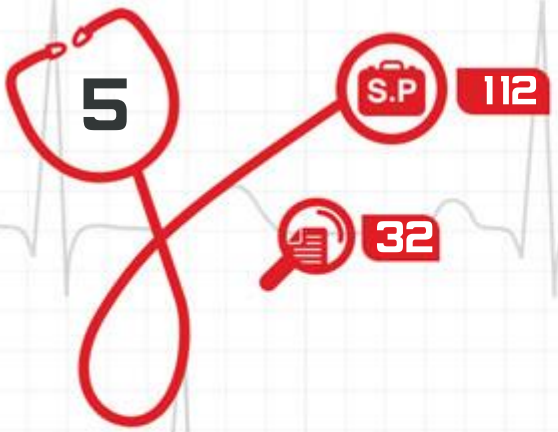


سوائل الجسم

1 د. صبحي البحري

18/02/2019

RBC Medicine

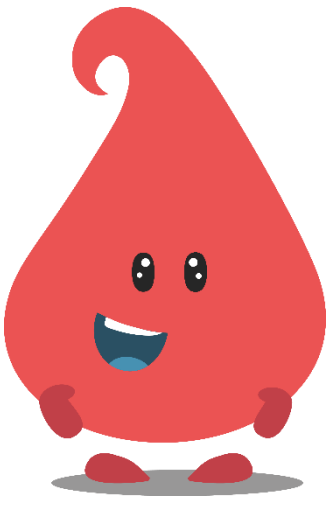
Medical Physiology 1 | 1 الفيزيولوجيا الطّبيّة

السلام عليكم ورحمة اللّه وبركاته

نقدّم لكم المحاضرة الأولى من قسم د.صبحي البحري والتي سنتحدث فيها عن سوائل الجسم متطرقين لبعض الحالات المرضية المرافقة للتغيّرات التي تحدث في تلك السوائل... بسم الله نبدأ

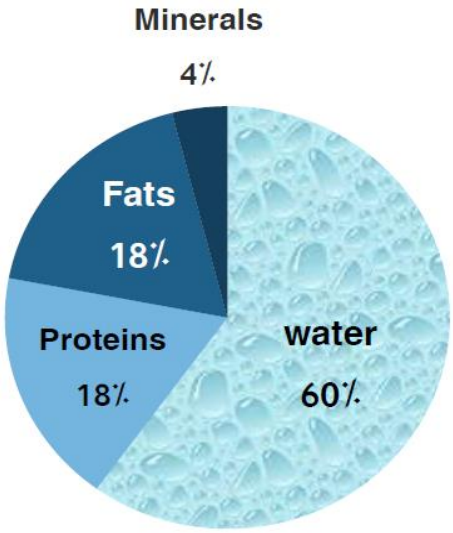
فهرس العناوين

عنوان الفقرة	الصفحة
مكوّنات الجسم	2
توزع الماء داخل الجسم	4
الحلولية	8
توازن الماء	9
انتقال السوائل	23
الوذمة	27
Overview *_*	31



alkamal
29120305

مكونات الجسم Body Components



☜ يتركّب جسم الإنسان من:

المكوّن	نسبته
ماء Water	%60 من وزن الجسم
البروتينات Proteins	%18 من وزن الجسم
الشحوم Fats	%18 من وزن الجسم
المعادن Minerals (بشكل أساسي Na^+, K^+, Ca^{++}, Cl^-)	%4 من وزن الجسم

ماء الجسم Body Water

★ تتعلّق كمية الماء في الجسم بعاملين:

1. العمر.
2. كمّية الشحم في الجسم.

1. العمر:

تتناسب كمية الماء في الجسم **عكساً** مع العمر، حيث:

- **عند المولودين الجدد:** يشكّل الماء حوالي ٪82 من وزن الجسم.
- **عند الذكر البالغ:** يشكّل الماء حوالي ٪60 من وزن الجسم.
- **عند كبار السن:** يشكّل الماء حوالي ٪52 من وزن الجسم.

ملاحظة:

- يكون نقص الماء في الجسم سبباً رئيسياً للوفاة عند **الأطفال** الذين يعانون من التجفاف Dehydration بسبب حاجة خلاياهم للماء بكمية كبيرة، حيث يجب ألاّ تقل عن 82% من وزن أجسامهم.
- كما أننا نخشى على **المسنين** عند الإصابة بالإقياء والإسهال؛ حيث إنه في الأحوال الطبيعيّة تكون كمية الماء في أجسامهم قليلة، ممّا يزيد من خطر فقدان الماء.

2. كمية الشحم:

- تتناسب كمية الماء في الجسم **عكساً** مع كمية الشحم.
- حيث أنّ النسيج الشحمي هو نسيج **كاره** للماء، وبالتالي يحوي كمية أقل من الماء مقارنةً مع النسيج العضلي أو الجلدي أوغيرها من الأنسجة الرخوة الأخرى في الجسم.
- بناءً على ما سبق، اختر الإجابة الصحيحة:

1	تكون كمية الماء أكبر عند: A. الشخص النحيل B. الشخص البدين	3	تكون كمية الماء أكبر عند: A. المرأة B. الرجل
2	تكون كمية الماء أكبر عند: A. البنت الصغيرة B. الصبي الصغير	4	تكون كمية الماء أكبر عند: A. شاب مفتول العضلات B. شاب ذو بنية عضلية عادية

الحل:

السؤال	الإجابة	ملاحظة
1	كمية الماء أكبر عند الشخص النحيل	**بشرط** أن يكونا من نفس العمر والجنس
2	لا شيء ممّا سبق	تكون نسبة الشحوم متساوية عند الذكور والإناث **قبل البلوغ**
3	كمية الماء أكبر عند الرجل	بسبب وجود كمية شحوم أكبر في جسم المرأة من جسم الرجل
4	كمية الماء أكبر عند الشاب مفتول العضلات	لأن النسيج العضلي - بعكس الشحمي- **محبّ للماء**

- للربط بين العاملين السابقين:
- مع التقدّم في العمر، يحدث ميل طبيعي لزيادة كمية النسيج الشحمي وضمور بعض الأعضاء، ممّا يؤدي لتناقص ماء الجسم.

- تسمّى زيادة كميّة الماء: **فرط التميّه** Overhydration.

جدول يوضح اختلاف كمية الماء في الجسم حسب العمر والجنس:

	Male	Female
At birth	%82	%82
Children & Adolescence	%70	%70
18-20 years	%59	%57
20-40 years	%56	%51
40-60 years	%55	%47
Over 60 years	%52	%46

توزّع الماء داخل الجسم

- تبلغ كمية الماء الإجماليّة Total Body water (TBW)، عند رجل بالغ يزن 65Kg حوالي 40 لتر، تتوزع كالتالي:

أولاً: السائل داخل الخلوي Intracellular Fluid (ICF):

- هو السائل الذي يقع **داخل** الخلايا.
- يشكّل حوالي **ثلثي** ماء الجسم (25 لتر).

ثانياً: السائل خارج الخلوي Extracellular Fluid (ECF):

- يضم السوائل الموجودة **حول** خلايا الجسم.
- يشكّل حوالي **ثلث** ماء الجسم (15 لتر).
- إن السائل خارج الخلوي سوف يتوزع على الأحياز التالية:
  - الحيز داخل الأوعية الدموية Intravascular.
  - الحيز بين الخلايا (السّائل الخلالي) Interstitial.
  - الحيز العابر للخلايا Transcellular.

1. الحيز داخل الأوعية الدموية *Intravascular*:

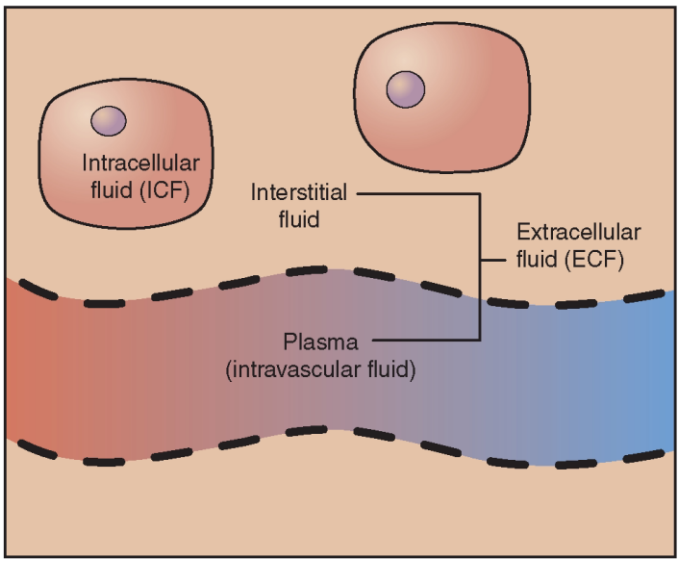
- ✓ يقدّر بـ 3 لتر.
- ✓ يُمثل بلازما الدم[1] (ماء الدم = المصوّرة Plasma).

2. الحيز بين الخلايا (خلالي) *Interstitial*:

- ✓ يقدر بـ 12 لتر.
- ✓ يكون في الفراغات النسيجية (أي تسبح فيه الخلايا).
- ✓ محصور بشكل عام بين السطح الخارجي للأغشية الخلوية وجدران الأوعية الدموية.
- ✓ يشبه بلازما الدم ولكن محتواه من البروتينات قليل[2].

3. الحيز العابر للخلايا *Transcellular*:

- ✓ يقدر بـ 0.5 لتر.
- ✓ يوجد في أجواف الجسم مثل:
  - جوف الجنب Pleural Cavity.
  - جوف البريتوان Peritoneal Cavity.
  - السائل الدماغي الشوكي CSF.
  - أجواف المفاصل (السائل الزلالي).
  - جوف التامور Pericardial Cavity.
  - الأخلاط الزجاجية والمائية في كرة العين.



