



3-4

# التحكم في المحتوى المائي

أحياء الصف 12



## الأهداف ومعايير التعلم

الأهداف	معايير النجاح
4-9: يصف أدوار تحت المهاد والغدة النخامية الخلفية والهرمون المانع لإدرار البول (ADH) والأكوابورينات والقنوات الجامعة في تنظيم الأسموزية.	<ul style="list-style-type: none"><li>• يعرف المصطلح التنظيم الأسموزي</li><li>• يصف أدوار تحت المهاد والغدة النخامية الخلفية في التنظيم الأسموزي.</li><li>• يصف تأثير الهرمون (ADH) في إعادة امتصاص الماء في القناة الجامعة.</li><li>• يصف كيف يتحقق الاتزان الداخلي عندما تتحسس مستقبلات أسموزية انخفاضاً في جهد الماء للدم أقل من النقطة المرجعية.</li><li>• يصف كيف يتحقق الاتزان الداخلي عندما تتحسس مستقبلات أسموزية زيادة في جهد الماء</li></ul>



أعد كتابة الكلمات التالية لتكون منها جملة ذات معنى علمي

يتم تكوين البول بكميات كبيرة إذا تمّ شرب كمية كبيرة من الماء



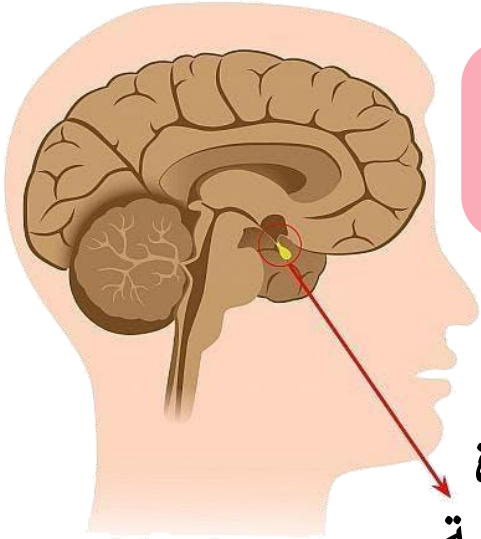
مهم في  
الاتزان  
الداخلي

التنظيم  
الأسموزي

كيف يتحكم بجهد  
الماء لسوائل الجسم ؟

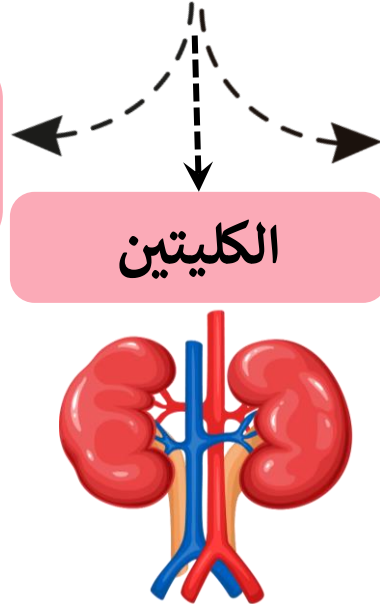


الهدف في جهد الماء للدم والسائل النسيجي عن طريق التحكم في  
المحتوى المائي و / أو تركيز الأيونات، بخاصة أيونات الصوديوم.



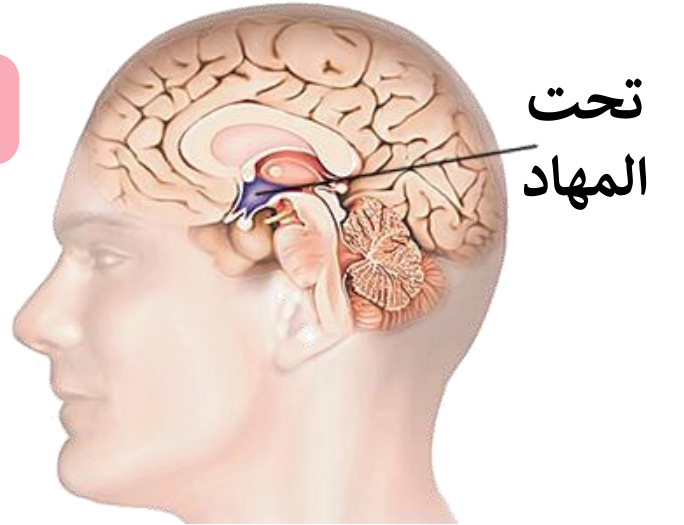
الغدة النخامية  
الخلفية

الغدة  
النخامية



الكليتين

تحت المهاد



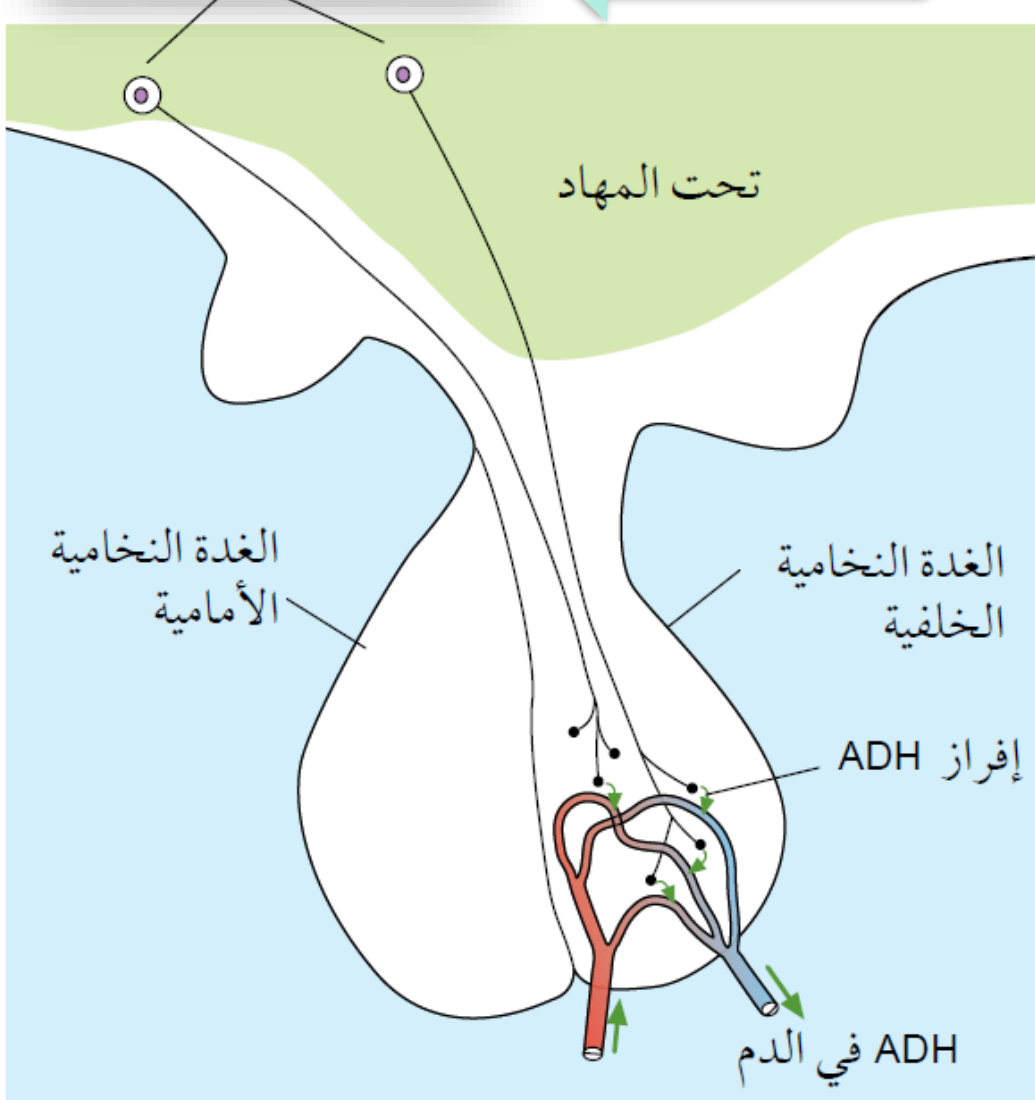
تحت  
المهاد



تتم مراقبة جهد الماء للدم باستمرار بواسطة خلايا عصبية حسية متخصصة في تحت المهاد تسمى :

مُستقبلات أسموزية  
خلايا عصبية

نوع من المستقبل  
يتحسس التغيرات في  
جهد الماء للدم.



مُستقبلات أسموزية



عندما تتحسس هذه الخلايا انخفاضًا في  
جهد الماء للدم دون النقطة المرجعية



ترسل نبضات عصبية على  
طول الخلايا العصبية لتنقلها  
إلى الغدة النخامية الخلفية

الغدة النخامية الخلفية

تحفز هذه الموجات إطلاق  
( ADH ) في الدم في الشعيرات  
الدموية

وتُنقل جزيئات  
ADH إلى جميع  
أنحاء الجسم.

