفراز FSH وLH (مفعول رجعي سلبي).

ج – آلية تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية عند المرأة

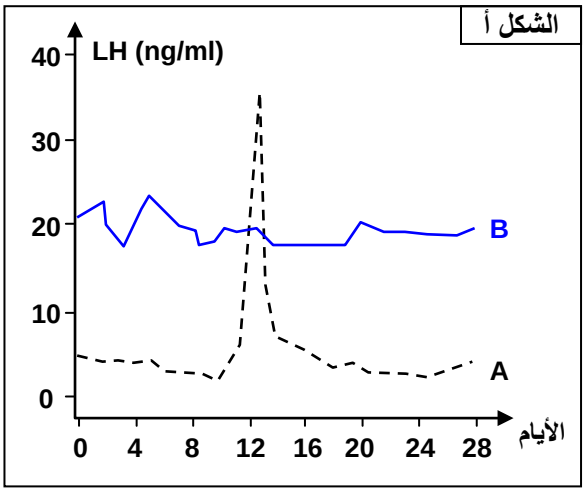
a – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 16

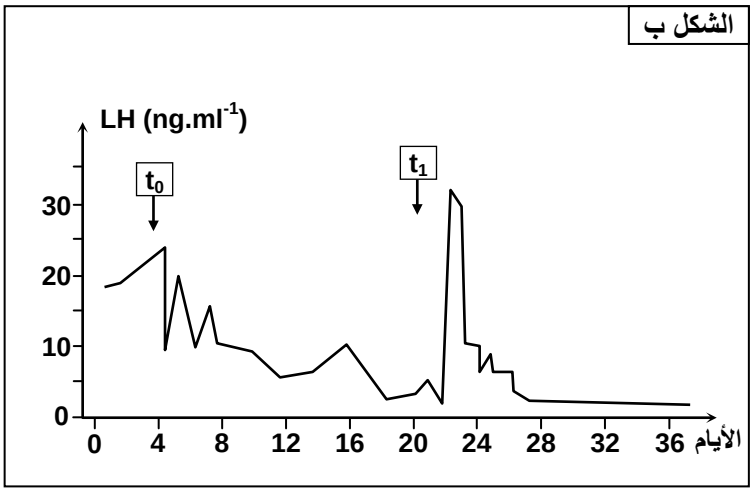
الوثيقة 16: المفعول الرجعي للهرمونات المبيضية على مركب الوطاء-النخامية

يدل الإفراز الدوري لمنشطتي المناسل FSH وLH من طرف مركب الوطاء-النخامية عن وجود آلية منظمة لنشاط هذا المركب. ولمعرفة كيف تتم مراقبة نشاط مركب الوطاء-النخامية نقوم بالتجارب التالية:

★ نقوم باستئصال المبيضين عند أنثى قرد عادية ثم نقوم بمعايرة تركيز هرمون LH خلال دورة جنسية. يعطي مبيان الشكل أ نتائج هذه التجربة (A = قردة عادية، B = قردة مستأصلة المبيضين).

★ خضعت قردة مستأصلة المبيضين في الزمن t_0 لوضع مزدرع Implant يحرر الأستراديول بكيفية متواصلة لضمان تركيز الأستراديول في الدم يقارب التركيز الذي يوجد في الدم في بداية المرحلة الجريبية، وفي الزمن t_1 حقنت بكمية مرتفعة إضافية من الأستراديول وهي نسبة مشابهة لتلك التي توجد في الدم في نهاية المرحلة الجريبية. خلال مراحل هذه التجربة نتتبع تغير تركيز هرمون LH في دم القردة فنحصل على النتائج الممثلة على الشكل ب.





بالاعتماد على معطيات هذه الوثيقة اقترح تفسيرا لكيفية تأثير الأستراديول على إفراز هرمونات LH.

www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

★ يؤدي استئصال المبيضين (أي غياب الأستراديول) إلى ارتفاع إفراز هرمون LH.

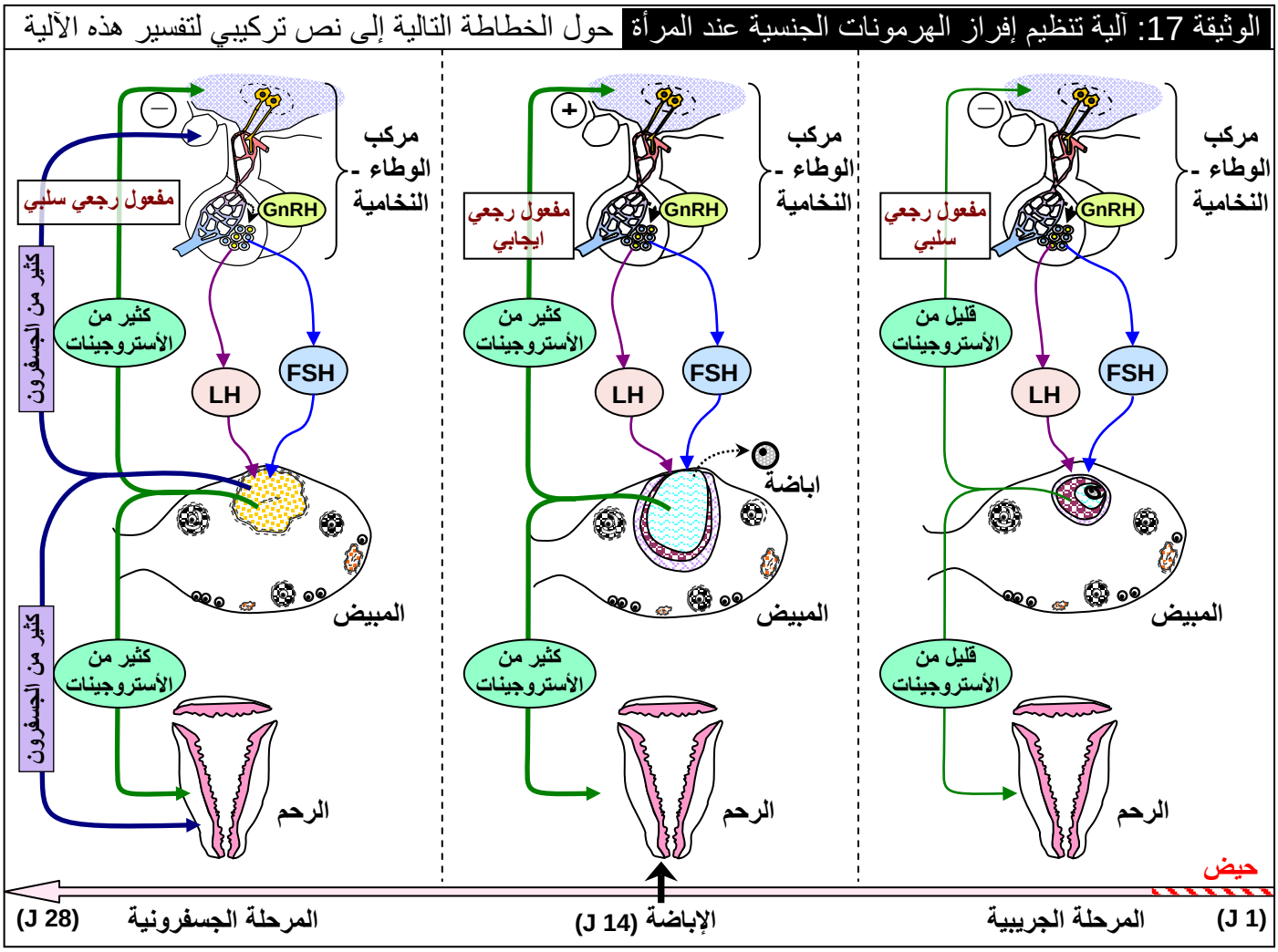
★ يؤدي حقن الأستراديول بكمية قليلة تعادل تركيزه في الدم في بداية المرحلة الجريبية إلى انخفاض تركيز LH في الدم. ولكن عند زيادة تركيز الأستراديول المحقون بنسبة مشابهة لتلك التي توجد في الدم في نهاية المرحلة الجريبية، يكون له مفعول معاكس حيث يزيد من إفراز LH في الدم.

★ نستنتج من هذه المعطيات أن وجود الهرمون الجنسي الأنثوي (الأستراديول) في الدم له مفعول رجعي على إفراز GnRH من طرف الوطاء، وعبره إفراز **FSH** و**LH** من طرف النخامية الأمامية. وهذا المفعول الرجعي يكون:

- سلبيا عندما تكون نسبة الأستراديول منخفضة، فيكبح بذلك إفراز GnRH وعبرها إفراز LH.
- ايجابيا عندما تكون نسبة الأستراديول مرتفعة فيؤدي بذلك إلى إفراز GnRH وبالتالي إفراز غزير ل LH.

c – آلية تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية عند المرأة: أنظر الوثيقة 17

الوثيقة 17: آلية تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية عند المرأة حول الخطاطة التالية إلى نص تركيبي لتفسير هذه الآلية



★ يفرز الوطاء بشكل نبضاني هرمون عصبي هو GnRH ، بواسطة عصبات مفرزة متجمعة على شكل نوى، وينقل عبر شبكة أوعية دموية بساق النخامية إلى الفض الأمامي لهذه الغدة حيث يراقب إفراز FSH وLH. تجسد هذه المراقبة اندماجا عصبيا هرمونيا.

★ يخضع مركب الوطاء-النخامية لمراقبة راجعة من طرف الهرمونات المبيضية عن طريق مفعول رجعي سلبي وآخر ايجابي:

- المفعول الرجعي الايجابي: يؤدي إفراز الأستروجينات بكميات مرتفعة في نهاية المرحلة الجريبية قبيل الإباضة إلى تنشيط تفريغ LH مما يؤدي إلى الإباضة.

www.datasvt.com

- المفعول الرجعي السلبي: خلال المرحلة الجسفرونية تكبح النسب المرتفعة للهرمونات المبيضية (الأستروجينات والجسفرون) إفراز FSH وLH ، بينما يؤدي انخفاضها في نهاية الدورة الجنسية إلى إبطال كبح إفراز FSH وLH.

www.datasvt.com

الفصل الثاني

التواصل العصبي

مقدمة: تلتقط الحواس جميع الحساسيات النابعة من المحيط الذي نعيش فيه، وتحولها إلى رسالة عصبية تعالج على مستوى المراكز العصبية، التي تحدد نمط الاستجابة.

- **فما هي طبيعة الرسائل العصبية وكيف تنتقل؟**
- **ما هي خاصيات الأعصاب؟**
- **ما هي بنية الأعصاب والمراكز العصبية؟**
- **كيف يتم تبليغ الرسائل العصبية**

I – خاصيات العصب

① الكشف عن خاصيات العصب:

أ – تجارب وملاحظات: أنظر الوثيقة 1

الوثيقة 1: الكشف عن خاصيات العصب

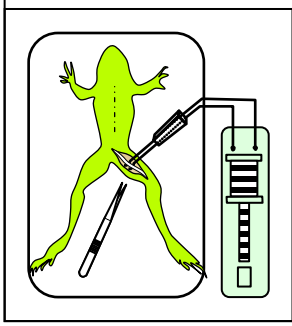
★ نقوم بتخريب الدماغ والنخاع الشوكي لضفدعة قصد إبطال الحساسية الشعورية والتحركية الإرادية واللاإرادية. بعد إزالة جلد الطرف الخلفي، نبعد عضلتي الفخذ عن بعضهما، فنبرز العصب الوركي (الشكل ب) .

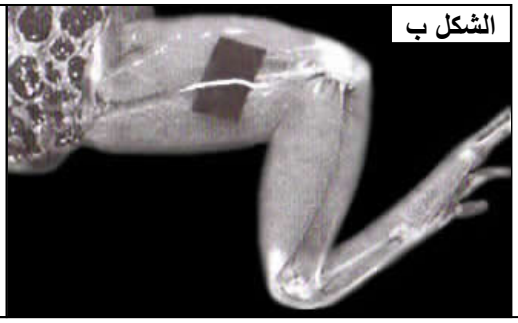
عندما نقوم بقرص العصب الوركي بواسطة ملقط أو تهييجه بمهيج كهربائي، نلاحظ ثني الطرف الخلفي الذي يوجد فيه العصب الوركي.

1) ماذا تستنتج من هذه التجربة؟

★ بعد قطع العصب، نقوم بنفس التجربة السابقة، فلوحظ عدم حدوث أي استجابة.

2) ما هو استنتاجك؟





ب – تحليل واستنتاج:

1) ثني الطرف الخلفي للضفدعة ناتج عن تقلص عضلة بطن الساق، وينتج هذا التقلص عن تهييج كهربائي أو ميكانيكي للعصب الوركي. إذن العصب يستجيب للاهاجة وبالتالي فهو يتميز بخاصية الاهتياجية L'excitabilité.

2) عند قطع العصب لا تلاحظ أي استجابة رغم التهييج، يفسر هذا بعدم وصول التهييج إلى عضلة بطن الساق. هذا يدل على أن التهييج ينتقل من نقطة التهييج إلى العضلة. وبالتالي فالعصب يتميز بخاصية التوصيلية La conductibilité.

② دراسة خاصيات العصب:

أ – العدة التجريبية: أنظر الوثيقة 2

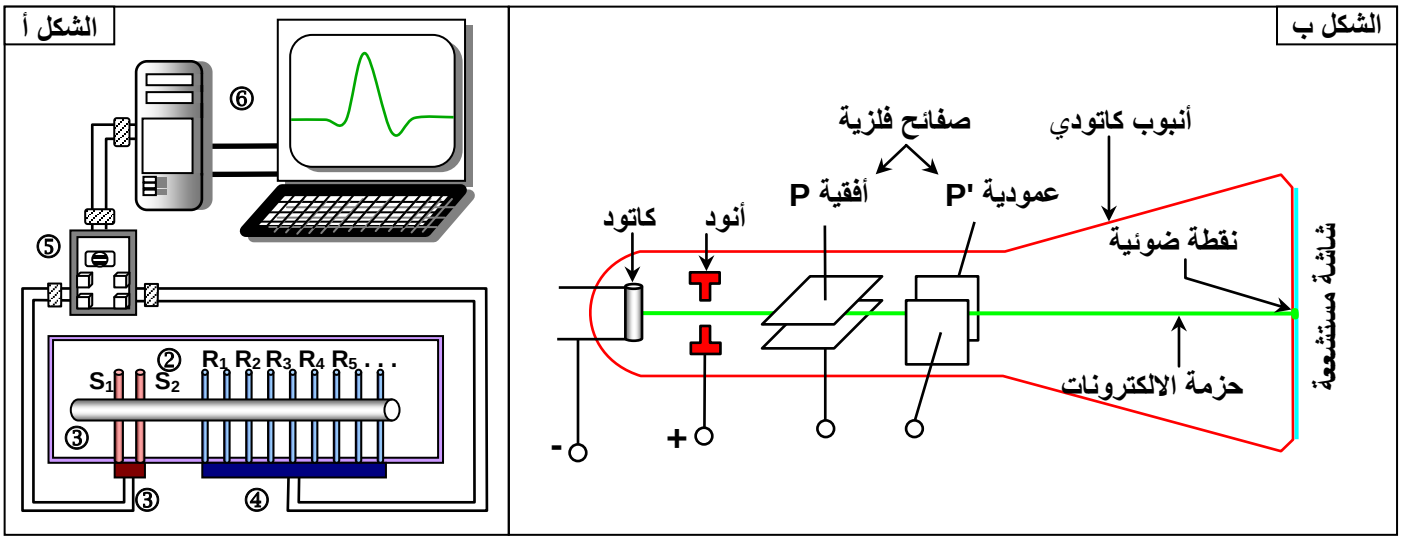
الوثيقة 2: التركيب التجريبي لدراسة خاصيات العصب

★ يعطي الشكل أ رسم تخطيطي تفسيري لعدة EXAO التي تمكن من التهييج الكهربائي للعصب، واستقبال تمظهرات الاستجابة لهذا التهييج. ① = العصب، ② = حوض العصب، ③ = الكترودان مهيجان (S)، ④ = الكترودات مستقبلة (R) ، ⑤ = مكيف ومرافق بيني، ⑥ = نظام التسجيل (حاسوب)

★ يعطي الشكل ب رسم تخطيطي لأهم أجزاء كاشف الذبذبات.

