تشريح وفيزيولوجيا الكلية

01 د. عدنان الصباغ

محتوى مجاني غير مخصص للبيع التجاري

باطنة كلية | Nephrology

28/9/2021

RB Medicine

السلام عليكم ^_^

هل يمكنك أن تصدق يا صديقي أن هنالك معملاً بمليون عامل، يعملون على مدار الساعة بلا كللٍ أو ملل، يعمل كل واحدٍ منهم بدقةٍ وأمانةٍ لا متناهية.

أيُعقلُ هذا؟ أيمكنُ أن تجتمع كل هذه المواصفات معاً؟

نعم، فهولاء العمال أبدعهم الخالقُ في جسدِ كُلِ واحدٍ منا، وبالتحديد داخل أهم وأغلى ما يمكن أن تحتويه أجسادنا.

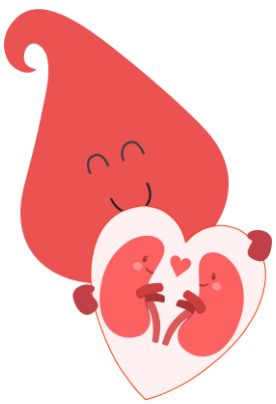
إنها الكلية، المصنع العملاق الذي يُنقي أجسامنا من شتى أنواع الفضلات، يُنظمُ الشواردَ تارةً وتارةً أخرى يساهم في ضبط الضغطِ الشرياني.

إنه العضو الذي يؤمن لنا يومياً مالا تؤمنه أغلى الأجهزة والأدوية.

نبدأ معكم أصدقاءَنا بمادة باطنة الكلية، مُتحدّثين عن فيزيولوجيا الكلية وتشريحها، كما ننوه إلى أهمية هذه المحاضرة في فهم ما بعدها، راجين المولى أن نُوفّقَ في إيصال المادة العلمية...

الفهرس

عنوان الفقرة	الصفحة
لمحة تشريحية ونسيجية عن الكلية	2
الكبة الكلوية	5
الأنبوب البولي	14
الكلية والهرمونات	20



ALKAMAL
1212050301

مقدمة

إنّ أهمية مادة أمراض الكلية تنبع من عدة أسباب:

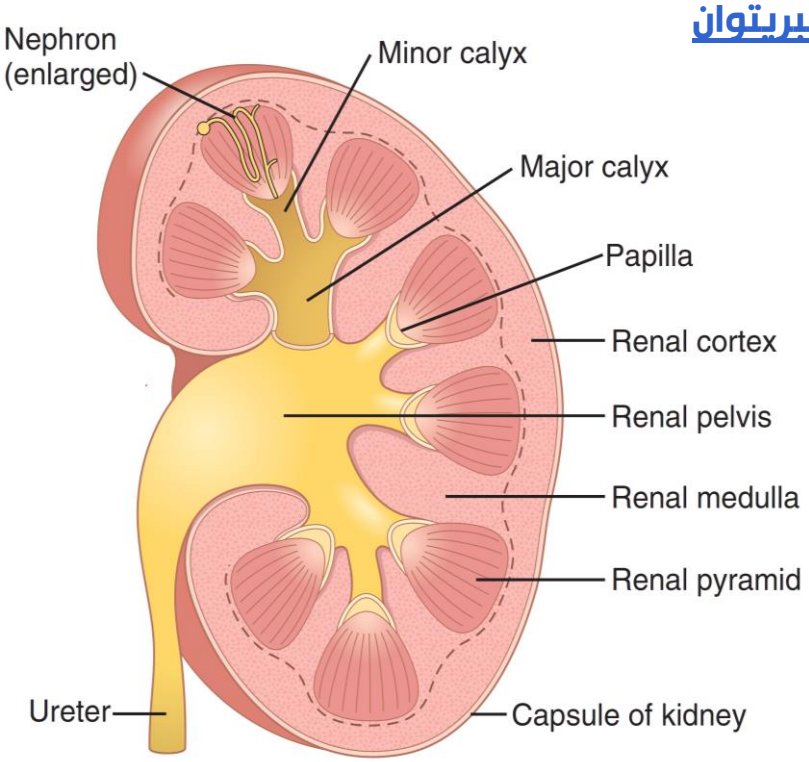
- ✓ كونها مفتاحاً لتدبير معظم شكاوى مرضى العيادات، حيث أنّ شريحة كبيرة من المرضى تشكو من اضطرابات بولية أو هضمية.
- ✓ أمراض الكلية تصيب جميع الأعمار، وجميع المجتمعات وكافة الأعراق.
- ✓ كما تصيب الجنسين، لكنها تصيب الإناث بشكل أكبر في بعض الحالات، مثال: تحدث الإنتانات البولية **عند النساء أكثر** بـ 9 أضعاف منها عند الرجال.
- ✓ إضافةً إلى أنها جزءٌ من بعض الأمراض الجهازية والوراثية والمناعية...

وقبل أن ندرس الكلية المريضة، لابدّ أن نبدأ بتذكرةٍ عن تشريح وفيزيولوجيا الكلية السليمة.

لمحة تشريحية ونسيجية عن الكلية

لمحة تشريحية عامة:

- ☯ الكلية عضوٌ نبيلٌ مزدوج، يتوضّع خلف البريتوان محمي بالعضلات.
- ☯ أبعاد كل كلية تقريباً:
  - 12-10 سم طولاً.
  - 6 سم عرضاً.
  - 5-4 سم سماكةً.
- ☯ تزن كل كلية حوالي 150غ، وتشكّل الكليتان معاً ما يعادل تقريباً 0.5٪ من وزن الجسم (تعادل حجم الكف).
- ☯ تتلقى الكليتان ربع نتاج القلب، وذلك لأهميتهما بالتخلص من الفضلات، فلا تقتصر ترويتهما على التغذية فقط.
- ☯ تتكون كل كلية من حوالي مليون نفرون.



مقطع طولي يوضح أقسام الكلية عيانياً

تقسم الكلية تشريحياً إلى قشر ولب:

1. القشر:

- يحوي **الكبيبات**، وتبلغ سماكته الطبيعية **2-1.5 سم** وترتبط به وظيفة الكلية الطبيعية.
- فكلّما كان القشر **أسمك** كانت الكلية **أفضل** وظيفياً، فغياب القشر (كما في الكلية المستسقية) يدل أنّ الكلية غير وظيفية للأسف هام.
- ويكون القشر عادةً أملساً (قد يكون مفصّصاً[1]).

2. اللُّب:

- مكوّن من **الأنابيب البولية**، ومقسّم إلى **10-8** أهرامات تنتهي ذُراها بالكؤيسات ثم بالحويضة.

التمايز القشري اللبي Corticomedullary Differentiation:

- هو خط يفصل **بشكل واضح** بين قشر الكلية ولبّها، أي خط واضح يفصل بين الكبيبات والنبيبات البولية، وكلما كان هذا التمايز أكبر كلما كانت الوظيفة الكلوية أفضل.
- هي أهم علامة صدويّة للكلية السليمة.
- وبالتالي **الكلية الشبحية** هي الكلية التي لا يظهر فيها هذا التمايز (بدون حدود واضحة بين القشر واللب)، وهي كلية ضامرة متليّفة غير وظيفيّة.

تروية الكلية

- تتم تروية الكلية عن طريق الشريان الكلوي، إذ يأخذ **القشر 90%** من الدم ويأخذ اللب 10%.
- توصف **التروية الشريانية** للكلية بأنها **قطعية انتهائية**: فكل فرع منها يغذي قطّاعاً معيناً من الكلية دونَ أن يتفاغرَ مع باقي الفروع، على **عكس الأوردة** التي تتفاغر فيما بينها.
- يحوي دم **الشريان الكلوي** على تركيز أعلى من البولة مقارنةً بدم **الوريد الكلوي**.

للتروية القطعية أهمية بالغة في حالات الاستئصال الجزئية، بحيث أنّه يمكن للإنسان العيش بنصف كلية مع بعض التحفظات واعتماد حميات معينة.

[1] حيث تكون الكلية مفصصة في الحياة الجنينية، ويمكن أن تبقى كذلك بعد الولادة.

تعصيب الكلية

❖ **لا** تخضع الكلية لسيطرة الجملة العصبية **كون عملها تلقائي (ذاتي)**، حيث تعتمد الكلية في عملها على الهرمونات **الخارجية والداخلية** في تنظيم عملها الذاتي. كما سيمر معنا

❖ تعصيب الكلية هو تعصيبٌ **للألم فقط** وذلك للتنبيه على الحالات الخطيرة (فهو نعمة وليس نقمة).

أمثلة سريرية عن التعصيب الكلوي:

حالات القولنج الكلوي التي تنتج عن انسداد السبيل البولي بحصاة:

رغم أنه من أشد الآلام، إلا أنه يفيد في استخراج الحصية، التي إن لم تستخرج فسيؤدي ذلك إلى حدوث **استسقاء كلية** ومن ثم تليف وضمور فيها، ومن هنا نجد الأهمية البالغة لهذا الألم رغم شدته الكبيرة.

زرع الكلية:

عند الزرع سنفاغر الأوعية الدموية والحالب لكننا لا نستطيع أن نصل الأعصاب، فتكون الكلية المزروعة **غير مؤلمة**، وهو عامل خطر للكلية الجديدة نظراً لدور الألم في التنبيه.

بعض الشذوذات التشريحية للكلية

❖ **شذوذات العدد:** قد تكون الشذوذات على حساب العدد كغياب إحدى الكليتين خلقياً مثلاً.

❖ **شذوذات الحجم:** كوجود كلية ضامرة خلقياً.

❖ **شذوذات الموقع:** كالكلية الهاجرة.

↙ ففي الحياة الجنينية يكون توضع الكلية حوضياً ومن ثم تصعد للأعلى لتستقر في مكانها النهائي، وفي بعض الأحيان قد تبقى متوضعةً في الحوض مثلاً دون أن تسبب أي مشاكل سوى بعض المشاكل التشخيصية **كالأعراض غير الوصفية** كون الكلية في غير مكانها الطبيعي.