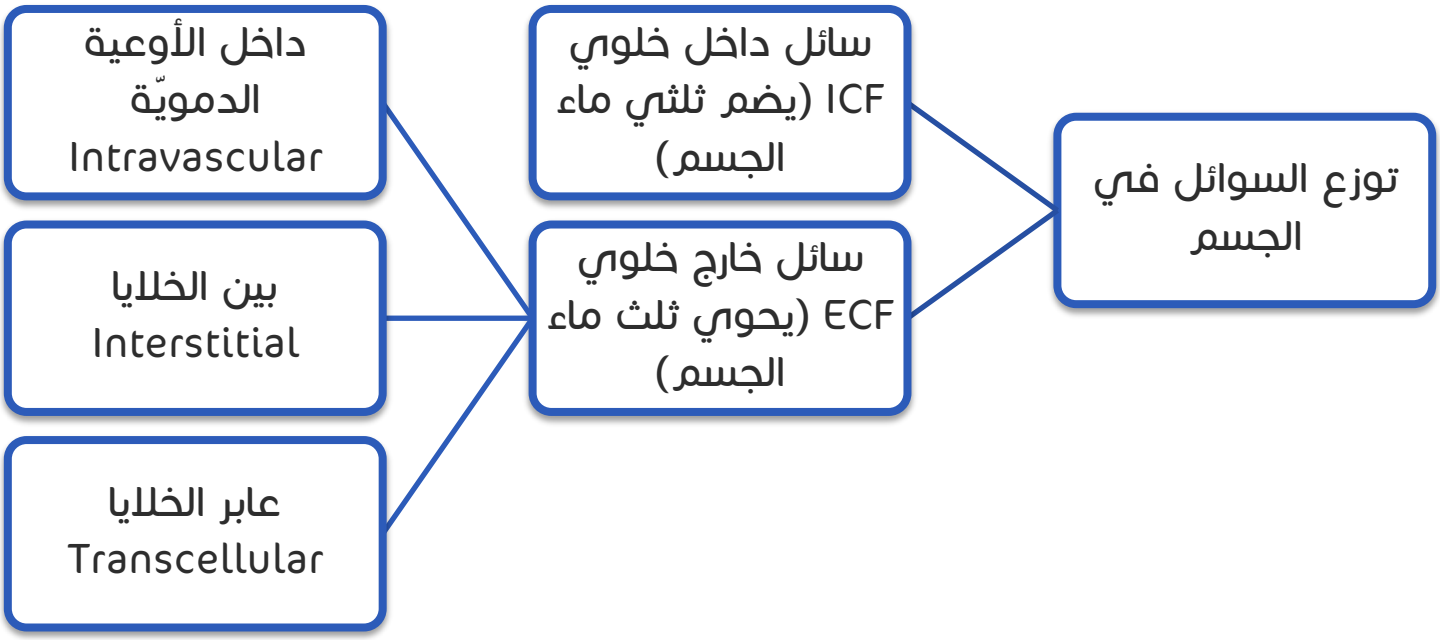
صورة ترسيمية توضّح كل من السّائل داخل الخلوي والسائل خارج الخلوي (الخلالي وداخل الأوعية)

تذكرة: السائل الدماغي الشوكي يملأ بطينات الدماغ وقناة السيساء في النخاع الشوكي.

---

[1] تذكرة: يبلغ حجم الدم كاملاً 5 ليتر (3 ليتر ماء أو بلازما أما الـ 2 ليتر المتبقية فتمثل المكونات الخلوية للدم من WBCs + RBCs + صفيحات، بالإضافة للبروتينات كالألبومين والغلوبيولينات).

[2] تذكر أن البروتينات لا تنفذ عبر الأوعية الشعرية ← محتوى الخلال من البروتينات أقل من محتوى البلازما من البروتينات.



التبادل المستمر بين السائل داخل الخلوي ICF والسائل خارج الخلوي ECF

على الرغم من كَون الماء الكلّي في الجسم موزعاً بين الحيزين داخل وخارج الخلوي، فإن الحدود بين هذين الحيزين تؤمّن التبادل المستمر بينهما، وهذا التبادل <u>فيزيولوجي ومطلوب</u> لتأمين العمليتين التاليتين:

- **نقل المواد المغذية** Nutrients **(كالغلوكوز) والأوكسجين إلى داخل الخلايا عبر الطريق التالي:**

الأوعية الشعرية Capillaries ← الحيز بين الخلايا (الخلال) Interstitium ← داخل الخلايا

- **نقل نواتج الاستقلاب** Waste Products **(حمض اللبن، اللاكتات) وثنائي أوكسيد الكربون خارج الخلايا عبر الطريق التالي:**

داخل الخلايا ← الحيز بين الخلايا (الخلال) Interstitium ← الأوعية الشعرية Capillaries

Total Body Water = 60% of body weight

ICF (2/3)

ECF (1/3)

Intravascular (3 L)

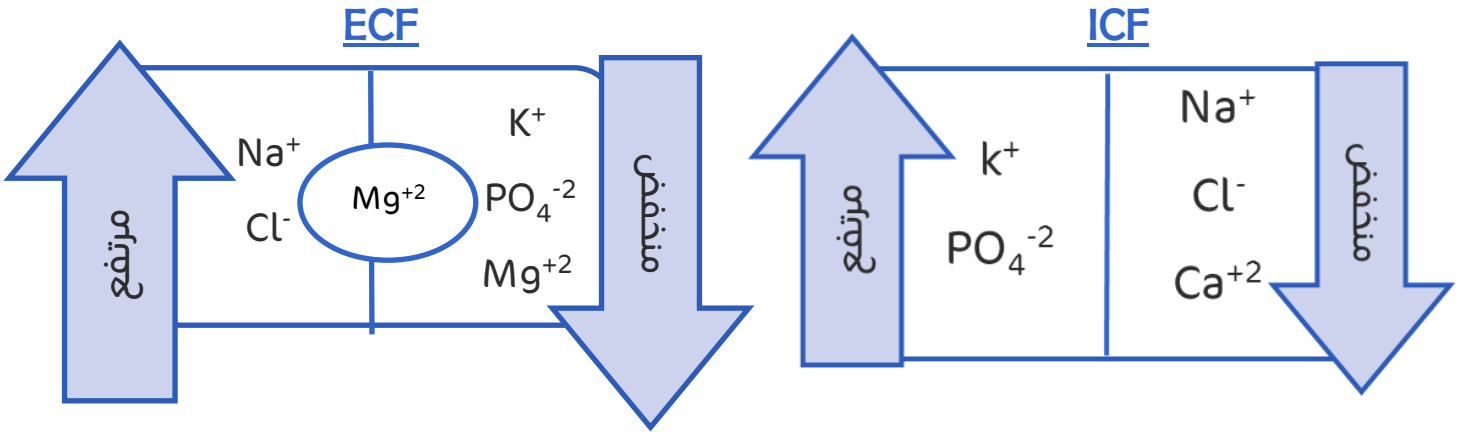
Interstitial (12 L)

Transcellular (0.5 L)

الفرق بين السائل خارج الخلوي ECF والسائل داخل الخلوي ICF

الفرق يكون باختلاف تركيز المواد المذابة والمنحلة (K^+ , $PO4^{-2}$, Na^+ , Cl^- , Mg^{+2} , Ca^{+2}):

المنحل Solute	خارج خلوي ECF	داخل خلوي ICF
K^+ ,PO_4^{2-}	تركيز منخفض	تركيز مرتفع
Na^+ ,Cl^-	تركيز مرتفع	تركيز منخفض
Mg^{2+}	تركيز منخفض	تركيز متوسط
Ca^{2+}	تركيز منخفض (ولكن أعلى من تركيزه داخل الخلية)	تركيز منخفض جداً



- نستنتج أن:
- الشوارد المسيطرة داخل الخلايا هي+K ,PO42-.
- الشوارد المسيطرة خارج الخلايا هي+Na , Cl-.

الحلولية Osmolality

- **الحلولية Osmolality: هي كمية المادة المنحلة في الكيلوغرام[3].**
- **تكون قيمة الحلولية للسائلين داخل وخارج الخلوي <u>نفسها</u>، لأن الغشاء الخلوي عالي النفوذية للماء (فإذا ارتفعت الحلولية في أحد الحيّزين انجذب الماء إليها من الحيز الآخر، فيتحقق التوازن من جديد).**
- **تبلغ قيمة حلولية بلازما الدم نحو 290 milliosmole/l.**
- **تتحدد حلولية البلازما في الدم بكمية <u>الغلوكوز والأملاح (وأهمها الصوديوم) والبولة</u>[4] المنحلة فيها ← يمكن حساب الحلولية من المعادلة التالية: (لم يتطرّق لها الدكتور)**

Osmolality	=	2 [Na+]	+	0.055 [glucose]	+ 0.36 [urea]
Milliosmole/L		mEq/L		mg%	mg%

(ملاحظة: $[Na^+]$ يعنى تركيز شاردة الصوديوم)

- **ومنه فإنّ أي ارتفاع في تركيز إحدى هذه المواد (شاردة الصوديوم[5] أو الغلوكوز[6] أو البولة[7]) في البلازما أو ارتفاعها كلها سيؤدي إلى ارتفاع الحلولية ← <u>وبالتالي الشعور بالعطش</u>.**

ملاحظة:

- **تتحرك السوائل من الأماكن ذات الضغط الحلولي المنخفض (الحاوي على كمية قليلة من المذابات أو الأكثر غنى بجزيئات السائل) إلى الأماكن ذات الضغط الحلولي المرتفع (الحاوي على كمية كبيرة من المذابات أو الأقل غنى بجزيئات الماء) ← ليتحقق التوازن في الحلولية بين الوسطين.**

---

[3] أما الحلولية Osmolarity بحرف الـ (r) فهي كمية المادة المنحلة في اللتر.

[4] لاحظ أنه لا دور للبروتينات الموجودة في البلازما في تحديد الحلولية وستجدون لاحقاً أن بروتينات البلازما تحدد ما يسمى الضغط الغرواني (وليس الضغط الحلولي).

[5] عند تناول أكلة مالحة مثلاً.

[6] عند المصابين بداء السكري.

[7] كما في القصور الكلوي (البولة أو اليوريا ناتجة عن استقلاب الحموض الأمينية في الكبد).

توازن الماء Water Balance

- تبقى كمية الماء الإجماليّة في الجسم Total Body Water (TBW) **ثابتة** عادةً.
- خلال 24 ساعة، يجب أن يكون هناك توازن دقيق بين مدخول الماء وفقدانه من الجسم في لتنظيم حلولية السائل خارج الخلوي ECF وتركيز شوارد الصوديوم Na^+ بدقة.
- يتحقق توازن الماء عندما تكون:

كمية الماء الداخلة إلى الجسم = كمية الماء المطروحة منه.