بالاعتماد على معطيات الوثيقة، صف مبدأ عمل عدة EXAO. ومبدأ عمل كاشف الذبذبات L'oscilloscope.

www.datasvt.com



لدراسة النشاط الكهربائي للعصب يمكن استعمال تقنيات متطورة، تسمح بالتحكم في المهيج من حيث الشدة ومدة التطبيق. ومن بين هذه التقنيات نجد:

★ عدة EXAO (Expérience Assistée par Ordinateur):

مباشرة بعد عزل العصب، نضعه في حوض من زجاج يسمى حوض العصب، مزود بعدة الكترودات أو مساري Electrodes متصلة بنظام التسجيل، تسمى مساري الاستقبال ونرمز لها ب R_1، R_2، R_3،... وبالكترودات متصلة بدارة التهييج، تسمى مساري التهييج، ونرمز لها ب S_1، S_2.

★ كشاف الذبذبات L'oscilloscope، الذي يتكون كاشف الذبذبات من:

- أنبوب كاتودي: يولد حزمة من الالكترونات عن طريق تسخين خيط يدعى الكاتود.
- شاشة مستشعة Ecran fluorescent تسقط عليها حزمة الالكترونات وتظهر على شكل نقطة ضوئية.
- صفيحتان أفقيتان Plaques horizontales مرتبطتان بمساري الاستقبال (R_2,R_1)، وتعملان على الانحراف العمودي للنقطة الضوئية.
- صفيحتان عموديتان Plaques verticales يوجد بينهما فرق جهد كهربائي يتغير بصفة منتظمة ويعملان على النقل الأفقي للنقطة الضوئية من اليسار إلى اليمين، لتظهر على الشاشة المستشعة على شكل خط أفقي. وبهذه الطريقة يمكن دراسة تغير الظاهرة المسجلة حسب الزمن.

ب – دراسة خاصية الاهتياجية:

a – أنواع المهيجات:

خلال التهييج تستعمل عدة مهيجات اصطناعية وهي منبهات ميكانيكية (الصرب، القرص، الوخز، ...)، حرارية، كيميائية، وكهربائية. ويعد المهيج الكهربائي الأكثر استعمالا.

b – الشروط الضرورية لتهييج العصب: أنظر الوثيقة 3

الوثيقة 3: الشروط الضرورية لتهييج العصب

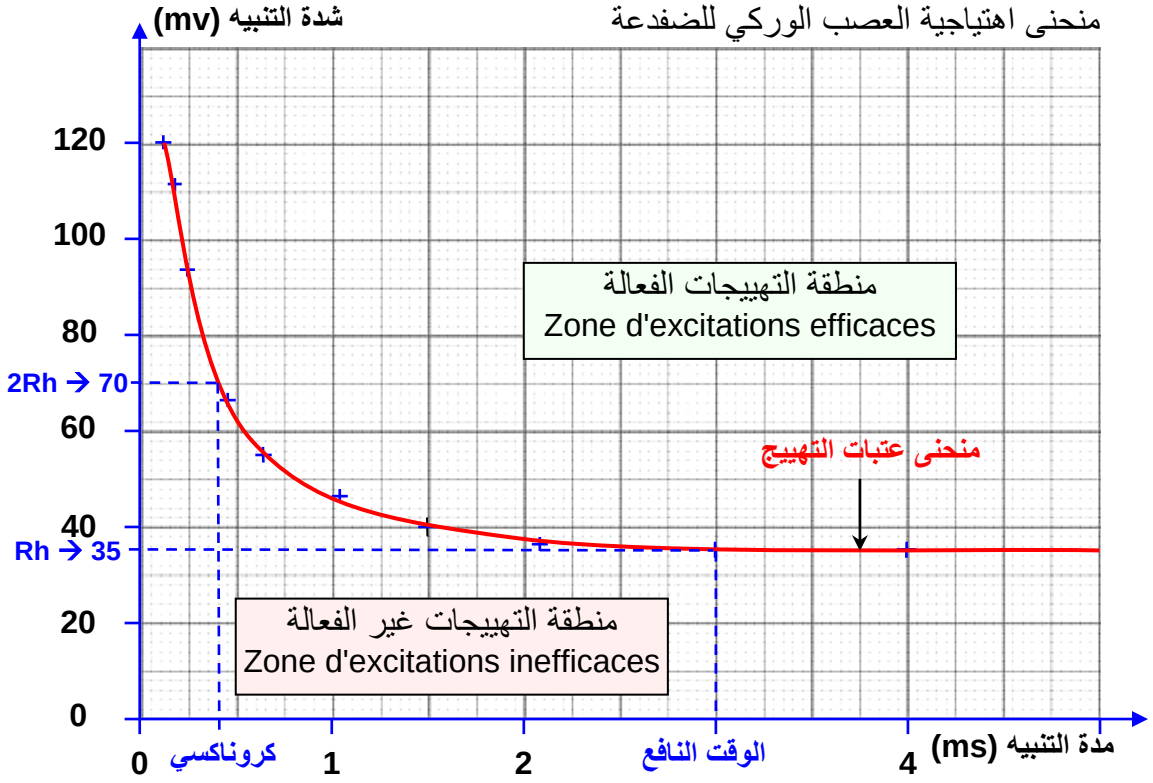
تمكن عدة تسجيل اهتياجية العصب من تغيير شدة الاهاجة المعبر عنها ب الميليفولت (mv)، وكذا مدة الاهاجة المعبر عنها ب (ms). نقوم بالتجربة على العصب الوركي Nerf sciatique للضفدعة.
يتم تحديد شدة تهييج معينة ثم نعمل على تغيير مدته عدة مرات حتى يتم الحصول على اهاجة فعالة (تعطي إجابة). ثم نحدد مدة معينة ويتم تغيير شدة الاهاجة حتى الحصول على اهاجة فعالة. وفي كل اهاجة فعالة يتم تسجيل شدة ومدة الاهاجة الفعالة. ويبين الجدول التالي النتائج المحصل عليها:

مدة التنبيه t ب (ms)	0.10	0.15	0.2	0.45	0.65	1.05	1.5	2.15	3	4
شدة التنبيه I ب (mv)	120	112	94	65.5	55	47	40	37	35	35

www.datasvt.com

1) أنجز منحنى تغيرات شدة التهييج بدلالة مدة التهييج. (10mm ← 0.2ms ،10mm ← 10mv)
2) لنعتبر اهاجة ذات الخصائص التالية (40mv,1.5ms) ما هي العلاقة التي تربط بين القيمتين؟
3) انطلاقا من تحليل المنحنى حدد:
   - ما هي شدة التهييج الدنيا التي تعطي أول استجابة؟ وما هي المدة الزمنية المطابقة لها؟
   - أهم ثوابت تهييج العصب.

1) منحنى اهتياجية العصب (أنظر الورق الميليمتري)



2) لكي تكون اهاجة شدتها 40mv فعالة يجب أن تكون مدتها تساوي أو تفوق 1.5ms، وتعتبر هذه المدة عتبة نسبية للمدة. ولكي تكون اهاجة مدتها 1.5ms فعالة ينبغي أن تكون شدتها تساوي أو تفوق 40mv، وتعتبر هذه الشدة عتبة نسبية للشدة. ونطبق هذه العلاقة على جميع قيم الجدول الذي يحتوي بذلك على العتبات النسبية للشدة والمدة المطابقة لها.

3) مدة التهييج الدنيا التي تعطينا أول استجابة هي 3.5mv تدعى الريوباز Rhéobase. وتعتبر بذلك عتبة مطلقة للشدة، أي عندما تكون شدة الاهاجة تقل عن الريوباز، لن تكون فعالة مهما كانت مدتها.
والمدة الزمنية المطابقة للريوباز تسمى بالوقت النافع.
بما أن الوقت النافع يصعب تحديده على المنحنى، فقد تم اختيار خاصية أخرى تدعى الكروناكسي Chronaxie وهي المدة الزمنية المطابقة للشدة التي تساوي ضعف الريوباز (2Rh).
يمثل المنحنى المحصل عليه عتبات التهييج، ويفصل بين منطقتين: منطقة التهييجات الفعالة ومنطقة التهييجات غير الفعالة.

c – تمرين: أنظر الوثيقة 4

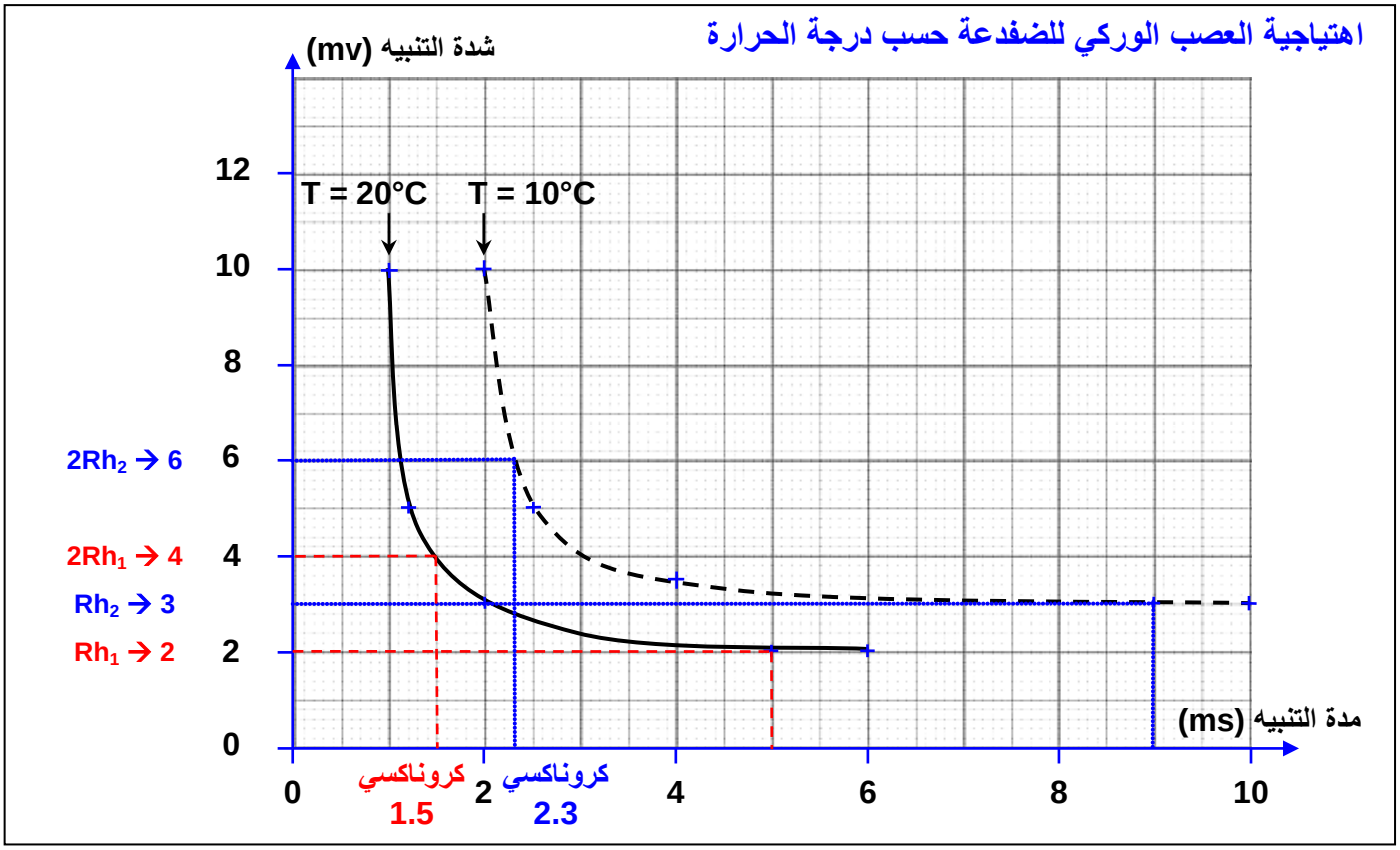
الوثيقة 4: تمرين قمنا بدراسة تهييج عصبين وركيين لضفدعة. الأول في درجة حرارة 10°C والتالي في درجة حرارة 20°C. النتائج المحصل عليها مدونة في الجدول أمامه:

10	5	3	2	2	شدة التنبيه I ب (mv)	T = 20°C
1	1.2	2	5	6	مدة التنبيه t ب (ms)	
10	5	3.5	3	3	شدة التنبيه I ب (mv)	T = 10°C
2	2.5	4	9	10	مدة التنبيه t ب (ms)	

1) مثل هذه النتائج في رسم بياني واحد.
2) حدد خصائص تهييج هذه الأعصاب.
3) حدد العصب الأكثر تهييجا. ماذا يمكنك استنتاجه؟

www.datasvt.com

1) التمثيل البياني للنتائج:



2) خصائص تهييج العصبين:

Ch (ms)	2Rh (mv)	Rh (mv)	
1.5	4	2	العصب T + 20°C
2.3	6	3	العصب T + 10°C

3) العصب الأكثر اهتياجية هو العصب الموضوع في درجة حرارة T=20°C لأن الريوباز والكروناكسي في هذه الحالة أقل من الريوباز والكروناكسي للعصب الموضوع في درجة حرارة T=10°C.
إذن كلما كانت قيمة الريوباز والكروناكسي ضعيفة، كان العصب أكثر قابلية للتهييج. وبالتالي فدرجة الحرارة تلعب دورا في اهتياجية العصب. حيث أنه كلما ارتفعت درجة الحرارة إلا وكان العصب أكثر اهتياجية.