ADH



هرمون ببتيدي يتكوّن من تسعة أحماض أمينية وهو هرمون مانع لإدرار البول.

ما هو هرمون ADH؟



يعني:

يوقف تكوين البول  
المخفف

يعني:

(يقلل ADH من فقد  
الماء عن طريق البول )

كيف؟

من خلال تحفيزه الكلى لإعادة  
امتصاص أكبر قدر ممكن من  
الماء.

يُعاد امتصاص الماء بـ... **الأسموزية**..... من الراشح في النفرون، عند مروره عبر **القنوات الجامعة**.

ما هي الخلايا التي يستهدفها ADH ؟



خلايا القناة  
الجامعة.

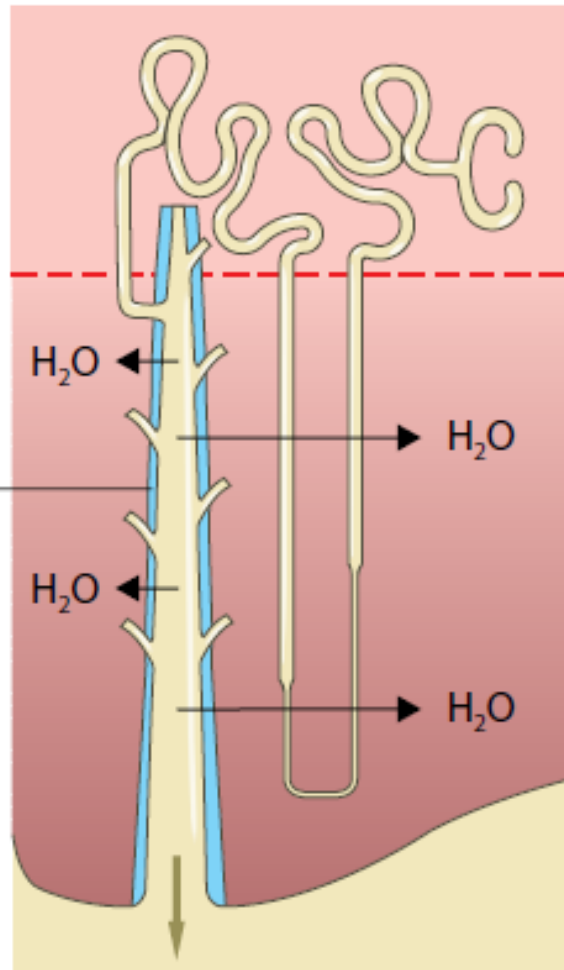
يؤثر ADH في أغشية خلايا  
تجويف القناة الجامعة، **ويجعلها**  
**أكثر نفاذية للماء** من المعتاد



ADH مرتفع

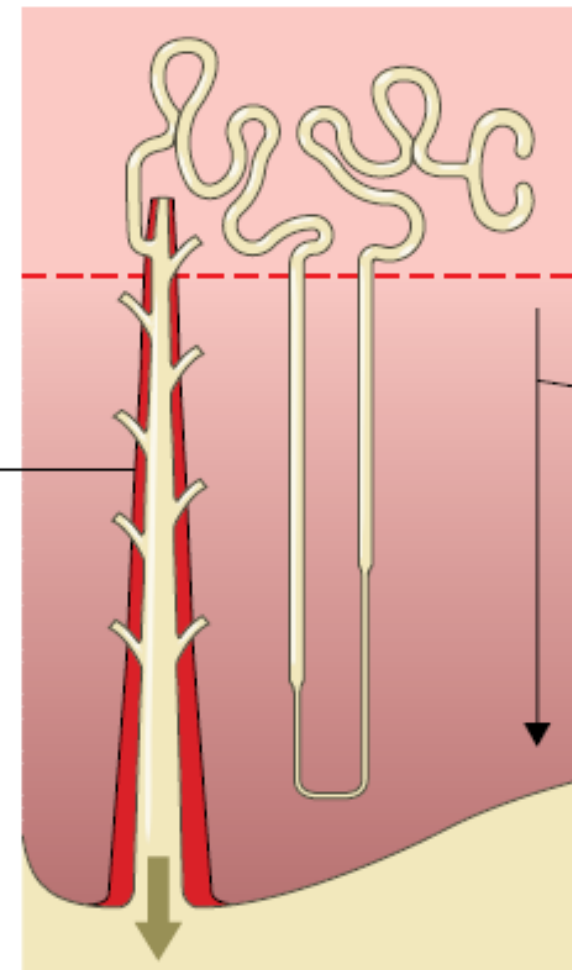
ADH منخفض

الخلايا الطلائية  
في القناة الجامعة  
منفذة للماء - تتيح  
الامتصاص  
الأسموزي للماء  
بواسطة السائل  
النسيجي المركز  
في النخاع.



إنتاج كميات صغيرة  
من البول المركز

الخلايا الطلائية في  
القناة الجامعة غير  
منفذة للماء



إنتاج كميات كبيرة  
من البول المخفف

زيادة تركيز  
NaCl واليوريا  
في السائل  
النسيجي

الشكل ٤-١٤ تأثير (ADH) على إعادة امتصاص الماء من البول في القنوات الجامعة.

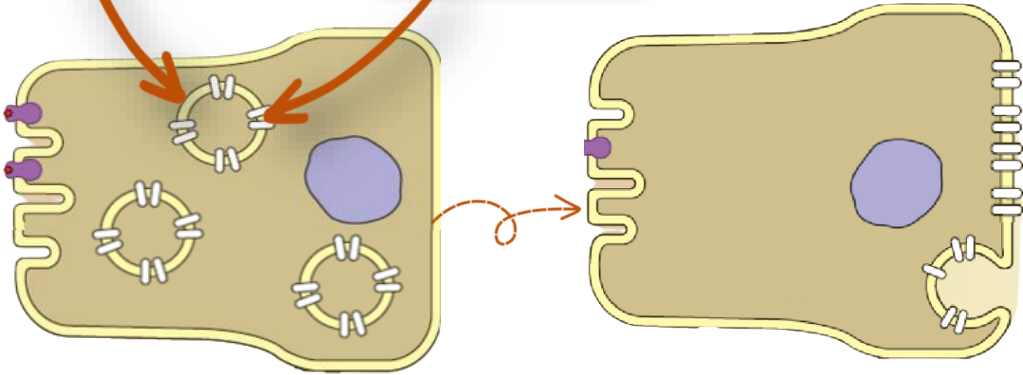


عن طريق زيادة عدد القنوات  
المنفذة للماء المعروفة باسم  
الأكوابورينات (Aquaporins)



قنوات بروتينية ممتدة عبر غشاء سطح  
الخلية تسمح بحركة الماء عبرها  
( في أغشية خلايا تجويف القناة الجامعة).