- وهو أمر هام لأنه:
  - إذا كان مدخول الماء إلى الجسم أقل من الماء المطروح ← يحدث تجفاف Dehydration.
  - إذا كان مدخول الماء إلى الجسم أكبر من الماء المطروح ← يحدث فرط تميّه Overhydration أو انسمام بالماء (تراكم السوائل داخل الجسم).
- ويتحقق هذا التوازن بشكل أساسي بـ:
  - ☒ تنظيم مدخول الماء عبر شعور **العطش**.
  - ☒ تنظيم إطراح الماء عبر **الكلى**.

- في حالة التجفاف يضطرب عمل الأنزيمات داخل الخلية لعدم توفر كمية كافية من الماء.

آلية توازن الماء Mechanism of Water Balance

مدخول الماء Water Intake

يحصل جسمنا على حوالي 2400 ml يومياً من الماء عبر:

الطعام والشراب
- يزوّدنا بحوالي 2100 ml/day.

نواتج استقلاب السكريات
- يدخل السكر في حلقة كريبس ويعطينا CO_2 وطاقة وماء.
- يشكل هذا المصدر حوالي 300 ml/day.

فقد الماء Water Loss

يتم عبر ثلاث طرق:

1. البول Urine:

- حيث تكون الكلية مسؤولة عن طرح حوالي 1.5 L/day.

2. العرق Sweat:

- قيمته متغيرة ومتنوعة تبعاً لدرجة حرارة الجسم والتمارين الرياضية.
- ولكن في الحالة الطبيعية ودرجة الحرارة المعتدلة يخسر الجسم ما يقارب 100 ml/day.
- في الطقس الحار أو في التمارين المجهدة يمكن أن تصل الخسارة إلى 1-2 liters/hour.

ملاحظة إثرائية:

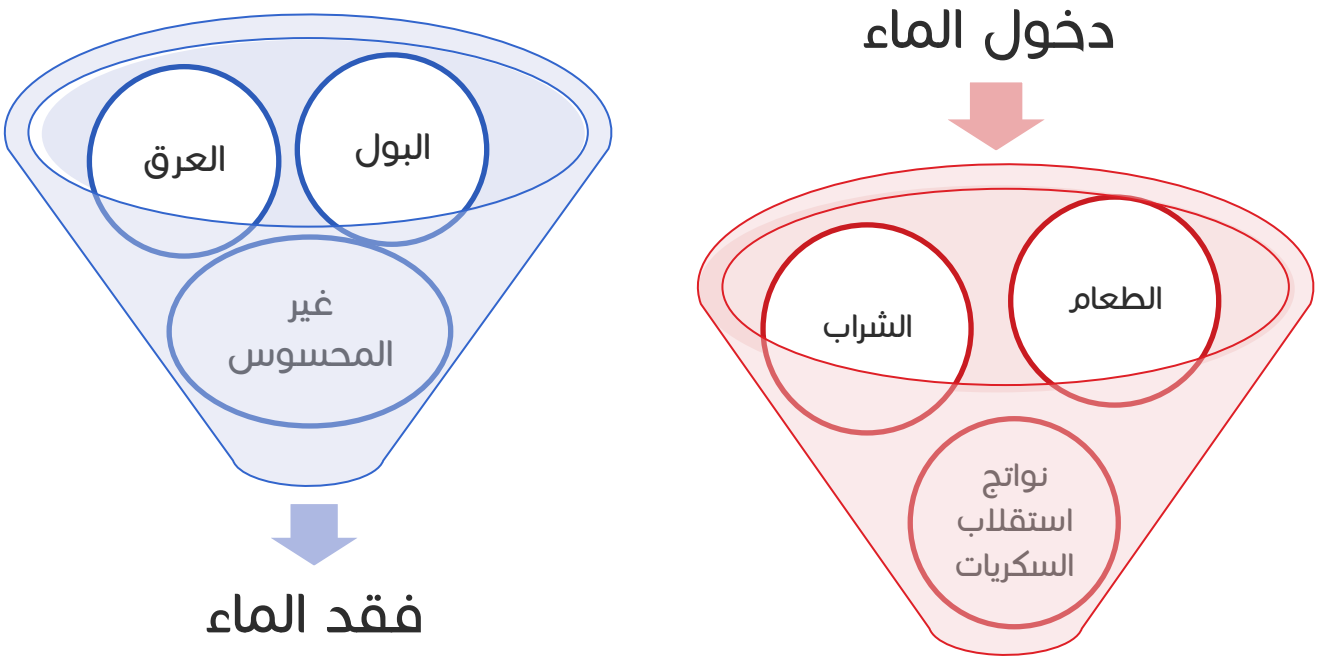
ارتفاع درجات الحرارة في الصيف	زيادة التعرق بهدف تبريد الجسم	تنقص كمية البول المطروح (كي لا نصل للتجفاف نتيجة فرط التعرق)

- وبسبب نقص كمية البول وقلة الماء نكون عرضة للإصابة بالحصيات البولية (الرمل).
  - لذلك ينصح بكثرة شرب المياه في الصيف الذي ينقص من تركيز المواد المشكلة للحصيات في البول.
  - كما يُنصح بتناول أقراص الملح للتعويض عن الملح أو الصوديوم المطروح عن طريق العرق.

انخفاض درجة الحرارة في الشتاء	يقل التعرّق	زيادة كمية البول (كي لا يحصل فرط تميه نتيجة قلة التعرق)

3. فقد الماء غير المحسوس Insensible Water Loss:

- يتم فقد بخار الماء عن طريق الجلد والجهاز التنفسي (نراه عند القيام بالزفير على الزجاج البارد) ومقداره حوالي 0.5 L/day.



تنظيم مدخول الماء Water Intake Regulation

- يتم التحكم بمدخول الماء عن طريق إحساس العطش Thirst Sensation (الرغبة في شرب الماء).
- إن إحساس العطش ناتج عن تنبيه **مركز العطش** الموجود في النوى الوحشية في الوطاء Lateral Nuclei Of The Hypothalamus.
- ويكون مركز العطش الموجود في النواة الوحشية للوطاء متصلاً **بمستقبلات الحلولية** Osmoreceptors الموجودة في النوى الأمامية للوطاء Anterior Nuclei Of The Hypothalamus.
- ويتم تنبيه هذا المركز عبر **آليتين رئيستين** تسببان إحساس العطش، **وبعض الآليات الثانوية**.

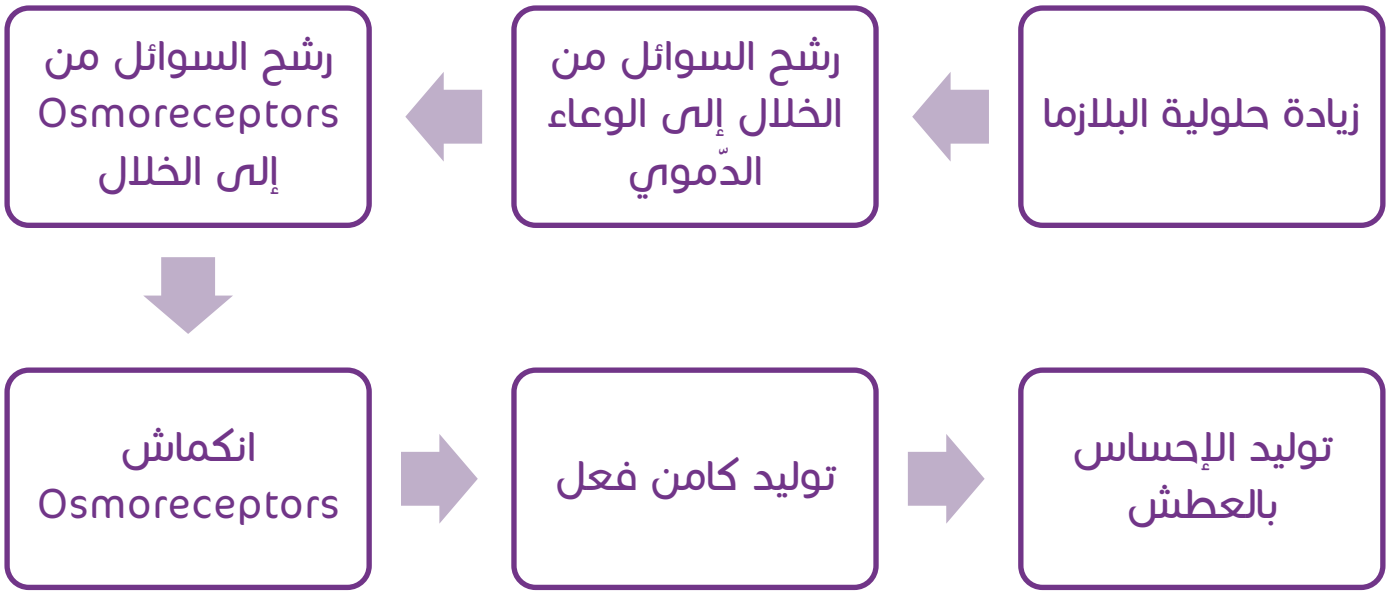
الآليتين الرئيستين لتوليد إحساس العطش

1. ارتفاع حلولية بلازما الدم *Osmolality*:

☒ تتنبّه **مستقبلات الحلولية** Osmoreceptors بأي تغيير في حلولية بلازما الدم (بفضل ترويتها الدموية الغزيرة).

↙ آلية تنبيه هذه المستقبلات:

- عند ارتفاع حلولية البلازما (نتيجة ارتفاع السكر أو الملح أو البولة أو جميعها) في الوعاء الشعري الدموي ← ترشح السوائل من المسافة الخلالية إلى الوعاء الشعري.
- نتيجةً لذلك، ترتفع حلولية السائل الخلالي←ترشح السوائل من داخل خلايا المستقبلات Osmoreceptors إلى المسافة الخلالية.
- مؤدياً **لانكماش shrinkage** خلايا المستقبلات الحلولية Osmoreceptors ← **تنبيهها**.
- فتتنبه هذه المستقبلات وتشكل كمون عمل **ينتقل إلى مركز العطش** في الوطاء (فتكون زيادة الحلولية في البلازما سبباً لشعورنا بالعطش).