ج – دراسة خاصية التوصيلية:

a – شروط التوصيلية أنظر الوثيقة 5

الوثيقة 5: شروط التوصيلية

لتحديد الشروط الفيزيولوجية المتحكمة في توصيل السيالة العصبية ثم القيام بالتجارب التالية:

- ★ نضع جزء من عصب في درجة حرارة تقل عن 2°C، وجزء آخر في درجة حرارة تفوق 50°C ثم نحدث اهاجة فعالة.
- ★ نضع العصب في درجة حرارة عادية (25°C) مع إضافة كمية من الاثير أو الكلوروفورم (مخدر)، وبعد فترة زمنية نقوم بإحداث اهاجة فعالة.
- ★ نقوم بتخريب العصب بواسطة إبرة (أو قطعه)، ثم نقوم بإحداث اهاجة فعالة.

في جميع الحالات السابقة لا يسمح العصب بتوصيل السيالة العصبية.

ماذا تستنتج من خلال هذه التجارب؟ وما هي الشروط اللازمة لتوصيل السيالة العصبية؟

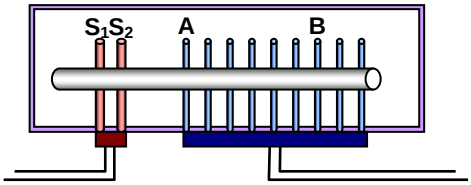
www.datasvt.com

التوصيلية هي قدرة العصب أو الليف العصبي على نقل الوسالة العصبية إثر تهييج فعال.
يتبين من تحليل المعطيات التجريبية السابقة أن التوصيلية تختلف حسب بعض الظروف الفزيولوجية. إذ لا يسمح العصب بتوصيل الرسالة العصبية إذا كان مقطوعا أو مضغوطا أو مخدرا (مبنجا) أو خاضعا لدرجات حرارة قصوية (أكثر من 50°C أو حرارة دنيا اقل من 2°C).

b – سرعة التوصيلية : أنظر الوثيقة 6

الوثيقة 6: سرعة التوصيلية

بعد عزل العصب الوركي لضفدعة ووضعه في حوض العصب، نطبق عليه اهاجتين متتاليتين بواسطة الالكترودين S_1S_2 ثم نستقبل استجابة العصب بواسطة مساري الاستقبال، موضوعة في مستويين مختلفين A وB حيث أن المسافة بين A وB هي $d_{AB}=12mm$.



1) أحسب سرعة توصيل الرسالة العصبية بين A وB معتمدا على النتائج المسجلة في الجدول التالي:

حرارة الوسط	18°C	28°C
فارق الزمن (ms) (مرور السيالة من A إلى B)	2	1

2) ماذا يمكنك استنتاجه؟
3) هل يمكن أن نقول أن السيالة العصبية هي عبارة عن تيار كهربائي؟ لماذا؟

1) سرعة انتقال الرسالة العصبية من A إلى B هي V_{AB}:

$$V_{AB}=\frac{\Delta d\ (mm)}{\Delta t\ (ms)}$$

★ عند درجة حرارة 18°C : $V_{AB}=\frac{12\ (mm)}{2\ (ms)}=6\ mm/ms$

★ عند درجة حرارة 28°C: $V_{AB}=\frac{12\ (mm)}{1\ (ms)}=12\ mm/ms$

2) نستنتج من المعطيات السابقة أن سرعة التوصيلية تتغير حسب حرارة الوسط، فكلما ارتفعت درجة الحرارة إلا وارتفعت سرعة التوصيلية.

3) السرعة المسجلة أقل بكثير من سرعة التيار الكهربائي، وبالتالي فالرسالة العصبية ليست بتيار كهربائي.

II – طبيعة الرسالة العصبية

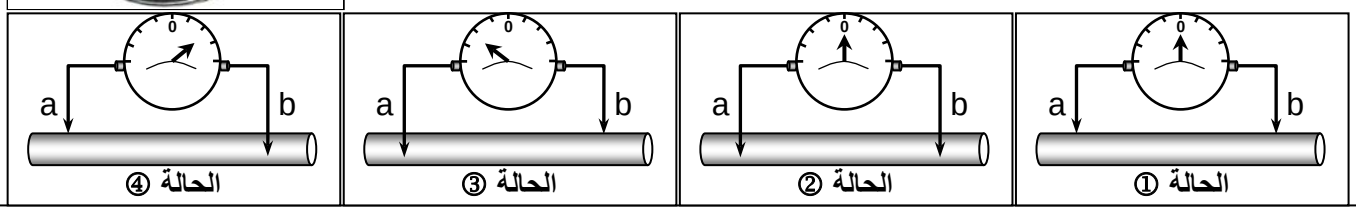
① الظواهر الكهربائية المصاحبة لنشاط الليف العصبي:

لتسجيل النشاط الكهربائي للعصب يتم الاعتماد على كاشف الذبذبات أو الكالفانومتر Galvanomètre.

أ – استعمال الكالفانومتر: أنظر الوثيقة 7

الوثيقة 7: للكشف عن النشاط الكهربائي للعصب

للكشف عن النشاط الكهربائي للعصب، نستعمل الكالفانومتر Galvanomètre (شكل أ) الذي يمكن من الكشف عن وجود فرق جهد كهربائي (ddp) بين وسطين.
في غياب أي تهييج، نقوم بالمناولات الممثلة على الرسوم التخطيطية أسفله.
ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات؟



www.datasvt.com

★ في الحالة ① والحالة ② عندما نضع الالكترودين a وb معا إما خارج أو داخل العصب، نلاحظ أن مؤشر الكالفانومتر يبقى مستقرا في القيمة 0.

★ في الحالة ③ والحالة ④ عندما نضع أحد الالكترودين a أوb داخل العصب والآخر خارج العصب، نلاحظ أن مؤشر الكالفانومتر ينحرف ليستقر في قيمة مخالفة للصفر.

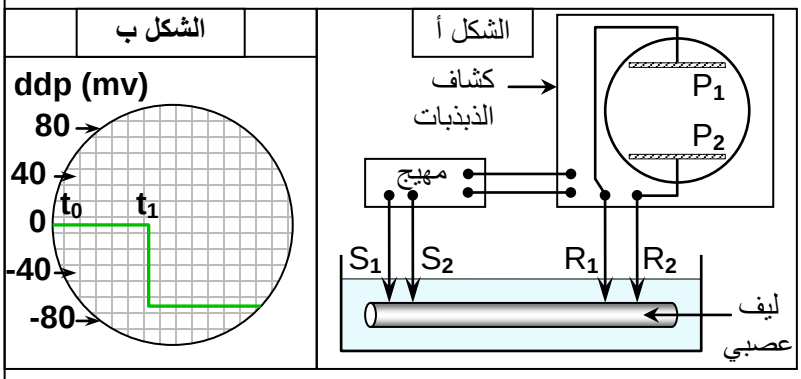
نستنتج من هذه الملاحظات أن جميع نقط سطح العصب لها نفس الجهد الكهربائي. بينما هناك اختلاف في الجهد الكهربائي بين الوسط الداخلي والخارجي للعصب.

ب – استعمال كاشف الذبذبات:

a – الكشف عن جهد الكمون أنظر الوثيقة 8

الوثيقة 8: الكشف عن جهد الكمون Potentiel de repos

في حالة استعمال كاشف التذبذب يمكن تمثيل التركيب التجريبي المستعمل كما هو ممثل على الشكل أ (S_1S_2= مساري التهييج، R_1R_2 = مساري الاستقبال، P_1P_2 = صفائح معدنية).



في غياب أي تهييج نقوم بالتجربتين التاليتين:

★ في الزمن t_0 (بداية التجربة) نضع المساري المستقبلة R_1R_2 على سطح الليف العصبي.

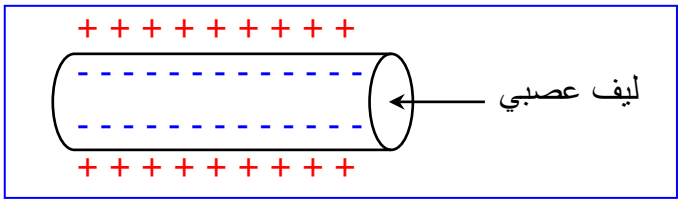
★ في الزمن t_1 نضع المسرى R_1 داخل الليف والمسرى R_2 على السطح.

نحصل على النتائج الممثلة على الشكل ب.

1) حدد قيمة فرق الجهد المسجل قبل الزمن t_1.
2) حدد قيمة فرق الجهد المسجل بعد الزمن t_1.
3) فسر النتائج المحصل عليها.

★ في الزمن t_0 عند وضع المساري المستقبلة **R_1R_2** على سطح الليف العصبي، نلاحظ على شاشة كاشف التذبذب خط أفقي يمر من 0. هذا يعني أن فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين الأفقيتين **P_1** و**P_2** منعدم وبالتالي بين المسرايين **R_1R_2**.

★ في الزمن t_1 عند وضع المسرى **R_1** داخل الليف والمسرى **R_2** على السطح، نلاحظ على الشاشة أن النقطة الضوئية قد انحرفت نحو الأسفل في اتجاه الصفيحة **P_2** الموجبة (لأن الالكترونات مشحونة سالبة) والمرتبطة ب **R_2** الموجودة على سطح الليف العصبي، ومنه نستنتج أن سطح الليف له شحنة موجبة وداخل الليف شحنة سالبة.



نستنتج من هذه المعطيات أنه في حالة الراحة أي في غياب التهييج، يكون هناك فرق في الاستقطاب الكهربائي بين الوسط الداخلي والخارجي لليف العصبي يقرب 70mv- يسمى جهد الكمون Potentiel de repos أو جهد الغشاء.

b – الكشف عن جهد العمل أنظر الوثيقة 9

الوثيقة 9: الكشف عن جهد العمل Potentiel d'action

نضع ليفا عصبيا معزولا للخداق Calmar في حوض عصب يحتوي على مساري مهيجة S_1S_2 ومساري مستقبلة R_1R_2 مرتبطة بكشاف الذبذبات.

★ التجربة 1: في الزمن t_0 نضع R_1R_2 على سطح الليف، ثم في الزمن t_1 نهيج هذا الليف تهييجا فعالا فنحصل على التسجيل الممثل في الشكل أ.

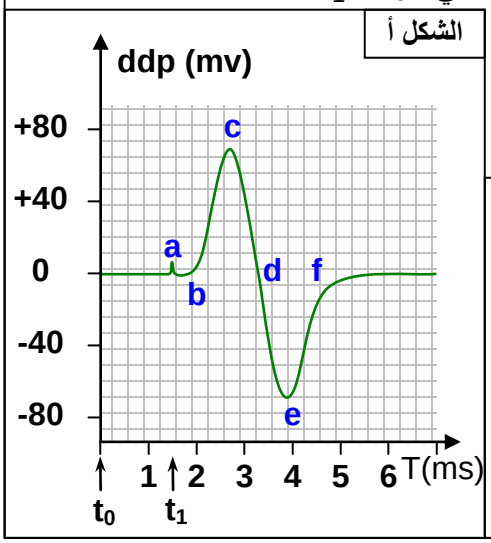
www.datasvt.com

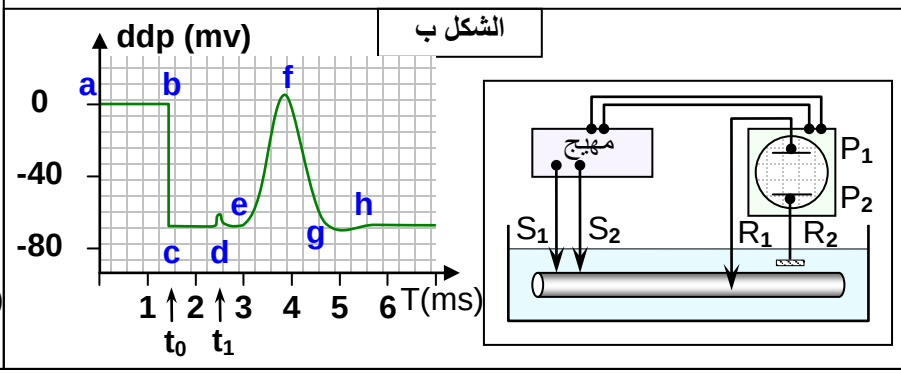
1) ماذا يمثل هذا التسجيل؟
2) فسر مراحل هذا النشاط الكهربائي مستعينا بالوثيقة 10.

★ التجربة 2: في الزمن t_0 ندخل المسرى R_1 في الليف العصبي ونحتفظ ب R_2 في جهد ثابت (مسرى مرجعي)، فنحصل على التسجيل الممثل في الشكل ب، بعد تطبيق اهاجة فعالة على الليف في الزمن t_1.

3) ماذا يمثل التسجيل المحصل عليه بعد التهييج؟

4) حدد مراحل التسجيل مع تفسير التغيرات المحصل عليها.





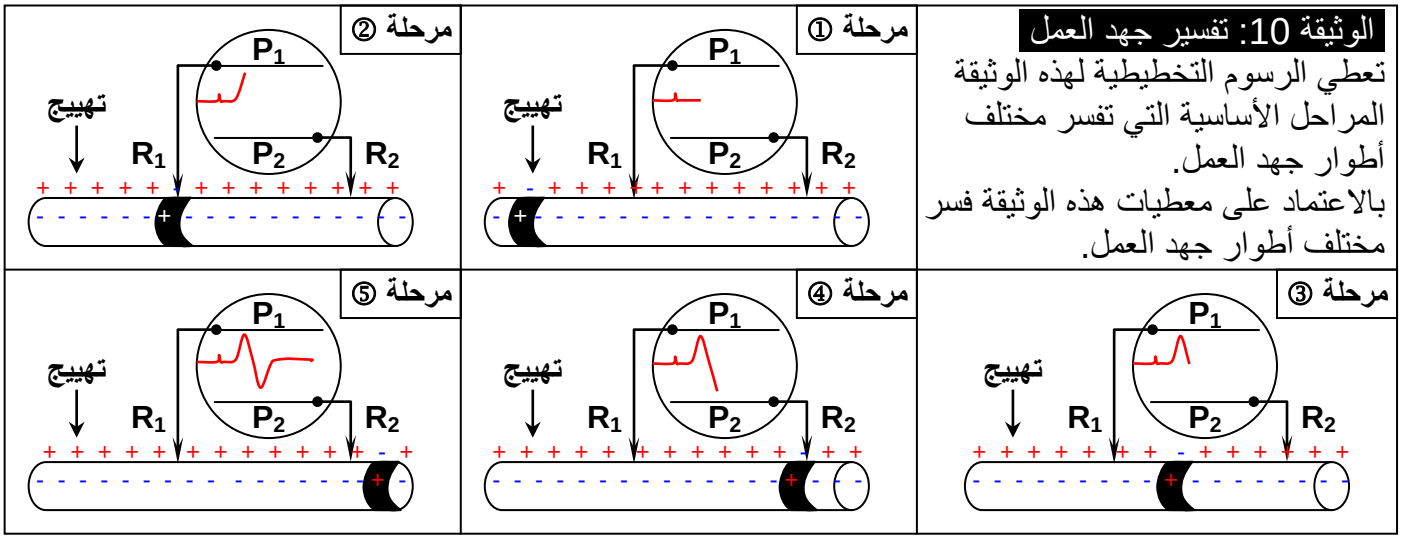
1) يمثل التسجيل المحصل عليه جهد عمل ثنائي الطور (يتكون من جزئين متعاكسين). Diphasique

2) تفسير مراحل جهد العمل (أنظر الوثيقة 10):

الوثيقة 10: تفسير جهد العمل

تعطي الرسوم التخطيطية لهذه الوثيقة المراحل الأساسية التي تفسر مختلف أطوار جهد العمل.