تحتوي خلايا القناة الجامعة على حويصلات  
بها العديد من الأكوابورينات في أغشيتها

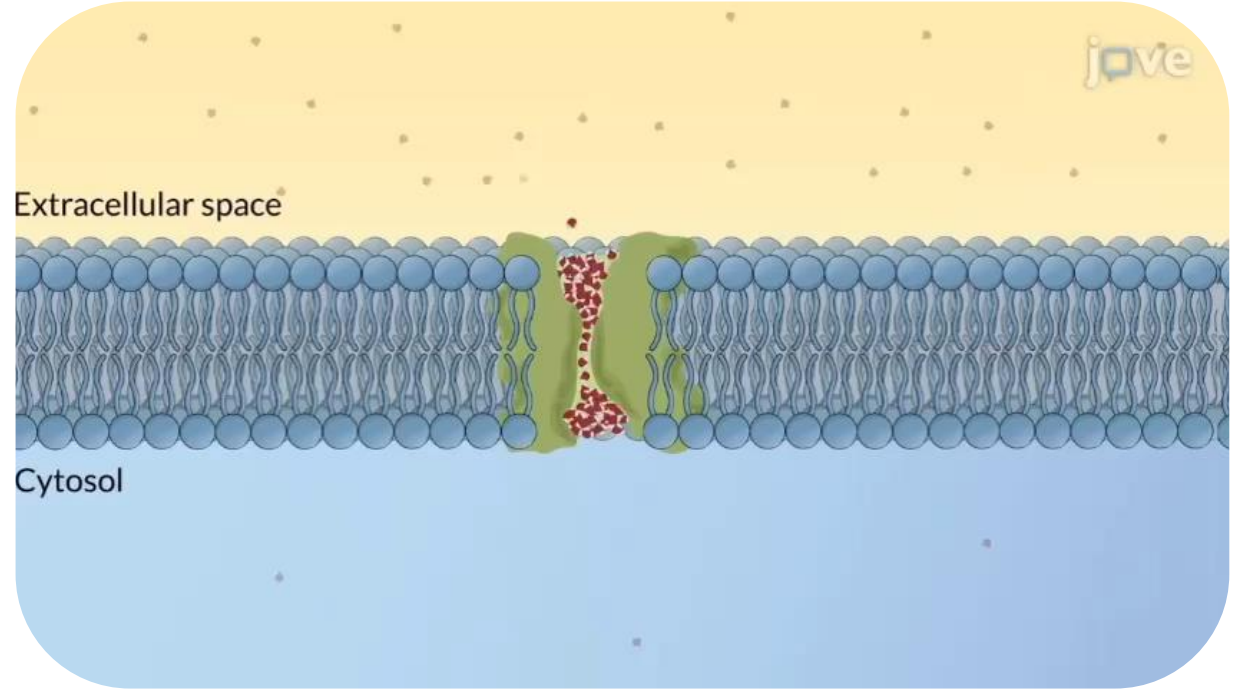


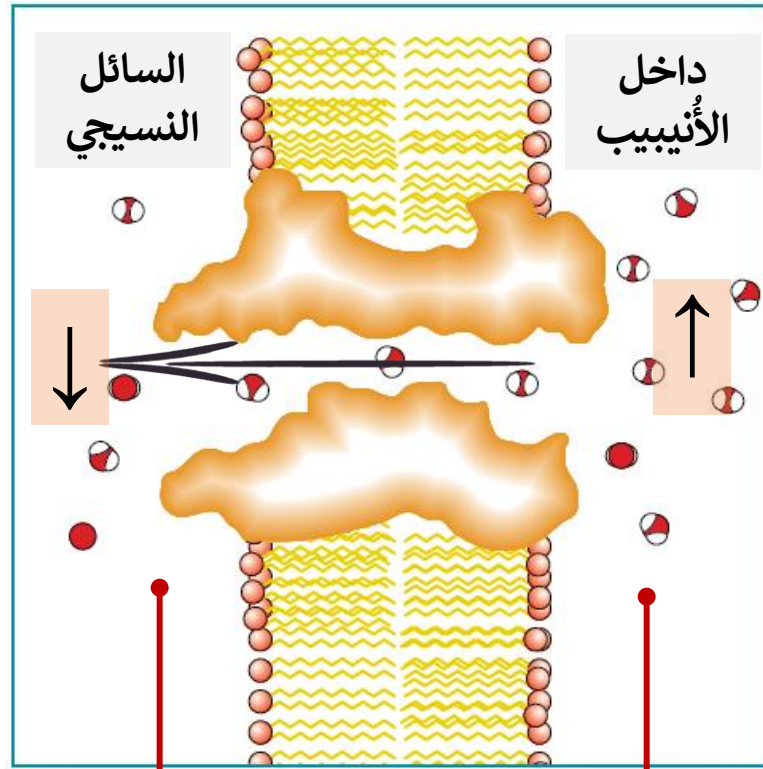
تندمج الحويصلات مع غشاء سطح الخلية. حيث  
يمكن أن ينتقل الماء الآن بحرية عبر الأكوابورينات

يؤثر ADH في أغشية خلايا  
تجويف القناة الجامعة، ويجعلها  
أكثر نفاذية للماء من المعتاد



كيف يؤثر  
الهرمون المانع  
لإدرار البول على  
الكليتين؟





وعند تدفق السائل عبر القناة الجامعة، تنتقل جزيئات الماء عبر الأكوابورينات من داخل الأنبيب إلى السائل النسيجي في الخارج.

كيف يؤثر الهرمون المانع لإدرار البول على الكلتيّين؟

لماذا يحدث ذلك؟



يحدث هذا لأن جهد الماء للسائل في القنوات الجامعة مرتفع جدًا وجهد الماء للسائل النسيجي في النخاع منخفض جدًا.

يفقد السائل في القناة الجامعة الماء ويصبح أكثر تركيزًا.

جهد الماء في القنوات الجامعة

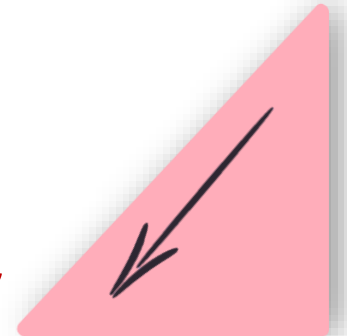
صف البول المتكون



كميّة صغيرة ومركز وسيتدفق من الكلتيّين عبر الحالبين إلى المثانة

ويتسبب إفراز ADH في زيادة إعادة امتصاص الماء إلى الدم

جهد الماء للسائل النسيجي في النخاع



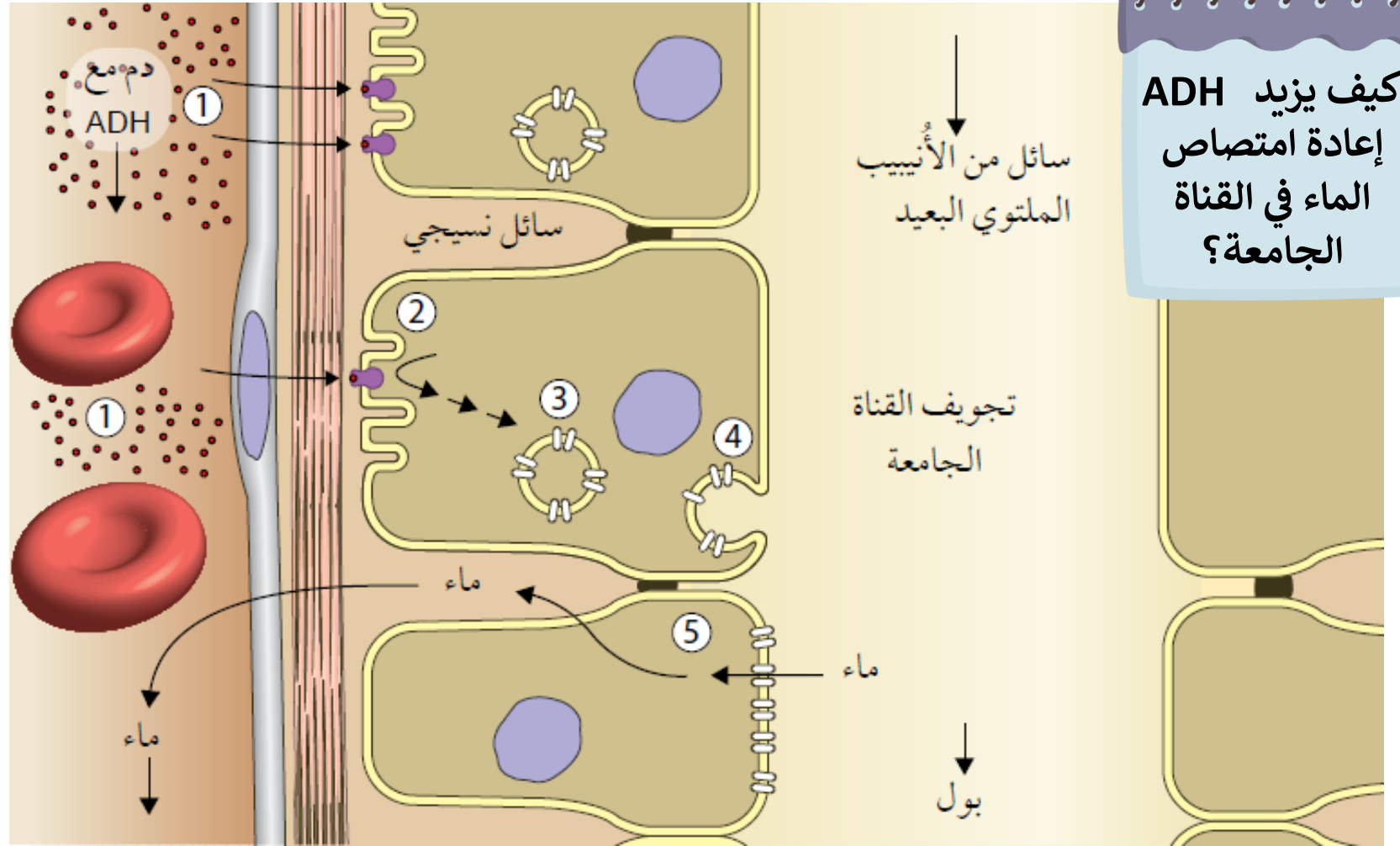




1 يرتبط ADH مع المستقبلات في غشاء سطح الخلية للخلايا المبطنة للقناة الجامعة.

2 ينشط هذا الأمر سلسلة من التفاعلات التي يتحكم فيها الإنزيم وتنتهي بإنتاج إنزيم فوسفوريلاز نشط.

3 يسبب الفوسفوريلاز انتقال حويصلات محاطة بغشاء تحتوي على الأكوابورينات إلى غشاء سطح الخلية.



كيف يزيد ADH إعادة امتصاص الماء في القناة الجامعة؟

4 تندمج الحويصلات مع غشاء سطح الخلية.

5 يمكن أن ينتقل الماء الآن بحرية عبر أكوابورينات أخرى (غير مرئية في الشكل) من الخلايا مع منحدر جهد الماء إلى السائل النسيجي المركز وبلازما الدم في نخاع الكلية.

