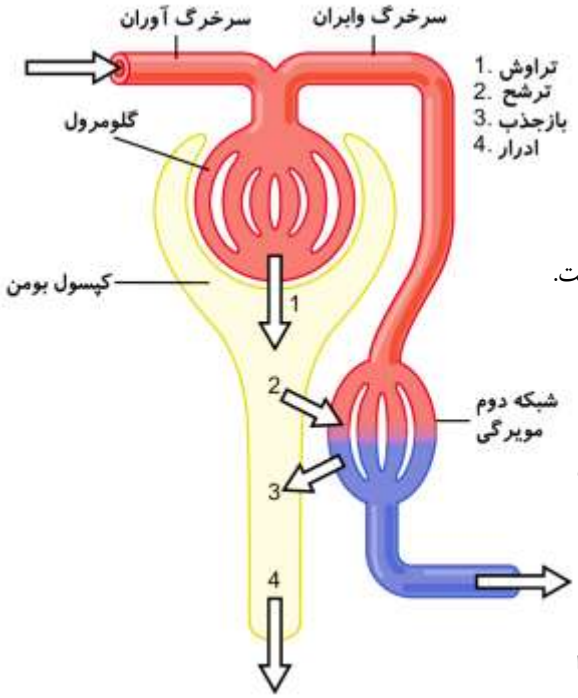
فرآیند تشکیل ادرار و تخلیهٔ آن

فرآیند تشکیل ادرار، شامل سه مرحله است که عبارت‌اند از : **تراوش، باز جذب و ترشح**

✓ فرآیند تشکیل ادرار

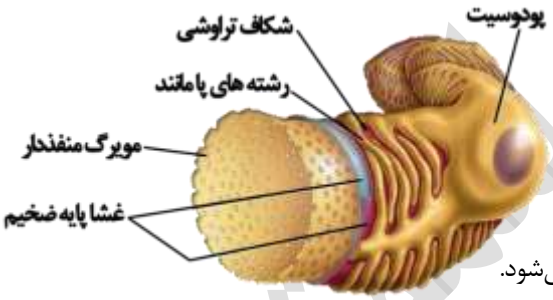


تراوش: تروش، ***نخستین*** مرحلهٔ تشکیل ادرار است. در این مرحله خوناب شامل آب و مواد محلول در آن به جز پروتئین‌ها، در نتیجهٔ فشار خون (نیروی سیستول بطن چپ) از کلافک (گلومرول) خارج شده به کپسول بومن وارد می‌شوند. این فرآیند را تراوش می‌نامند.

تذکر : هم ساختار کلافک و هم ساختار کپسول بومن برای تراوش متناسب شده است. (فقط کلافک یا فقط کپسول بومن (غلطه))

مویرگ‌های کلافک منافذ بزرگی در دیوارهٔ خود دارند و بنابراین امکان خروج مواد از آن‌ها به خوبی فراهم است. پروتئین‌ها به علت اندازهٔ بزرگ که دارند *به طور معمول* نمی‌توانند از این منافذ عبور کنند اما اگر پروتئینی بتواند از این منافذ عبور کند، آنگاه با مانع دیگری روبه‌روخواهد شد و آن غشای پایهٔ مویرگ‌های کلافک است. این غشا در حدود ***پنج برابر ضخیم‌تر*** از غشای پایه در سایر مویرگ‌هاست و از خروج پروتئین‌های خوناب جلوگیری می‌کند

ترکیب : مویرگ‌های منفذدار در کلیه‌ها، غدد درون‌ریز و روده وجود دارند. این مویرگ‌ها با داشتن منافذ زیاد در غشای سلول‌های پوششی همراه با غشای پایه‌ی ضخیم مشخص می‌شوند که در آن لایه‌ی پروتئینی، عبور مولکوهای درشت مثل پروتئین‌ها را محدود می‌کند.