من الأرشيف:

- تتحسس مستقبلات الحلولية الارتفاع في الحلولية عندما يتجاوز هذا الارتفاع عتبة معيّنة تدعى Threshold for drinking.
- مثلاً: عتبة تنبيه مستقبلات الحلولية لارتفاع تركيز الملح (Na^+) في البلازما هي ارتفاع تركيزه بمقدار 2 mEq/L عن الحد الطبيعي.

فيديو رائع يشرح الآلية السابقة:

↙ أمثلة على اضطراب توازن الماء:

- يعاني مريض السكري دائماً من العطش وعند الصيام يصاب بالتجفاف.

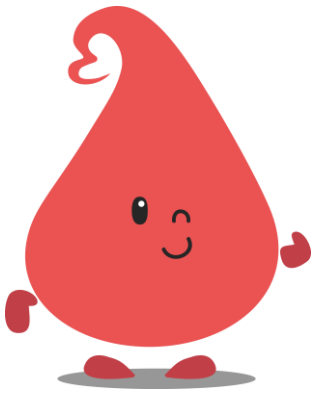
السبب: عندما تتجاوز قيمة سكر الدم 180 mg/dl[8] يتم طرح السكر عبر الكلى ← وجود السكر في البول سيؤدي لزيادة حلولية البول ← زيادة كمية الماء المطروح في البول ولدينا أصلاً مدخول ماء قليل (بسبب الصيام) ← التجفاف Dehydration.

ملاحظة: سبب العطش هو زيادة كمية الماء المطروحة مع البول دون تجفاف.

- تزداد حلولية الدم عند تناول كميّة كبيرة من اللحوم (بسبب ازدياد كمية البروتين وبالتالي ازدياد البولة أو اليوريا).
- كما تزداد حلولية الدم عند تناول الأغذية الحاوية على كمية كبيرة من الحموض النووية (بشكل خاص صفار البيض والفول والحمّص) والمواد الحاوية على كافئين[9] وذلك لزيادة تركيز حمض البول الناتج عن استقلاب الحموض النووية.

2. نقص حجم السائل خارج الخلوي *ECF* أو بلازما الدم *Hypovolemia*:

- إذا كانت كمية النقص هذه كبيرة جداً يدخل المريض بما يسمى **صدمة نقص الحجم** Hypovolemic Shock[10].
- ينقص حجم بلازما الدم نتيجةً لـ:
  - ✓ **نزف Hemorrhage** سببه جرح، أو كسر مع تمزق وعائي.
  - ✓ فقدان لسوائل البلازما بسبب **إسهالات، إقياءات، حروق واسعة**.
  - ✓ **الكوليرا** التي تسبب صدمة نقص الحجم[11].



[8] العتبة الكلوية لتصفية السكر.

[9] ربط مع الكيمياء الحيوية 1: الكافئين هو من مضاهئات البورينات، أي يشبه إلى حد كبير الحموض النووية.

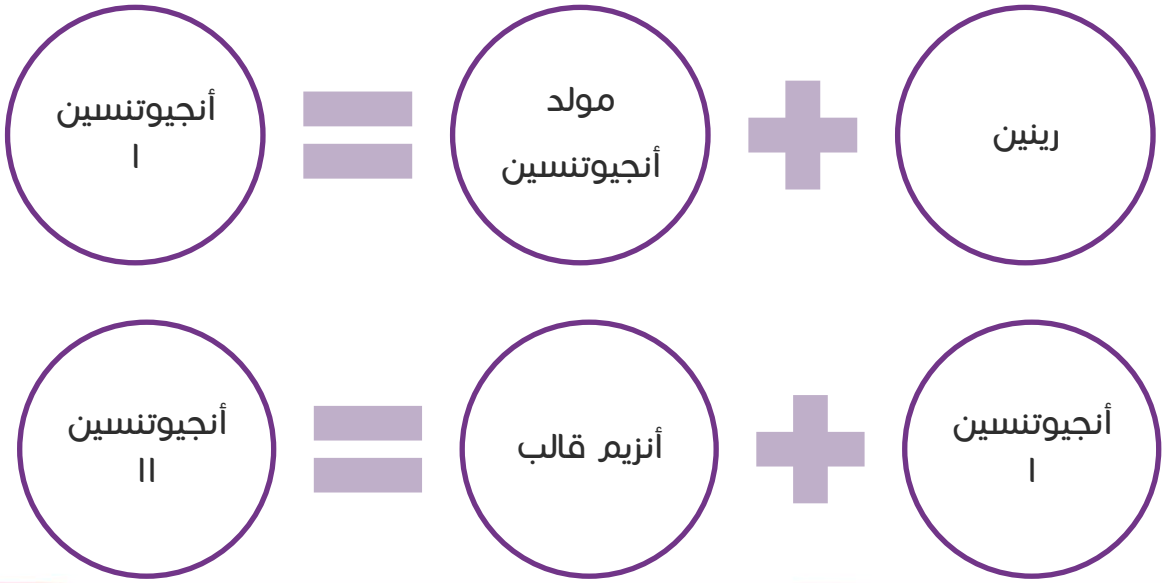
[10] سيتكرر معنا في السنوات القادمة مصطلح "الصدمة" التي لها عدة أسباب (قلبية، دورانية، نقص حجم .. الخ) وهذا المصطلح يشير إلى حالة من نقص تروية معظم أنسجة الجسم (سبب نقص التروية مثلاً في هذه الحالة هنا هو نقص حجم الدم الجائل في الدوران).

[11] أرشيف، معلومة إثرائية.

ملاحظة: يمكن أن تتفعل هذه الآلية (توليد العطش اعتماداً على نقص الحجم) عند انخفاض ضغط الدم أيضاً، حيث أنّ نقص الحجم يؤدي إلى نقص الضغط بطبيعة الحال.

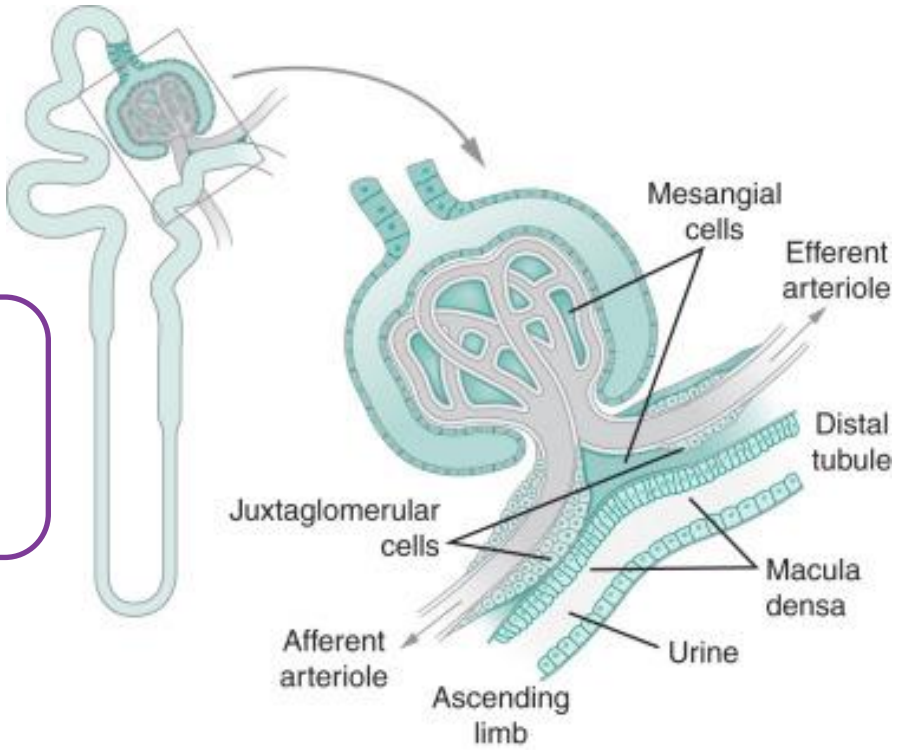
↙ آلية تنبيه مركز العطش بحالة نقص ضغط الدم:

- تبلغ قيمة الضغط الشرياني 120ملم زئبقي عندما يكون حجم الدم الإجمالي 5 لتر.
- عندما ينقص حجم الدم ينقص الضغط الدموي.
- وبالتالي ينقص الرشح الكبي للكلية.
- يؤدي ذلك إلى تدفّق بطيء للرشاحة ضمن الأنابيب البولية (جريان كبي بطيء) مما يؤدي إلى زيادة الفترة الزمنية التي يحدث فيها تماس بين الرشاحة والخلايا المسؤولة عن إعادة الامتصاص وخاصة إعادة امتصاص شوارد **الصوديوم**.
- فتصل الرشاحة إلى خلايا تدعى اللطخة الكثيفة للجهاز المجاور للكبب.
- تتحسس هذه الخلايا الرشاحةَ التي تحوي على كمية قليلة من الصوديوم.
- فتفرز الخلايا مادة **الرينين** Renin في الدم استجابةً لانخفاض تركيز الصوديوم.
- يجول الرينين في الدم حتى يلتقي بـ: **الأنجيوتنسينوجين** Angiotensinogen أو مولّد الأنجيوتنسين (مادة بروتينية غير فعالة تفرز من الكبد وتجول في الدم).
- يقوم الرينين المفرز من الكلية بتحويل الأنجيوتنسينوجين إلى **أنجيوتنسين I** Angiotensin I (غير فعّال أيضاً) يجول في الدم ويصل إلى شعيرات الرئة حيث يوجد الأنزيم القالب Converting Enzyme الذي يحوله إلى **أنجيوتنسين II** Angiotensin II الفعّال.



الجهاز المجاور للكبب Juxtaglomerular Apparatus:

- يقع على الأنبوب البعيد عند منطقه تماسه مع الشُرين الوارد والشُرين الصادر.
- يحتوي على خلايا تدعى اللطخة الكثيفة Macula Densa.
- تتحسس هذه الخلايا تركيزَ الصوديوم في الرشاحة زيادةً أو نقصاناً.



صورة توضّح الجهاز المجاور للكبب وتوضعه بين الشُرين الوارد Afferent Arteriole والشُرين الصادر Efferent Arteriole.

المادة	المصدر	الفعالية
الرينين	الكلية (اللطخة الكثيفة للجهاز المجاور للكبب)	
الأنجيوتنسينوجين	الكبد	غير فعّال
أنجيوتنسين I	ينتج عند تفعيل الأنجيوتنسينوجين بواسطة الرينين	غير فعّال
أنجيوتنسين II	ينتج عند تفعيل الأنجيوتنسين I بواسطة الأنزيم القالب (والذي يُفرز من الرئتين)	فعّال

- Angio: وعائي -tensiono: موتر -gen: مولد أو طليعة.