ADH receptor

ADH in blood





ماذا يحدث عندما يوجد في الجسم كمية من الماء تفوق حاجته،  
وذلك عند شرب كمية كبيرة من الماء أو مشروبه المفضل مثلاً؟

عندما توجد زيادة  
في جهد الماء للدم

تصبح مستقبلات أسموزية في  
تحت المهاد **غير قابلة للتنبيه**

**تتوقف**... الخلايا العصبية في الغدة  
النخامية الخلفية عن إفراز ADH

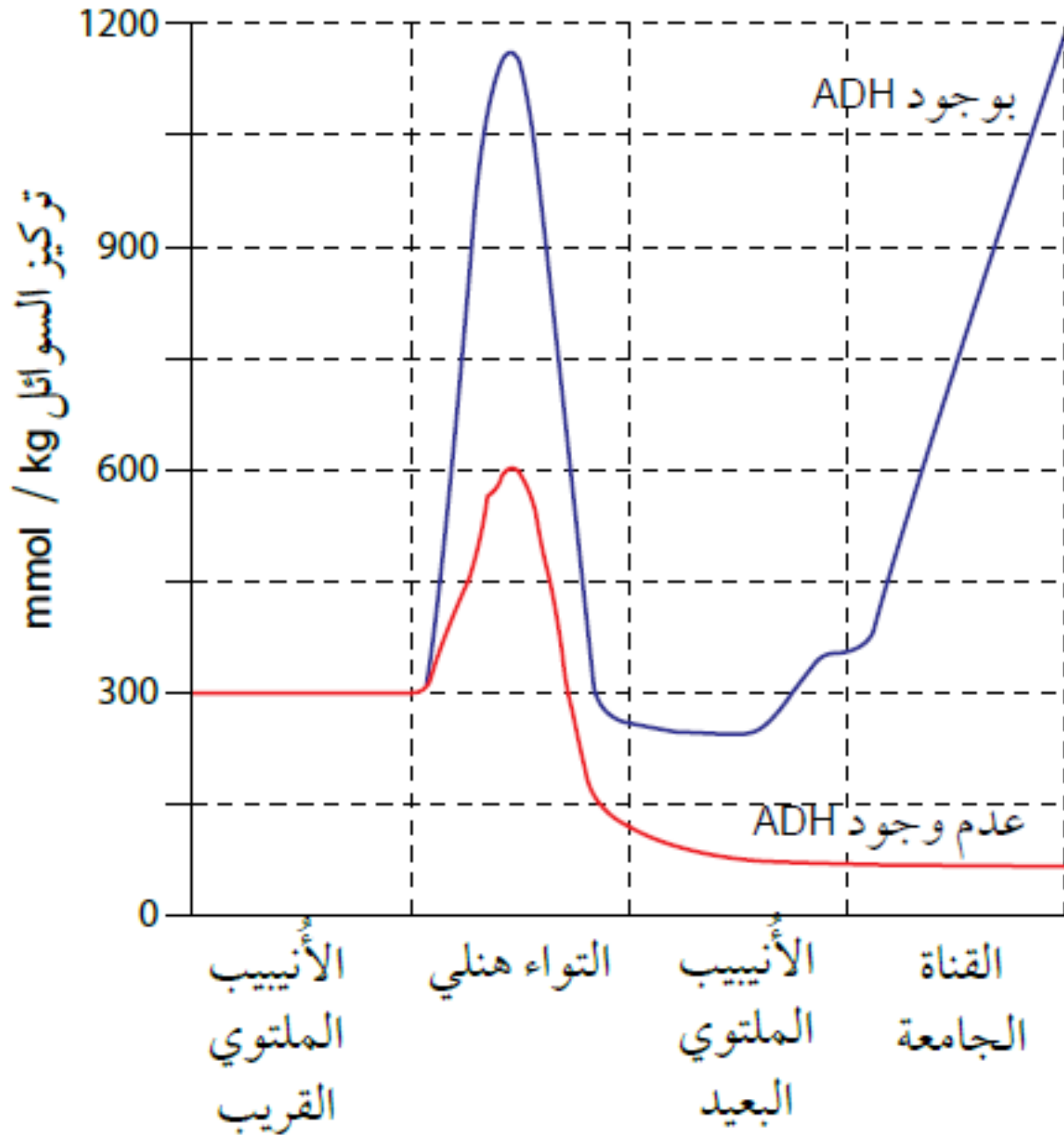
تنتقل الأكوابورينات **بعيدا**...  
عن غشاء سطح خلايا القناة  
الجامعة، لتعود إلى **السيتوبلازم**  
كجزء من **الحويصلات**..

وتصبح خلايا القناة  
الجامعة **غير منفذة** للماء

يتدفق السائل عبر القناة  
الجامعة من دون **فقد** أي ماء

ويميل الإنسان في ضوء هذه الظروف إلى إنتاج كمية  
كبيرة من البول المخفف، ليفقد كثيراً من الماء الذي  
شربه، للحفاظ على ثبات جهد الماء للدم.

لذا تتجمع كمية كبيرة من البول **المخفف** في حوض  
الكلى وتتدفق إلى الحالب ثم إلى المثانة.



يوضح الشكل التالي تركيز السوائل في مناطق مختلفة من النفرونات و القنوات الجامعة للإنسان ، بوجود ADH وعدم وجوده .  
ما هي ملاحظتك على الشكل ؟



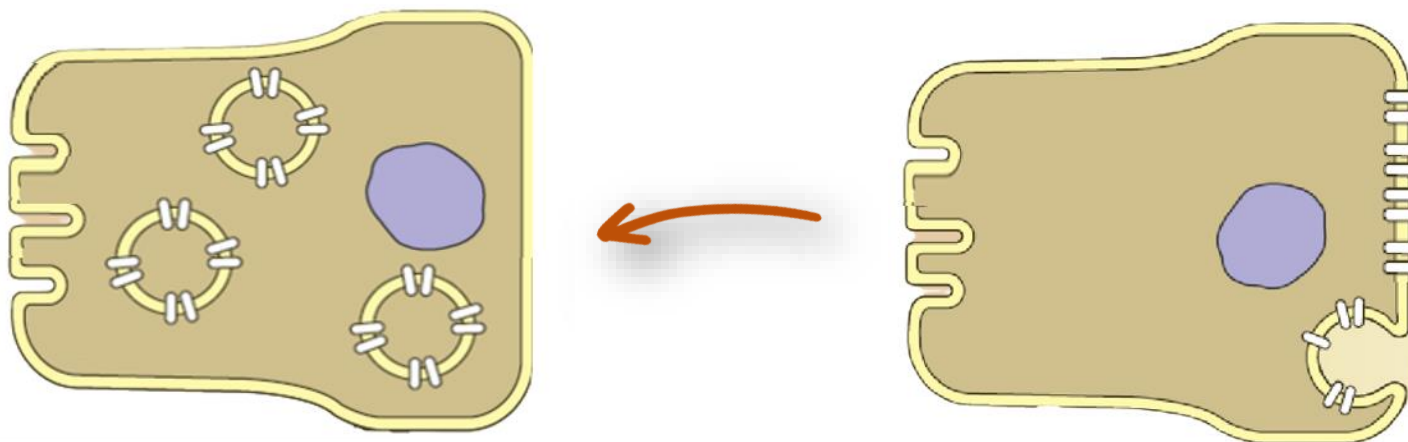


لا تستجيب خلايا القناة الجامعة فورًا لانخفاض إفراز ADH من الغدة النخامية الخلفية



لأن تفكك ADH الموجود في الدم يتطلب بعض الوقت، إذ إن نصف الكمية تتفكك كل 15 - 20 دقيقة تقريبًا.

ولكن، حين يتوقف وصول ADH إلى خلايا القناة الجامعة، تحتاج الأكوابورينات 10 - 15 دقيقة فقط لتنتقل من غشاء سطح الخلية إلى السيتوبلازم ريثما تتم الحاجة إليها مرة أخرى.