بالاعتماد على معطيات هذه الوثيقة فسر مختلف أطوار جهد العمل.



يمكن تقسيم التسجيل إلى المراحل التالية:

★ المرحلة ①: تحدث الاهاجة منطقة إزالة الاستقطاب (تغيير الشحن الكهربائية من جهتي غشاء الليف العصبي)، والتي تنتقل عبر الليف العصبي في شكل موجة سالبة. نتكلم عن السيالة العصبية Influx nerveux .
تسجل مساري الاستقبال R_1R_2 إشارة متزامنة مع لحظة التهييج تسمى حادث التنبيه (a).
يستغرق انتقال الموجة السالبة من نقطة الاهاجة إلى المسرى R_1 مدة زمنية تدعى زمن الكمون (a-b).

★ المرحلة ②: يحدث وصول الموجة السالبة إلى R_1 فرق جهد كهربائي بين R_1 وR_2 مما يؤدي إلى انحراف النقطة الضوئية نحو الصفيحة P_1 وتسجيل مرحلة إزالة الاستقطاب بالنسبة للمسرى R_1. (b-c)

★ المرحلة ③: عندما تتواجد الموجة السالبة بين R_1 وR_2 يسترجع المسرى R_1 جهده الأصلي، مما يؤدي إلى عودة النقطة الضوئية إلى المستوى 0، نتكلم عن مرحلة إعادة الاستقطاب لR_1 (c-d) .

★ المرحلة ④: بوصول الموجة السالبة إلى R_2 ينتج فرق جهد كهربائي بين R_1 وR_2 مما يؤدي إلى انحراف النقطة الضوئية نحو الصفيحة P_2، وتسجيل مرحلة إزالة الاستقطاب ل R_2 (d-e).

www.datasvt.com

★ المرحلة ⑤: عند مغادرة الموجة السالبة R_2 يسترجع هذا المسرى جهده الأصلي، مما يؤدي إلى عودة النقطة الضوئية من جديد المستوى 0 وبالتالي تسجيل مرحلة إعادة الاستقطاب بالنسبة ل R_2 (e-f) .

3) يمثل التسجيل المحصل عليه في هذه الحالة بعد اهاجة فعالة جهد عمل أحادي الطور Monophasique.

4) قبل التهييج وعند إدخال المسرى R_1 في الزمن t_0 نلاحظ على الشاشة أن النقطة الضوئية قد انحرفت نحو الأسفل في اتجاه الصفيحة P_2 ، فنسجل بذلك فرق جهد كهربائي بين الصفيحتين P_1 وP_2 يمثل جهد الكمون.
بعد التهييج في الزمن t_1 نسجل جهد عمل أحادي الطور، يمكن تقسيمه إلى المراحل التالية:

- المرحلة (d): تمثل حادث التنبيه والتي تتزامن مع لحظة الاهاجة.
- المرحلة (d-e): تمثل زمن الكمون، وهي المدة التي تستغرقها الموجة السالبة لتمر من نقطة التهييج إلى المسرى المستقبل R_1.
- المرحلة (e-f): تمثل إزالة الاستقطاب للمسرى R_1. وصول الموجة السالبة إلى المسرى R_1 ، وبذلك تنحرف النقطة الضوئية نحو الصفيحة P_1.
- المرحلة (f-g): تمثل إعادة الاستقطاب للمسرى R_1 . تبتعد الموجة السالبة عن المسرى R_1 ، وبذلك تبتعد النقطة الضوئية عن الصفيحة P_1.
- المرحلة (g-h): تمثل الاستقطاب المفرط، حيث يتجاوز انحراف النقطة الضوئية قيمة جهد الكمون.

② الظواهر الأيونية المصاحبة لنشاط الليف العصبي:

أ – أصل جهد الكمون: أنظر الوثيقة 11

الوثيقة 11: أصل جهد الكمون

لمعرفة الآليات التي أدت إلى خلق جهد الكمون بين الوسط الداخلي والخارجي لليف عصبي، نقوم بالتجارب التالية:
التجربة 1: نقوم بقياس تركيز أيونات Na^+ وK^+ في كل من الوسط الداخلي لليف العصبي والوسط الخارجي الذي هو السائل البيفرجي.
النتائج المحصل عليها مدونة في جدول الشكل أ.

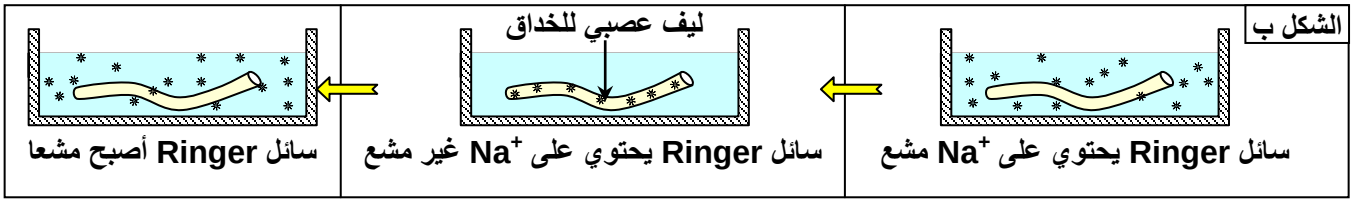
الشكل أ

الأيونات	تركيز الأيونات ب mmol/l	
	داخل الليف	السائل البيفرجي
Na^+	50	450
K^+	400	20

1) قارن تركيز أيونات Na^+ وK^+ داخل وخارج الليف العصبي.
2) اقترح فرضية لتفسير الاختلاف الملاحظ في تركيز هذه الأيونات

التجربة 2: نضع ليفا عصبيا في محلول Ringer يحتوي على أيونات الصوديوم المشع، وبعد بضع ساعات يصبح داخل الليف العصبي مشعا، وإذا وضعنا هذا الليف المشع في محلول غير مشع، نلاحظ ظهور نشاط إشعاعي في هذا المحلول (الشكل ب). نفس النتائج نحصل عليها إذا استعملنا ايونات البوتاسيوم المشع.

الشكل ب



3) ما هي الاستنتاجات التي يمكن استخلاصها من نتائج هذه التجربة؟

1) يبين الجدول أن تركيز أيونات K^+ داخل الليف العصبي أكبر بكثير من تركيزه خارج الليف، وأن تركيز Na^+ داخل الليف أقل من تركيزه خارج الليف.

2) لو افترضنا أن غشاء الليف العصبي يعتمد على النقل السلبي فقط، ستنقل الأيونات إذن تبعا للدرجة التنازلية للتركيز، إلى أن يتساوى التركيز بين الوسطين، فيختفي بذلك جهد الكمون. إذن الغشاء يعتمد آليات النقل النشيط لإخراج K^+ وإدخال Na^+.

www.datasvt.com

3) في مرحلة أولى يظهر الإشعاع داخل الليف العصبي، هذا يدل على دخول Na^+ إلى الليف تبعا للدرجة التنازلية للتركيز. انه نقل سلبي.

في مرحلة ثانية يظهر الإشعاع في ماء البحر، هذا يدل على خروج Na^+ من الليف إلى الوسط الخارجي، وذلك عكس الدرجة التنازلية للتركيز، انه نقل نشيط.

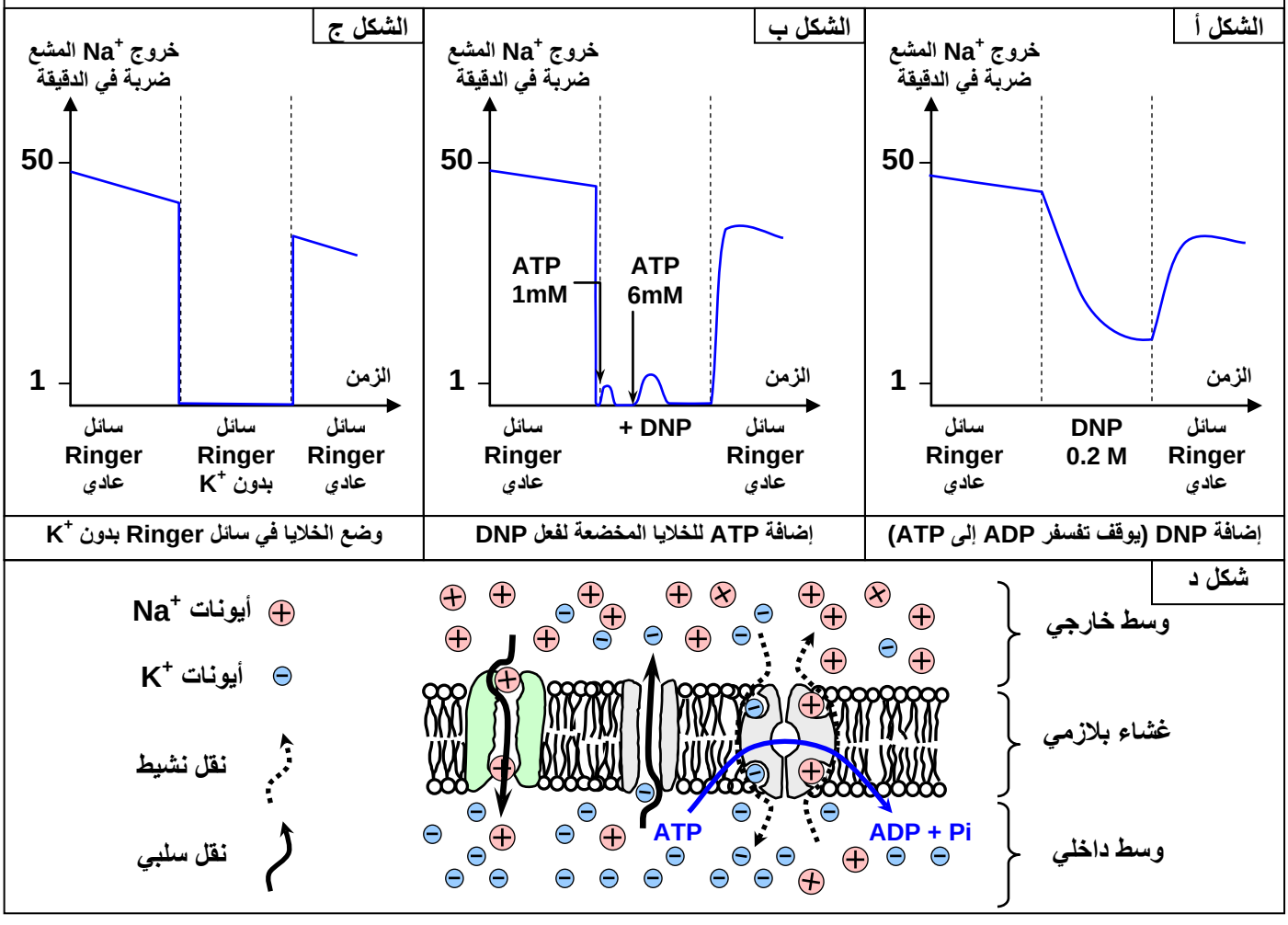
نستنتج من هذه المعطيات أن غشاء الليف العصبي نفوذ لأيونات Na^+ وK^+ بواسطة الانتشار الحر الذي يعمل على إدخال أيونات Na^+ وإخراج أيونات K^+، وذلك حسب الدرجة التنازلية للتركيز. لكن إذا استمرت ظاهرة الانتشار لوحدها سيحدث تساوي تركيز الأيونات Na^+ وK^+ من جهتي الغشاء، وبذلك سينعدم جهد الكمون.

أ – الحفاظ على جهد الكمون؟ أنظر الوثيقة 12

الوثيقة 12: الحفاظ على جهد الكمون

لتحديد طبيعة آليات الحفاظ على جهد الكمون، نقوم بحقن كمية قليلة من الصوديوم المشع داخل الليف العصبي، ثم نضع هذا الليف في سائل يحتوي على الصوديوم العادي مع تجديد السائل خلال فترات زمنية منتظمة، وقياس كمية الصوديوم المشع الذي يظهر في السائل كل مرة وحصلنا على النتائج الممثلة في الشكل أ والشكل ب والشكل ج.

بالاعتماد على هذه المعطيات ومعطيات الشكل د، حدد طبيعة وعمل الآليات المسؤولة عن الحفاظ عن جهد العمل.

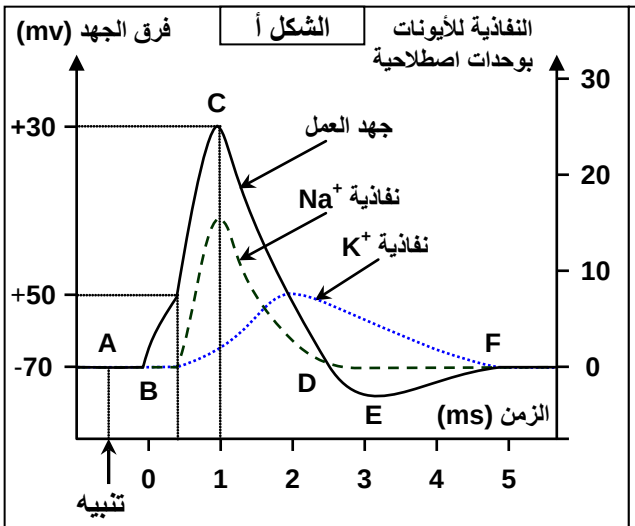


إن خروج ايونات Na^+ من الوسط الداخلي لليف العصبي الأقل تركيزا، إلى الوسط الخارجي الأكثر تركيزا، هو عكس الدرجة التنازلية للتركيز. ويتوقف هذا التدفق لأيونات Na^+ في غياب ATP أي الطاقة، وفي غياب أيونات K^+.
يتبين من هذه المعطيات أن تدفق Na^+ نحو الوسط الخارجي يتم بواسطة النقل النشيط والذي يتم بواسطة ناقلات خاصة تدعى مضخات Na^+ وK^+ . إذ تعمل هذه المضخة على إخراج ثلاثة أيونات Na^+ مقابل إدخال أيونين K^+ ويساهم بذلك في جعل سطح الليف العصبي مشحون موجب مقارنة مع الوسط الداخلي.

www.datasvt.com

ج – أصل جهد العمل: أنظر الوثيقة 13

الوثيقة 13: أصل جهد العمل



★ لفهم الظواهر الأيونية التي تؤدي إلى نشأة جهد العمل، قام كل من Hodgkin وHuxley سنة 1950 من قياس تغيرات نفاذية غشاء الليف العصبي لأيونات Na^+ وK^+ خلال مرور جهد العمل. يجسد الرسم البياني أمامه (الشكل أ) تغيرات الجهد الغشائي بالموازاة مع تغيرات نفاذية الغشاء لأيونات Na^+ وK^+.