❖ **شذوذات البنية:** كالقشر الرقيق الذي يدل على **سوء الوظيفة** كما ذكرنا.

إن شذوذات العدد والحجم غير خطرة لأن الكلية الأخرى تستطيع المعاوضة إن كانت سليمة.

البنية النسيجية للكلية

❖ تتألف الكلية الواحدة من مليون نفرون.

❖ **النفرون**: هو وحدةٌ **وظيفيةٌ مستقلة** قادرةٌ على القيام **بسائر الوظائف** التي تقوم بها الكلية من تصنيع هرمونات، وامتصاص وإفراز لتشكيل البول (كل نفرون دولة بحد ذاته *_*).

❖ يُصَبُّ البول بعد تشكّله في:

الحويضة ← الحالب ← المثانة ← الإحليل ← الوسط الخارجي

❖ يتألف النفرون من:

A. **كبة كلوية**: تتميز الكبب الكلوية بأنها عناصر نبيلة **غير قابلة للتجدد عند إصابتها**.هام

B. **نسيبات بولية**: من الممكن أن تتجدد عند إصابتها أو تنخرها على عكس الكبب الكلوية.

إنّ الأمراض التي تصيب الكبب تفوق تلك التي تصيب الأنابيب، ولذلك نولي أمراض الكبب الكلوية أهمية واهتمام كبيرين.

والآن سنتحدث عن كل مكون من مكونات النفرون بالتفصيل...

الكبة الكلوية Glomerulus

تعتبر الكبة العنصر النبيل والأكثر حساسية في الكلية، والذي لا يتجدد عند أذيته.

مكونات الكبّة الكلوية

❖ تتألف من قطبين (وعائي وبولي) وخلايا:

1. القطب الوعائي:

ويتألف من:

1. **الشُرَين الوارد**: الذي يدخل إلى الكبة الكلوية عبر القطب الوعائي.
2. **شبكة وعائية شعرية كبية**: يتفرع من الشُرين الوارد 10-12 فرعاً؛ تتفاغر مع فروع من الشُرَين الصادر لِيُشكّلا الشبكة الوعائية الشعرية الكبية.
3. **الشُرَين الصادر**.

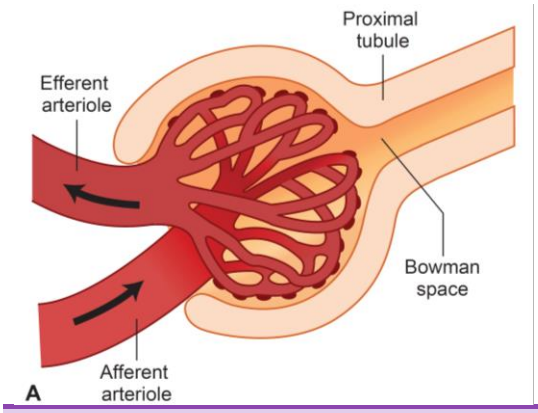
صفات الدوران الكبي:

✍ يوصف الدوران الكبي بأنه **دوران بابي**[2]: حيث يدخله شُرَين ويخرج منه شُرَين[3]، بعكس باقي الأعضاء التي يدخلها شرايين ويخرج منها أوردة.

✍ **إنّ قطر الشُرَين الوارد أكبر من قطر الشُرَين الصادر**، ولهذا الأمر أهمية بالغة **بخلق ضغط سكوني مناسب** داخل الكبة الكلوية، مما يسبب إتمام عملية الرشح الكبي من القطب الوعائي إلى القطب البولي.

إنّ الضغط الكبير جداً داخل الكبة يؤدي إلى **تخريبها**، وهناك بعض الأمراض التي تؤدي إلى ذلك، ونعطي فيها **مثبطات الإنزيم القالب** للتقليل من تقبض الشُرَين الصادر وبالتالي تخفيف الضغط داخل الكبة.

2. القطب البولي:



يقابل القطب الوعائي ويمثل **بداية الأنبوب المعوج القريب**.

توضّح الصورة قطبي الكبة الكلوية:

1. القطب الوعائي: شُرَين صادر وشُرَين وارد يشكلان شبكة شعرية كبية.
2. القطب البولي: الأنبوب المعوج القريب.

3. خلايا الكبة الكلوية:

تحوي الكبة الكلوية ثلاثة أنواع من الخلايا، وهي:

1. خلايا بطانية للأوعية الشعرية Endothelial Cells:

※ ذات سيتوبلازما **خيطية** (رقيقة بقدرٍ كافٍ) لإبقاء لمعة الوعاء كبيرة بشكل كافٍ.

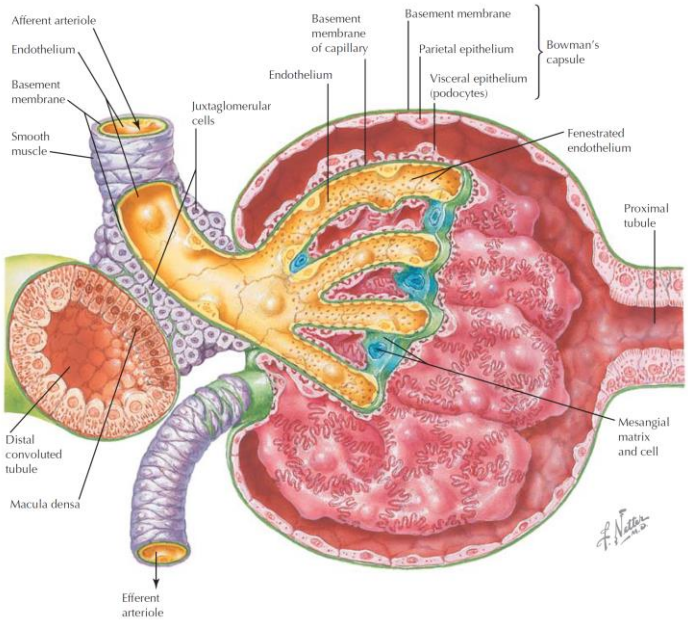
※ كما تحتوي هذه الخلايا على ثقوب وأنفاق بقطر **500 أنغستروم** تمر منها المواد المنحلة **والألبومين**، لكنها لا تمرر جزيئات البروتين الكبيرة.

[2] لمزيد من المعلومات عن الكلية والدوران البابي يمكن الإطلاع على الرابط التالي: https://courses.lumenlearning.com/ap2/chapter/gross-anatomy-of-the-kidney/.

[3] كما يوجد دوران بابي خاص بالغدة النخامية.

2. خلايا مِسْراقيّة (ميزانجيمية) Mesangial Cells.

3. خلايا ظهارية بشروية[4] Epithelial Cells (وتدعى أيضاً بالخلايا القدميّة).



صورة توضح مكونات الكبيبية الكلوية

تذكير آريسيزي بالجهاز المجاور للكبب ودوره بتنظيم الجريان الكلوي ومعدل الرشح الكبي:

يتألف من:

- **<u>خلايا البقعة الكثيفة Macula Densa</u>: عبارة عن خلايا في بداية الأنبوب المعوج البعيد تتحس تركيز كلور الصوديوم في الرشاحة البولية.**
- **<u>الخلايا المجاورة للكبب Juxtaglomerular</u>: الموجودة في جدار الشرين الوارد والصادر.**

آلية عمله عند انخفاض الضغط الشرياني:

- **عندما تنقص كمية كلور الصوديوم المار في الرشاحة تتحسس خلايا اللطخة الكثيفة هذا النقص، وتطلق إشارتين:**
  - **إحداها <u>سريعة</u> تسبب توسع الشرين الوارد وبالتالي زيادة معدل الرشح الكبي.**
  - **والأخرى إلى <u>الخلايا المجاورة للكبب</u> فتفعل جملة الرينين.**
- **وعند عودة تركيز شوارد كلور الصوديوم إلى الكمية السوية تتوقف إشارات اللطخة الكثيفة.**

الحواجز التي تواجه المواد الراشحة لتصل للقطب البولي

حتى تصل المواد الراشحة إلى الأنابيب البولية يجب أن تعبر البنى الثلاث التالية:

[4] وتكون إما جدارية مبطنة لمحظة بومان، أو حشوية مشكلةً الطبقة الثالثة من غشاء الترشيح وتدعى في هذه الحالة بالخلايا القدمية.

1. الخلايا البطانية للأوعية الشعرية:

- تبطن الأوعية الشعرية، وهي كما ذكرنا تمتاز بالثقوب والسيتوبلازما الخيطية.
- فلو أصبحت السيتوبلازما متضخمة مثلاً كما يحدث في التهاب الكبب والكلية الحاد نتيجة تونذم الخلايا البطانية، ستنغلق اللمعة عندها وسيحدث شح بول.

2. الغشاء القاعدي GBM Glomerular Basement Membrane:

- غشاءٌ متين مؤلَّفٌ **من ثلاث طبقات من الألياف المتشابكة**[5] التي ترتكز عليها الخلايا البطانية.
- يتميز **بشحنة سلبية**:
  - وبالتالي يَحُوْل دون عبور الجزيئات البروتينية ذات الوزن الجزيئي الكبير والمشحونة بشحنة سالبة[6] بما فيها الألبومين بسبب حدوث **التنافر**.
  - حتى لو عبرت كميات قليلة جداً من البروتين إلى الرشاحة البولية فسيعاد امتصاصها من الأنابيب البولية، فبول الشخص الطبيعي **لا يحوي على بروتين** (يمكن أن يحوي كمية ضئيلة جداً).
- يسمح الغشاء القاعدي بمرور الماء والشوارد[7] (الصوديوم والبوتاسيوم والبيكربونات والبولة والكرياتين) عبر أليافه.

الداء قليل التبدلات:

- هو من أهم وأشيع أسباب المتلازمة النفروزية عند الأطفال، يحدث فيه خلل في الغشاء القاعدي يؤدي إلى مرور البروتين إلى البول وتحدث بِيلة بروتينية.
- خزعة الكلية فيه لا تظهر تبدل عياني، لأن ما يحدث فيه هو زوال شحنة الغشاء القاعدي السلبية وبالتالي مرور البروتينات.