**7: عثر على الأكوابورينات في أغشية سطح الخلية للعديد من الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية. اشرح سبب كون الأكوابورينات شائعة جدًا.**

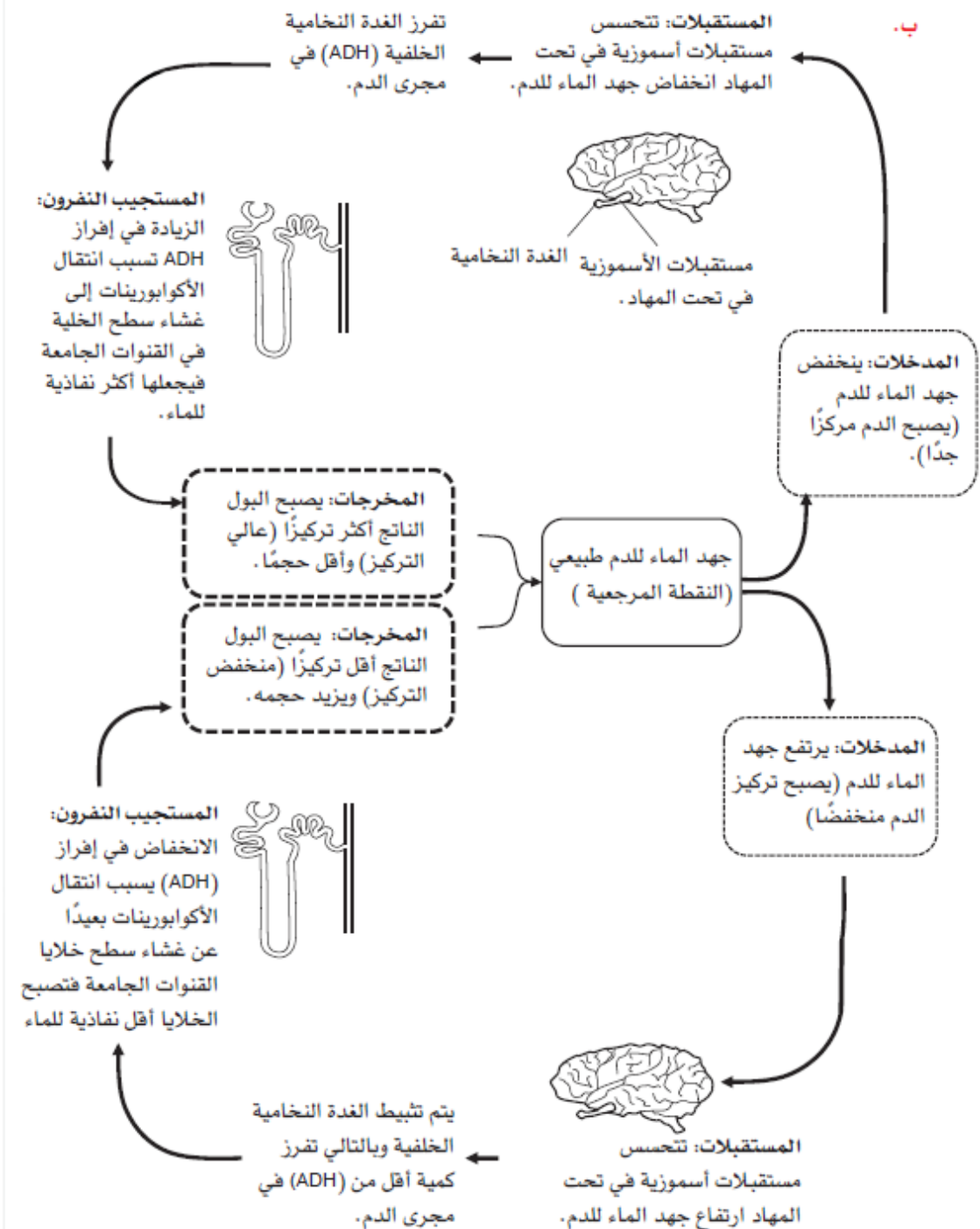
الماء مكوّن مهم للسيتوبلازم، لذا يلزم إعادة امتصاصه من المحيط المباشر للخلايا. يُعاد امتصاص الماء في الكلية من الراشح في الأنابيبات الملتوية القريبة في النفرونات، ومن البول في القنوات الجامعة. إن طبقة الدهون المفسفرة الثنائية غير منفذة للماء بشكل جيد، لذا تعمل الأكوابورينات على نقل الماء إلى داخل الخلايا.

**8: أ. استخدم مثال المحتوى المائي للدم لشرح المصطلحين: النقطة المرجعية، والاتزان الداخلي.**

أ. يمثل مستوى جهد الماء الطبيعي للدم نقطة مرجعية. مستقبلات أسموزية تقارن جهد الماء للدم الذي يتدفق عبر تحت المهاد مع النقطة المرجعية هذه. فإذا كان جهد الماء أقل من النقطة المرجعية، يتم إفراز الهرمون (ADH) الذي يحفز إعادة امتصاص الماء من القنوات الجامعة في الكلية. ما يساعد في إعادة جهد الماء للدم إلى مستواه الطبيعي. يمثل جهد الماء للدم عاملًا داخليًا يتم الحفاظ عليه قريبًا من الثبات. وإبقاء المتغيرات الفسيولوجية قريبة من الثبات يمثل الاتزان الداخلي.

# أسئلة الدرس

ب. كوّن رسمًا تخطيطيًا يبيّن كيف يتم التحكم بجهد الماء للدم، وحدد على الرسم ما يأتي: المستقبلات، المدخلات، المستجيب، الناتج. وضّح كيف يتم تنظيم الأجزاء المختلفة من الجسم، وبيّن دور التغذية الراجعة السلبية في ذلك.



ج . صف المشكلات التي يمكن أن تحدث إذا لم يتم التحكم بجهد الماء لبلازما الدم، ولم يتم الحفاظ عليه ضمن حدود معينة.

إذا كان تركيز البلازما مرتفعاً جداً (جهد الماء لها أقل من النقطة المرجعية) فسيؤدي ذلك إلى خروج الماء من الخلايا ما يسبب انخفاض/صغر حجمها. إذا كان تركيز البلازما مخففاً جداً (جهد الماء لها أعلى من النقطة المرجعية) فسيؤدي ذلك إلى دخول الماء إلى داخل الخلايا وبالتالي إلى انتفاخها، والضغط على أغشية سطح الخلية، ما يسبب انفجار الخلايا. يؤثر التغير في حجم الخلية في أنشطتها، على سبيل المثال، كفاءة



أ. طابق الأحرف الواردة في الرسم التخطيطي (الشكل 4-18) مع العبارات الآتية):

- أ. 1. موضع الترشيح الفائق.
2. موضع إعادة الامتصاص الانتقائي.
3. وعاء دموي به التركيز الأعلى من اليوريا.
4. منطقة جهد الماء الأقل.
5. موضع عمل ADH.