1) انطلاقا من تحليل معطيات الشكل أ من الوثيقة أبرز العلاقة المتواجدة بين تدفق الأيونات Na^+ وK^+ عبر الغشاء السيتوبلازمي ومراحل جهد العمل.

★ يوجد على مستوى الغشاء السيتوبلازمي لليف عصبي نوعان من القنوات (قنوات X وقنوات Y) تتدخل في تدفق أيونات Na^+ وK^+. بواسطة تقنية ملائمة تم تحديد عدد القنوات المفتوحة في كل μm^2 من الغشاء السيتوبلازمي أثناء جهد العمل. يمثل جدول الشكل 2 النتائج المحصل عليها.

الشكل ب	عدد القنوات المفتوحة في كل μm^2 من الغشاء السيتوبلازمي حسب الزمن										
الزمن (ms)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
القنوات X	0	0	5	40	25	5	2	0	0	0	0
القنوات Y	0	0	0	5	15	20	18	12	8	2	1

2) أنجز على نفس المعلم الرسم البياني الذي يمثل تغير عدد القنوات X المفتوحة، والذي يمثل تغير عدد القنوات Y المفتوحة حسب الزمن.
3) اعتمادا على مقارنة المنحنيين المحصل عليهما مع المعطيات السابقة، استخلص دور كل من القنوات X وY.
4) على ضوء كل المعطيات السابقة حدد مختلف الأحداث التي تطرأ على مستوى الليف العصبي بعد اهاجة فعالة.

1) بالنسبة لأيونات Na^+:
- من لحظة التنبيه إلى الزمن 0.4 ms نلاحظ غياب نفاذية الغشاء ل Na^+.
- من 0.4ms إلى 1ms ترتفع نفاذية الغشاء ل Na^+ (ارتفاع دخول ايونات Na^+).
- من 1ms إلى 2.5ms تنخفض نفاذية الغشاء ل Na^+.
- انطلاقا من 2.5ms تتوقف نفاذية الغشاء لايونات Na^+.

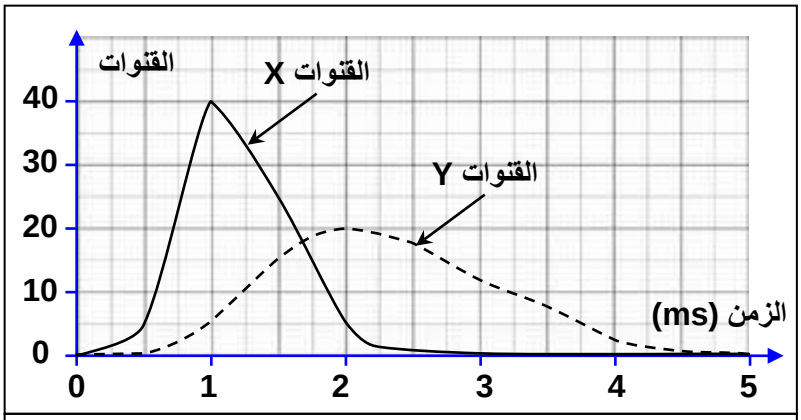
بالنسبة لأيونات K^+:
- من لحظة التنبيه إلى الزمن 1ms نلاحظ غياب نفاذية الغشاء ل K^+.
- من 1ms إلى 2ms ترتفع نفاذية الغشاء ل K^+ (ارتفاع خروج ايونات K^+).
- من 2ms إلى 4.7ms تنخفض نفاذية الغشاء ل K^+.
- انطلاقا من 4.7ms تتوقف نفاذية الغشاء لايونات K^+.

بعد الاهاجة وفترة الكمون، نسجل ارتفاعا سريعا في نفاذية Na^+ بشكل موازي لمرحلة إزالة الاستقطاب، لتنخفض نفاذية Na^+ خلال مرحلة إعادة الاستقطاب.
بعد الاهاجة وفترة الكمون ترتفع بشكل تدريجي نفاذية K^+ لتصل أقصاها خلال مرحلة إعادة الاستقطاب، ثم تعود تدريجيا إلى قيمتها الأصلية مع نهاية مرحلة الاستقطاب المفرط.

2) الرسم البياني الذي يمثل تغير عدد القنوات المفتوحة: أنظر الرسم أسفله

www.datasvt.com

3) بما أن انفتاح القنوات X يتزامن مع دخول Na^+ نستنتج إذن أن القنوات X خاصة بأيونات Na^+.
وبما أن انفتاح القنوات Y يتزامن مع خروج K^+ نستنتج إذن أن القنوات Y خاصة بأيونات K^+. نستخلص من هذه المقارنة أن التهييج يؤدي إلى انفتاح القنوات الأيونية الخاصة ب Na^+ مما يؤدي إلى دخول كثيف لأيونات Na^+. بعد هذا بوقت وجيز تنفتح القنوات الخاصة ب K^+ فتخرج أيونات K^+.



عدد القنوات المفتوحة في كل μm^2 من الغشاء السيتوبلازمي حسب الزمن

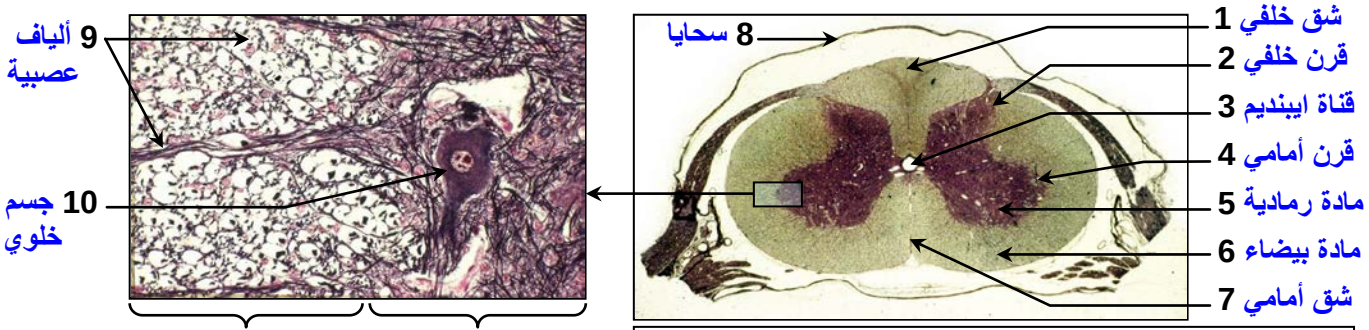
عندما تصل نفاذية الغشاء إلى أقصاها، تبدأ نفاذية الأيونات بالانخفاض وذلك بانغلاق القنوات الخاصة بها وتدخل المضخات الأيونية التي تعمل على إخراج Na^+ وإدخال K^+.

4) يرتبط نشوء جهد العمل بتغيير في نفاذية الغشاء لأيونات Na^+ وK^+ ، حيث يترتب عن وصول التهييج إلى ارتفاع نفاذية الغشاء لأيونات Na^+ وبالتالي دخول متفجر لهذه الأيونات وانقلاب في قطبية الغشاء. يليها ارتفاع في نفاذية K^+ وينتج عنه خروج تدريجي وبطيء ل K^+ وإعادة استقطاب الغشاء. يترتب عن استمرار خروج K^+ فرط في الاستقطاب الغشائي الذي يتم تصحيحه بعمل مضخات Na^+ وK^+.
يعود تدفق أيونات Na^+ وK^+ خلال جهد العمل، لوجود قنوات خاصة مرتبطة بالفولتية يخضع انفتاحها لتأثير تغير فرق الجهد الكهربائي المحلي. Les canaux voltage dépendant

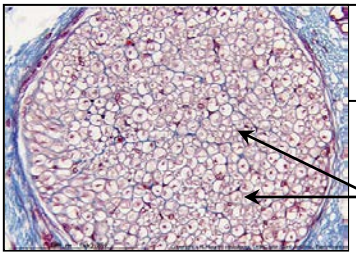
III – البنيات المسؤولة عن التواصل العصبي

① البنيات النسيجية للعصب والنخاع الشوكي أنظر الوثيقة 14

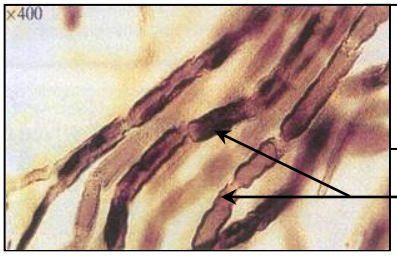
الوثيقة 14: ملاحظات مجهرية للنسيج العصبي



شكل أ : ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي للنخاع الشوكي



شكل ب: ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي للعصب



شكل ج : ملاحظة مجهرية لعصب مؤرب Dilacéré

لاحظ بالمجهر الضوئي تحاضير للنخاع الشوكي. مستحضرا مكتسباتك السابقة وبالاعتماد على معطيات الوثيقة:

- تعرف مكونات المركز العصبي النخاع الشوكي، ثم أنجز رسوما تخطيطية لملاحظاتك مع وضع تعاليق مناسبة لهذه الرسوم.
- تعرف مكونات العصب، ثم أنجز له رسوما تخطيطية بتعاليق مناسبة.
- أوجد العلاقة القائمة بين بنية العصب والنخاع الشوكي.

www.datasvt.com

أ – ملاحظات مجهرية للنخاع الشوكي La moelle épinière:

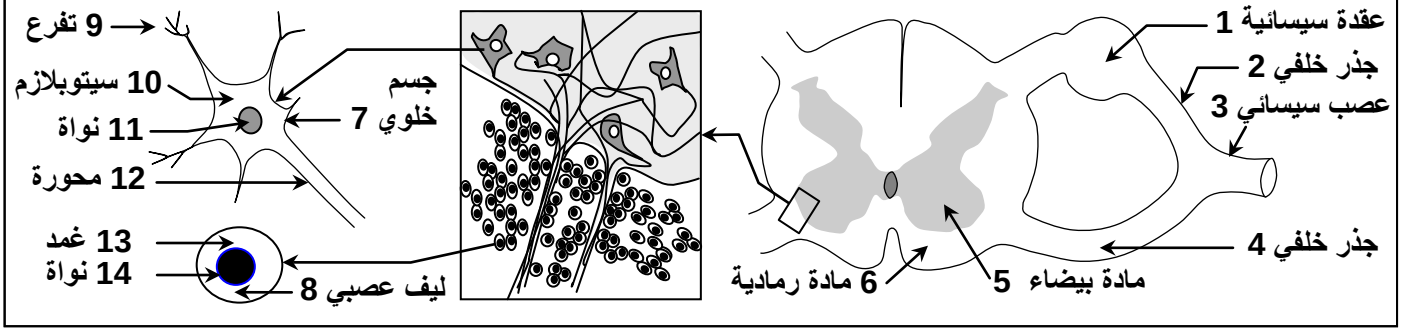
يوجد النخاع الشوكي في العمود الفقري على شكل حبل أبيض يرتبط بالأعضاء الجانبية بواسطة الأعصاب السيسائية Les nerfs rachidiens. ويتكون النخاع الشوكي من مادتين أساسيتين، مادة رمادية مركزية ومادة بيضاء محيطية.

★ تتكون المادة الرمادية من بقع نجمية الشكل، هي عبارة عن أجسام خلوية تنطلق منها عدة امتدادات سيتوبلازمية. كما نلاحظ وجود عدة نوى لخلايا عصبية أخرى تسمى الخلايا الدبقية Les cellule gliales = névroglie التي تلعب دورا في اقتيات ودعم الأجسام الخلوية.

★ تتكون المادة البيضاء من عدة عناصر مستديرة الشكل، يمثل كل منها ليفا عصبيا مقطوعا عرضيا. ويتكون كل ليف عصبي من محورة Axone محاطة بغمد النخاعين La gaine de myéline

★ الرسوم التخطيطية: (أنظر الوثيقة 15)

الوثيقة 15: بنية النخاع الشوكي



ب – ملاحظات مجهرية للعصب Le nerf:

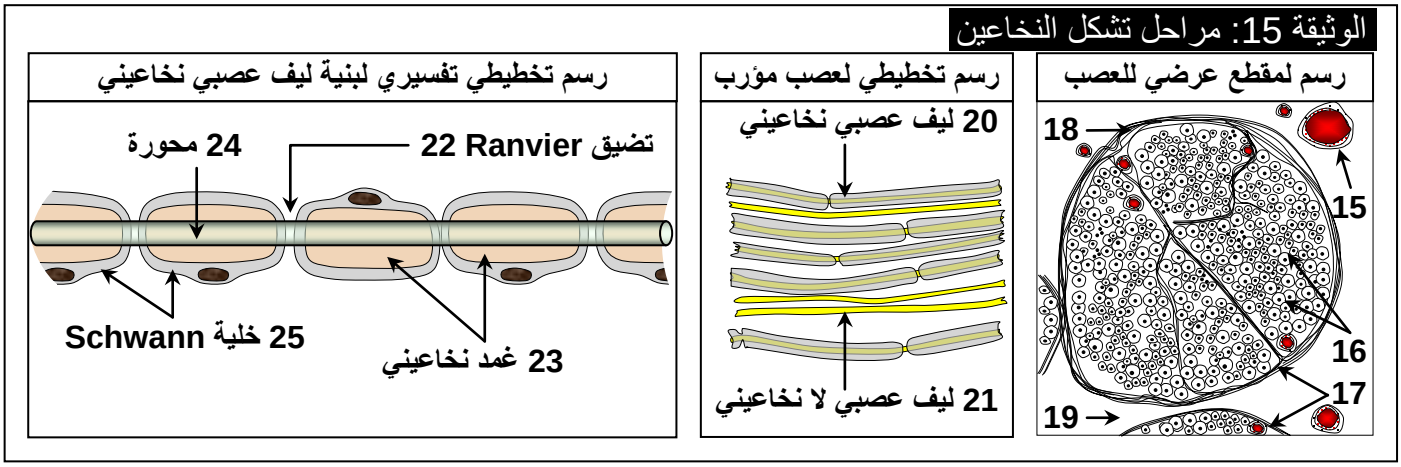
يتكون العصب من حزم من الألياف العصبية Les fibres nerveuses، تحاط بنسيج ضام ويفصل بين مختلف الحزم نسيج ضام يحتوي على شعيرات دموية.