3. الخلايا البشروية الحشوية Epithelial Cell أو الخلايا القدمية:

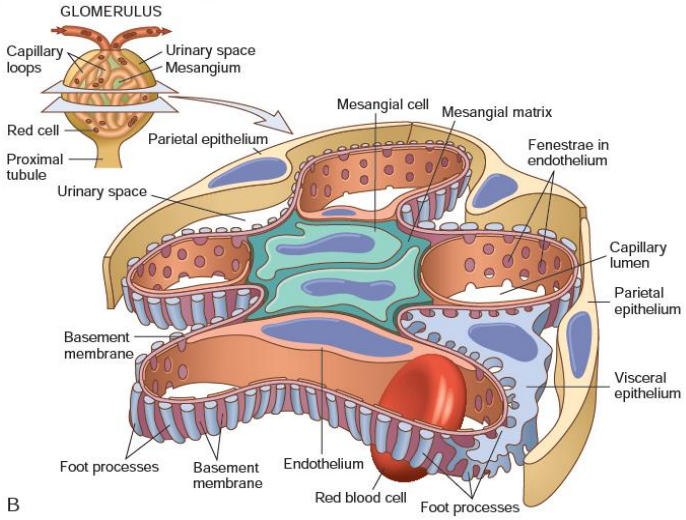
- تتوضع هذه الخلايا **إلى الخارج** من الغشاء القاعدي.
- تعطي هذه الخلايا استطالات قدمية، يصل بين هذه الاستطالات غشاء يشكل حاجز أمام مرور المواد كونه **يحمل شحنة سالبة أيضاً**، فإذا استطاع الألبومين المرور من الغشاء القاعدي لخلل ما فيه، يقوم هذا الغشاء بالتصحيح من بعده.

---

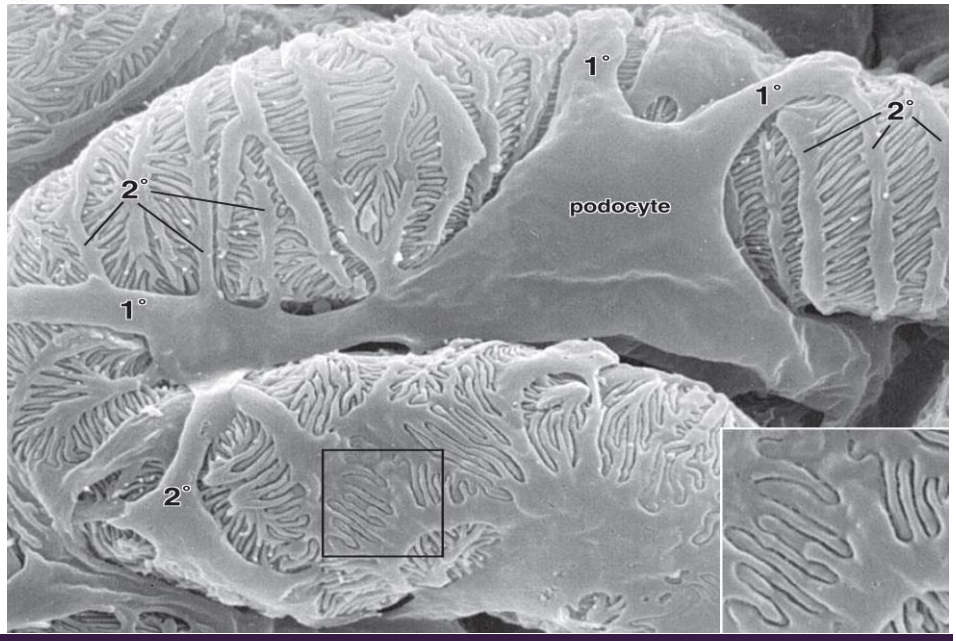
[5] تتألف من الصفيحة القاعدية للخلايا البطانية وللخلايا الظهارية، بالإضافة إلى الصفيحة الكثيفة بينهما.

[6] عند درجة الـ PH الطبيعية للدم.

[7] يضيف وجود الشحنة السالبة لغشاء الترشيح مكون كهربي ساكن، ولكنه لا يؤثر على الذوائب الصغيرة، فهي ترشح بغض النظر عن شحنتها.



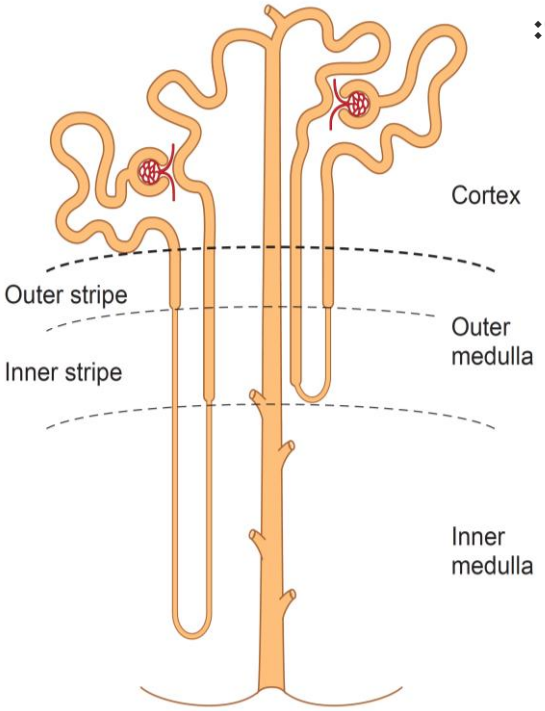
صورة جميلة ومهمة جداً
بكل تفاصيلها لمكونات
وحواجز الكبة الكلوية



تأمل هذه الصورة البديعة
المأخوذة بالمجهر
الإلكتروني، والتي تظهر
الخلايا القدمية
واستطالاتها
1) تفرعات أولية.
2) تفرعات ثانوية.

أنواع الكبب الكلوية

❖ تقسم الكبب الكلوية إلى قسمين[8] (تابع مع الصورة جانباً):



1. كبب سطحية Cortical:

- ✓ نسبتها 85%.
- ✓ تحوي عرى هانلة قصيرة توجد بالكامل تقريباً في القشر.
- ✓ وظيفتها التنقية وتصفية البول بشكل أساسي وتكثيف البول كوظيفة ثانوية.

[8] عند أخذ الخزعة يجب أخذها من كامل القشر لكي تحتوي على النوعين.

2. كبب عميقة أو قرب لبية Juxtamedullary:

- ✓ نسبتها 15%.
- ✓ تحوي عروة هانلة **طويلة** وتمتد عميقاً داخل **اللب**.
- ✓ وظيفتها **تكثيف وتمديد البول بشكل خاص**.

تطبيق على ما سبق:

- عند حيوانات الصحراء كل الكبب عميقة 100%، في حين يكون العكس تماماً عند الحيوانات المائية والبرمائية.
- أما الإنسان فإنه يتكيف حسب الوضع فعند حدوث صدمة تزداد وظيفة التكثيف للمحافظة على ماء الجسم، وعند الصيام مثلاً يكون البول كثيف وذو رائحة، أما عند شرب الكثير من السوائل فيكون البول ممدداً.

فيزيولوجيا الرشح الكبي هام

لمحة عامة:

- ❋ يرشح يومياً عبر الكبب الكلوية إلى الأنابيب البولية حوالي **180 لتر** من السوائل (الرشاحة الكبية الأولية).
- ❋ ثمّ **يعاد امتصاص ما يعادل 99.5%** منها في الأنابيب البولية.
- ❋ ويبقى حجم الجزء المطروح يومياً والمشكل للبول النهائي **1-1.5 ليتر**.
- ❋ بما أنه يتم رشح 180 ليتر يومياً من الكبب الكلوية، وحجم الدم في الجسم يعادل الـ 5 ليتر وبالتالي فإنه يتم تصفية وتنقية الدم **36 مرة** يومياً ($\frac{180}{5}$).
- ❋ يشبه تركيب **البول الأولي** تركيب البلازما، إلا أنه **لا يحوي على بروتينات**.

الأهمية السريرية للرشح الكبي ولتصفية الكرياتينين:

- ✦ يعد معدل الرشح الكبي **المشعر الأهم لسلامة الكلى**.
- ✦ لا يعكس مستوى الكرياتينين سلامة الكلية بشكل كلي، فهو لا يتبدل في كل الحالات مثلاً عند استئصال إحدى الكليتين في حال سلامة الكلية الأخرى لا تتغير قيمته، ولكن ينخفض معدل الرشح الكبي من 120 مل/د إلى 60 مل/د عند الاستئصال.

- حيث تبدأ قيمة الكرياتينين بالارتفاع بعد نقصان معدل الرشح الكبي عن **50 مل/د**.
- ولكن يمكننا استخدام قانون تصفية الكرياتينين[9] لتقدير معدل الرشح الكبي، وبالتالي وظيفة الكلية:

$$C = \frac{[U] \times V}{[P]}$$

- **حيث:**
  - U تساوي تركيز الكرياتينين في البول.
  - V يساوي معدل جريان البول.
  - P تساوي تركيز الكرياتينين في البلازما.
- القيم الطبيعية للتصفية:
  - عند الذكور من 100 مل/د إلى 140 مل/د.
  - عند الإناث من 85 مل/د إلى 115 مل/د.
- سبب اختلاف قيم التصفية هي اختلاف كمية الكتلة العضلية بين الجنسين[10].

الضغوط اللازمة للرشح الكبي (قوى ستارلينغ عبر الشعريات الكبيبية)

- تخضع المواد الراشحة لمجموعة من القوى والضغوط، ويعد **الضغط الشرياني** (الضغط السكوني الناجم عن عمل الجملة القلبية الوعائية) هو **العنصر الإيجابي الأهم والأكثر مساهمة** في حدوث هذا الرشح.
- تسمح حصيلة هذه القوى والضغوط بخروج المواد الراشحة من الأوعية الشعرية الكبية إلى المسافات البولية للكبة الكلوية، وهذه القوى هي[11]:

1. الضغط في الأوعية الشعرية الكبية[12]:

- يبلغ حوالي **60+ mmHg**، حيث أنّ قيمة الضغط الشرياني البالغة 120 – 130 ملم.ز في الشرايين الكبيرة تنخفض تدريجياً وصولاً إلى القيمة السابقة في الأوعية الشعرية الكبية.
- وهو العنصر الإيجابي الأهم والأكثر مساهمة في حدوث الرشح الكبي كما ذكرنا.