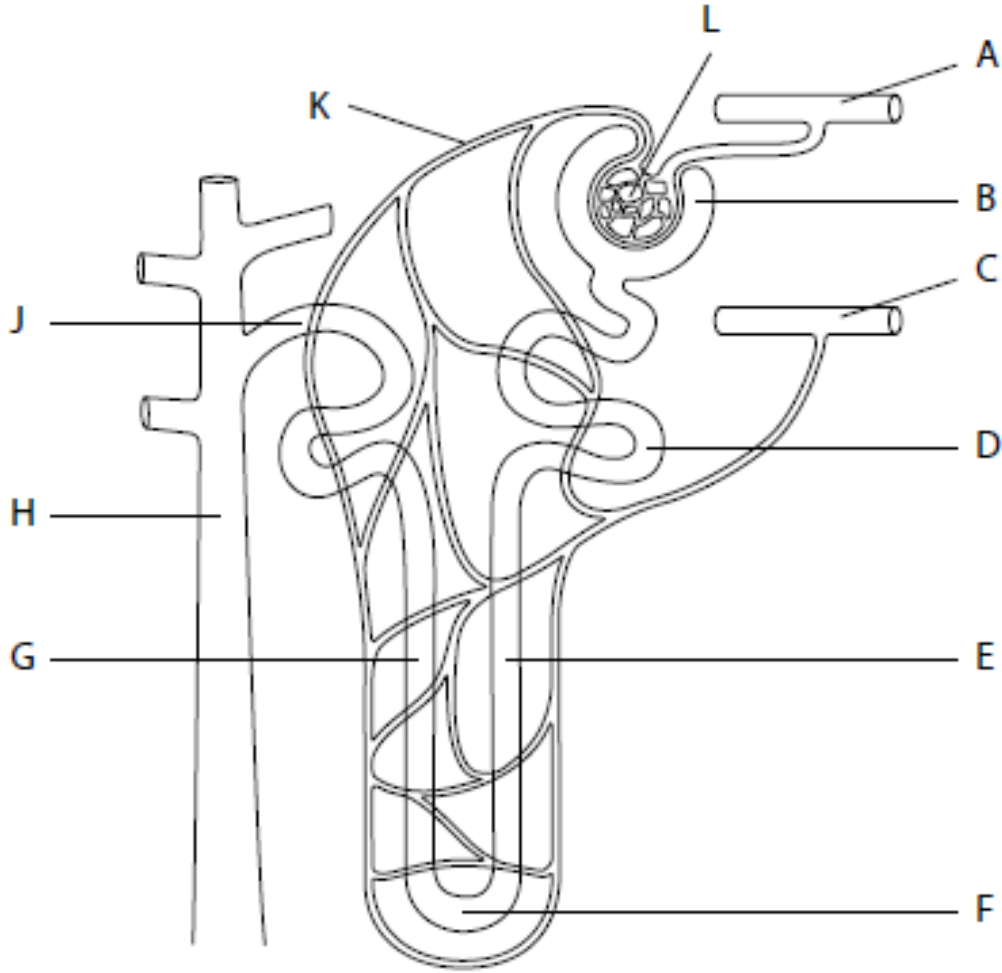
1. L تقبل B

2. D

3. A

4. F

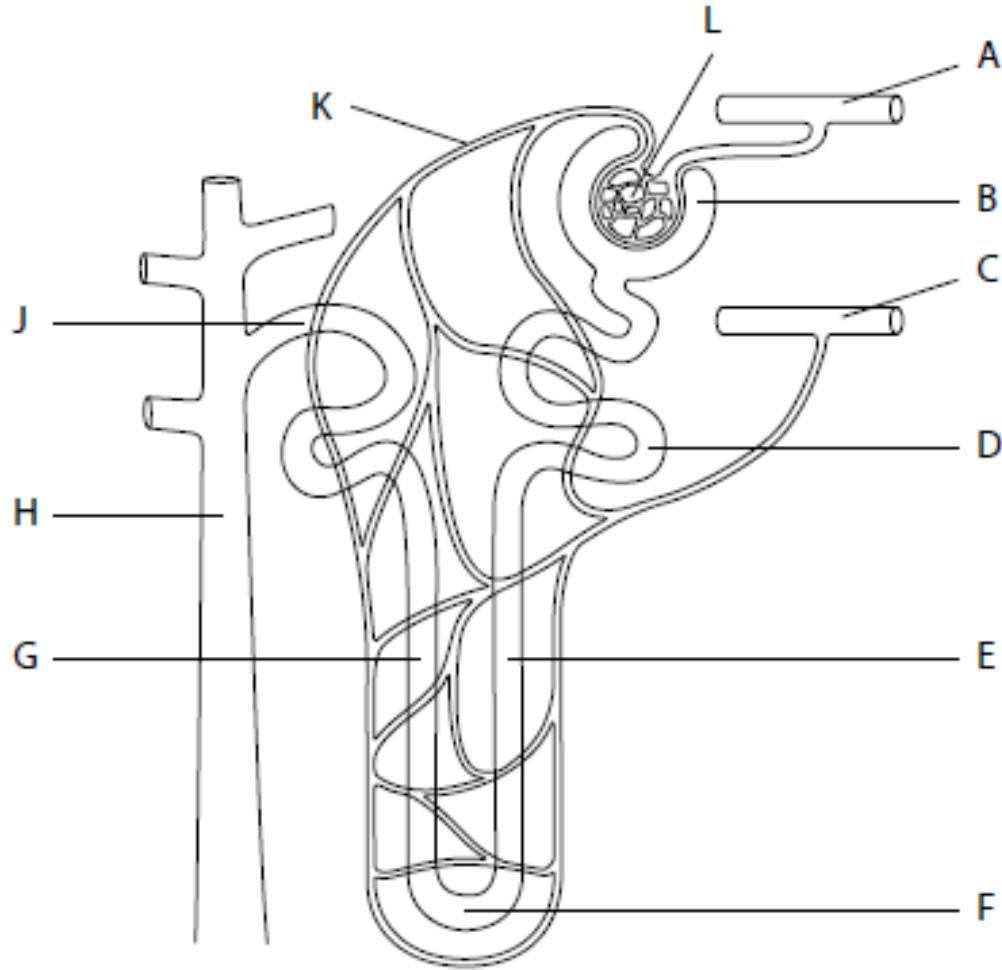
5. H أيضًا J



الشكل ٤-١٨ نغرون الكلى والأوعية الدموية المرتبطة به.

ب . اشرح الميزة الوظيفية للترتيب  
الموازي للتراكيب ، E ، H, G في  
نخاع الكلية.

يحافظ الترتيب المتوازي للالتواءات  
والقنوات الجامعة والشعيرات الدموية  
المحيطة على التركيز المرتفع لأيونات  
الصوديوم (والكلوريد) في السائل  
النسيجي في النخاع. جهد الماء للسائل  
النسيجي منخفض، وهو أكثر انخفاضاً  
من جهد الماء لبلازما الدم.

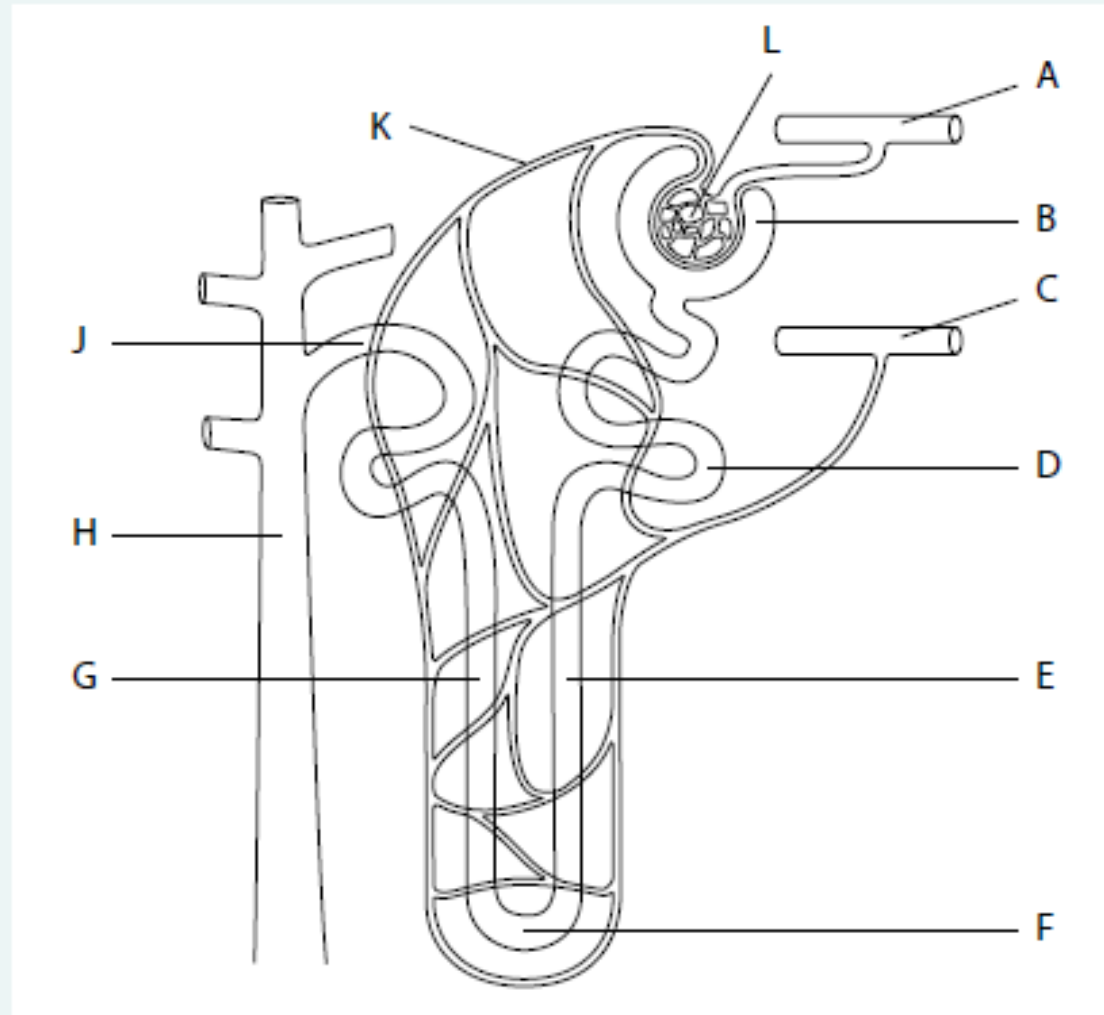


الشكل ٤ - ١٨ نفرون الكلية والأوعية الدموية المرتبطة به.

ج . استفد من الشكل 4-17 لوصف وشرح  
تراكيز السائل في الأنبيب الملتوي القريب  
وفي القناة الجامعة.