وظائف الـ Angiotensin II (هام)

1. تقبيض الأوعية الدموية Vasoconstriction:

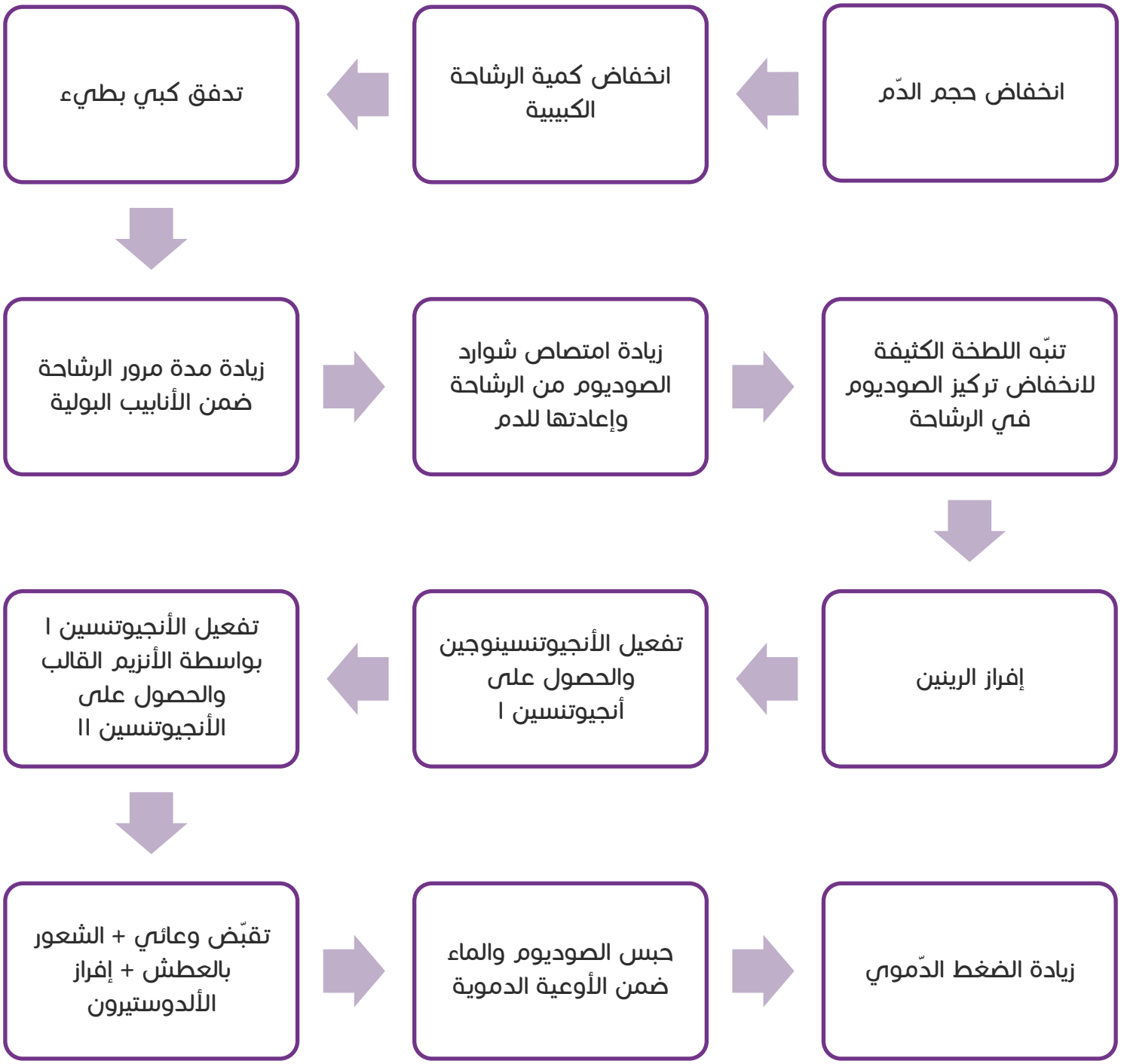
- يُعتبر الأنجيوتنسين II من أقوى المقبضات الوعائية.
- حيث أن نقص حجم الدم سبّبَ **انخفاضاً بالضغط الشرياني**، وانقباض الأوعية يساهم في **زيادة** المقاومة الوعائية المحيطية **ورفع** الضغط من جديد ليعود إلى الحالة الطبيعية.

2. يحرض قشر الكظر على إفراز الألدوستيرون Aldosterone:

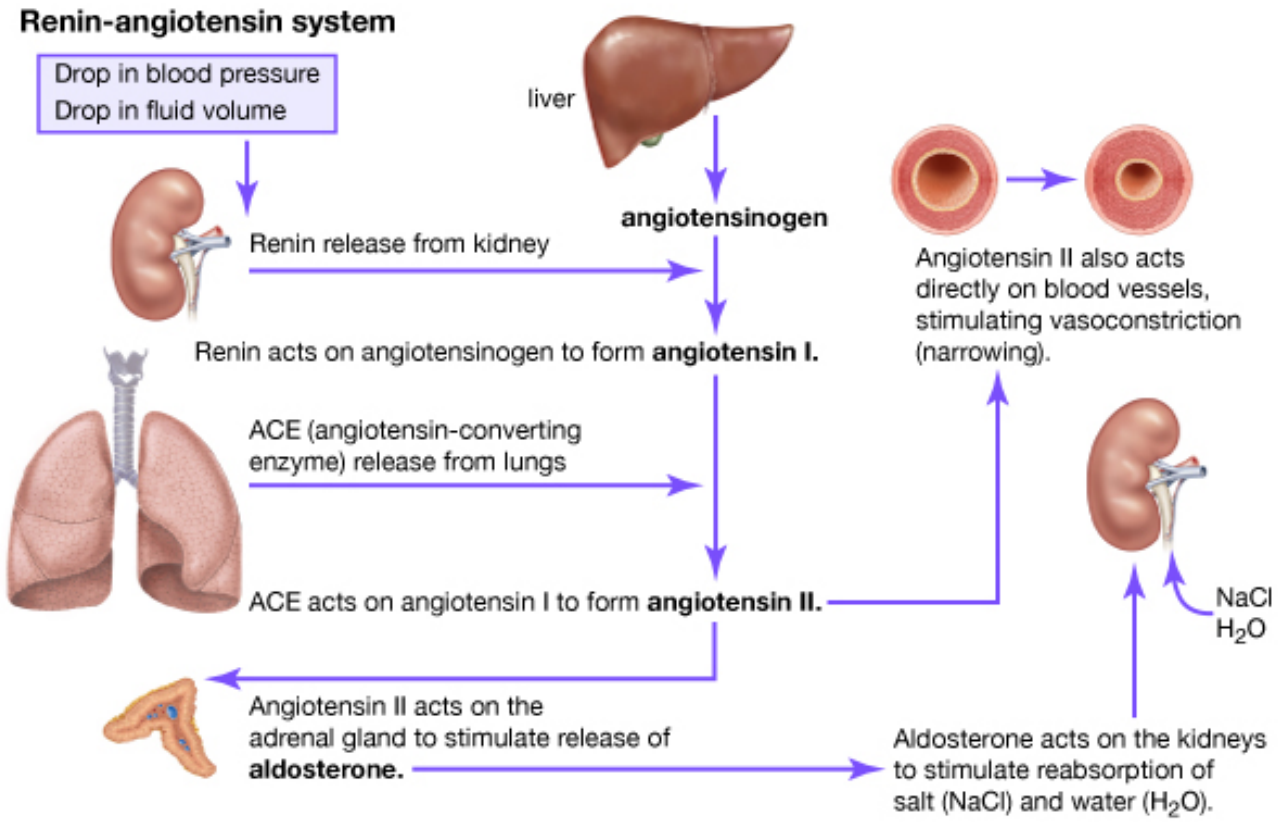
- يقوم الألدوستيرون بحبس شوارد Na^+ (أي الملح) ضمن الأوعية الشعرية، التي تقوم بدورها بسحب الماء معها (نتيجة ارتفاع الحلولية)، ويتم ذلك عن طريق زيادة امتصاص الصوديوم في القناة الجامعة والنبيبات الملتفة البعيدة.

3. تنبيه مركز العطش في الوطاء:

- وذلك لدفع الشخص لشرب الماء وزيادة حجم الدم، وهذا يفسّر العطش لدى المصابين بجروح أو حروق واسعة حيث يشعرون بجفاف في الفم والحاجة إلى شرب الماء.



ملاحظة: يسبب النزف أو نقص حجم الدم الشعور بالعطش حتى لو لم يحدث أي تغير في حلولية البلازما مما يفسر كون هذه الآلية للشعور بالعطش مختلفة عن الآلية الأولى.



صورة توضح عمل منظومة الرينين - أنجيوتنسين.

العوامل الثانوية المولّدة لشعور العطش[12]

1. جفاف الأغشية المخاطية:

★ بعض الأشخاص يشعرون بعطش أكثر من غيرهم (**دون** التعرض لزيادة حلولية أو نقص حجم الدم) وإنما لحاجتهم الدائمة لترطيب الأغشية المخاطية للفم والبلعوم.

2. تناول وجبة طعام *Prandial Drink*:

★ العطش الناتج عن ذلك هو عطش **مؤقت** سببه:

1. ارتفاع **الحلولية** بسبب الوجبة (تحوي غلوكوز، أو أملاح، أو بروتينات تستقلب في الكبد فتعطي اليوريا).
2. بعض الهرمونات المفرزة من جهاز الهضم لها تأثير منبه لمركز العطش.

[12] أرشيف

3. مستقبلات الضغط Baroreceptors:

★ إن مستقبلات الضغط هي مستقبلات **تتحسس الضغط الشرياني**.

★ تتواجد في القلب والأوعية الدموية (أهمها فيزيولوجياً المستقبلات الموجودة في قوس الأبهر والجيبين السباتيين).

★ تؤثر على مركز العطش في النوى الوحشية في الوطاء (وذلك عند **انخفاض** الضغط الشرياني) فتؤدي للإحساس بالعطش.