---

[9] يمكن من خلال هذا القانون حساب التصفية الكلوية لأي مادة، إذا علمنا تركيزها في البول وفي البلازما.

[10] نحذر الشباب من تناول البروتين المستخدم لتكبير الكتلة العضلية لأنها قد تؤدي إلى القصور الكلوي.

[11] كما في الشعريات الجهازية فإن الضغوط التي تسبب حركة السائل على جانبي جدار الشعريات أربع ضغوط تحسم محصلتها جهة الجريان، هي: **ضغطان مائيان سكونيان** (الضغط السكوني في محفظة بومان والضغط السكوني للأوعية الشعرية الكبية)، **وضغطان جرميان** (الضغط الجرمي للدم والضغط الجرمي لمحفظة بومان والذي نعتبره معدوماً لأن رشح البروتينات مهمل)

[12] نعتبره في الشعريات الكبيبية ثابت على طولها، بسبب وجود مجموعة أخرى من الشرينات، هي الشرينات الصادرة والتي تكون متضيقة أكثر من الشرينات الواردة مما يمنع انخفاض الضغط السكوني الناتج عن خروج السوائل على طول الشعريات.

2. الضغط الجرمي لبروتينات المصورة الدموية:

- ✦ التي تحاول جذب الماء لداخل الكبة الشعرية ومنع خروجه لمحفظة بومان.
- ✦ ويعادل **-35 mmHg**.

3. الضغط السكوني ضمن محفظة بومان:

- ✦ ويعادل **-10 mmHg**.

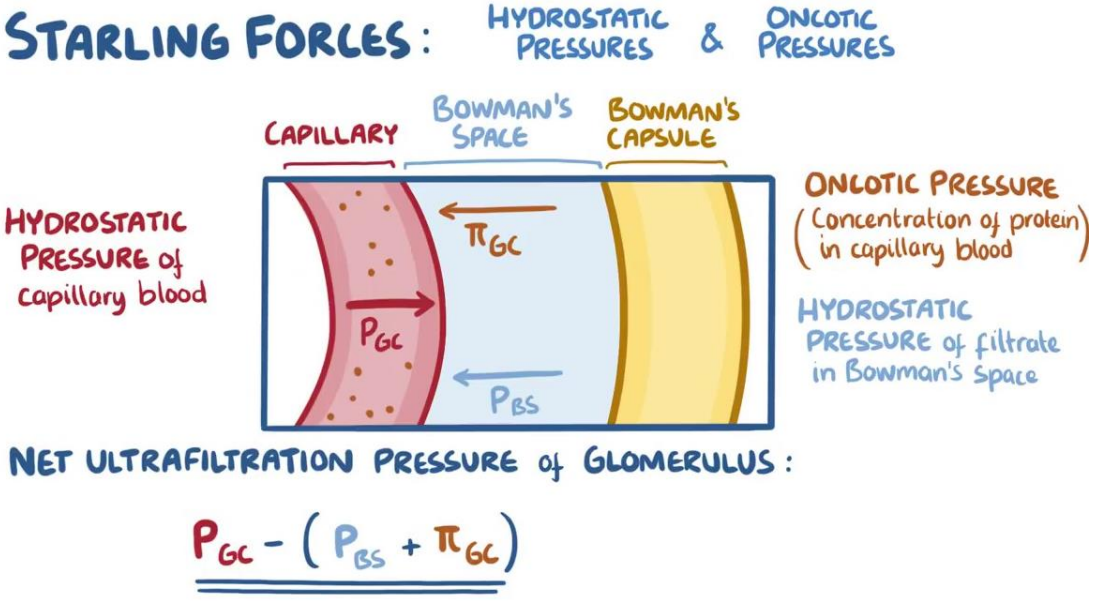
بالتالي تكون حصيلة الضغط اللازم للرشح الكبي هي المجموع الجبري لهذه القوى:

- قوى الرشح الكبي= الضغط في الشعريات الكبية – (الضغط الجرمي + الضغط في محفظة بومان).
- قوى الرشح الكبي = 60 – (35 + 10) = +15 mmHg.

❋ القوى السابقة تكون مطبقة على **كامل مساحة الغشاء القاعدي** (لمجموع الكبب الكلوية) المساوية 1 م^2، وهي كافية لرشح البول[13].

❋ ينبغي **ألا تتغلب** القوى السلبية المعاكسة للرشح على الضغط الشرياني في الأوعية الشعرية الكبية، إلا أنها قد تتغلب عليه في الحالات المرضية فقط، مما يؤدي إلى **توقف الرشح الكبي**.

❋ وبالتالي يحدث **شح شديد للبول** قد ينتهي بانقطاع بول تام؛ وهذا ما يدعى **بالقصور الكلوي الحاد** وهي حالة خطيرة قد تنتهي بالوفاة.



صورة توضح قوى ستارلنغ عبر الشعيرات الكبيبية، وهي القوى المحركة عبر جدار الشعيرة الكبية.
P_{BS}= الضغط الهيدروستاتيكي في مسافة بومان
P_{GC}= الضغط الهيدروستاتيكي في الشعيرة الكبية
Π_{GC}= الضغط الغرواني في الشعيرة الكبيبية

[13] البول الرائق دليل على سلامة عمل الكلى.

إلى اليمين فيديو من Osmosis يتحدث عن تنظيم الجريان الدموي الكلوي.
إلى اليسار فيديو من Osmosis يتحدث عن الرشح الكبي.

حالات مرضية

حالة هبوط الضغط الشرياني الشديد (الصدمة):

- مثل حالة إسهال أو نزيف شديدين (أو ما إلى ذلك) أدى لهبوط الضغط الشرياني، بالتالي هبوط الضغط داخل الشعيرات الكبية.
- كما يرتفع الضغط الجرمي[14] (عند فقدان الماء بالإسهال أو التعرق الشديد وبالتالي ارتفاع تركيز البروتينات) مما يؤدي إلى شح بول.
- ولا بد من التنويه أنّ عملية الرشح الكبي لا تتأثر إلا إذا انخفض الضغط الشرياني انخفاضاً **شديداً** دون 80 ملم.ز، وذلك كون الجريان الدموي الكلوي يخضع لتنظيم ذاتي.

ذكر الدكتور أنّ أكثر تحليلين يُعتَمد عليهما لمراقبة حالة التميُّه في الجسم هما **الهيماتوكريت وتركيز البروتينات**، فعند فقدان السوائل سيرتفع تركيزهما في الدم كنتيجة لهذا الفقد وليس بسبب زيادة كميتهما، وعند إعاضة السوائل سينخفض تركيزهما ← فهما مشعران هامان لحالة **التميه**.

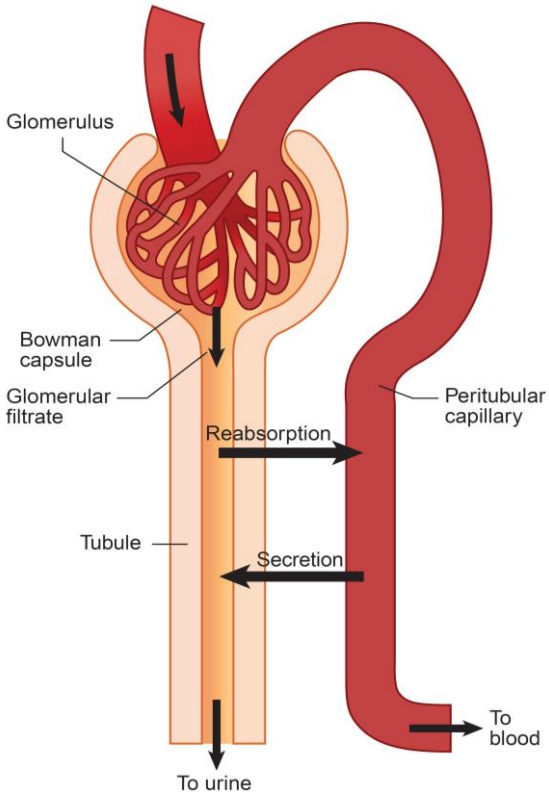
حالة انسداد في الطرق المفرغة:

- انسداد **حالب** (مثلاً بحصاة) ← ارتفاع الضغط أعلى الحالب ← ارتفاع الضغط داخل محفظة بومان ← هبوط **ميكانيكي بالضغط الراشح** ← توقف الرشح الكبّي في الكلية التي تعاني من انسداد في طرقها المفرغة ← كلية صامتة بالصورة الظليلة.
- المشكلة في الكلية الصامتة أنها لا تمتلك أعراضاً تدل عليها فالشخص يبول ولكن البول ناتج عن **الكلية الأخرى**، والكلية الصامتة لمدة **6 أسابيع** تُخرب الكلية.
- عند إزالة الحصاة (أو العائق مهما كان) سيصاب المريض **بمتلازمة الإدرار ما بعد الانسداد**.

14 قد يتبادر للذهن أن ارتفاع الضغط الجرمي سيكون مثلاً من -35 إلى -30...-25... ذلك صحيح نظرياً كقواعد رياضيات (-1 أكبر من -2) ولكن الارتفاع هنا سيكون -40..-45...إلخ، لأن إشارة السالب هنا تعبر عن قوة تعاكس عملياً قوة الضغط الهيدروستاتيكي بالتالي ارتفاع تركيز البروتينات منطقياً سيزيد من المعاكسة وبالتالي ستنخفض قيمة ضغط الرشح الكبي في المعادلة.

وبهذا نكون قد أنهينا كل ما يتعلق بالكبة ولننتقل الآن للحديث عن النبيبات ووظائفها...

الأنبوب البولي



↙ يقسم الأنبوب البولي إلى:

1. أنبوب معوج قريب Proximal:

- مسؤول عن وظيفة **إعادة الامتصاص** بشكل رئيسي (علماً أنه قد يفرز بعض المواد).
- ومبطَّن بخلايا ذات **حافة فرجونية غزيرة** تزيد من مساحة سطح الامتصاص لأكثر من عشرين مرة مقارنةً بعروة هانلة والأنبوب المعوج البعيد، وهذا يدل على الأهمية الكبيرة للأنبوب المعوج القريب في عود الامتصاص.