يبقى تركيز الراشح ثابتاً عند 300 mmol/kg على طول الأنبيب الملتوي القريب، وهو تركيز بلازما الدم نفسه. وعلى الرغم من إعادة امتصاص المواد المذابة مثل الجلوكوز والأحماض الأمينية والأيونات واليوريا، فإن الكثير من الماء يعاد امتصاصه لذا لا يتغير التركيز الكلي (الشكل 4-11). ومع ذلك، يقل حجم السائل الراشح بشكل ملحوظ بسبب إعادة امتصاص الكثير من الماء (انظر الشكل 4-10). يؤدي عدم إفراز ADH إلى انخفاض تركيز البول في القنوات الجامعة. ويعاد امتصاص بعض اليوريا، من دون امتصاص الماء،

تابع

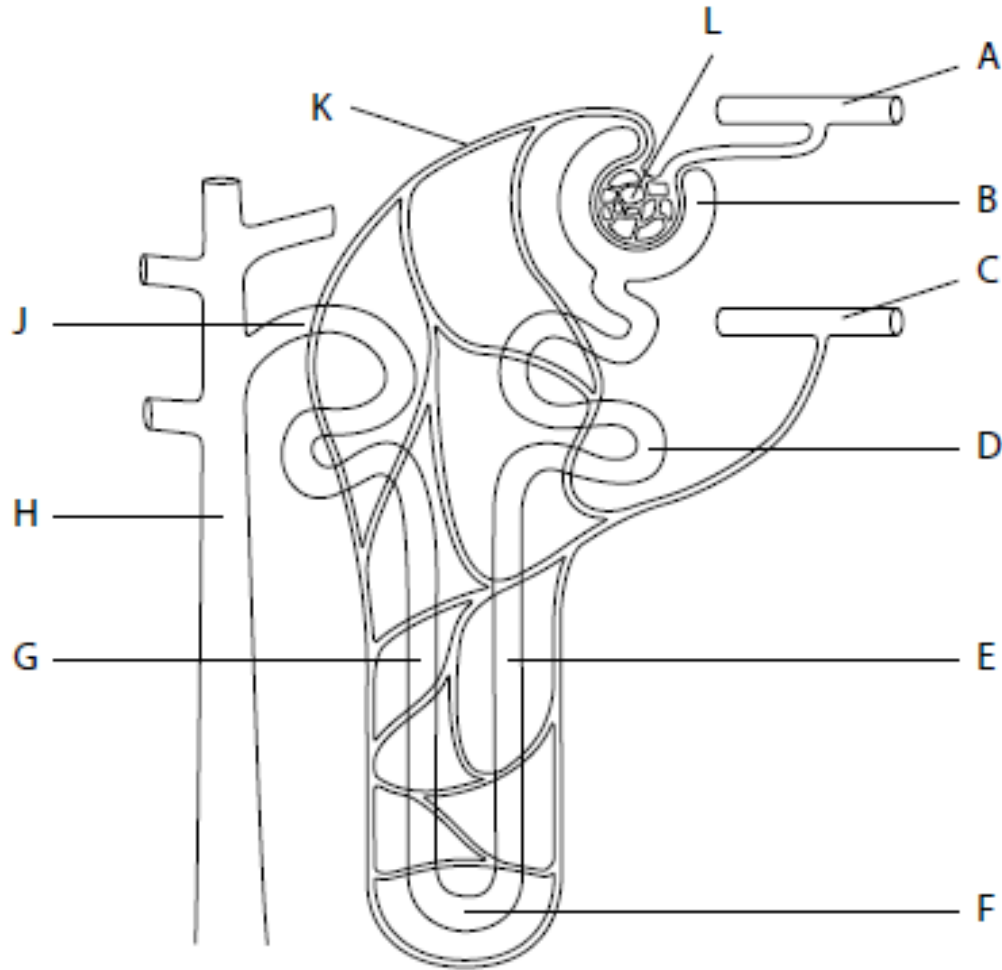


الشكل ٤ - ١٨ نفرون الكلوية والأوعية الدموية المرتبطة به.



ج . استفد من الشكل 4-17 لوصف وشرح تراكيز السائل في الأنبيب الملتوي القريب وفي القناة الجامعة.

لأن الخلايا الطلائية للقنوات الجامعة غير منفذة للماء، لعدم وجود أكوابورينات في أغشية التجويف، وبالتالي يتكوّن بول مخفف يبلغ تركيزه  $70 \text{ mmol/kg}$  يؤدي إفراز ADH إلى ارتفاع تركيز البول في القنوات الجامعة. ويحفز ADH إفراز جزيئات الأكوابورينات في أغشية التجاويف لذا يمكن إعادة امتصاص الماء بالأسموزية. ويبلغ تركيز البول عند نهاية القناة الجامعة  $1200 \text{ mmol/kg}$ ، وهو أكبر بأربع مرات من تركيز بلازما الدم.



الشكل ٤-١٨ نفرون الكلوية والأوعية الدموية المرتبطة به.



د . 1. اشرح تأثير ADH على العضو المستهدف.

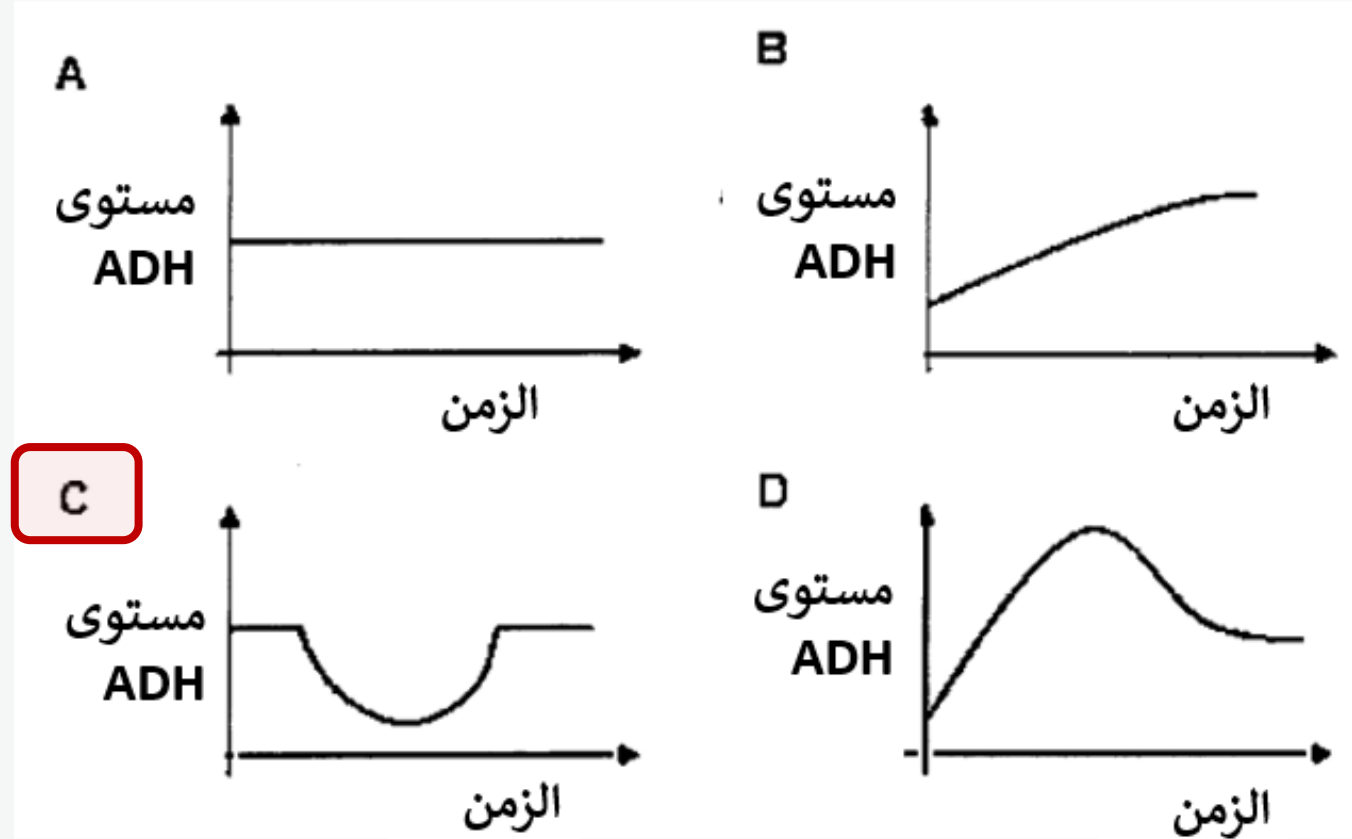
يحفز ( ADH ) خلايا القناة الجامعة (وأيضًا الأنبيب الملتوي البعيد) على تحريك الحويصلات باتجاه غشاء سطح الخلية في سطح التجويف المواجه للسائل النسيجي. تندمج الحويصلات مع الغشاء لتستقر الأكوابورينات في مكانها. يُعاد امتصاص الماء من البول عند تدفقه عبر القنوات الجامعة (أو الأنبيبات الملتوية البعيدة) مع منحدر جهد الماء من البول إلى السائل النسيجي في النخاع.

(ADH) هو ببتيد وقابل للذوبان في الماء، لذا لا يمكن أن ينتشر عبر طبقة الدهون المفسفرة الثنائية في أغشية سطح الخلية. يوجد مستقبلات على سطح الخلايا المستهدفة في القناة الجامعة. وينشط ارتباط ADH بهذه المستقبلات مسار التأشير الخلوي باستخدام المرسال الثاني AMP الحلقي. cAMP يفسر الإنزيم النهائي في تتالي تفاعلات الإنزيمات جزيئات الأكوابورينات في الحويصلات ما يؤدي إلى حركة الحويصلات باتجاه أغشية تجويف الخلايا.

2. شرب الكحول يؤثر على إفراز ADH، اقترح خطر ذلك على الجسم.