- إذاً فنحن نشعر بالعطش عندما **يرتفع** الضغط الحلولي (ترتفع الحلولية) في البلازما وتتنبه لذلك مستقبلات **الحلولية** في النوى الأمامية للوطاء.
- وكذلك نشعر بالعطش عندما **ينخفض** الضغط الشرياني، وتتنبه لذلك مستقبلات **الضغط** في القلب والأوعية (وبشكل خاص في قوس الأبهر والجيبين السباتيين).

آليات توليد إحساس العطش (تنظيم مدخول الماء) *_* Overview

آليات ثانوية

- جفاف الأغشية المخاطية
- بعد وجبة طعامية
- مستقبلات الضغط

آليات رئيسية

- ارتفاع حلولية البلازما وتنبيه مستقبلات الحلولية وبالتالي مركز العطش في الوطاء
- نقص حجم الدم وإفراز الرينين الكلوي والحصول على الأنجيوتنسين 2 الذي:
  - يقبّض الأوعية
  - يحرض إفراز الألدوسترون
  - ينبه مركز العطش

تنظيم مطروح الماء Water Loss Regulation (من الأرشيف)[13]

1. يتم بشكل أساسي على مستوى الكلية عن طريق تنظيم طرح الماء في البول.
2. يعد تنظيم الكلية لإطراح البول أحد العمليات الرئيسية المساهمة بالتحكم بتوازن الماء.
3. تعتمد كمية البول على مدخول الماء، فإن كمية البول المطروح قد ترتفع حتى 20 لتر أو قد تنخفض حتى 0.5 لتر يومياً (الشخص الذي يتناول الكثير من الماء يطرح الكثير والعكس صحيح).
4. الهرمونان الأساسيان المؤثران على طرح الكلية للماء هما الألدوستيرون Aldosterone والهرمون المضاد للإدرار (الإبالة) ADH.

الألدوستيرون Aldosterone:

- يقوم بإعادة امتصاص شوارد الصوديوم Na^+ وبالتالي الماء من البول إلى الدوران العام فيزيد حجم الدم، ويزيد طرح البوتاسيوم K^+ مع البول.

الهرمون المضاد للإدرار Anti Diuretic Hormone (ADH) (Vasopressin):

- هو هرمون يتشكل في الوطاء، ثم يُخزّن في الفص الخلفي للنخامة (النخامة الخلفية العصبية) ويتحرر منه.

ولعمل هذا الهرمون حالتين:

1. *ارتفاع الحلولية فقط (عدم وجود نقص بحجم الدم):*

← عندما ترتفع حلولية البلازما بشكل كافي لتنبيه مستقبلات الحلولية في الوطاء، يتحرّض لدينا إفراز ADH، (دون وجود نقص في حجم الدم).

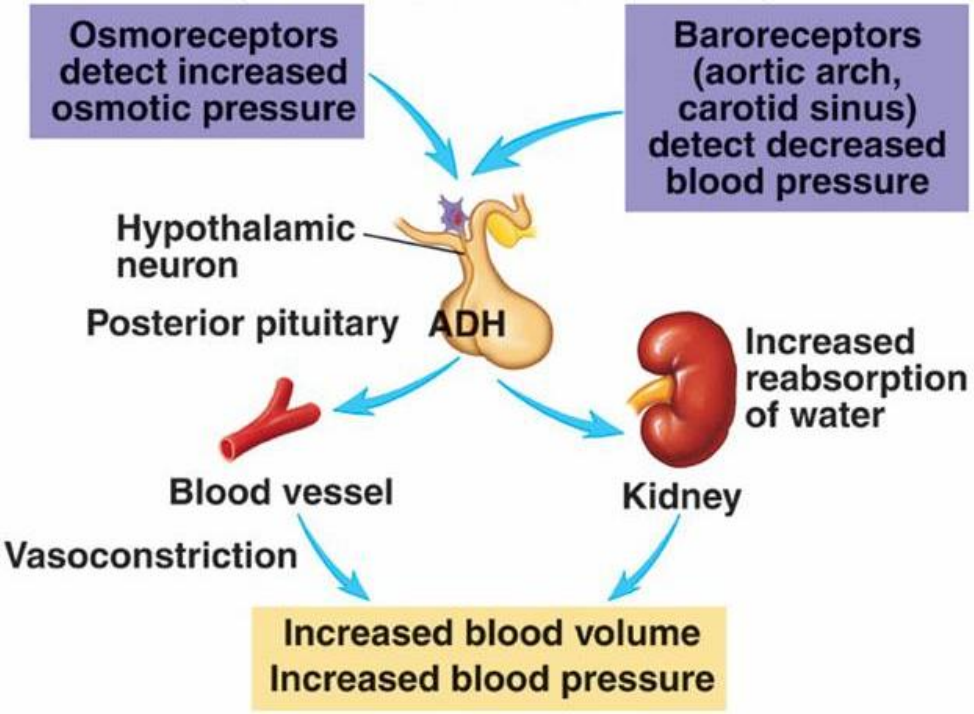
← يعمل الـ ADH في مستوى القنوات الجامعة Collecting Ducts في الكلية على تعزيز إعادة امتصاص الماء منها الى الأوعية الشعرية.

← **النتيجة**: عودة امتصاص الماء إلى الدم بدلاً من طرحه في البول وبالتالي انخفاض الحلولية.

[13] موجودة في السلايدات ولم يذكرها الدكتور

2. حالة صدمة نقص حجم الدم:

1. تتحسس مستقبلات الضغط Baroreceptors نقص حجم الدم (حيث أنّ نقص حجم الدم يؤدي لانخفاض الضغط).
2. يحرّض تنبيه تلك المستقبلات إفراز ADH.
3. هنا يعمل الهرمون على مستوى الأوعية الدموية، فيجعلها تتقبّض مما يرفع من ضغط الدم لمواجهة الانخفاض الحاصل فيه.



إن آلية المستقبلات الحلولية هي الأكثر أهمية في التحكم اللحظي في إفراز ADH.
Vasopressin = ADH
(Vaso وعائي، pressin ضاغط، أي مقبض وعائي).

مقارنة بين آلية الألدوستيرون و الـ ADH في حبس الماء على مستوى الكلية:

الـ Aldosterone يعمل على حبس Na+، ونتيجةً لذلك ينحبس الماء.

أما ADH، فيعمل على حبس **الماء** مباشرةً على مستوى الأنابيب الجامعة.

انتقال السوائل

هناك طريقتان لانتقال السوائل عبر الأغشية الخلوية، وهما:

1. النقل الفعّال Active Transport:

✧ هو انتقال الجزيئات **عكس** مدروج التركيز (من التركيز المنخفض إلى التركيز المرتفع).

✧ تستهلك طاقة.

✧ **مثال**: خروج شوارد الصوديوم من الخلية ودخول شوارد البوتاسيوم عبر مضخة الصوديوم والبوتاسيوم.

2. النقل المنفعل Passive Transport:

✧ هو انتقال الجزيئات **تبعاً** لمدروج التركيز (من التركيز المرتفع إلى التركيز المنخفض).

✧ لا يستهلك طاقة.

✧ له ثلاث حالات:

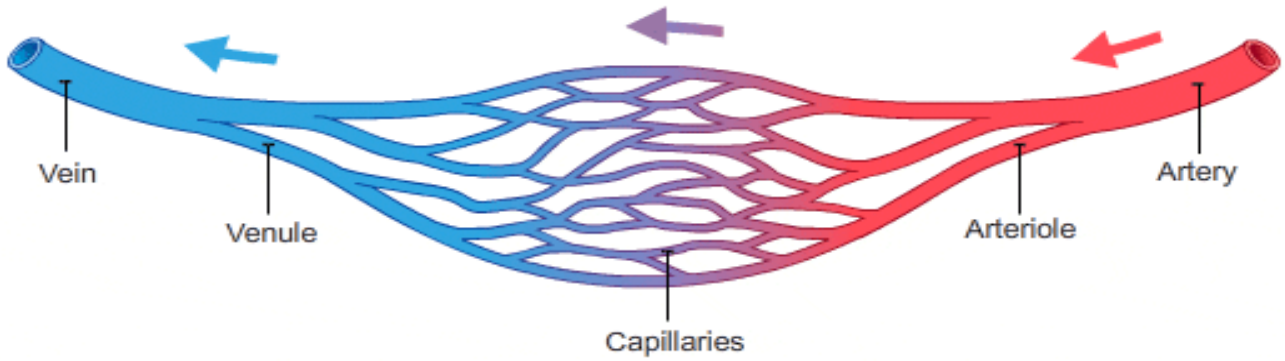
- الانتشار البسيط Simple Diffusion.
- التحال Osmosis.
- الانتشار الميسّر Facilitated Diffusion (مثل انتقال الصوديوم والغلوكوز معاً).

سيتمّ التوسّع في هذا الموضوع عند دراسة الكلية وفيزيولوجيا الجهاز البولي مستقبلاً ^_^

القوى المتحكمة بخروج ودخول السوائل عبر الأوعية الشعرية

تتألف الشجرة الوعائية Vascular Tree في الجسم من:

شرايين Areteries ← شُرينات Arterioles ← أوعية شعرية Capillaries ← وُريدات Venules ← أوردة Veins



في الحالات السويّة، لا يحدث التبادل بين الدم والخلايا إلا على مستوى الأوعية الشعرية Capillaries.

يتألف **الوعاء الشعري Capillary** من:

نهاية شريانية Arterial End ونهاية وريدية Venous End.

يخرج الماء من النهاية **الشريانية** محمّلاً بالأوكسجين والغلوكوز والمواد المغذية.

بينما يعود الماء إلى النهاية **الوريدية** حاملاً معه ثاني أوكسيد الكربون ونواتج الاستقلاب.

يتحكم بحركة هذه السوائل قوّتين، هما:

أولاً: قوة الضغط المائي السكوني Hydrostatic Pressure

✓ الضغط المائي السكوني هو **الضغط الدموي في الوعاء الشعري**، سببه دفع القلب للدم عند تقلصه (أي أن سببه **ميكانيكي**).

✓ قيمته في **الشريان الأبهر (aorta)** 120 mmHg.

ثم يتوزع ضغط الدم على **الشُرينات (arterioles)** فيصبح 70 mmHg فيها.

ويتابع توزعه على **الأوعية الشعرية (capillaries)** حتى يصبح 28 mmHg.