★ تبين الملاحظة بتكبير قوي أن كل ليف عصبي يتكون من محورة ذات تركيب سيتوبلازمي محاطة بغمد نخاعيني وغمد شفان La gaine de myéline et la gaine de Schwann، كما نلاحظ تضيقات يختفي على مستواها الغمد النخاعيني تسمى تضيقات رونفيي Etranglements de Ranvier.

★ تسمى الألياف العصبية المحاطة بالغمد النخاعيني بالألياف النخاعينية Les fibres myéliniques. كما توجد ألياف عصبية غير محاطة بالغمد النخاعيني تسمى أليافا لا نخاعينية Les fibres amyéliniques.

★ الرسوم التخطيطية: (أنظر الوثيقة 15)

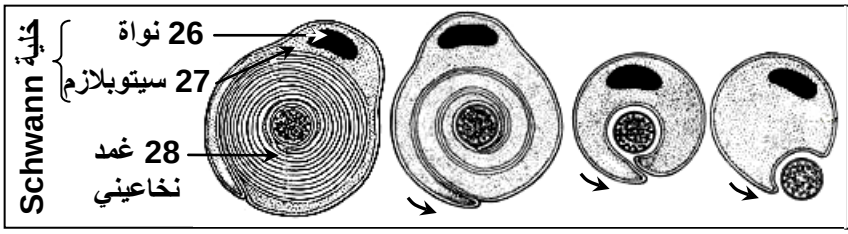
الوثيقة 15: مراحل تشكل النخاعين



★ يتشكل الغمد النخاعيني أثناء نمو الجنين ويستمر بعد الولادة. ويتكون انطلاقا من التفاف خلية Schwann حول المحورة لعدة مرات، فتتشكل بذلك طبقة سميكة من الأغشية ذات طبيعة فوسفودهنية، تمثل غمد النخاعين الذي يدفع بنواة خلية Schwann نحو المحيط (أنظر الرسوم على الوثيقة 15).

www.datasvt.com

الوثيقة 15: كيفية تشكل غمد النخاعين



رسوم تخطيطية لمقاطع عرضية لليف نخاعيني تمثل مراحل تشكل النخاعين: النخاعين مادة عازلة يتم تشكلها انطلاقا من تلولب غشاء خلايا Schwann حول المحورة.

تبين من الملاحظات السابقة أن العصب هو عبارة عن مجموعة من الألياف العصبية، كل ليف يظهر محورة محاطة بغمد. وأن المادة البيضاء تتكون من ألياف عصبية، كل ليف عصبي يظهر محورة محاطة بغمد. وأن المادة الرمادية تتكون من أجسام خلوية تظهر امتدادات لها نفس مظهر المحورات.

انطلاقا من هذه الملاحظات يمكن افتراض أن هناك استمرارية بين محورات الأجسام الخلوية بالمادة الرمادية، ومحورات المادة البيضاء، ومحورات العصب.

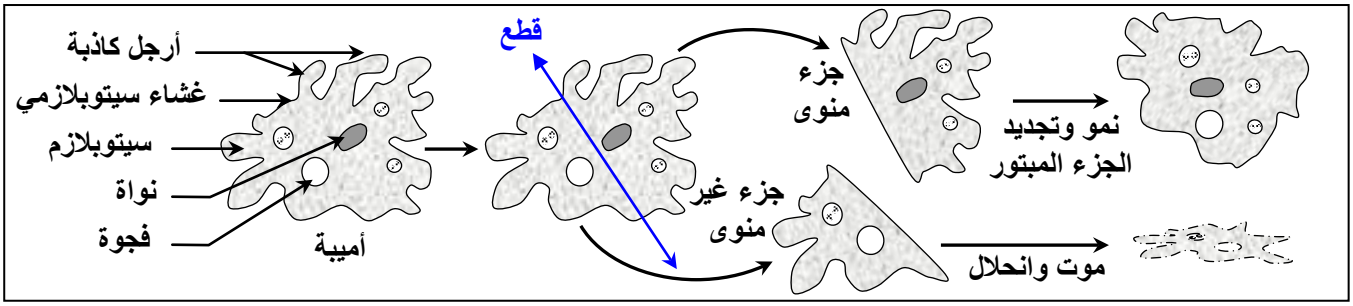
② العلاقة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي أنظر الوثيقة 14

a – تجارب: أنظر الوثيقة 16

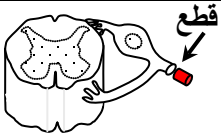
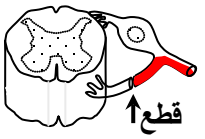
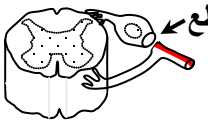
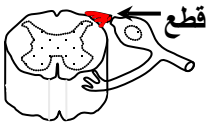
الوثيقة 16: العلاقة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي

لتحديد العلاقة المتواجدة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي نقوم بالتجارب التالية:

★ تجربة التقطيع: نقوم بالتقطيع الدقيق لحيوان وحيد الخلية مثل الأميبة L'amibe كما هو مبين على الرسوم التالية:



★ تجارب Waller وMagendie: لتحديد العلاقة البنيوية بين كل من العصب والنخاع الشوكي قام الباحثين بانجاز التجارب المدونة على الجدول التالي.

استنتاجات	ملاحظات Magendie	تجارب	ملاحظات Waller	استنتاجات
يضم العصب السيسائي أليافا حسية وحركية فهو اذن عصب مختلط	فقدان الحساسية والحركية في جميع المناطق المعصوبة بهذا العصب		انحلال الجزء المحيطي للعصب انطلاقا من نقطة القطع	توجد الأجسام الخلوية للألياف الحسية والحركية بين القطع والنخاع الشوكي
الجدر الأمامي للنخاع الشوكي يضم الألياف الحركية فقط	شلل العضلات المعصوبة بهذا العصب مع الاحتفاظ بالحساسية		انحلال الألياف العصبية للجذر الأمامي في اتجاه محيطي	الأجسام الخلوية للألياف الحركية توجد في المادة الرمادية للنخاع الشوكي
الجدر الخلفي للنخاع الشوكي يضم الألياف الحسية فقط	فقدان الحساسية مع الاحتفاظ بالحركية		انحلال الألياف العصبية للجذر الخلفي في اتجاه محيطي	الأجسام الخلوية للألياف الحركية توجد بين القطع والنخاع الشوكي
الجدر الخلفي للنخاع الشوكي يضم الألياف الحسية فقط	فقدان الحساسية مع الاحتفاظ بالحركية		انحلال الألياف العصبية للجذر الخلفي في اتجاه مركزي	الأجسام الخلوية للألياف الحسية توجد في العقدة السيسائية

بعد تحليل نتائج التجارب وإعطاء الاستنتاج الخاص بكل تجربة، أوجد العلاقة القائمة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي.

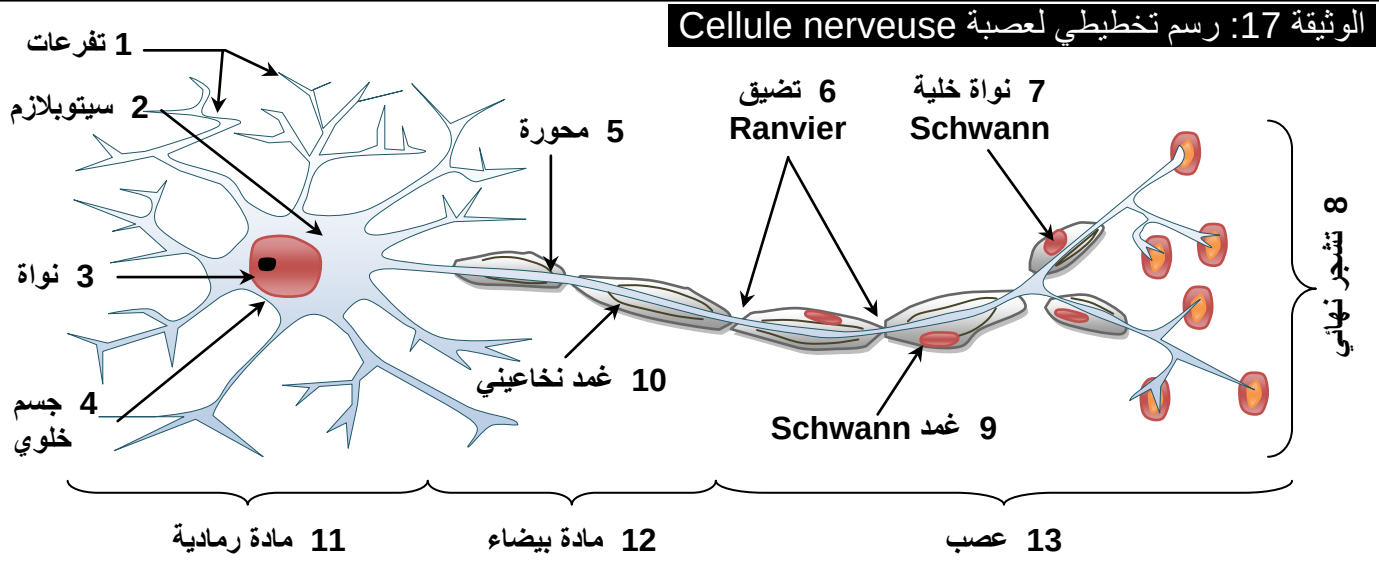
www.datasvt.com

b – تحليل واستنتاج:

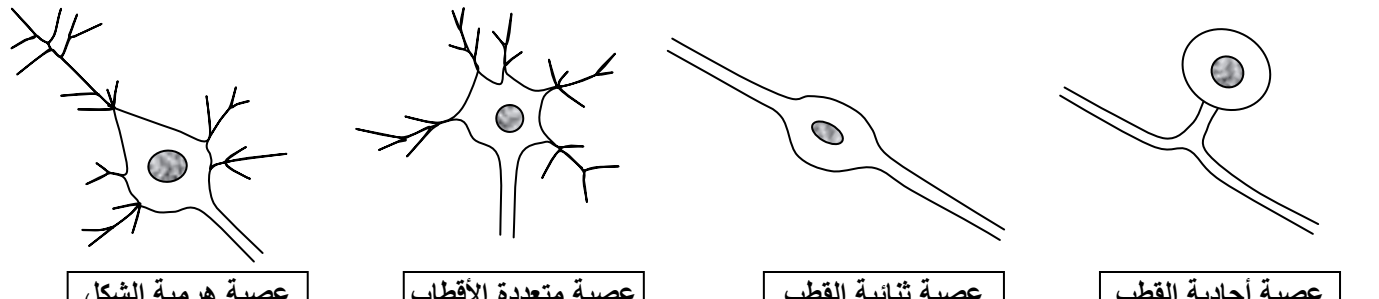
★ يتبين من تجربة التقطيع الدقيق للأميبة أن الجزء المنوى يعيش ويجدد الأجزاء المبتورة بينما الجزء غير المنوى ينحل ويموت. نستنتج إذن أن النواة هي المسؤولة عن نمو وتجديد الخلية.

★ يتبين من تجارب Waller و Magendie أن الفرضية المقترحة صحيحة وأن الألياف العصبية للعصب والألياف العصبية للمادة البيضاء ما هي إلا امتدادات سيتوبلازمية للأجسام الخلوية المتواجدة على مستوى المادة الرمادية. وكل هذه البنيات تشكل وحدة وظيفية للجهاز العصبي، هي الخلية العصبية Cellule nerveuse أو عصبون Neurone.
تعطي الوثيقة 17 رسم تفسيري لبنية الخلية العصبية.

الوثيقة 17: رسم تخطيطي لعصبة Cellule nerveuse



★ بينت الملاحظة المجهرية أن هناك أشكالا مختلفةمن الخلايا العصبية حسب المراكز العصبية التي تتواجد بها، حيث تكون إما أحادية القطب أو على شكل حرف T (العقد السيسائية)، أو ثنائية القطب (شبكية العين)، أو متعددة الأقطاب (النخاع الشوكي)، أو هرمية الشكل (القشرة المخية). أنظر الرسم أسفله.



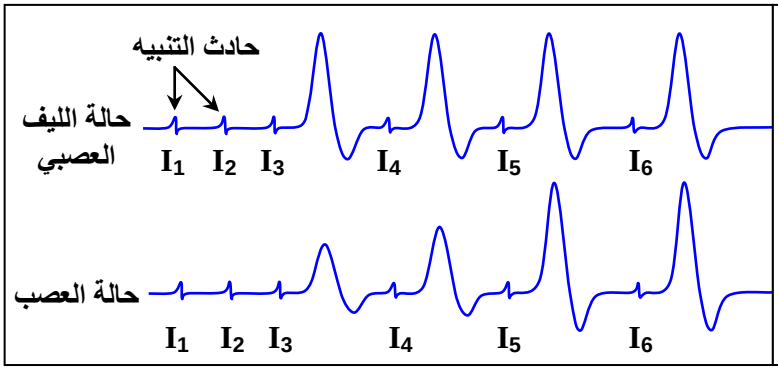
IV – خاصيات الليف العصبي

① استجابة الليف العصبي والعصب لاهاجات متصاعدة الشدة أنظر الوثيقة 18

الوثيقة 18: الخاصيات الاهتياجية لليف العصبي

باستعمال عدة تجريبية مناسبة، نطبق على ليف عصبي ثم على عصب تهييجات ذات شدة متصاعدة $I_1 < I_2 < I_3 \ldots < I_6$. فنحصل على التسجيلات الممثلة أمامه.