2. عروة هانلة Henle:

بقسميها الصاعد والهابط.

3. أنبوب معوج بعيد Distal:

مسؤول عن وظيفة **الإفراز** بشكل رئيسي (لاحظ صورة النفرون جانباً).

وظيفة عود الامتصاص والإفراز هام

- تقوم الكلية السليمة بتنظيم مستوى الشوارد من خلال عود امتصاصها أو زيادة اطراحها في حال ارتفاع تركيزها (فهي تحافظ على الاستتباب الداخلي).
- يتمُّ إعادة امتصاص 70-80٪ من الرشاحة الكبية الأولية في **الأنبوب المعوج القريب**.
- ويحدث عود الامتصاص بآليتين:
  - A. فاعلة تحتاج إلى طاقة.
  - B. منفعلة لا تحتاج إلى طاقة.
- سنتناول بعض أهم الشوارد والجزيئات وأماكن عود امتصاصها على طول الأنابيب البولية:
  1. الماء والصوديوم والكلور.
  2. البوتاسيوم.
  3. السكر وحمض البول.
  4. البيكربونات HCO_3^-.

أولاً: الماء والصوديوم والكلور (H_2O, Na^+, Cl^-)

المادة	الأنبوب المعوج القريب	الشعبة النازلة لعروة هانلة	الشعبة الصاعدة لعروة هانلة	الأنبوب المعوج البعيد والجزء القريب من القناة الجامعة
الصوديوم Na	يحدث عود امتصاص **فاعل** لـ **70%** من الصوديوم الراشح عبر الكبب، وذلك عن طريق مضخّة الصوديوم.	لا يحدث فيها امتصاص للصوديوم فهي غير نفوذة له	يحدث عود امتصاص منفعل حيث يعاد امتصاص 20% من الصوديوم الراشح	يقومان معاً بامتصاص فاعل لـ 9.5% من **الصوديوم** الراشح. يتم هذا الامتصاص الفاعل بتأثير **الألدوستيرون** المفرز من قشر الكظر، حيث يتم امتصاصه **بالتبادل** مع شوارد البوتاسيوم والهيدروجين (يعاد امتصاص $2Na^+$ مقابل طرح K^+ وH^+).
الكلور cl	يحدث عود امتصاص **منفعل** في نهاية النبيب القريب مع الصوديوم، وهذا لكون الصوديوم شاردة إيجابية، فأثناء امتصاصه يجذب معه شاردة الكلور السلبية حفاظاً على السكون الكهربائي (التوازن) في العضوية.	ـــــ	يحدث فيها امتصاص فاعل	ـــــ
الماء H_2O	▪ يحدث **عود** امتصاص **منفعل** للماء H_2O. ▪ وذلك كي لا ترتفع الحلولية في بلازما الدم أثناء امتصاص الصوديوم[15].	يحدث إعادة امتصاص **للماء**. مما يؤدي إلى **تكثيف** البول وزيادة تركيزه	لا يحدث فيها امتصاص للماء مطلقاً، مما يؤدي إلى تمديد البول (هام)	ـــــ

15 أي عندما يعاد امتصاص الصوديوم بشكل فاعل سيتم امتصاص الماء والكلور (بالمعيّة) بشكل منفعل.

ملاحظة مهمة:

- يحدث امتصاص 1 ليتر من الماء مقابل كل 9 غرام من الصوديوم للحفاظ على أوزمولية المصل البالغة 290-300 ميلي أوزمول.
- يعمل اللازكس (أي مدرات العروة مثل فروسيمايد، حمض إيتاكرينك، بوميتانيد) على الشعبة الصاعدة لعروة هانلة من النفرون، وبالتالي تعيق امتصاص 20% من الصوديوم، مما يجعلها مدرات قوية جداً تفوق قوة المدرات الأخرى.

هذا ما ذكره الدكتور، ولكننا سنفصل قليلاً فيها لإيضاح المعلومة كاملةً، سترد في النقاط التالية بضع معلومات للترف العلمي من مرجع BRS للفيزيولوجيا:

بداية الأنبوب البعيد (مميزات خاصة):

- **يعيد امتصاص الكلور والصوديوم عبر نواقل مرافقة (Na^+/ Cl^-).**
- **موقع عمل المدرات الثيازيدية.**
- **يكون كتيماً للماء (كما هو الحال في الطرف الصاعد)، وبذلك يتم إعادة امتصاص الصوديوم والكلور دون الماء مما يزيد من تخفيف السائل النبيبي (لذلك تسمى بالقطعة المخففة القشرية).**

نهاية النبيب البعيد والقناة الجامعة (مميزات خاصة):

- **يحويان نوعين من الخلايا:**

1. الخلايا الأساسية Principal Cell:

- **تعيد امتصاص الصوديوم والماء، وتفرز البوتاسيوم.**
- **يزيد <u>الألدوستيرون</u> من إعادة امتصاص الصوديوم كما يزيد من إفراز البوتاسيوم.**
- **يزيد الهرمون المضاد للإبالة (ADH) النفوذية للماء عن طريق إدخال قنوات الماء في غشاء اللمعة بشكل مباشر، بغياب الـ ADH تكون الخلايا الأساسية فعلياً كتيمة للماء.**
- **المدرات الحافظة للبوتاسيوم (سبيرونولاكتون، تريامترين، أميلوريد) تُنقِص إفراز البوتاسيوم.**

2. خلايا α المقحمة Intercalated Cells:

- **تفرز H^+ عن طريق ATPase والذي يحفَّز <u>بالألدوستيرون</u>.**
- **تعيد امتصاص البوتاسيوم عن طريق H^+-K^+ ATPase.**

انتهت الفقرة الإضافية...

النتيجة النهائية: مقدار ما يُطرَح من صوديوم الرشاحة البولية الأولية هو 0.5% فقط [100 - (70+20+9.5)] أي ما يعادل 100-200 ممول/24 سا.

ثانياً: شاردة البوتاسيوم K^+

☑ بوتاسيوم الدم يرشح عبر الكبب، ثم تتمّ لاحقاً إعادة امتصاصه **بشكلٍ كامل** (تقريباً)[16].

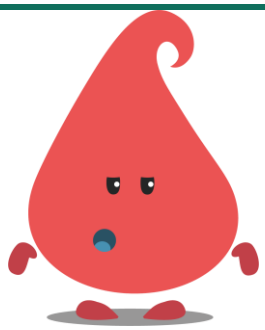
☑ في حال احتواء البول على كميات من البوتاسيوم فسيكون مصدرها **الإفراز** في الأنبوب المعوج **البعيد** تحت تأثير **الألدوستيرون** بالتبادل مع شاردة الصوديوم.

☑ وتقدر الكمية المطروحة عندها بـ **18%** من البوتاسيوم الراشح.

☑ تدعى شاردة البوتاسيوم **بالشاردة الشبح** نظراً لخطورتها في حال ارتفعت أو انخفضت وخصوصاً على العضلة القلبية والتي قد تسبب مشاكل خطيرة قد تصل للوفاة، على عكس باقي الشوارد التي تقل تغيرات تركيزها خطورةً عن البوتاسيوم[17].

ملاحظة هامة:

- إذاً: مصدر الصوديوم المطروح هو الرشح الكبي، ومصدر البوتاسيوم المطروح هو الإفراز الأنبوبي.
- وبالتالي عند حدوث شح بول سيتوقف طرح البوتاسيوم عبر الطريق الأهم لطرحه[18] مما يسبب ارتفاعه وتراكمه، وهو ما يعتبر من أخطر نتائج القصور الكلوي الحاد أو المزمن.
- أهم أسباب زيادة إفراز البوتاسيوم البعيد: حمية غنية بالـK^+، فرط ألدوستيرونية، القلاء، المدرات الثيازيدية، مدرات العروة، زيادة الصواعد (الأنيونات كالبيكربونات) ضمن اللُمعة.

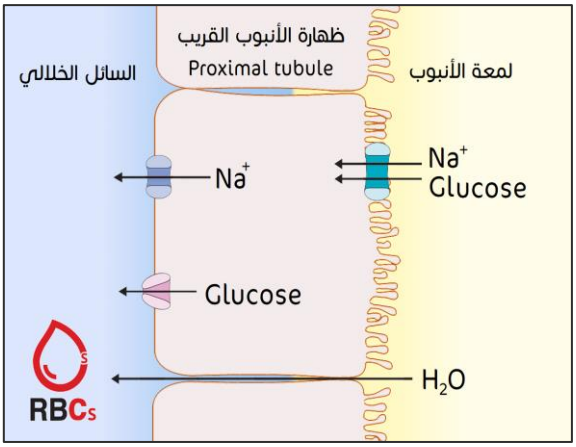


16 إضافة: بحيث أن النبيب القريب يعيد 67٪- 70٪ من البوتاسيوم المرشح مع الصوديوم والماء، والطرف الثخين الصاعد من عروة هانلي تعيد امتصاص 20٪، أما النبيب المعوج البعيد والقناة الجامعة فإما أن يعيدا امتصاص البوتاسيوم أو يقومان بإفرازه، وذلك حسب مدروج البوتاسيوم بالحمية كما سيرد لاحقاً.

17 في حال ارتفاع البوتاسيوم لما فوق الـ7 سيتوقف القلب بحالة استرخاء غير مستجيب للصدمة أو التمسيد، وفي حال انخفض لما دون الـ 2.5 قد يصاب المريض متلازمة انقلاب الذروة Torsade De Pointes فكما هو واضح فإن التغيرات الطفيفة في قيم K خارج مجالها الطبيعي لا ترحم أبداً):

18 حيث يطرح ما مقداره 10٪ منه عن طريق البراز.

ثالثاً: السكر وحمض البول



☑ يمتص **كامل** السكر **ومعظم** حمض البول.

☑ حيث يُمتص السكر من **الأنبوب القريب** عندما يكون تركيزه في الدم دون 160 مغ/100 مل.