نکته : دو سد در حین تراوش :

۱- یاخته‌های پوششی کلافک ۲- غشای پایه ضخیم

نکته : در کلیه‌ی سالم هیچگاه پروتئین‌ها و یاخته‌های خونی وارد پیچ خورده‌ی نزدیک نمی‌شوند.

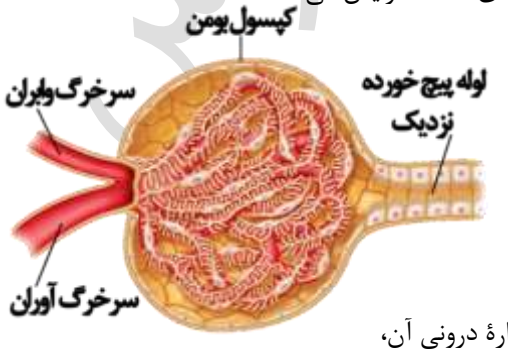
تذکر : نیروی لازم برای خروج مواد حین تراوش، از فشار خون (انقباض بطن چپ) تأمین می‌شود. نه با مصرف مستقیم ATP در کلیه.

نکته : برای اینکه فشار تراوشی به حد کافی زیاد باشد :

۱- سازوکار ویژه‌ای برای کلافک در نظر گرفته شده است.

۲- قطر سرخرگ آوران بیشتر از قطر سرخرگ وابران است و این، فشار تراوشی را در مویرگ‌های کلاف افزایش می‌دهد

۳- نیروی سیستولی بطن چپ توسط سرخرگ به کلیه می‌رسد.



اطرف کلافک را کپسول بومن احاطه کرده است.

نکته : کپسول بومن شامل ***دو*** دیواره است؛ یکی بیرونی (سنگفرشی تک لایه) و دیگری درونی (پوششی تک لایه پودوسیت).

نکته : دیوارهٔ درونی (پودوسیتی) با کلافک در تماس بوده و شکاف‌های (شکاف‌های تراوشی) فراوانی برای ورود مواد به گردیزه دارد.

یاخته‌های دیواری بیرونی کپسول بومن از نوع پوششی سنگ فرشی ساده‌اند اما یاخته‌های دیوارهٔ درونی آن، به سمت کلافک، از نوع خاصّی یاخته‌های پوششی به نام پودوسیت (به معنای یاختهٔ پادار) ساخته شده‌اند.

نکته : **هر یک** از پودوسیت‌ها رشته‌های کوتاه و پا مانند فراوانی دارد. پودوسیت‌ها با پاهای خود اطراف مویرگ‌های کلافک را احاطه کرده‌اند.

تذکر : رشته‌های کوتاه و پا مانند در پودوسیت‌ها مژک یا تاژک نیستند بلکه زوائد متعدد سیتوپلاسمی هستند.

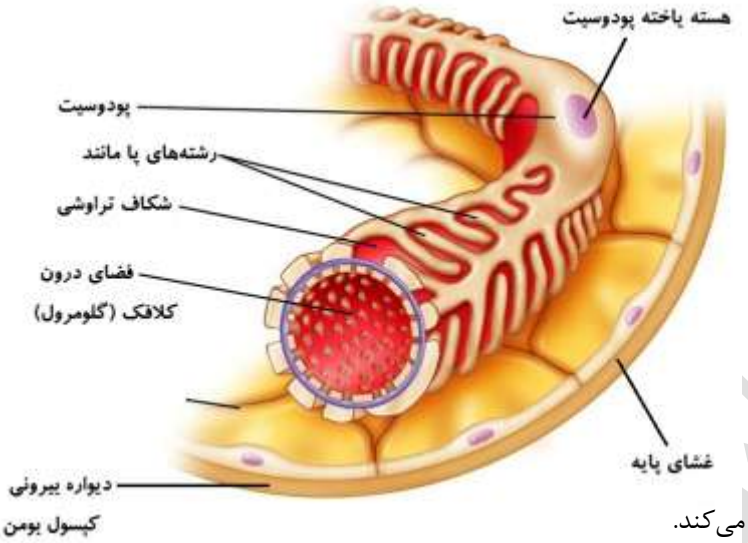
نکته : در هر پای پودوسیت غشا (فسفولیپید، پروتئین، کانال، پمپ، کلسترول و ...) و میان یاخته دیده می‌شود.