مع عدم وجود تحفيز من الهرمون ADH تنتقل الأكوابورينات بعيداً عن غشاء سطح خلايا القناة الجامعة، لتعود إلى السيتوبلازم. وتصبح خلايا القناة الجامعة غير منفذة للماء. يتدفق السائل عبر القناة الجامعة من دون فقد أي ماء، لذا يتجمع بول مخفف في حوض الكلية ويتدفق إلى الحالب ثم إلى المثانة. لذلك، يتم إنتاج كمية كبيرة من البول المخفف. ولذلك، يمكن أن يتسبب الكحول في زيادة إنتاج البول المخفف والجفاف.

س1: أي منحنى من المنحنيات التالية يمثل مستوى الهرمون المانع لإدرار البول (ADH) في البول لشخص شرب كوب كبير من الماء .



أسئلة مترجمة

س2: قام طالب بإجراء تجربة لدراسة تأثير درجة الحرارة على حجم البول المنتج. تضمنت التجربة زيادة درجة حرارة البيئة من عشرين درجة مئوية إلى أربعين درجة مئوية، مع بقاء العوامل الأخرى ثابتة. سجل الطالب حجم البول المنتج في كل درجة حرارة. أي الخيارات التالية تمثل نتائج تجربة الطالب ؟

	حجم البول المتكون سم3/ساعة	
	قبل	بعد
أ	60	60
ب	80	40
ج	120	145
د	100	130



س3: بعض المشروبات، مثل القهوة، تحتوي على الكافيين. يؤثر الكافيين على عملية إعادة امتصاص الماء لأنه مدر للبول. وهذا يعني أنه يثبط إنتاج هرمون ADH في الغدة النخامية. أي مما يلي يوضح تأثير شرب القهوة .

أ. إنتاج كمية كبيرة من البول المخفف

ب. إنتاج كمية كبيرة من البول المركز

ج. إنتاج كمية قليلة من البول المخفف

د. إنتاج كمية قليلة من البول المركز

2: ج. اشرح كيف تحدّد خلايا بطانة القنوات الجامعة في الكلية تركيز البول الذي يدخل حوض الكلية.

فكرة التغير في النفاذية للماء بفعل ADH

لتكوين تركيز مرتفع من البول:

تصبح الأغشية منفذة.

ينتقل الماء بالأسموزية مع منحدر جهد الماء

ينتقل الماء من القناة الجامعة أو إلى الدم أو إلى النسيج النخاعي أو إلى السائل النسيجي. عبر/عن

طريق الأكوابورينات في غشاء سطح الخلية (ارفض «قنوات الماء»)

تحرك أو اندماج الحويصلات.

لتكوين تركيز منخفض من البول:

تصبح الأغشية غير منفذة (للماء)

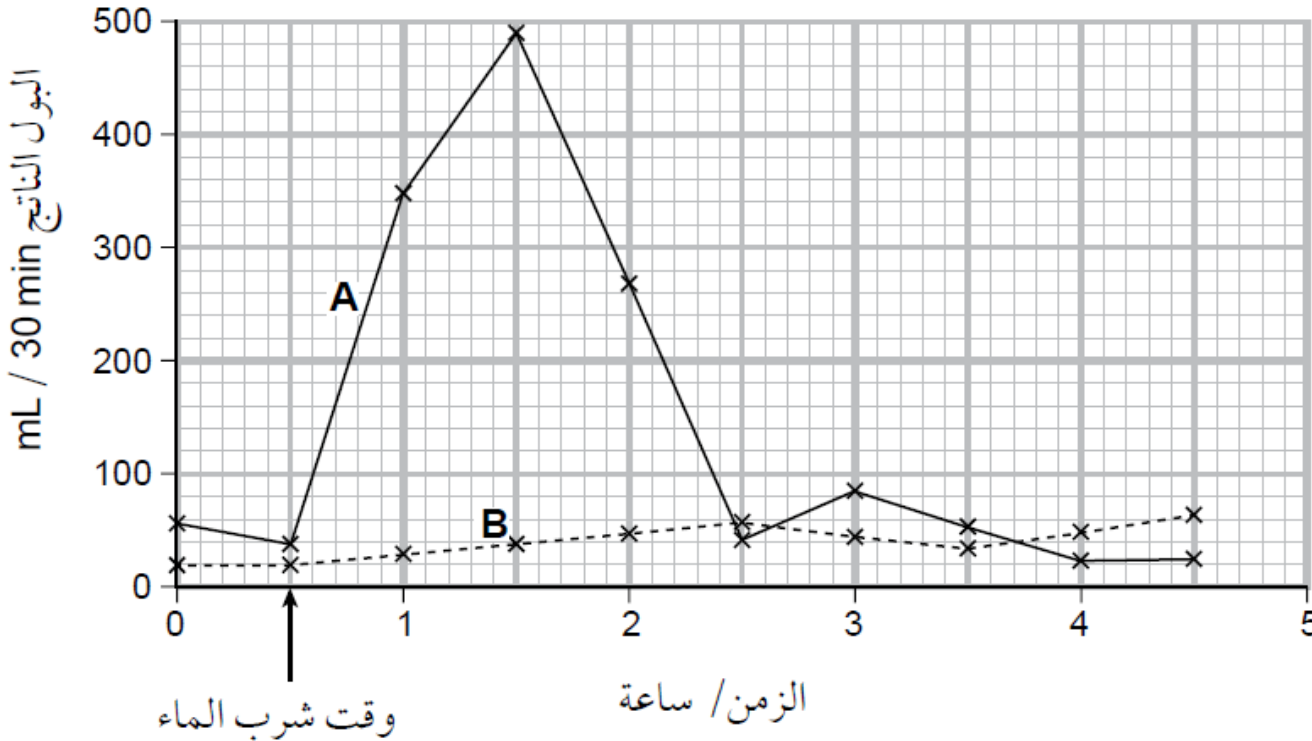
لا توجد أكوابورينات في أغشية التجاويف.

يبقى الماء في البول.

## أسئلة نهاية الوحدة

3: التحكم في المحتوى المائي للدم مثال على الاتزان الداخلي.  
أ. اذكر اسم الجزء من الجسم الذي يراقب جهد الماء في الدم. تحت المهاد.

في استقصاء للعوامل التي تؤثر في إنتاج البول، شرب شخص لترًا واحدًا من الماء، ثم جُمع بوله على فترات من نصف ساعة لمدة أربع ساعات بعد الشرب. يبين الخط A في الشكل نتائج ذلك. شرب الشخص نفسه في اليوم التالي لترًا واحدًا من محلول ملحي مخفف، وجمع البول بالطريقة نفسها (الخط B) جهد الماء للمحلول الملحي هو نفسه جهد الماء لبلازما الدم.



ب. احسب كمية البول الناتجة في أول ساعتين من شرب لتر الماء.

1155 ml (تم الحصول عليها من خلال جمع:  $350 + 500 + 265 + 40$ )  
(أو أي إجابة ضمن النطاق 1150-1160 (أو ما يعادلها بوحدة L))



ج. اشرح سبب إنتاج الشخص الكثير من البول بعد شرب لتر الماء.

جرى امتصاص الماء إلى الدم (في المعدة أو الأمعاء الدقيقة).

يزيد امتصاص الماء من جهد الماء للبلازما.

أي تأثير لزيادة جهد الماء للبلازما على الخلايا أو لأنسجة؛ على سبيل المثال، يدخل الماء إلى الخلايا بالأسموزية أو سوف تنتفخ الخلايا أو تقلل من كفاءة التفاعلات داخل الخلايا أو قد تنفجر الخلايا، تتحسس مستقبلات أسموزية الزيادة في جهد الماء.

لا يفرز ADH أو لا يطلق،

تبقى القنوات الجامعة غير منفذة للماء،

يفقد الماء الزائد مع البول لكي يعود جهد الماء إلى النقطة المرجعية.

(اقبل: يعود إلى الوضع الطبيعي)

د. اقترح سبب اختلاف النتائج خلال اليوم الثاني (عند شرب المحلول الملحي المخفف) عن تلك التي في اليوم الأول.

(بعد امتصاص المحلول الملحي المخفف) لا يوجد تغير في جهد الماء لبلازما الدم.

لا يخرج الماء والملح مع البول، لذا يبقيان في الجسم ويسببان زيادة في حجم الدم أو سوائل الجسم.

يتحمل الجسم التغيرات في حجم الدم، لكن ليس التغير في جهد الماء.



هـ. اشرح سبب مشاركة التغذية الراجعة السلبية، وليس التغذية الراجعة الإيجابية في آليات الاتزان الداخلي

الاتزان الداخلي هو الحفاظ على (قرب) ثبات التغيرات الداخلية.

التغذية الراجعة السلبية:

يتحسس مستقبل الانحراف عن النقطة المرجعية. يوجه مركز الضبط مستجيبًا للقيام بإجراء تصحيحي لعكس التغير أو إعادة العامل إلى النقطة المرجعية.

التغذية الراجعة الإيجابية:

أي انحراف (صغير) في عامل يؤدي إلى زيادة في التغير (وليس انعكاسه).