☑ ولا يخرج في البول إلا عندما يرتفع تركيزه عن الـ **180 مغ/100 مل** (العتبة الكلوية).

رابعاً: البيكربونات HCO_3^-

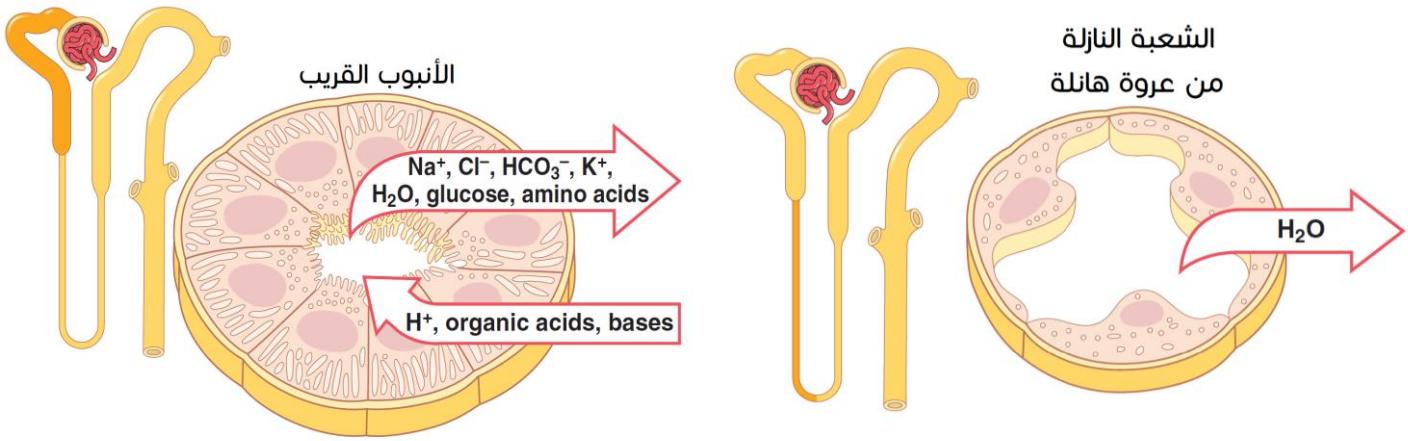
⊙ يعاد امتصاصها **كاملة**، فالبول النهائي **لا يحوي البيكربونات**، وأي وجود لبيكربونات بالبول فهذا يعني أن هناك مشكلة بأحد الأنابيب.

⊙ البول الطبيعي **حامضي** بسبب إفراز شوارد الهيدروجين وإعادة امتصاص البيكربونات.

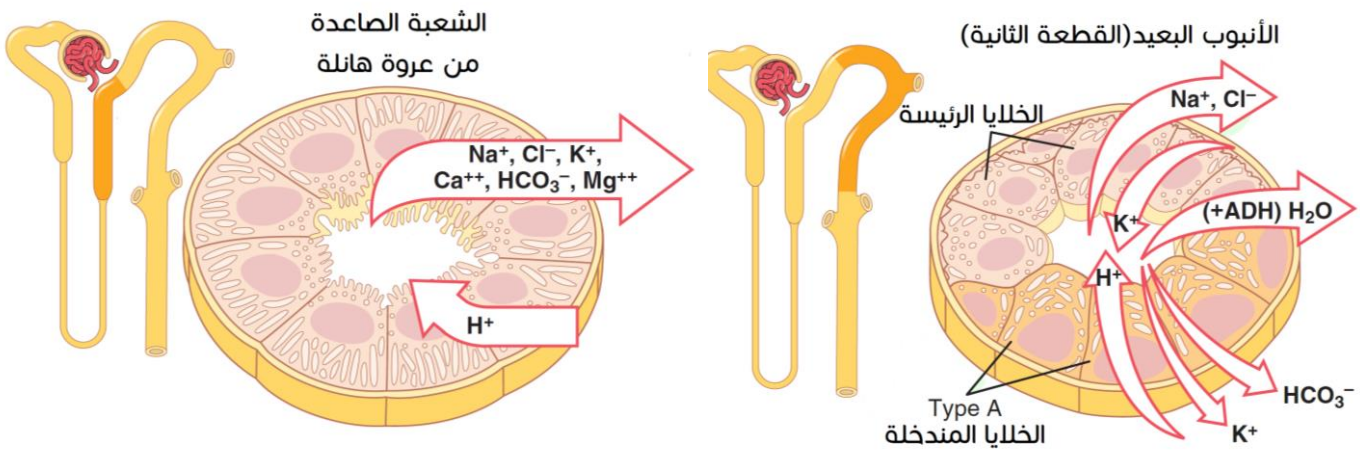
⊙ تعد حموضة البول واحدة من وسائل الحماية من الإنتانات البولية، فعندما تطرح البيكربونات (لسبب مرضي) يصبح البول قلوي وهو بول هش.

دور الكلية في التوازن الحمضي القلوي:

- يعدّ الحفاظ على pH الدم ضمن حدوده السوية من أهمّ وظائف الكلية.
- وتحافظ الكلية على التوازن الحمضي القلوي من خلال: عود امتصاص البيكربونات وإعادة تصنيعها بالإضافة إلى طرح الهيدروجين (وسنفرد محاضرة منفصلة للموضوع).



لاحظ الاختلاف في حجم الخلايا بين الأنبوب القريب وعروة هانلة



ملاحظة من النسج (لاحظ الصور): في الأنابيب الكلوية، هناك تناسب بين قدرة الخلايا (امتصاص أو إفراز) وحجمها، بسبب محتواها من المتقدرات الضرورية لتوليد الطاقة لهذا العمل، فخلايا الأنبوب القريب عريضة وهذا يتناسب مع عملها بالإفراز والامتصاص

تناذرات مرضية ذات صلة

داء كون Conn's Syndrome

◈ هو فرط **ألدوستيرون الدم** مما يؤدي إلى زيادة عود امتصاص الصوديوم **ونقص كبير** في **بوتاسيوم** الدم (2-2.5 ممول/ل) وهو **المشخص الرئيسي** للمرض وعامل الخطورة الأكبر فيه.

◈ أما شاردة الصوديوم **فيبقى تركيزها ثابتاً** ولا يرتفع نتيجة التوازن الأنبوبي الكبي القريب.

◈ فعند زيادة امتصاص الصوديوم في الأنبوب البعيد تحت تأثير الألدوستيرون تعطي الكبة الكلوية إشارة للأنبوب القريب ليقلل من امتصاص الصوديوم، وهذا هو أساس التوازن والتنسيق الداخلي.

◈ وإن مرضى كون لديهم **ميل** نحو القلاء الاستقلابي (ليس قلاء استقلابي إنما ميل فقط).

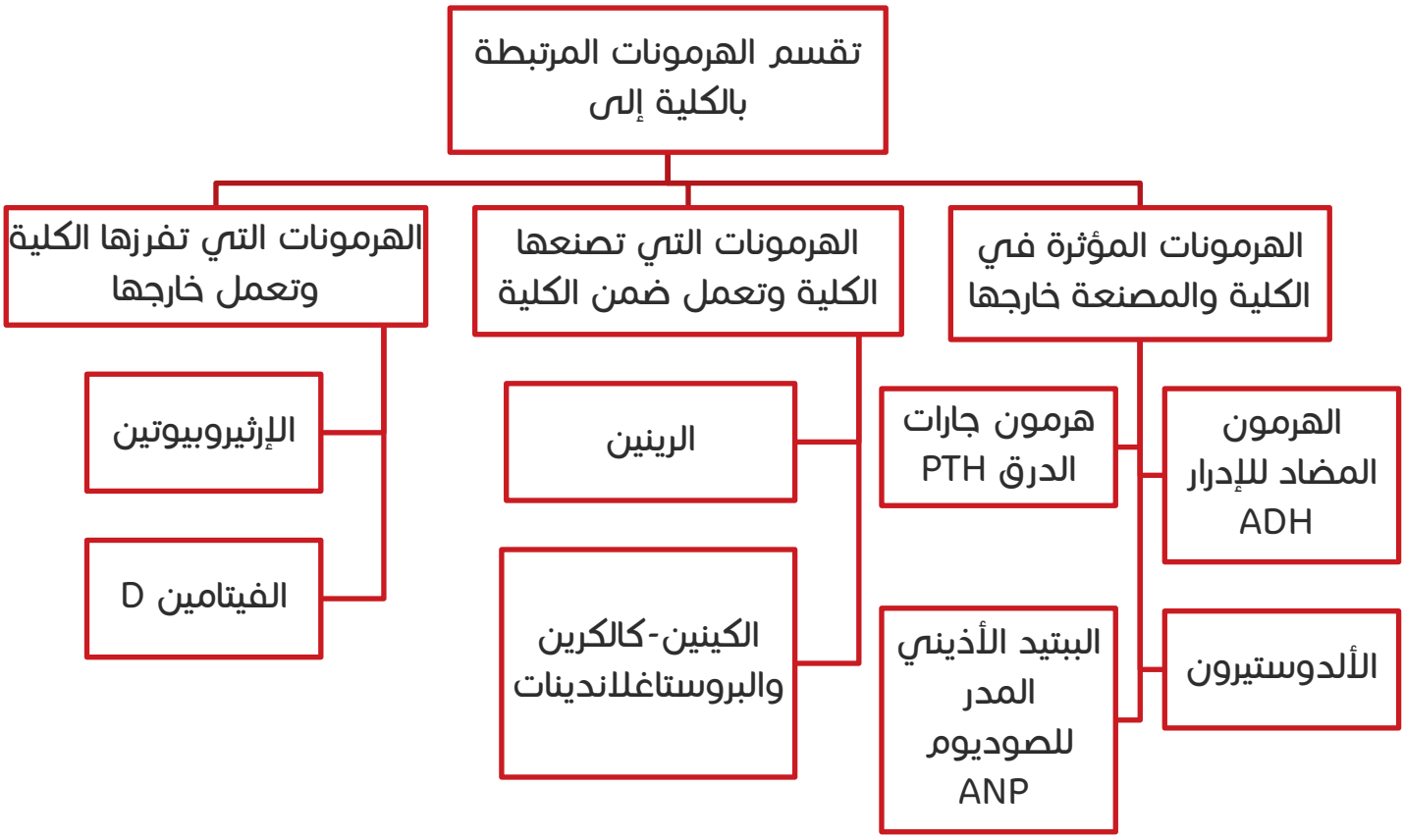
إن من أهم ميزات الكلية هي قدرتها على الحفاظ على الوسط الداخلي بحالة استتباب، وذلك بفضل التنسيق الداخلي ما بين الكبب والأنابيب البولية بجملة من الهرمونات وبمعزل عن تدخل الجهاز العصبي، لذلك مهما بلغت كمية الأملاح والسوائل المتناولة فإن تركيزها في الدم يبقى ثابتاً.