1) حلل التسجيلين.
2) ما هي الخاصية المميزة لليف العصبي وللعصب



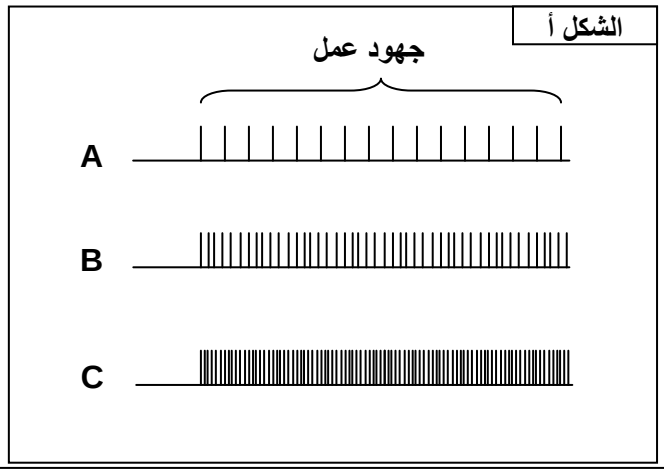
www.datasvt.com

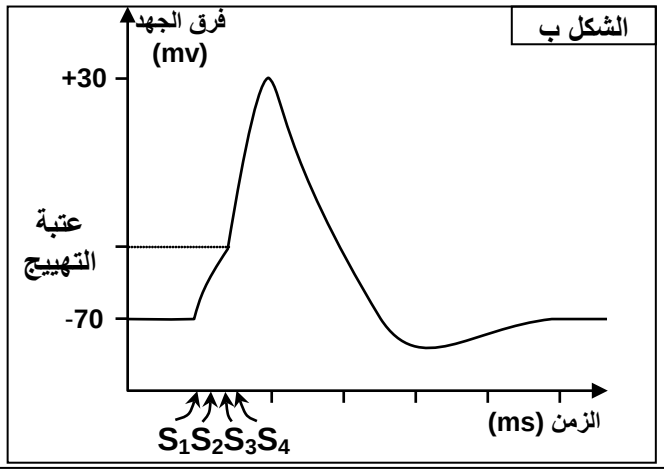
★ عند إحداث تهييجات ذات شدة متصاعدة علة ليف عصبي A<B<C في الحالة الفيزيولوجية العادية نحصل على التسجيلات المبينة على الشكل أ.

3) فسر كيف يتم ترميز الرسالة العصبية عند الليف العصبي في الحالة الفيزيولوجية العادية.

★ لفهم الظاهرة التي أدت عند العصب إلى ظهور جهود عمل متصاعدة الوسع، نقوم بتطبيق أربع تنبيهات S_1، S_2، S_3، S_4 ذات نفس الشدة وغير فعالة (تحت بدئية). إذا كانت هذه التهييجات متقاربة زمنيا تعطينا التسجيل الممثل على الشكل ب، وإذا كانت متباعدة زمنيا فإنها تبقى غير فعالة.

4) ماذا تستخلص من تحليل هذه المعطيات؟





1) في حالة الليف العصبي: نلاحظ أن الاهاجتين I_1 وI_2 لم تحدث أي استجابة فهي إذن اهاجات تحت بدئية، وابتداء من I_3 نسجل استجابات (جهد عمل) يبقى وسعها ثابت رغم زيادة شدة التهييج.
في حالة العصب: نلاحظ أن الاهاجتين I_1 وI_2 لم تحدث أي استجابة فهي إذن اهاجات تحت بدئية، وابتداء من I_3 نسجل استجابات (جهد عمل) يرتفع وسعها مع ارتفاع شدة التهييج، إلى أن نصل إلى الشدة I_5 فيستقر وسع الاستجابة رغم ارتفاع شدة التهييج.

2) في حالة الليف العصبي، عندما ينشأ جهد العمل فهو لا يتأثر بشدة الاهاجة، فإما لا يظهر (اهاجات تحت بدئية) أو يظهر ويبقى في وسع ثابت، فنقول أن الليف العصبي يخضع لقانون الكل أو العدم La loi du tout ou rien. ويفسر هذا القانون بكون الليف يكون وحدة بنيوية تستجيب استجابة تامة أو لا تستجيب.
في حالة العصب، عندما ينشأ جهد العمل فوسع الاستجابة يتزايد بتزايد شدة الاهاجة، إلى حدود قيمة قصوية يصبح عندها الوسع ثابت، فنقول أن العصب يخضع لقانون التجنيد أو التعبئة La loi de recrutement. ويفسر هذا القانون ببنية العصب الذي يتكون من عدة ألياف عصبية تختلف من حيث عتبات التهييج، فكلما زادت شدة التهييج ارتفع عدد الألياف المستجيبة (المجندة)، وبذلك يزداد وسع الاستجابة.

3) في الحالة الفيزيولوجية العادية لليف العصبي نلاحظ أن ارتفاع شدة التهييج تترجم إلى الزيادة في عدد جهود العمل بوسع ثابت. وهكذا فالليف العصبي يترجم اختلاف شدة التهييج بتعديل ترددات جهود العمل وليس بتعديل الوسع.

4) عندما نطبق على العصب اهاجات تحت بدئية بتردد ضعيف (متباعدة) فإنها لا تعطي أي استجابة. لكن عند رفع التردد (تقارب التهييجات) فإننا نحصل على استجابة (جهد عمل). ويفسر ذلك بتجميع الشحن الناتجة عن كل التهييجات لترتقي إلى شدة فوق بدئية تعطي جهد عمل. وهذا ما يعرف بالإجمال الزمني La sommation temporelle.
في حالة خاصية التجنيد فاستجابة العصب فهي نتيجة إجمال استجابات الألياف المكونة له، فنتكلم في هذه الحالة عن الإجمال الحيزي La sommation spatiale.

② علاقة بنية الليف بتوصيل السيالة العصبية

أ – دراسة معطيات تجريبية أنظر الوثيقة 19

www.datasvt.com

الوثيقة 19: علاقة بنية الليف العصبي بتوصيل السيالة العصبية

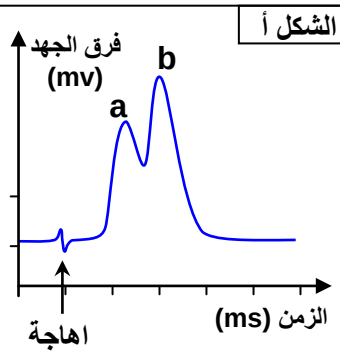
★ يؤدي تهييج فعال لعصب صافن Saphène عند قنية إلى الحصول على التسجيل الممثل في الشكل أ.

1) انطلاقا من تحليل التسجيل المحصل عليه كيف تفسر وجود الطورين a وb؟

★ يعطي جدول الشكل ب نتائج دراسة بعض العوامل التي تؤثر في انتشار السيالة العصبية.

2) ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات؟

الشكل أ



الشكل ب

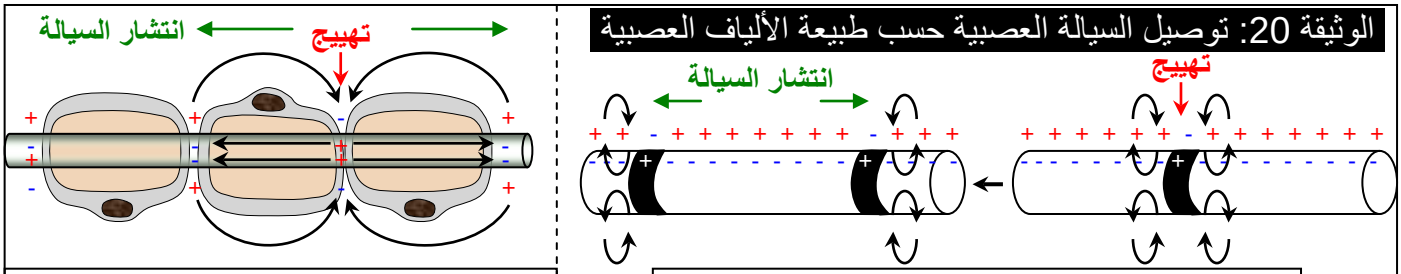
أنماط الألياف العصبية	القطر µmب	السرعة m/sب
ألياف نخاعينية لثدييات	10	60
	20	120
ألياف نخاعينية لعصب وركي عند الضفدعة	10	17
	20	30
ليف عملاق لا نخاعيني عند الخداق	1	33

1) نلاحظ أن اهاجة فعالة واحدة أدت إلى تسجيل جهد عمل يتوفر على طورين لإزالة الاستقطاب، الطور a والطور b الذي يظهر خلال مرحلة إعادة الاستقطاب للطور a.
يفسر وجود الطورين بكون العصب يتوفر على نوعين من الألياف العصبية، تختلف من حيث سرعة توصيل السيالة العصبية.

2) نستنتج من تحليل معطيات الجدول أن سرعة انتشار السيالة العصبية تختلف حسب القطر، ونوع الألياف العصبية نخاعينية أم لا نخاعينية، ونوع الكائن الحي.

ب – علاقة بنية الليف العصبي بخاصية التوصيلية أنظر الوثيقة 20

الوثيقة 20: توصيل السيالة العصبية حسب طبيعة الألياف العصبية



شكل أ: توصيل السيالة العصبية على ليف لا نخاعيني

شكل ب: توصيل السيالة العصبية على ليف نخاعيني

★ بالنسبة لليف اللانخاعيني (الشكل أ): في غياب غمد النخاعين تتواجد قنوات Na^+ و K^+ في نقط متقاربة، مما يمكن جهد العمل الناتج عن الاهاجة الفعالة من توليد جهد عمل في النقطة المجاورة، وفق تيار محلي، أنها نظرية التيارات المحلية Les courants locaux التي تسمح بتوصيل بطيء للسيالة العصبية.

★ بالنسبة لليف النخاعيني (الشكل ب): مع تواجد غمد النخاعين العازل كهربائيا، تتواجد قنوات Na^+ و K^+ النشيطة في تضيقات Ranvier فقط. فعند الاهاجة الفعالة يظهر جهد العمل في أقرب تضيق، فيتولد عن ذلك جهد عمل في التضيق الموالي وذلك وفق تيار قفزي، أنها نظرية التيارات القفزية Les courants saltatoires التي تسمح بتوصيل سريع للسيالة العصبية.

ملاحظات:

★ في حالة ليف عصبي معزول، تنتقل السيالة العصبية في الاتجاهين انطلاقا من نقطة التهييج.
★ تكون تضيقات Ranvier أكثر تباعدا كلما كان قطر الليف كبيرا، وهذا ما يفسر ارتفاع سرعة التوصيلية بالنسبة للألياف النخاعينية ذات القطر الكبير.

③ مفهوم السينابس وآلية التبليغ السينابسي

أ – التأخر السينابسي أو المهلة السينابسية أنظر الوثيقة 21

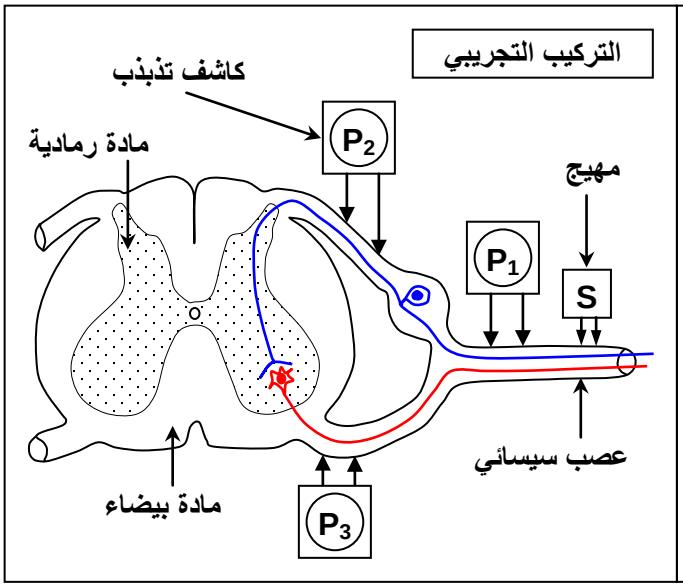
www.datasvt.com

الوثيقة 21: الكشف التجريبي عن نقط الاشتباك

نبرز بالتشريح عصبا سيسائيا لضفدعة صحبة جذوره، ثم نطبق اهاجة فعالة على العصب السيسائي (النقطة S) مع تسجيل الزمن الذي تستغرقه السيالة العصبية عند انتقالها بين نقط مختلفة (بين النقطتين P_1 وP_2 وبين النقطتين P_2 وP_3) ويبين الجدول التالي النتائج المحصلة.

	المسافة ب mm	الزمن الذي استغرقته السيالة ب ms
بين P_1 وP_2	4	0.2
بين P_2 وP_3	2	0.25

أحسب سرعة السيالة العصبية بين النقطتين P_1 وP_2 وبين النقطتين P_2 وP_3، واقترح تفسيرا للاختلاف الملاحظ.



★ نحسب سرعة السيالة العصبية:

- السرعة بين P_1 وP_2 هي V_1:

$$V_1 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{4}{0.2} = \frac{4.10^{-3}\ m}{0.2.\ 10^{-3}\ s} = 20 m/s$$

- السرعة بين P_2 وP_3 هي V_2:

$$V_2 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{2}{0.25} = \frac{2.10^{-3}\ m}{0.25.\ 10^{-3}\ s} = 8 m/s$$

★ نلاحظ أن السرعة بين P_1 وP_2 هي أكبر من السرعة بين P_2 وP_3 ، هذا يعني أن هناك تأخر في انتقال السيالة العصبية على مستوى النخاع الشوكي، يسمى هذا التأخر بالمهلة السينابسية Le délai synaptique ، والذي يفسر بوجود مناطق تشابك بين العصبات على مستوى المادة الرمادية، تسمى سينابسات Les synapses .

★ لنحسب مدة التأخير السينابسي T:

- سرعة السيالة العصبية بدون سينابس هي $V_1 = 20\ m/s$.
- الزمن الذي تستغرقه السيالة العصبية لقطع المسافة بين P_2 وP_3 بوجود السينابس هو t_1: $t_1 = 0.25\ ms$.
- الزمن الذي تستغرقه السيالة العصبية لقطع المسافة بين P_2 وP_3 بغياب السينابس هي t_2:

$$t_2 = \frac{\Delta d}{V_1} = \frac{2.10^{-3}}{20} = 1.10^{-4}\ s = 0.1\ ms$$

إذن التأخير السينابسي هو T: $T = t_1 - t_2 = 0.25 - 0.1 = 0.15\ ms$

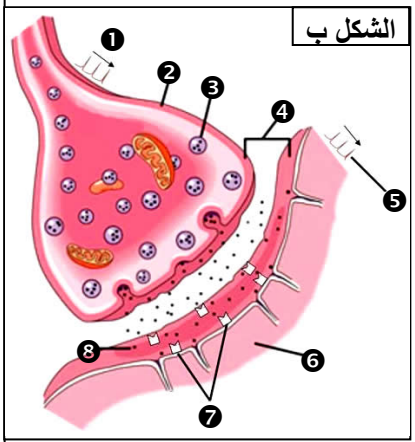
ب – دراسة السينابس

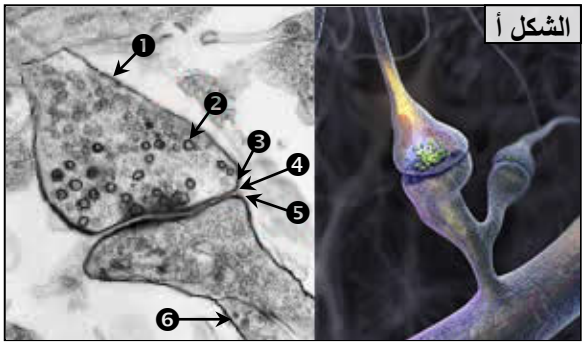
a – ملاحظات مجهرية: أنظر الوثيقة 22

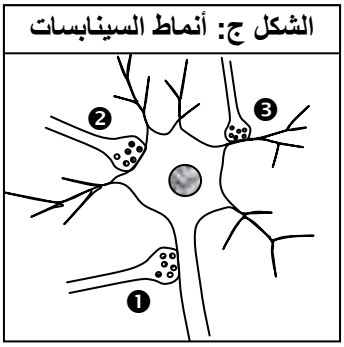
الوثيقة 22: بنية وأنماط السينابس

يعطي الشكل أ من الوثيقة صورة الكترونوغرافية لنقطة اشتباك عصبي. وصورة توضيحية لهذه البنية. كما يعطي الشكل ب رسم تفسيري لبنية السينابس.

