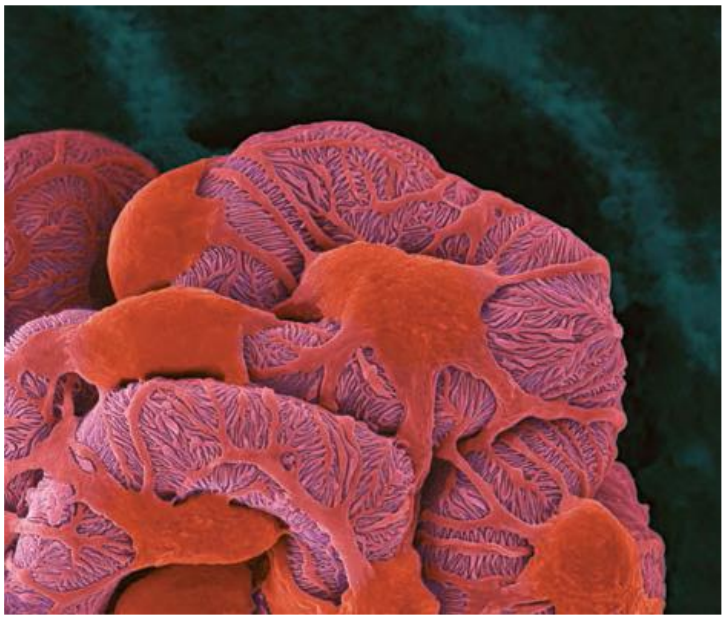


فصل۵- تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد

گرچه ما انسان ها در خشکی زندگی می کنیم اما تک تک یاخته های ما در محیطی مایع (محیط داخلی) زندگی می کنند. محیط داخلی شامل خوناب، لنف و مایع بین یاخته ای (مایع موجود در اطراف یاخته ها) است. آنچه که در مورد این محیط مایع حائز اهمیت است، مشابه بودن غلظت آن با غلظت درون یاخته ها یا به عبارت دقیق تر مشابه بودن فشار اسمزی آنهاست. اگر غلظت مایع اطراف یاخته ها رقیق تر از مایع درون یاخته ها باشد، آب وارد یاخته های می شود، چرا که طی اسمزآب از محیط رقیق به سمت محیط غلیظ می رود. همین طور اگر محیط داخلی غلیظ تر از مایع درون یاخته ها باشد، باعث خروج آب از یاخته ها می شود. اگر این اعمال به درستی تنظیم نشود تهدیدی جدی برای ادامهٔ حیات ما خواهد بود. در بدن ما، کلیه ها فشار اسمزی بدن را تنظیم می کنند.

- مایع میان یاخته ای یا سیتوپلاسم جز محیط داخلی محسوب نمی شود. در واقع به مایعات خارج یاخته ای محیط داخلی بدن اطلاق می شود.

هم ایستایی و کلیه ها

اگر در یک روز گرم تابستانی ورزش کنید عرق می کنید. احتمالاً متوجه خواهید شد که از مقدار ادرار شما کاسته خواهد شد. می دانید چرا؟ چون بدن شما در نتیجهٔ عرق کردن، آب از دست می دهد و بنابراین مقدار ادرار را کاهش می دهد تا آب از دست رفته را جبران کند. چون اگر آب زیادی از بدن خارج شود و کاهش آن جبران نشود، فشار اسمزی محیط داخلی افزایش می یابد. در نتیجه آب از یاخته ها خارج می شود و یاخته ها آسیب می بینند.

مجموعه اعمالی را که برای پایدار نگه داشتن وضعیت درونی جاندار انجام می شود **هم ایستایی (هومئوستازی)** می نامند. هم ایستایی از ویژگی های اساسی همهٔ موجودات زنده است. حفظ وضعیت درونی بدن در محدوده ای ثابت، برای تداوم حیات، ضرورت دارد.