داء أديسون Addison's disease

◈ قصور قشر الكظر ← نقص في إفراز الألدوستيرون ← نقص في عود امتصاص الصوديوم ← **نقص في تركيزه في الدم** (110 ممول/ل)، ويترافق مع شحوب وتعب ووهط وعائي.

ننتقل الآن لفقرتنا الأخيرة في هذه المحاضرة...

الكلية والهرمونات



أولاً: الهرمونات التي تصنعها الكلية وتعمل ضمن الكلية

❖ **تشمل: الرينين، البروستاغلاندينات، الكالكرين-كينين.**

الرينين

- **تفرزه الكلية <u>استجابةً لنقص ترويتها</u>.**
- **يعمل ضمن الكلية، كما يعمل خارجها على ركيزته (مولد الأنجيوتنسين Angiotensinogen) المصنّع في الكبد، محولاً إياه إلى أنجيوتنسين I.**
- **ينقلب أنجيوتنسين I بفعل الخميرة القالبة إلى أنجيوتنسين II والذي يملك عدة تأثيرات منها:**
  - **مقبّض وعائي أقوى بـ 50 ضعف من الأدرينالين[19].**
  - **تحريض قشر الكظر على إفراز الألدوستيرون.**

[19] وبالتالي جملة الرينين أنجيوتنسين المقبضة للأوعية تسبب شح بول على عكس الجملة الموسعة التي تسبب إدرار.

البروستاغلاندينات والكالكرين - كينين

- تفرز الكلية بروستاغلاندينات ذات تأثير **موضعي حصراً**، فهي إن خرجت للدوران الجهازي ستتخرب بمعظمها (ليس لها تأثير جهازي).
- **توسع الأوعية الكلوية** مما يؤدي إلى **زيادة الإدرار**(PGs توسع الشرين الوارد وبالتالي يزداد GFR).
- يلعب الكالكرين والكينين دوراً في التحكم بتوزيع الجريان الدموي وإطراح الماء والملح فهو **موسع** للأوعية ولكن دوره غير مفهوم تماماً.

- وحتى يحدث التوازن ينبغي أن يكون هناك تفاهم بين الجملتين المقبضة والموسعة.
- فمثلاً عند حدوث شدة (نزف مثلاً) أو ضياع للسوائل يفرز الرينين بكميات كبيرة مؤدياً إلى تقبض أوعية الكلية ← حدوث شح بول وهذا ضروري للحفاظ على الماء والشوارد.

نستطيع أن نستنتج مما سبق ملاحظة مهمة جداً:

- إنّ أغلب مضادات الالتهاب غير الستيروئيدية تثبط إفراز **البروستاغلاندينات** الموضعي في الكلية، فإذا استعملت هذه الأدوية عند مريض لديه **نقص في التروية الكلوية** ← سيحدث لديه انخفاض شديد في مقدار الرشح الكبي والذي قد ينتج عنه قصور كلوي حاد ☹.
- كما أن هناك خطر في إعطائها للمرضى الكبار في السن، فيمكن أن تسبب لديهم شحاً في البول لذلك تُعطى بحذر شديد هنا[20].

ثانياً: الهرمونات المؤثرة في الكلية هام

- **وتشمل**: الهرمون المضاد للإدرار ADH - هرمون جارات الدرق PTH - الببتيد الأذيني المدرّ للصوديوم ANP - الألدوستيرون.

الهرمون المضاد للإدرار Anti Diuretic Hormone (ADH)

- يُصنّع في الوطاء ويفرز من النخامى الخلفية.
- يعمل على نهاية النبيب القاصي وبداية الأنبوب الجامع، **فينقص طرح الماء الحر من الكلية**.

[20] وهناك أنواع منها ذات تأثير أقل على الكلية يمكن إعطاؤها إلّا أن فعاليتها التسكينية أقل من التي تسبب ضرر أكبر على الكلية.

- إن كمية الماء المطروحة تتناسب مع كمية الوارد حسب العلاقة التالية:

(كمية الماء المطروحة عبر البول= كمية الوارد من الماء – نصف ليتر*).

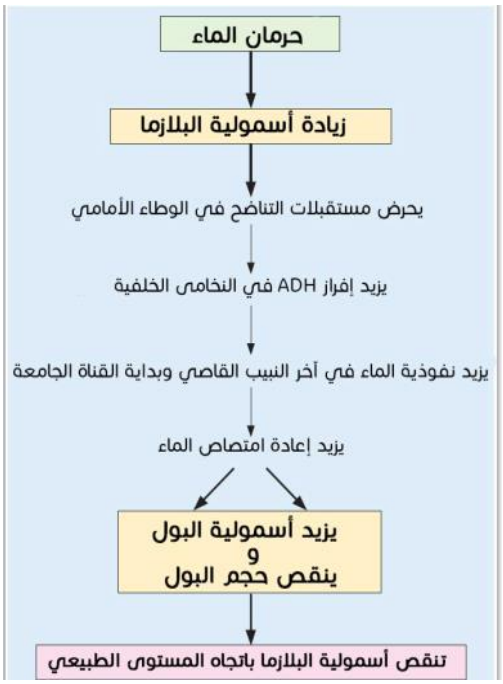
*وهذا النصف ليتر هو كمية ضياع الماء غير المحسوس عبر التعرق والتنفس.

- يجب ألّا يتجاوز حجم البول 4.8 ليتر/24ساعة (200 مل/ساعة)، وقد يضطرب هذا المعدل فيحدث:

- **البوال:** عندما تتجاوز كمية البول هذا الحد (4.8 ليتر/24ساعة).
  - من أسبابه: قصور كلوي مزمن أو بيلة تفهة أو تناول مدرات أو سكري....
- **شح البول:** إذا قل عن 0.4 ليتر/24ساعة، ويحدث بسبب معاناة من تجفاف أو قصور كلوي حاد.
- **انقطاع البول Anuria:** إذا قل عن 50 مل/24ساعة، ويسببه قصور كلوي حاد أو انسداد في السبيل البولي.

سنناقش ثلاث حالات مرتبطة بهرمون ADH:

- نقص هرمون ADH ← يفضي إلى البيلة التفهة النخامية.
- نقص الوارد من الماء ← يؤدي لزيادة كمية ADH وبالتالي الاحتفاظ بماء الجسم (بول كثيف).
- وبالمقابل في حالة زيادة الوارد من الماء تقل كمية الـ ADH وبالتالي التخلص من الكمية الفائضة من الماء (بول ممدد وكميته تتناسب مع كمية الوارد).



آلية عمل الهرمون المضاد لإدرار

مرضياً قد تكون البيلة التفهة (حسب منشئها):

- **مركزية**: في الحالات التي تسبب أذية نخامية تتميز هذه الحالة **بغياب** ADH.
- **كلوية**: الخلل في هذه الحالة هو خلل على مستوى **المستقبلات في الكلية**، حيث يكون ADH **موجوداً**[21].
- **نفسية**: وتعني زيادة الوارد من الماء.

ويمكن أن نتوجه لمنشأ البيلة التفهة حسب كمية البول المطروحة، كالتالي:(أرشيف)

- البيلة النفسية (20 ليتر).
- البيلة المركزية (10-15 ليتر).
- البيلة الكلوية (8-9 ليتر).

هرمون جارات الدرق Para Thyroid Hormone (PTH)

- يُفرَز من الغدد جارات الدرق، ويعمل على مستوى الأنابيب الكلوية.
- ليس له علاقة بالنخامى، إنما يتنبه إفرازه في حال انخفاض Ca^{+2} البلازما.
- تأثير الـPTH على الكلية[22]:
  - A. ينقص إعادة امتصاص الفوسفات (النبيب الداني).
  - B. يزيد إعادة امتصاص الكالسيوم Ca^{+2} (النبيب القاصي)[23].
  - C. إعطاء الأوامر للكلية **لتصنيع الخميرة** المسؤولة عن تركيب فيتامين D الفعال (أي يقوم الـPTH بتنبيه خميرة 1-α Hydroxylase في النبيب الداني).

البتيد الأذيني المدّر للصوديوم Atrial Natriuretic (ANP)

- تفرزه الأذينة عند **توسعها** (كرد فعل لزيادة الحجم)، ويملك عدة خواص أهمها:
  - **مدرّ للصوديوم (نقص عود امتصاصه)**: فيسحب الماء معه وينخفض الحجم.
  - **موسّع للأوعية**.
  - **↑ GFR (معدل الرشح الكبي)**.

[21] مثال خارجي: تشاهد هذه الحالة في متلازمة كون Conn's Syndrome حيث نقص البوتاسيوم يثبط عمل ADH فيؤدي لبيلة تفهة كلوية المنشأ.

[22] للاستزادة راجع المحاضرة 26 من الباطنة الغدية.

[23] النقطة A والنقطة B وردتا في مرجع الـBRS للفيزيولوجيا (النسخة السادسة) ومرجع Kaplan 2020 للفيزيولوجيا، ولكن الدكتور ذكر بالمدرج بشكل سريع جداً بأن تنظيم عود امتصاص الكلس وطرح الفوسفور يكون على مستوى الأنبوب المعوج البعيد.

الألدوستيرون

- أهم منبه لإفرازه هو: ↓ حجم الدم (عبر جملة الرينين- أنجيوتنسين II)- ↑ بوتاسيوم البلازما.
- تأثيره على الكلية يكون عبر:
  - ↑ إعادة امتصاص الصوديوم.
  - ↑ إفراز البوتاسيوم.
  - ↑ إفراز الـH^+.