✓ هذا الضغط (28 mmHg) نجده في النهاية **الشريانية** للوعاء الشعري.

✓ ويقوم بدفع السائل للانتقال من النهاية الشريانية للوعاء الشعري إلى **المسافة الخلالية** ثم **إلى داخل الخلايا** محملاً بالغذاء والأوكسجين بما يسمى عملية **الفلترة (الرشح) Filtration**.

- إذاً فالضغط السكوني للوعاء يدفع السوائل إلى خارج الوعاء الشعري.

ثانياً: قوة الضغط التناضحي الغرواني Colloid Osmotic Pressure

- الضغط الغرواني هو الضغط الناجم عن وجود البروتينات في البلازما (الألبومين[14]، الغلوبيولينات[15]، الفبرينوجين[16]).
- الوزن الجزيئي لهذه البروتينات مرتفع وحجمها كبير مما يمنعها من الخروج من الوعاء الشعري، فتبقى في بلازما الدم، وتسبب ضغطاً غروانياً مقداره **25 mmHg** يقوم بسحب السوائل إلى داخل الوعاء الدموي.
- يعتمد مبدأ هذه القوة على الفرق في تركيز البروتينات بين البلازما والخلال، حيث نعلم أنّ السائل بين الخلوي أو الخلالي فقير بالبروتينات.

- إذاً فالضغط الغرواني يسحب السوائل إلى داخل الوعاء الشعري.

↙ مقارنة بين قيمة الضغط في كل من النهاية الشعرية والنهايةالوريدية:

	النهاية الشريانية Arterial End	النهاية الوريدية Venous End
الضغط الماء السكوني	28 mmHg	23 mmHg
الضغط التناضحي الغرواني	25 mmHg	25 mmHg

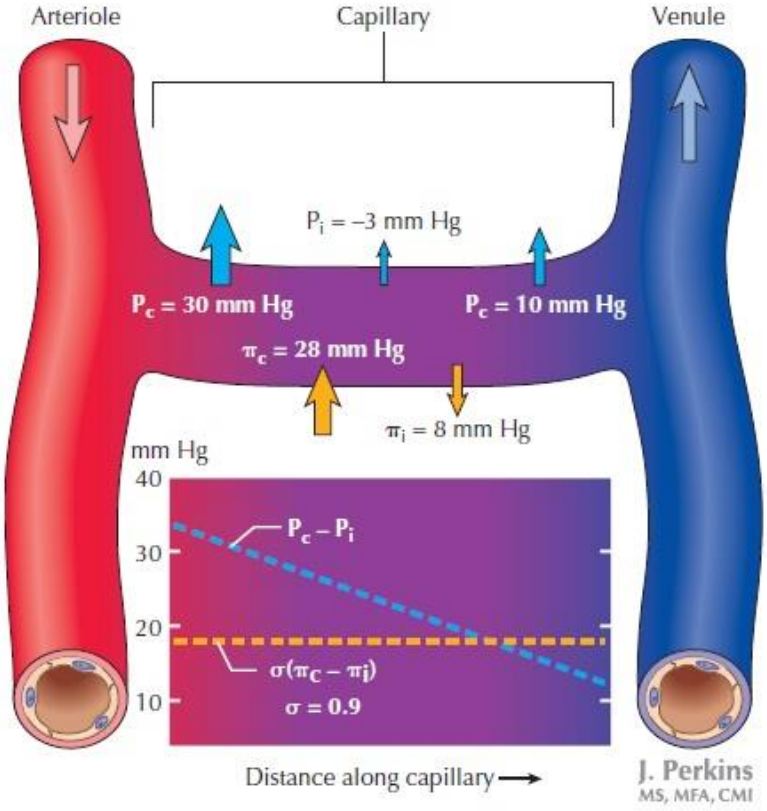
[14] يتشكّل الألبومين في الكبد.

[15] يتشكل الغلوبيولين في النسيج اللمفاوي.

[16] يتشكل الفبرينوجين في الكبد وهو من عوامل التخثر.

نلاحظ أنّ:

- الضغط الغرواني **ثابت القيمة** في كلتا النهايتين الشريانية والوريدية للوعاء الشعري الدموي، وذلك لثبات وعدم رشح بروتينات البلازما من الأوعية الشعرية إلى الخلال.
- الضغط السكوني للنهاية الشريانية (28 mmHg)**أعلى بالقيمة** منه في النهاية الوريدية (23 mmHg)، وذلك لفقدان الدم جزءاً من السائل المحمّل بالأوكسجين والغذاء، حيث يرشح إلى المسافة الخلالية.



صورة توضّح انتقال السوائل على مستوى الشعيرات الدموية
P_c الضغط المائي السكوني للشعيرة
P_i الضغط المائي السكوني للخلال
π_c الضغط الغرواني للشعيرة
π_i الضغط الغرواني للخلال

(اختلاف الأرقام عن المحاضرة بسبب الاختلاف في المراجع)

في النهاية الشريانية:

- ضغط سكوني 28 mmHg → يدفع للارتشاح الدم
- ضغط غرواني 25 mmHg → يدفع لعودة امتصاص الدم

المحصّلة: ضغط قدره 3 mmHg يدفع للارتشاح الدم وخروجه إلى الخلال

تتحرك السوائل في النهاية الشريانية إلى خارج الأوعية بفضل تفوق الضغط السكوني على الضغط الغرواني بفارق **3 mmHg** فتنتقل إلى الحيز الخلالي محملةً بالأكسجين والمغذيات.

في النهاية الوريدية:

- ضغط سكوني 23 mmHg
- ضغط غرواني 25 mmHg

يدفع لارتشاح الدم

يدفع لعودة امتصاص الدم

المحصّلة: ضغط قدره 2 mmHg يدفع لعودة امتصاص الدم إلى الوعاء الشعري

تتحرك السوائل في النهاية الوريدية إلى داخل الأوعية بفضل تفوق الضغط الغرواني في تلك النهاية على الضغط السكوني بفارق 2 mmHg، وتكون محمّلة بالفضلات وثاني أكسيد الكربون.

- إذاً نتوقع بقاء قسم بسيط من السوائل في المسافة الخلالية خارج الوعاء الشعري بسبب هذا الفارق بين كمية السائل المرتشحة والممتصة بـ 1mmHg.
- لكن بقاءها في المسافة الخلالية يعني تشكّل **وذمة**.
- لذلك: لا بد من وجود آلية تمنع بقاء هذه السوائل في الخلال وفي الواقع فإن المسؤول عن هذه الآلية وعن إعادتها للدوران العام هو **الأوعية اللمفاوية**.

الوذمة Edema/Oedema

- تتشكل الوذمة عندما **تتراكم السوائل في المسافة الخلالية** دون أن يتم تصريفها.
- يتم الكشف عنها سريرياً عن طريق اختفاء المعالم التشريحية كالنواتئ العظمية (مثلاً في الطرف السفلي: اختفاء الكعب الوحشي والإنسي وعدم القدرة على تحديدهما، في الطرف العلوي: اختفاء الأسناغ أو السلاميات أو النواتئ الإبرية للزند أو الكعبرة).

أسباب الوذمة

1. زيادة الضغط السكوني عن المعدل الطبيعي:

- كأن يصبح ضغط الأبهر 150 mmHg عوضاً عن 120 mmHg مثلاً، الأمر الذي يؤدي إلى تراكم السوائل في الخلال.
- نجد ذلك عند مرضى الضغط الشرياني Hypertension.

إضافة للاطلاع:

- إنّ السبب الأهم للوذمة والناجم عن ارتفاع الضغط المائي السكوني هو قصور القلب[17] أو إعاقة التصريف الوريدي فيرتفع الضغط في الأوردة ويعود باتجاه الأوعية الشعرية فيرتفع مسبباً الوذمة ← من أهم أعراض قصور القلب الوذمات.

2. انسداد الأوعية اللمفاوية:

- إن الأوعية اللمفاوية مسؤولة عن إعادة قسم من السوائل من المسافة الخلالية إلى الدم، وبالتالي فإن انسدادها سيسبب تراكم السوائل في الخلال وبالتالي تتشكل الوذمات.

3. انخفاض الضغط الغرواني:

- ينتج عن نقص بروتينات البلازما، فتنقص قيمة الضغط الذي يدفع السائل من الخلال إلى النهاية الوريدية للوعاء الشعري، مما يؤدي لتجمعه في المسافة الخلالية مسبّباً وذمة.
- إن سبب انخفاض الضغط الغرواني هو انخفاض تركيز البروتينات في البلازما (ألبومين، فبرينوجين، غلوبيولينات).

أسباب انخفاض تركيز بروتينات البلازما

A. مشاكل كبدية:

- فالألبومين والفبرينوجين يصنعان في الكبد، وأي مشكلة كبدية (تشمّع كبد مثلاً..) تؤثر على إنتاجهما، سوف تؤدي لحدوث وذمات.