کمبود آب، اکسیژن و مواد مغذی یا انباشته شدن مواد دفعی یاخته ها مثل کربن دی اکسید و مواد دفعی نیتروژن دار از جمله مواردی اند که ادامهٔ حیات را تهدید می کنند. اگر وضعیت درونی بدن از تعادل خارج شود بعضی از مواد، بیش از حدِ لازم یا کمتر از حدِ لازم به یاخته ها می رسند. بسیاری از بیماری ها درنتیجهٔ برهم خوردن هم ایستایی پدید می آیند. برای مثال، در دیابت شیرین، مقدار قند خون افزایش می یابد که عوارضی جدی چون بیماری قلبی، نابینایی و نارسایی کلیه را دربر دارد.

کلیه ها در حفظ هم ایستایی بدن نقش اساسی دارند. از وظایف مهم کلیه می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. مقدار آب بدن را تنظیم می کنند (حفظ تعادل آب در بدن).
۲. از طریق بازجذب بی کربنات و دفع یون H، در تنظیم pH خون نقش دارند (حفظ تعادل اسید-باز).
۳. با تنظیم نسبت یون ها و آب، فشار اسمزی بدن را تنظیم می کنند.
۴. مواد سمی و همچنین مواد زائد نیتروژن دار را از بدن دفع می کنند.

- کلیه ها علاوه بر دفع مواد زائد، آب، یون ها و ویتامین های محلول در آب اضافی بدن را هم از طریق ادرار دفع می کنند.

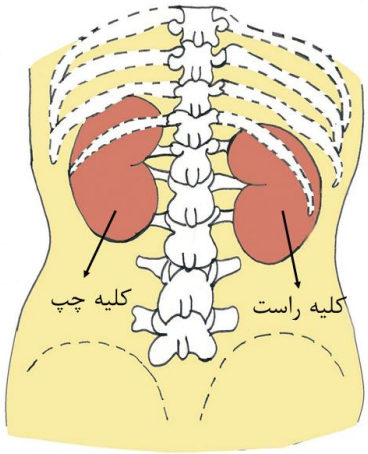
کلیه ها

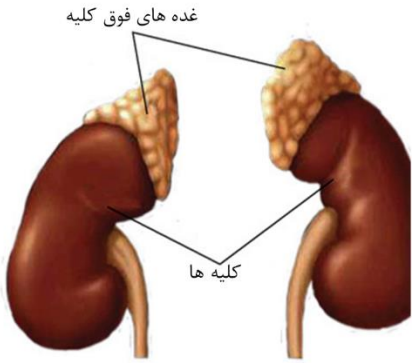
ساختار بیرونی کلیه ها

ظاهر :

- اندام های لوبیایی شکل به تعداد ۲ عدد
- اندازهٔ کلیه در فرد بالغ، تقریبا به اندازهٔ مشت بستهٔ اوست.
- هر کلیه دارای یک ناف است. رگ ها، عصب ها و میزنای وارد ناف کلیه می شوند و از طریق ناف کلیه با کلیه ارتباط برقرار می کنند.
- ادرار ساخته شده از طریق میزنای کلیه ها وارد مثانه می شود و در مثانه از طریق میزراه به بیرون از بدن هدایت می شود.
- روی هر کلیه، غدهٔ فوق کلیه قرار دارد که در تنظیم کار کلیه نقش دارد. غده های فوق کلیه چند نوع هورمون ترشح می کنند.

موقعیت کلیه ها در انسان از نمای **پشت**





شکل- موقعیت غدهٔ فوق کلیه

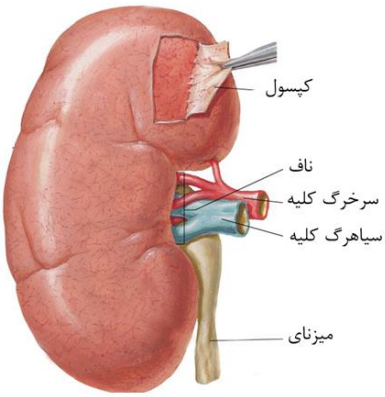
محل قرار گیری کلیه: در طرفین ستون مهره ها و پشت شکم قرار دارند. به علت موقعیت قرارگیری و شکل کبد، کلیه راست قدری پایین تر از کلیه چپ واقع است.