ملاحظة مهمة: المدرات لا تعمل على طرح الماء، وإنما تطرح الصوديوم الذي يسحب معه الماء بالنتيجة، وبالتالي هذه التسمية شائعة لكنها خاطئة للمدرات حيث يجب أن تسمى بطارحات الصوديوم (:

وقبل أن ننهي حديثنا عن الهرمونات المرتبطة بعمل الكلية، ينبغي أن نتوسع قليلاً في شرح كيفية عمل جملة الرينين-أنجيوتنسين- ألدوستيرون.

Renin Angiotensin Aldosterone system

♪ يتحرر الرينين من الخلايا المجاورة للكبب **بتأثير انخفاض الضغط الشرياني**، ينتهي عمل الرينين بإنتاج الأنـجيوتنـسين II، الذي يسبب ارتفاع الضغط الشرياني عبر التأثير بعدة آليات.

يأثر الأنجيوتنسين على:

1. الأوعية الكبيبية، وهنا نناقش حالتين:

- **عند المستويات المنخفضة من الأنجيوتنسين II:** يؤثر على مستقبلاته الموجودة على الشُرين الصادر[24] مما يسبب تقبضه، وبالتالي زيادة معدل الرشح الكبي.
- **عند المستويات المرتفعة من الأنجيوتنسين II:** يقبض الشُرين الصادر والوارد، مما يُنقص من معدل الرشح الكبي.

2. الأوعية الدموية في الجسم:

- مما يزيد المقاومة الوعائية المحيطية وبالتالي يزيد الضغط الشرياني.

[24] حساسية الشرين الصادر للأنجيوتنسين II أعلى من الشُرين الوارد.

3. خلايا الأنبوب المعوج القريب:

- **حيث يزيد** عود امتصاص الصوديوم وبالتالي الماء.

4. الوطاء:

- حيث يزيد الشعور بالعطش، ويحرض إفراز الـ ADH.

5. الألدوستيرون:

- حيث يزيد مستوياته، مما يزيد من عود امتصاص الماء والصوديوم.

تؤدي الآليات السابقة جميعها إلى زيادة حجم الدم الجائل، وبالتالي تزيد من الضغط الشرياني.

ثالثاً: الهرمونات التي تفرزها الكلية وتعمل خارجها

الإريثروبيوتين Erythropoietin هام

- تنتج الكلية الكمية الأكبر من هذا الهرمون والذي يحرض النقي بدوره على **اصطناع الكريات الحمر**.
- يعاني **كل** مرضى القصور الكلوي المزمن من **فقر دم** بسبب العوز الشديد للإريثروبيوتين، ويكون **السبب الأهم لفقر الدم لديهم** حيث يكون الخضاب لديهم 5 أو 6 حسب درجة القصور.[25]
- القصور أكبر ← وسط يوريميائي في الدم ← الانحلال الدموي أكبر.
- لذلك فإن نقل الدم لن يفيد كثيراً فخلال حوالي الـ 10 أيام ستنحل الكريات المنقولة، كما أننا سنزيد فرصة نقل الأمراض التي تنتقل عن طريق نقل الدم، كفيروسات التهابات الكبد مثلاً.
- **يزداد** الإريثروبيوتين في بعض **حالات أورام الكلية** ويصبح دم المريض مرتفع اللزوجة بسبب احمرار الدم، وننصح المريض بهذه الحالة بالتبرع بالدم[26].

يوجد مستحضرات صيدلانية للإريثروبيوتين على شكل إبر وهي الحل الوحيد لعلاج فقر الدم لدى مرضى القصور ولكنها غالية الثمن.

[25] ملاحظة خارجية: شاب خضابه ناقص هو مريض قصور كلوي مزمن حتى يثبت العكس. والتشخيص التفريقي لهذه الحالة هو نزوف الجهاز الهضمي والأورام.. ونلاحظ أن نفي القصور الكلوي يبدو من أسهل الإجراءات لتشخيص الحالة إضافة لفحص الدم الخفي بالبراز قبل البحث عن الأورام.

[26] ورد في عدة مواقع على الانترنت: أنه وفي حالات احمرار الدم الناتجة عن الخباثات يمنع المرضى من التبرع بالدم.

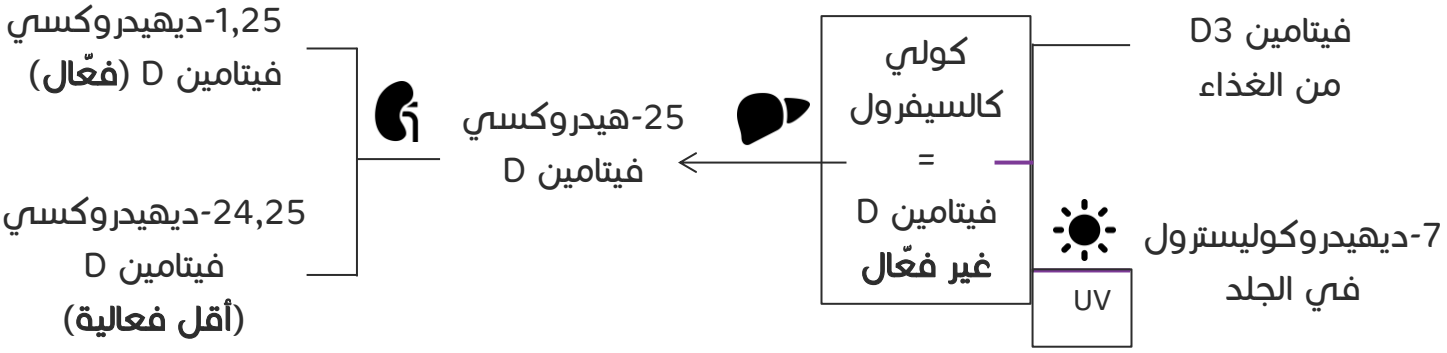
فيتامين D (1,25 Dihydroxycholecalciferol)

☜ **الشكل الفعّال للـ Vit D هو 1,25 Dihydroxycholecalciferol، يتشكل وفق المراحل الآتية:**

1) **تحوّل الأشعة فوق البنفسجية -الموجودة في الشمس- 7 ديهيدروكوليسترول إلى <u>كولي كالسيفرول</u> (فيتامين D غير فعّال).**
2) **يذهب عبر الدوران إلى الكبد حيث تتم إضافة جذر الهيدروكسيل في الموقع 25 منه ليتشكل <u>25 هيدروكسي كولي كالسيفرول</u> والذي لا يزال غير فعّال نسبياً.**
3) **يذهب بعدها إلى الكلية لتتم إضافة جذر هيدروكسيل آخر في أحد الموقعين 1 أو 24 فيتشكّل[27]:**
   - A. **<u>1,25 ديهيدروكسي كولي كالسيفرول</u> وهو الشكل <u>الفعّال والأهم</u> للفيتامين D.**
   - B. **أو 24,25 ديهيدروكسي كولي كالسيفرول وهو مركب أقل فعالية من سابقه.**

دور الشكل الفعال من فيتامين D:

1. **زيادة امتصاص الكلس والفوسفور من الأمعاء.**
2. **ضروري لعمل PTH لتبدأ العظام مرحلة كسر العظم وبالتالي زيادة ارتشاف العظام:**
   - **حيث يحرض فيتامين D الـ PTH للبدء بتفعيل كاسرت العظم، لتأتي بعدها بانيات العظم التي تقوم بتصنيع مطرق دائري غير متكلس، ثم يحدث تمعدن هذا المطرق.**
3. **تثبيط إفراز وتركيب هرمون جارات الدرق PTH.**



[27] لتسهيل الحفظ: الكبد أكبر من الكلية إذن يضاف جذر الهيدروكسيل في الموقع 25 (الرقم الأكبر) في الكبد، أما في الكلية (العضو الأصغر) فيضاف الجذر على الموقع 1 (الرقم الأصغر).

بعض السريريات المتعلقة بفيتامين D:

- قد نتوقع أن طبيعة الغذاء في بلادنا تؤمن الاحتياجات الكافية من فيتامين D، كالحليب والجبن والبيض فرغم وجوده فيها إلا أن الكميات الموجودة **غير كافية**[28].
- معظم كميات هذا الفيتامين نحصل عليها من **أشعة الشمس**، لذلك قد تعاني نسبة كبيرة من الإناث المحجبات من نقص هذا الفيتامين إن لم يتعرضن بشكل كافٍ لأشعة الشمس.
- إنّ إعاضة الكالسيوم الفموي بدون مستويات طبيعية من الفيتامين D **غير ذي فائدة** لأنه لن يمتص، فالفيتامين ضروري ليتمّ الامتصاص الفاعل للكلس من الأمعاء (2٪ فقط من الكلس يمتص بشكل منفعل بدون فيتامين D وهو ما يدعى بالادمصاص).
- ينقص فيتامين D الفعال عند مرضى القصور الكلوي المزمن، ويكون الحل بإعطائهم مركب 1-هدروكسي كولي كالسيفيرول الذي يذهب للكبد ليتحول إلى 1, 25-ديهيدروكسي كولي كالسيفرول وهو الشكل الفعال.

ملاحظة من الدكتور للتذكير بأهمية شرب كميات كافية من الماء والمشروبات والسوائل الطبيعية حصراً:

- تكثيف البول وزيادة تركيزه يرهق الكلية، فهي عملية فاعلة تحتاج لطاقة ولاستنفار الكلية، في حين أن التمديد هي عملية منفعلة لا تحتاج لصرف طاقة كبيرة.
- لذلك للحفاظ على الكلية يجب الحرص على شرب الماء وتمديد البول قدر المستطاع.

فيديو جميل من قناة Osmosis

سلسلة فيديوهات عن فيزيولوجيا الكلية من قناة ARAMED

وهنا نصل إلى ختام محاضرتنا الأولى في مادتنا اللطيفة، لا تنسونا من صالح الدعاء.

[28] بعض أنواع الأسماك قد تؤمن الحاجة الكافية.

RBCs