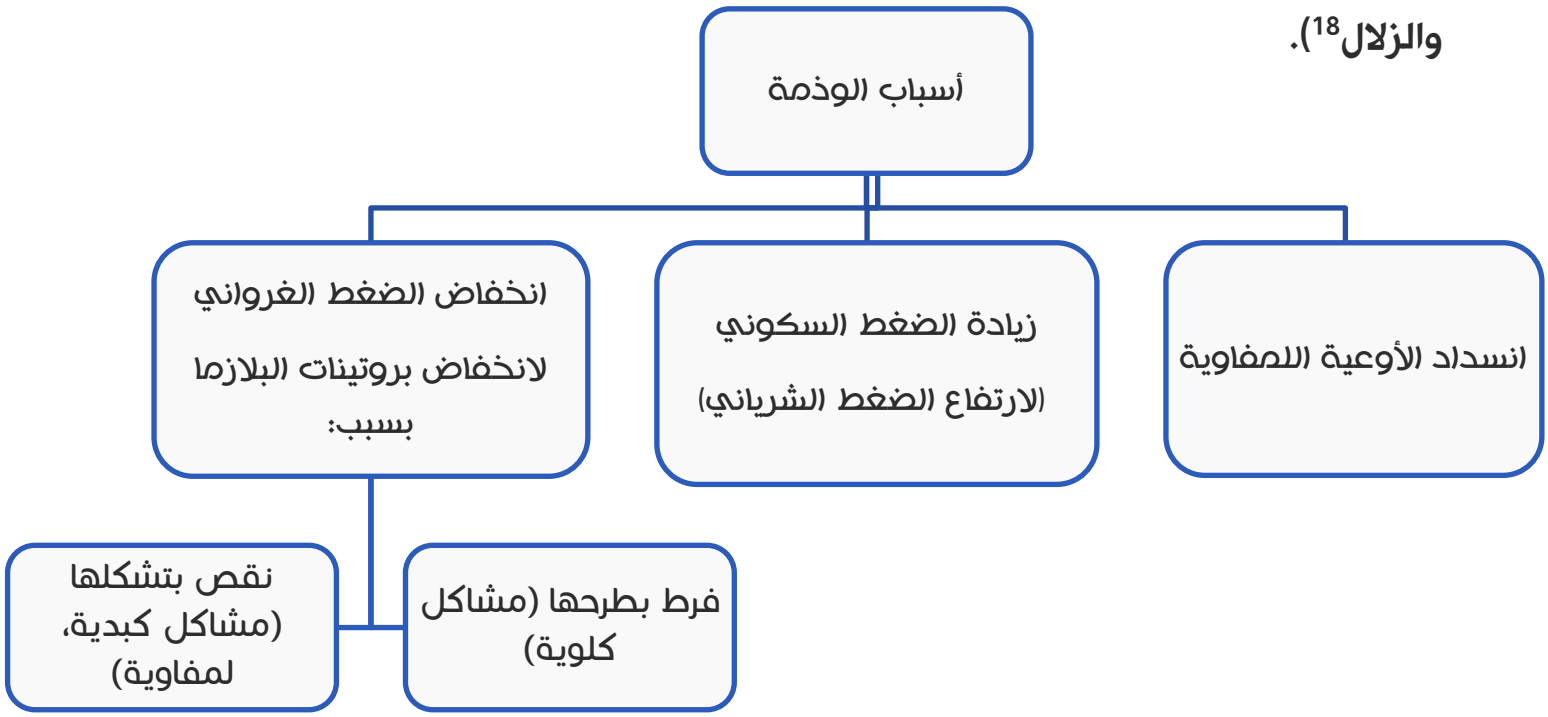
B. مشاكل في العقد اللمفاوية:

- فالغلوبولين يصنع في العقد اللمفاوية، ومشاكل العقد اللمفاوية التي تؤدي لانخفاض تصنيعه تسبب الوذمات.

[17] حالة تمثل عجز القلب عن ضخ الدم فيرتفع الضغط ويتراكم الدم في الأوردة.

C. مشاكل كلوية:

✧ هنا لا توجد مشكلة في تصنيع البروتينات، وإنما تقوم الكلية (بشكل مرضي) **بطرح مفرط** لهذه البروتينات، فتتشكل الوذمات (مثل المتلازمة النفروزية Nephrotic Syndrome والزلال[18]).



أنواع الوذمات

وذمة انطباعية:

نضع الإصبع على مكان التوذم ونضغط قليلاً ثم نزيح الإصبع، إذا تركت انطباع فهي وذمة تحدث نتيجة تراكم سوائل، وتكون المشكلة في **الجهاز القلبي الوعائي**.

وذمة غير انطباعية:

نضع الإصبع على مكان التوذّم ونضغط قليلاً ثم نزيح الإصبع، إذا لم تترك انطباع فهي وذمة تحدث نتيجة **انسداد أوعية لمفاوية** أو[19] وذمة مخاطية نتيجة قصور الغدة الدرقية.

---

[18] سيتم الحديث عن الزلال في آخر هذه المحاضرة.

[19] أرشيف

RB Clinical ملاحظة سريرية هامّة جداً:

- تكون عادةً وذمات **الطرفين السفليين** ناتجة عن سبب قلبي(كقصور القلب)، تحدث نتيجة عدم قدرة القلب على سحب السوائل بسبب الجاذبية الأرضية (الوقوف أو الجلوس لفترات طويلة).
- أما وذمات **الوجه** غالباً يكون سببها كلوي (تسريب الكلية للبروتينات) ونراها عند الحوامل المصابات بالزلال وفي المتلازمة النفروزية وعادةً تكون الوذمة **صباحية** حول الأجفان، لذلك عند رؤية وذمة في الأجفان نبحث عن خلل بالكلية، ومع مرور الوقت عبر النهار والحركة المستمرة للمريض كالمشي تتحرك الوذمة لتصبح غالباً في الطرفين السفليين بينما يعود الوجه للوضع الطبيعي.

فيديو للدكتور نجيب يشرح أنواع الوذمات

الزلال (بيلة الألبومين Albuminuria)[20]

- هو وجود مادة البروتين في البول بمعدل أكثر من 150 ملغ في اليوم الواحد، حيث يتسرّب البروتين من الكبب الكلوية.
- للبروتينات وزن جزيئي مرتفع ولا يمكنها الخروج من الكبب الكلوية في الحالة الطبيعية.
- لكن عند ارتفاع الضغط إلى 140 mmHg مثلاً في الأوعية الشعرية بينما الضغط السكوني في الكبب الكلوية 60mmHg ← يؤدي ذلك إلى توسّع المسافات بين الخلايا وهروب البروتينات مع البول مع عدم وجود طريقة لإعادة الامتصاص.

[20] أرشيف

Overview *_*

★ تتناسب كمية الماء في الجسم **عكساً** مع العمر ونسبة الشحم.

★ تكون نسبة الشحوم عند الذكور والإناث متساوية **قبل البلوغ**.

★ النسيج العضلي - بعكس الشحمي- **محبّ للماء**.

★ تبلغ كمية الماء الإجماليّة TBW عند رجل بالغ يزن 65kg حوالي 40 ليتر تتوزّع:

سائل داخل خلوي	سائل خارج خلوي
(25 لتر) يشكل الثلثين	(15 ليتر) يشكل الثلث، ويتوزع: داخل الأوعية الدموية (3 ليتر) + خلالي (12 ليتر) + عابر للخلايا (0.5 ليتر)

★ الشوارد المسيطرة:

داخل الخلايا	خارج الخلايا
PO_4^{2-}, K^+	Cl^- , Na^+

★ إذا كان مدخول الماء إلى الجسم **أقل** من الماء المطروح ← يحدث تجفاف Dehydration.

★ إذا كان مدخول الماء إلى الجسم **أكبر** من الماء المطروح ← يحدث فرط تميّه Overhydration أو انسمام بالماء (تراكم السوائل داخل الجسم).

★ يحصل جسمنا على حوالي 2400ml يومياً من الماء عبر:

الطعام والشراب	نواتج استقلاب السكريات
2100 ml/day	300 ml/day

★ نفقد الماء من أجسامنا من خلال:

البول	التعرّق	فقد الماء غير المحسوس
نفقد 1.5 l/day	في الحالة الطبيعية نفقد 100 ml/day في حالة التمارين المجهدة والطقس الحار قد يصل إلى 1-2 l/hour	عن طريق الجلد والزفير، حوالي 0.5 l/day

★ توجد المستقبلات الحلولية Osmoreceptors في النوى الأمامية للوطاء.

★ يوجد مركز العطش في النوى الوحشية للوطاء.

★ آلية تنبيه المستقبلات الحلولية:

زيادة حلولية البلازما ← رشح السوائل من الخلال إلى الوعاء الدموي ← رشح السوائل من خلايا المستقبلات الحلولية إلى الخلال ← انكماش المستقبلات الحلولية ← توليد كامن فعل ← توليد الإحساس بالعطش.

★ تزداد حلولية الدم عند تناول الأغذية الحاوية على بروتينات وحموض نووية كثيرة.

★ انخفاض حجم الدم ← إفراز الرينين ← تحويل الأنجيوتنسينوجين إلى أنجيوتنسين I ← تحويل الأنجيوتنسين I إلى أنجيوتنسين II بواسطة الإنزيم القالب (المفرز من الرئة) ← تقبّض وعائي + الشعور بالعطش + إفراز الألدوستيرون ← حبس الماء في الأوعية وزيادة الضغط.

★ لا يحدث التبادل بين الدم والخلايا إلا على مستوى الأوعية الشعرية Capillaries.

في النهاية الشريانية	في النهاية الوريدية
ضغط سكوني (يدفع لخروج السوائل) > ضغط غرواني (يدفع لدخول السوائل) ← الضغط السكوني هو المسؤول عن ارتشاح السوائل في النهاية الشريانية	ضغط سكوني (يدفع لخروج السوائل) < ضغط غرواني (يدفع لدخول السوائل) ← الضغط الغرواني هو المسؤول عن إعادة امتصاص السوائل في النهاية الوريدية

★ أسباب الوذمة:

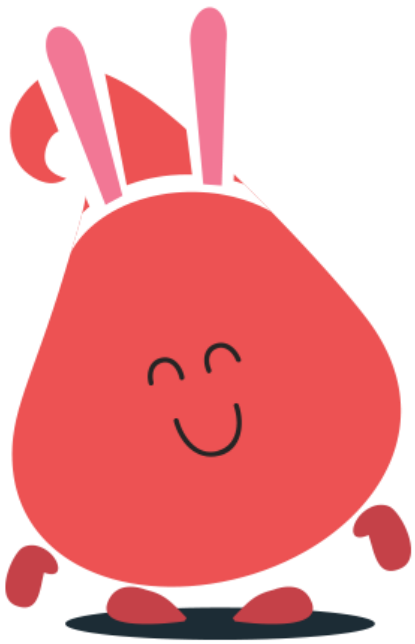
- زيادة الضغط السكوني للوعاء الدموي (قصور القلب)
- انسداد الأوعية اللمفاوية.
- انخفاض الضغط الغرواني للبلازما، وذلك إما بسبب مشاكل في الكبد أو النسيج اللمفاوي أو مشاكل كلوية (المتلازمة النفروزية والزلال).

★ أنواع الوذمة:

وذمة انطباعية	وذمة غير انطباعية
مشكلة في الجهاز القلبي الوعائي	انسداد أوعية لمفاوية

★ مشكلة في الجهاز القلبي الوعائي ← وذمة في الأطراف السفلية (مسائية).

★ مشكلة كلوية ← وذمة في الوجه (صباحية).



نصل وإياكم إلى نهاية محاضرتنا.. نرجو من اللّه أن نكون قد استوفينا حق المادة العلمية وأوردنا مايكفي من الشروحات ^_^ لا تنسونا من صالح دعائكم.