حفاظت از کلیه ها

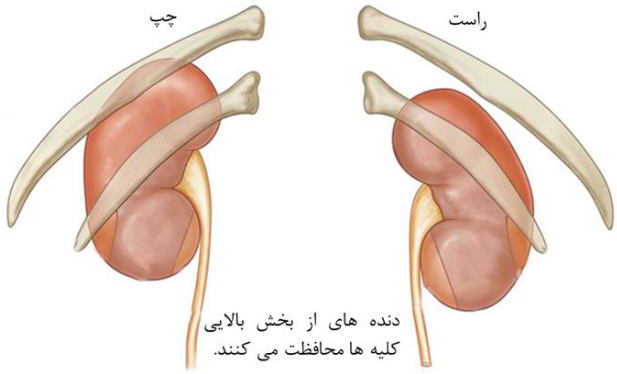
در حفاظت از کلیه ها ۳ عامل نقش دارند:

۱. **دنده ها، از بخشی از** کلیه ها محافظت می کنند. دنده ها **فقط از بخش بالایی کلیه محافظت می کنند**. با توجه به شکل کتاب دو دندهٔ پایینی نقش حفاظت از کلیه ها را بر عهده دارند.

۲. **کپسول کلیه:** پردهٔ شفافی از جنس بافت پیوندی رشته ای است که اطراف هر کلیه را احاطه می کند. این پرده، مانعی در برابر نفوذ میکروب ها به کلیه ایجاد می کند.



شکل- کپسول کلیه



۳. **چربی اطراف کلیه:** دو نقش دارد: ۱. محافظت از کلیه در برابر ضربه ۲. حفظ موقعیت کلیه ها

☑ تحلیل بیش از حد بافت چربی اطراف کلیه ها در افرادی که برنامه کاهش وزن سریع و شدید به کار می گیرند ممکن است سبب افتادگی کلیه و تا خوردگی میزنای شود. در این صورت، فرد با خطر بسته شدن میزنای و

عدم تخلیهٔ مناسب ادرار از کلیه روبه رو می شود که در نهایت به نارسایی کلیه خواهد انجامید. در اینجا با مثالی روبه رو هستیم که نشان می دهد تغییر در موقعیت اندام ها می تواند به از بین رفتن هم ایستایی منجر شود.

- موقعیت اندام ها می تواند در برقراری هومئوستازی موثر باشد.

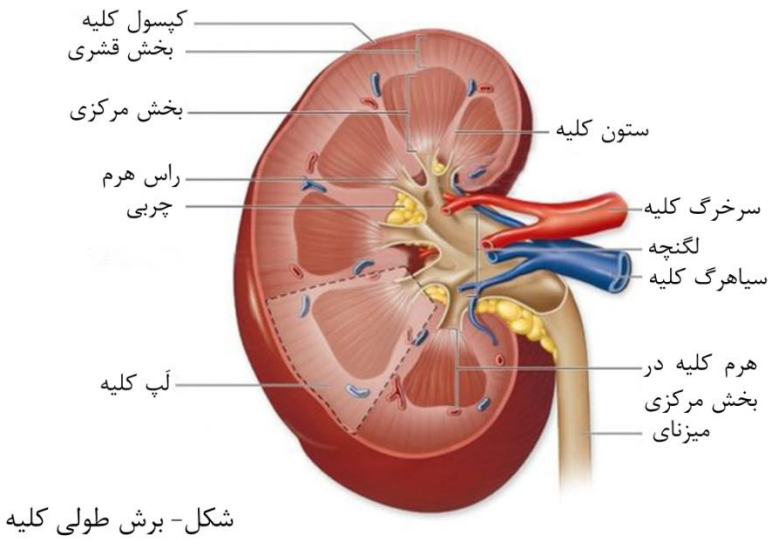
☑ افتادگی کلیه ها می تواند منجر به تا خوردن میزنای و بسته شدن راه ادرار شود، در نتیجه ادرار نمی تواند به مثانه برود و به سمت کلیه پس زده می شود.

☑ حفاظت از کلیه ها در اثر ضربات مکانیکی، هم توسط دنده ها و هم توسط بافت چربی انجام می شود.