تذکر : در پاهای پودوسیت هیچگاه هسته و شبکه‌ی آندوپلاسمی دیده نمی‌شود.

نکته : وجود تعداد زیادی رشته‌های پا مانند در هر پودوسیت سبب افزایش نسبت سطح به حجم شده است.

نکته : بین پودوسیت و کلافک غشای پایه‌ی ضخیم (۵ برابر ضخیم‌تر) قرار گرفته است.

نکته : غشای پایه در لایه خارجی کپسول بومن بر سطح خارجی یاخته‌های سنگفرشی قرار گرفته است.



نکته : هسته‌ی پودوسیت در بخش پهن و متورم یاخته قرار گرفته است.

نکته : کلافک و پودوسیت درون پیچ خورده‌ی نزدیک وجود ندارد.

نکته : دیواره‌های کپسول بومن و کلافک در بازجذب و ترشح مواد نقش ندارند.

نکته :در طی تراوش مواد از خون وارد نفرون می‌شوند.

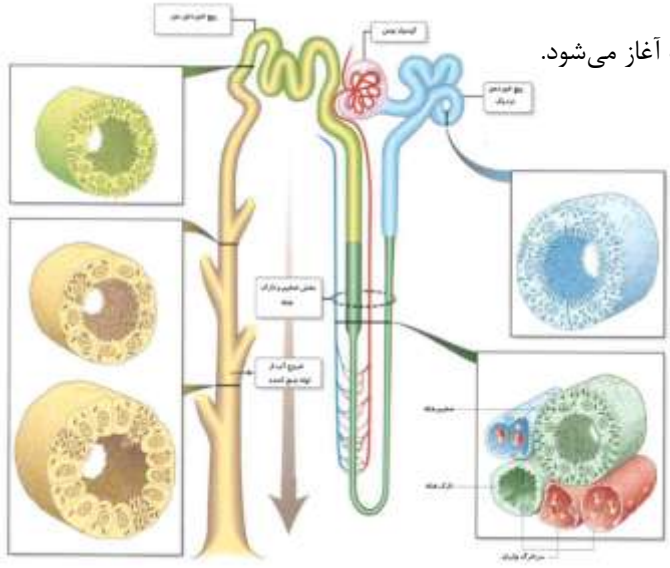
نکته :در کلیه فاصلهٔ بین دیوارهٔ داخلی گردیزه (پودوسیت) و کلافک تقریباً از بین رفته است و شکاف‌های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد. به خوبی امکان نفوذ مواد را به گردیزه فراهم می‌کند.

نکته : موادی که به درون کپسول بومن تراوش می‌شوند عبارتند از:
آب، نمک (NaCl)، HCO_3^-, H^+ اوره، گلوکز، آمینواسیدها (میتونین، آرژینین، سیستئین، فنیل آلانین، تیروزین و ...)، برخی از داروها و سم‌ها.

باز جذب: در تراوش مواد بر اساس اندازه، وارد گردیزه می‌شوند و ***هیچ انتخاب دیگری صورت نمی‌گیرد.***

نکته : هم مواد دفعی و سمی مثل اوره و هم مواد مفید مثل گلوکز و آمینواسیدها به گردیزه وارد می‌شوند.

تعریف بازجذب : مواد مفید دوباره باید به خون باز گردند، این فرآیند را بازجذب می‌نامند. یاخته‌های دیوارهٔ گردیزه، مواد مفید را از مواد تراوش شده می‌گیرند و آنها را در سمت دیگر خود (به سمت خارج گردیزه) رها می‌کنند. این مواد پس از عبور از مایع بین یاخته‌ای، توسط مویرگ‌های دور لوله‌ای دوباره جذب و به این ترتیب به خون وارد می‌شوند.