بعد إعطاء الأرقام المناسبة لعناصر الوثيقة، صف بنية السينابس.







www.datasvt.com

الأسماء المناسبة لعناصر الوثيقة:

★ الشكل أ: ❶ = عصبة قبل سينابسية، N.présynaptique ❷ = حويصلة سينابسية Vésicule synaptique
❸ = غشاء قبل سينابسي، ❹ = حيز سينابسي، ❺ = غشاء بعد سينابسي، ❻ = عصبة بعد سينابسية

★ الشكل ب: ❶ = جهد عمل قبل سينابسي، ❷ = حبة سينابسية Bouton synaotique، ❸ حويصلة سينابسية
❹ = حيز سينابسي، ❺ = جهد عمل بعد سينابسي، ❻ = عصبة بعد سينابسية،
❼ = مستقبلات غشائية، ❽ = مبلغ عصبي Neurotransmetteur .

تعتبر الخلية العصبية وحدة تقيم عدة اتصالات مع خلايا عصبية أخرى، مما يعطي مظهرا متشابكا لمناطق الاتصال والتي يطلق عليها نقط الاشتباك العصبي أو السينابسات.
تنتهي محورة كل عصبة بتفرعات تشكل التشجر النهائي. كل فرع ينتهي بحبة سينابسية Bouton synaptique والتي تعتبر بمثابة الرابط بين عصبة قبل سينابسية Neurone présynaptique وعصبة بعد سينابسية N.postsynaptique. أو بين عصبة وخلية مستجيبة (عضلة، غدة،...)

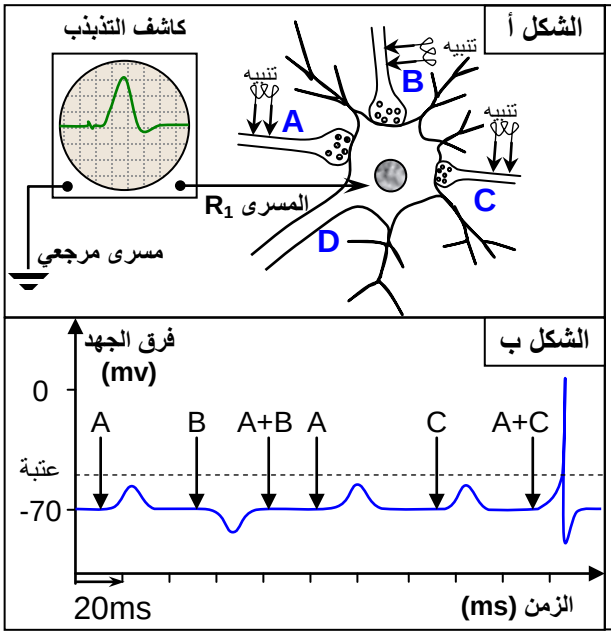
خلاصة: السينابس هي بنية منتفخة تشكل نقطة التلاقي بين نهايات المحورات وجسم خلوي أو محورة أو تفرع. وتتميز العصبة قبل السينابسية بوجود حويصلات سينابسية، كما نجد حيزا يفصل بين العصبة قبل وبعد سينابسية يسمى حيز سينابسي Espace synaptique.

b – أنماط السينابسات: أنظر الشكل ج الوثيقة 22

يمكن التمييز بين أنماط مختلفة من السينابسات:

- عندما ترتبط العصبة بعصبات أخرى نتكلم عن سينابس عصب عصبية أو بيعصبية Synapse neuro-neuronique.
ونميز في هذه الحالة:
  - ✓ سينابس تمحورية Synapse axo-axonique. (❶)
  - ✓ سينابس محور جسدية Synapse axo-somatique. (❷)
  - ✓ سينابس محور تفرعية Synapse axo-dendritique. (❸)
- عندما ترتبط العصبة بعضلة نتكلم عن سينابس عصب عضلية Synapse neuro-musculaire تسمى كذلك صفيحة محركة Plaque motrice.
- عندما ترتبط العصبة بغدة نتكلم عن سينابس عصب غدية Synapse neuro-glandulaire.

c – وظيفتي الكبح والتهييج للسينابس: أنظر الوثيقة 23



الوثيقة 23: وظيفتي الكبح والتهييج للسينابس

يمثل الشكل أ من الوثيقة رسم تخطيطي مبسط لتشابك ثلاثة ألياف عصبية A وb وc مع عصبة D عن طريق سينابسات، وكل ليف مرتبط بمنبه معزول.
بواسطة المسرى R_1 الذي أدخل في الجسم الخلوي للعصبة D، نقيس جهد الغشاء في الحالات الثلاث التالية:
الحالة ①: تهييج النهاية العصبية A، الحالة ②: تهييج النهاية العصبية B، الحالة ③: تهييج النهاية العصبية C،
الحالة ④: تهييج نهايتي A وB، الحالة ⑤: تهييج نهايتي A وC.
نحصل على النتائج المبينة على الشكل ب من الوثيقة.

1) ماذا تستنتج إذا علمت أن تهييج العصبة D لا يعطي استجابة عند العصبات A وB وC؟
2) ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج؟
3) ما هي التسجيلات المتوقعة عند تهييج B وC ثم A وB وC؟

www.datasvt.com

1) بما أن تهييج D لا يؤدي إلى ظهر جهد عمل على العصبات A وb وC، فهذا يعني أن السيالة العصبية لا تنتقل عبر السينابس إلا في اتجاه واحد، من العصبة القبل سينابسية إلى العصبة البعد سينابسية.

2) إن تهييج:

- إن تهييج العصبة A يؤدي إلى ظهور جهد بعد سينابسي يترجم بظاهرة إزالة الاستقطاب على مستوى العصبة D. يصطلح على هذا التسجيل بالجهد بعد السينابسي المهيج (PPSE) = Potentiel post-synaptique excitateur.
- العصبة C يؤدي إلى نفس النتيجة المحصل عليها عند تهييج العصبة A.
- العصبة B يؤدي إلى ظهور استقطاب مفرط على مستوى العصبة D، ويعتبر هذا الاستقطاب بمثابة جهد بعد سينابسي كابح (PPSI) = Potentiel post-synaptique inhibiteur.
- العصبتين A وB معا في آن واحد لا يعطي أي تغيير في فرق الجهد عند العصبة D.
- العصبتين A وC معا في آن واحد يؤدي إلى تعدي عتبة التهييج، وبالتالي ظهور جهد عمل على العصبة D.

نستنتج من هذا التحليل أن العصبة بعد السينابسية تستجيب للحصيلة الجبرية لجهدي الكبح والتهييج (PPSI وPPSE):

✌ إذا كانت هذه الحصيلة الجبرية ايجابية أي تبلغ العتبة، فإنها تولد جهد عمل.
✌ إذا كانت هذه الحصيلة الجبرية غير كافية لبلوغ العتبة، فلا يتولد عنها أي جهد عمل.

إذن للسينابسات الكابحة والمهيجة أهمية بالغة في تناسق الحركات. مثلا عند حركة الثني لا بد من ارتخاء عضلة البسط، وتقلص عضلة الثني.

3) التسجيلات المتوقعة عند:

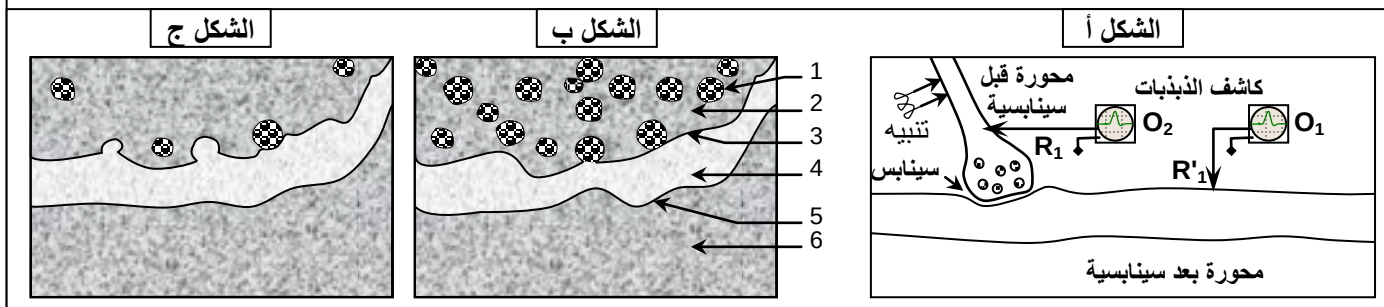
- تهييج B وC في آن واحد لا يعطي أي تغيير في فرق الجهد عند العصبة D.
- A وB وC في آن واحد ظهور جهد بعد سينابسي مهيج (PPSE) على العصبة D.

ب – آلية التبليغ السينابسي

a – معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 24

الوثيقة 24: آلية التبليغ السينابسي

لفهم آلية التبليغ السينابسي أجريت عدة تجارب على سينابس عملاق للخداق. ويمثل الشكل أ من الوثيقة رسما تخطيطيا للعدة التجريبية المستعملة. والشكل ب رسم تخطيطي لنفس السينابس في غياب التهييج.



1) فسر الشكل ب بوضع الأسماء المناسبة لأرقام هذه الوثيقة.
★ تجربة 1: نقوم بتهييج العصبة قبل السينابسية العديد من المرات، وبعد الملاحظة المجهرية للسينابس أنجز الرسم الممثل على الشكل ج.
2) ماذا تستنتج من ملاحظة الشكل ج مقارنة بالشكل ب؟
★ تجربة 2: في غياب أي تهييج نضع قطرة مجهرية من مادة الأستيلكولين Acétylcholine في المكان 4 من الشكل ب، فنلاحظ أن كاشف الذبذبات O_1 وحده هو الذي يسجل جهد عمل.
3) ماذا توضح هذه التجربة؟
★ تجربة 3: نزيل جميع أيونات الكلسيوم Ca^{2+} من الوسط الذي غمرنا فيه العصبتين، وعندما نهيج نسجل جهد عمل على مستوى O_2 فقط، كما أن الملاحظة المجهرية للسينابس تبين المظهر الممثل بالشكل ب.
4) ماذا تبين هذه التجربة؟

www.datasvt.com

★ تجربة 4: في غياب أي تنبيه نحقن بواسطة ماصة مجهرية أيونات Ca^{2+} في الحبة السينابسية، فنلاحظ تسجيل جهد عمل في مستوى O_1. كما أن عدد الحويصلات السينابسية يتناقص.
5) فسر هذه النتيجة.

إذا علمت أن تحرير الأستيلكولين بالحيز السينابسي ينتج عنه تغيير نفاذية الغشاء بعد السينابسي تجاه أيونات Na^+ وK^+، وأن الأستيلكولين لا تخترق الغشاء بعد السينابسي.
6) حدد آلية التبليغ السينابسي.

b – تحليل المعطيات التجريبية:

1) الأسماء المناسبة لأرقام الوثيقة:

1 = حويصلة سينابسية، 2 = سيتوبلازم قبل سينابسي، 3 = غشاء قبل بلازمي، 4 = حيز سينابسي،
5 = غشاء بعد سينابسي، 6 = سيتوبلازم بعد سينابسي.

2) نستنتج من ملاحظة الشكل ج مقارنة بالشكل ب أن التبليغ السينابسي مرتبط بتفريغ الحويصلات السينابسية في الحيز السينابسي.

3) يتبين من هذه التجربة أن توليد جهد عمل في الغشاء بعد سينابسي يرتبط بتحرير المبلغ العصبي الأستيلكولين في الحيز السينابسي.

4) يتبين من هذه التجربة أن أيونات الكالسيوم لها دور أساسي في نقل السيالة العصبية على مستوى السينابس.

5) تفسر هذه التجربة بكون دخول ايونات Ca^{2+} إلى الحبة السينابسية يسبب تحرير المبلغ العصبي المتواجد بالحويصلات السينابسية في الحيز السينابسي، وبالتالي ظهور جهد عمل بعد سينابسي.

6) آلية التبليغ السينابسي:

- بعد الاهاجة تنتقل السيالة العصبية عبر المحورة إلى أن تصل إلى الحبة السينابسية فتؤدي إلى انفتاح قنوات Ca^{2+} ودخول الكالسيوم إلى الحبة السينابسية.
- يحفز الكالسيوم التحام الحويصلات السينابسية مع الغشاء قبل السينابسي وبالتالي إفراز المبلغ العصبي بالحيز السينابسي.
- يثبت المبلغ العصبي على مستقبلات خاصة به مدمجة في الغشاء بعد السينابسي، الشيء الذي يؤدي إلى انفتاح قنوات بروتينية خاصة ب Na^+ وK^+ وبالتالي ظهور جهد عمل بعد سينابسي.
- ينفصل المبلغ العصبي عن مستقبلاته تحت تأثير أنزين خاص، فتنغلق قنوات Na^+ وK^+.

c – السينابس الكابح والمهيج:

نميز عدة مبلغات عصبية، منها ما هو مهيج ومنها ما هو كابح: أنظر الوثيقة 25

- السينابس المهيجة:
يؤدي المبلغ العصبي إلى انفتاح قنوات Na^+ وK^+ الشيء الذي يسمح بدخول Na^+ وخروج K^+وبالتالي نشوء موجة إزالة الاستقطاب على مستوى العصبة بعد السينابسية.

- السينابس الكابحة:
يؤدي المبلغ العصبي إلى انفتاح قنوات Cl^- وK^+ الشيء الذي يسمح بدخول مكثف لأيونات Cl^- وخروج أيونات K^+ وبالتالي نشوء استقطاب مفرط على مستوى الغشاء بعد السينابسي، وهو جهد بعد سينابسي كابح.

هناك عدة مواد تؤثر في عمل السينابسات من تنشيط أو كبح. مثلا الكورار Curare، النيكوتين Nicotine، الكوكايين Cocaïne، مواد تثبت على مستقبلات الأستيلكولين فتوقف بذلك عملها فتعيق تبليغ السيالات العصبية.