ساختار درونی کلیه ها

در برش طولی کلیه، سه ناحیهٔ مشخص دیده می شود که از بیرون به درون عبارت اند از **بخش قشری**، **بخش مرکزی** و **لگنچه**.

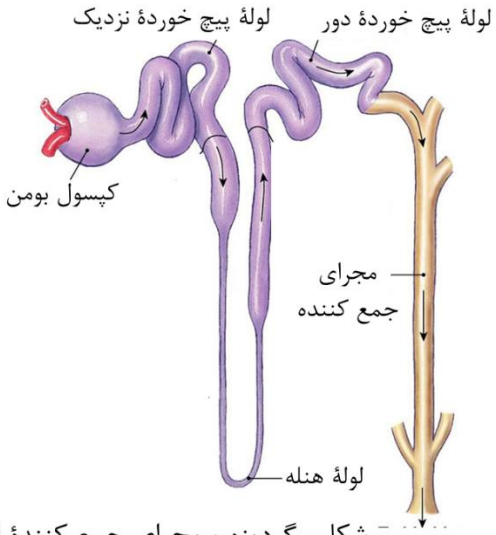
- لگنچه، داخلی ترین ساختار در برش طولی است که ساختاری شبیه قیف دارد. ادرار تولید شده، به آن وارد و به میزنای هدایت می شود تا کلیه را ترک کند.
- در بخش مرکزی، تعدادی ساختار هرمی شکل دیده می شود که هرم های کلیه نام دارند. قاعدهٔ هرم ها به سمت بخش قشری و رأس آنها به سمت لگنچه است. هر هرم و ناحیهٔ قشری مربوط به آن را، یک لَپ کلیه می نامند. در فاصلهٔ بین هرم ها، **انشعاباتی از بخش قشری** به نام **ستون های کلیه** دیده می شود.



شکل- برش طولی کلیه

گردیزه (نفرون) ها

هر کلیه از حدود یک میلیون گردیزه تشکیل شده است که فرایند تشکیل ادرار در آنها آغاز می شود. هر انسان حدودا دارای دو میلیون گردیزه است. ابتدای گُردیزه شبیه قیف است و کپسول بومن نام دارد. ادامهٔ گُردیزه، لوله ای شکل است و در قسمت هایی از طول خود، پیچ خوردگی هایی دارد.



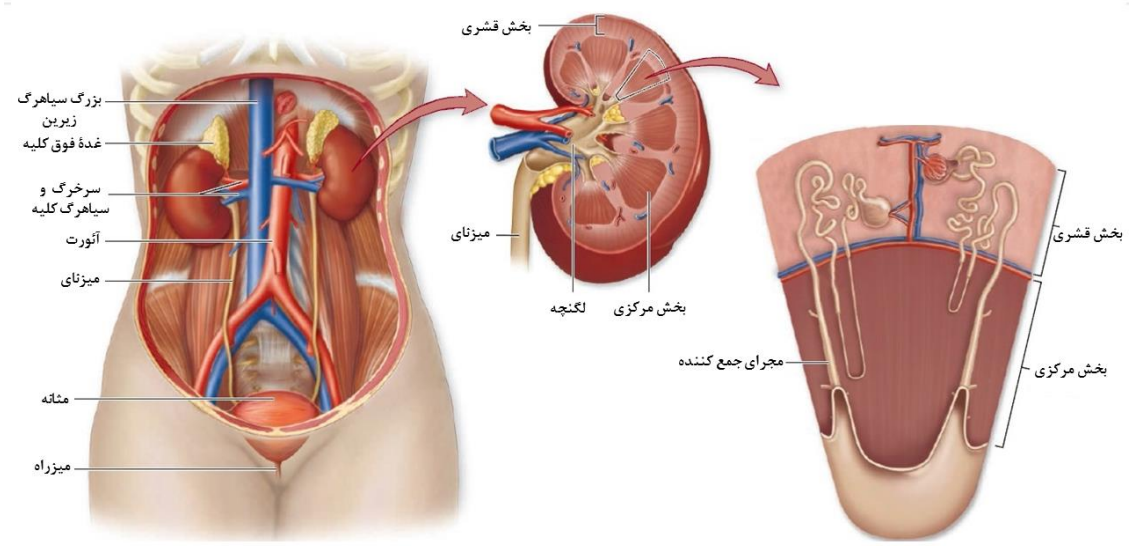
شکل- گردیزه و مجرای جمع کنندهٔ ادرار

هر گردیزه ۴ بخش دارد:

۱. کپسول بومن؛ شبیه قیف بوده و بخش ابتدایی نفرون است.
۲. لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک؛ این لوله به کپسول بومن متصل است.
۳. قوس هنله؛ U شکل است و قسمت های بالایی آن در دو طرف، قطورتر از قسمت عمیق تر آن است.
۴. لولهٔ پیچ خوردهٔ دور؛ آخرین بخش گردیزه است و گردیزه را به مجرای جمع کنندهٔ ادرار متصل می کند.

☑ تنها بخشی از نفرون که در بخش مرکزی کلیه قرار می گیرد، قوس هنله است.

☑ چند گردیزه با هم، می توانند ادرار را به یک مجرای جمع کننده بریزند. مجرای جمع کننده، ادرار را وارد لگنچه می کند. بنابراین تعداد لوله های جمع کنندهٔ ادرار از تعداد نفرون ها کم تر است.



گردش خون در کلیه

منشأ ادرار از خون است و بنابراین بین گُردیزه و رگ های خونی، ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. با توجه به اینکه تبادل مواد از طریق مویرگ ها رخ می دهد در اینجا نیز شبکه های مویرگی را می بینیم.

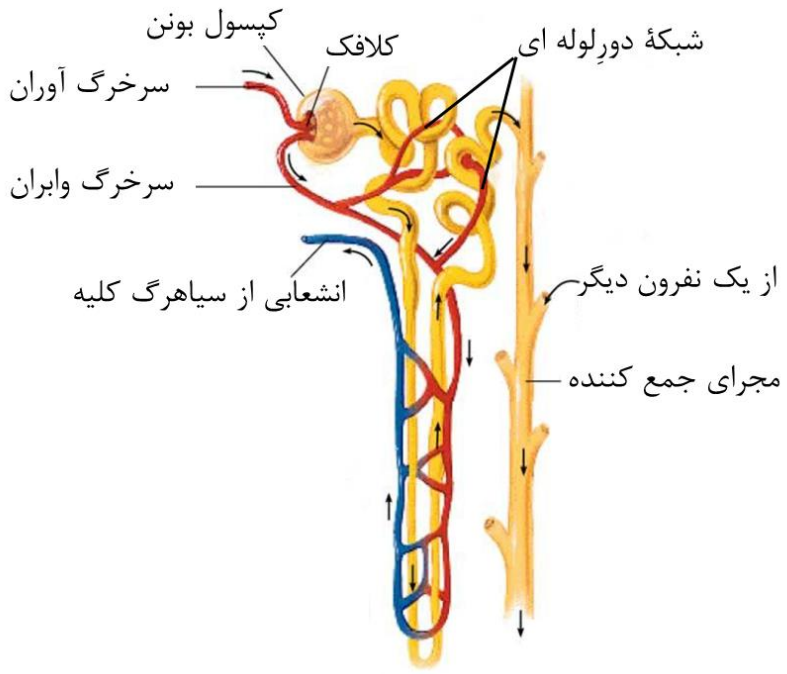
دو شبکهٔ مویرگی در ارتباط با گُردیزه مشاهده می شود:

۱. اوّلی به نام کلافک (گلومرول) که درون کپسول بومن قرار دارد.
۲. دومی به نام دورِ لوله ای که اطراف قسمت های دیگر گُردیزه (لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک، قوس هنله و لولهٔ پیچ خوردهٔ دور) را فراگرفته است.

- معمولا شبکهٔ مویرگی شامل سرخرگ کوچک، مویرگ و سیاهرگ کوچک است. اما در بعضی از قسمت های بدن، ممکن است شبکهٔ مویرگی بین سرخرگ و سیاهرگ نباشد. مثلا: ۱. در طرفین شبکه های مویرگی موجود در کبد انسان سیاهرگ وجود دارد (سیاهرگ باب و سیاهرگ فوق کبدی). ۲. در گلومرول موجود در کلیه انسان، شبکهٔ مویرگی بین دو سرخرگ قرار دارد.