نکته : ***به محض*** ورود مواد تراوش شده به لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک، باز جذب آغاز می‌شود.

نکته : دیوارهٔ لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک از یک لایه بافت پوششی مکعبی تشکیل شده است که ریزپرز دارند. ریزپرزها سطح باز جذب را افزایش می‌دهند.

نکته : به علت وجود ریزپرزهای فراوان در لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک، مقدار مواد بازجذب شده در این قسمت از گردیزه، بیش از سایر قسمت‌هاست.

نکته :در بیشتر موارد، بازجذب فعال است و با صرف انرژی زیستی (خلاف شیب غلظت) انجام می‌گیرد؛ گرچه بازجذب ممکن است غیرفعال باشد مثل بازجذب آب که با اسمز انجام می‌شود.

نکته :عبور آب از عرض غشا همواره طی اسمز رخ می‌دهد و نیازی به انرژی زیستی ندارد.

نکته : طی بازجذب مواد از نفرون وارد خون (شبکه‌ی دور لوله‌ای) می‌شوند.

نکته :مواد زیر در کلیه باز جذب می‌شوند: NaCl ، گلوکز، آمینواسید، بی‌کربنات، یون کلسیم، اوره و ...

درباره‌ی این مواد باید بدانید که:

a. مقدار این مواد در سیاهرگ کلیه بیش‌تر از سرخرگ وابران است.
b. مقدار این مواد در ادرار از مقدار تراوش شده کم‌تر است.
c. مقدار این مواد در سرخرگ آوران بیش‌ترین و در سرخرگ وابران کم‌ترین است.

ترشح: ترشح در جهت مخالف بازجذب رخ می‌دهد. یعنی عبور مواد از خون (شبکه‌ی دور لوله‌ای) به نفرون می‌باشد.

نکته : طی ترشح موادی که لازم است دفع شوند از مویرگ‌های دور لوله‌ای یا خود یاخته‌های گردیزه به درون گردیزه ترشح (ریخته) می‌شوند.

نکته :ترشح در بیشتر موارد به روش فعّال و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد. (خلاف شیب غلظت با دخالت پمپ و پروتئین‌های سراسری)

مثال ترشح : بعضی از سموم، ***بعضی*** داروها و یون‌های هیدروژن و پتانسیم اضافی و به وسیلهٔ ترشح دفع می‌شوند.

نکته : ترشح در تنظیم میزان pH خون، نقش مهمی دارد. اگر pH خون کاهش یابد، کلیه‌ها یون هیدروژن را ترشح می‌کنند. اگر pH خون افزایش یابد. کلیه بیکربنات بیشتری دفع می‌کند و به این ترتیب pH خون را در ***محدودهٔ*** (نه مقدار) ثابتی نگه می‌دارد.

نکته : مواد زیر هم طی تراوش و هم طی ترشح از خون وارد ادرار می‌شوند و باز جذب ندارند:

H^+، ***بعضی*** از سم (توکسین) و داروها (پنی سیلین) و یون پتاسیم و هیدروژن

درباره‌ی این مواد باید بدانید که:

a. مقدار این مواد در ادرار بیش‌تر از مقدار تراوش شده به درون کپسول بومن است.
b. مقدار این مواد در نفرون بیش‌تر از سرخرگ وابران و سیاهرگ‌های کلیه است.
c. مقدار این مواد در سیاهرگ کلیه از سرخرگ وابران کم‌تر است.
d. بیش‌ترین مقدار این مواد در سرخرگ آوران و کم‌ترین مقدار آن در سیاهرگ کلیه است.

ترکیب : درموارد زیر مواد اسیدی بیشتری تولید شده و ترشح یون هیدروژن و بازجذب بیکربنات در کلیه‌ها افزایش می‌یابد :

۱- افزایش وقوع تخمیر و تولید اسید لاکتیک در ماهیچه‌های اسکلتی

۲- سوزاندن چربی و تولید انرژی (مثال در افراد مبتلا به دیابت شیرین)