یک انشعاب از سرخرگ آئورت به نام سرخرگ کلیوی به هر کلیه وارد می شود. انشعابات این سرخرگ از فواصل بین هرم ها (ستون های کلیه) عبور می کند و در بخش قشری به سرخرگ های کوچک تری تقسیم می شود. این انشعابات سرانجام کلافک ها (شبکه مویرگی اول) را در کپسول های بومن می سازند. کلافک به سیاهرگ ختم نمی شود. خون از طریق سرخرگ آوران به کلافک وارد می شود و از طریق سرخرگ وابران آن را ترک می کند. یعنی دو طرف کلافک سرخرگ وجود دارد. سرخرگ وابران در اطراف لوله های پیچ خورده و قوس هنله، شبکهٔ مویرگی دورِلوله ای (شبکه مویرگی دوم) را می سازد. در نهایت این مویرگ ها به یکدیگر می پیوندند و سیاهرگ های کوچکی را در اطراف قوس هنله به وجود می آورند. سیاهرگ های کوچک کلیه به یکدیگر می پیوندند و سیاهرگ های بزرگتری ایجاد می کنند. انشعابات سیاهرگی از بخش قشری از

طریق ستون های کلیه به بخش مرکزی و سپس به سمت لگنچه می روند و سرانجام سیاهرگ کلیه را می سازند. این سیاهرگ، خون را از کلیه بیرون می برد و به بزرگ سیاهرگ زیرین می ریزد.



نکات مربوط به شکل بالا:

- کلافک نوعی شبکهٔ مویرگی است که بین دو سرخرگ قرار دارد. سرخرگ آوران و سرخرگ وابران.
- هم سرخرگ آوران و هم سرخرگ وابران، نوعی سرخرگ کوچک محسوب می شوند.
- در کلیه مویرگ ها از نوع منفذدار می باشند.
- در اطراف لولهٔ جمع کنندهٔ ادرار، شبکهٔ مویرگی وجود ندارد. لولهٔ جمع کنندهٔ ادرار جز گردیزه نیست. این مجرا تبادل مواد را با مایع بین یاخته ای اطراف خود انجام می دهد و مایع بین یاخته ای نیز مواد را با شبکهٔ مویرگی دورلولهٔ هنله مبادله می کند.
- قوس هنله دارای یک قسمت بالارو و یک قسمت پایین رو است (شکل ۵)، بخش پایین روی هنله با قسمت بالاروی شبکه مویرگی دوم در ارتباط است و بخش بالای روی هنله با پایین روی این شبکه. یعنی جهت جریان خون در رگ ها با جهت مواد در گردیزه عکس است. این عامل، کارایی و امکان تبادل مواد را افزایش می دهد.
- شبکهٔ مویرگی دور لوله ای در اطراف بخش پایینی هنله، در حالی که حاوی خون تیره است به پایان می رسد و خونش را به سیاهرگ(کوچک) کلیه می ریزد.
- از مویرگ های اطراف لوله های پیچ خورده، سرخرگ های کوچکی ایجاد می شود که خون را به سرخرگ کوچک اطراف هنلهٔ بالارو می ریزند.

- در اطراف هنلهٔ بالارو سرخرگ و در اطراف هنلهٔ پایین رو، سیاهرگ قرار می گیرد. در اطراف سایر بخش های نفرون سیاهرگ وجود ندارد.
- سرخرگ وابران، پس از خروج از کپسول بومن، منشعب می شود (ایجاد دو انشعاب). یک انشعاب به سمت لوله های پیچ خورده می رود و شبکهٔ مویرگی دورلوله ای را ایجاد می کند و انشعاب دیگر نیز به سمت بخش بالاروی هنله می رود.
- در درون گلومرول، شبکهٔ مویرگی دور لوله ای در اطراف لوله های پیچ خورده و همچنین قسمت بالاروی هنله، خون موجود در رگ ها روشن است. در اطراف لولهٔ هنله پایین رو، درون رگ خون تیره وجود دارد.

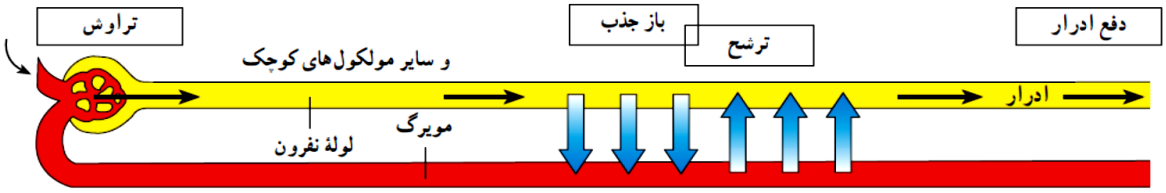
خلاصه مسیر جریان خون در کلیه ها:

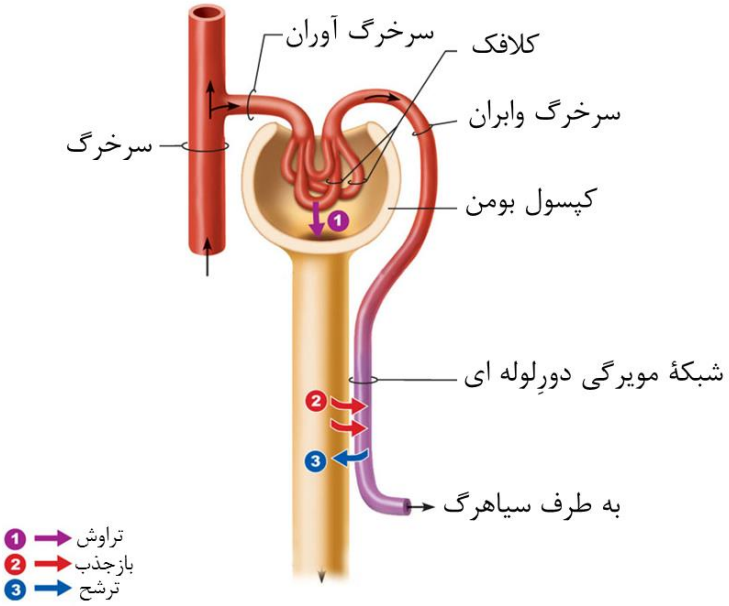
بطن چپ← آئورت← سرخرگ کلیه← سرخرگ بین هرمی← سرخرگ آوران← گلومرول← سرخرگ وابران← شبکهٔ مویرگی دور لوله ای← سیاهرگ کنار هنلهٔ پایین رو← سیاهرگ بین هرمی← سیاهرگ کلیه← بزرگ سیاهرگ زیرین← دهلیز راست

فرایند تشکیل ادرار و تخلیهٔ آن

فرایند تشکیل ادرار، شامل سه مرحله است که عبارت اند:

۱) تراوش
۲) بازجذب
۳) ترشح





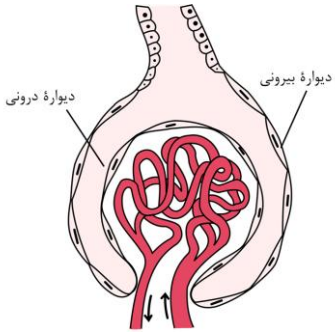
۱. **تراوش:** تراوش، نخستین مرحلهٔ تشکیل ادرار است. در این مرحله خوناب شامل آب و مواد محلول در آن به جز پروتئین ها، در نتیجهٔ فشار خون از کلافک خارج شده به کپسول بومن وارد می شوند. این فرایند را تراوش می نامند. هم ساختار کلافک و هم ساختار کپسول بومن برای تراوش متناسب شده است.

ساختار کلافک (شبکهٔ مویرگی)

مویرگ های کلافک از نوع **منفذ دار** هستند و بنابراین امکان خروج مواد از آنها به خوبی فراهم است. پروتئین ها به علت اندازهٔ بزرگی که دارند به طور معمول نمی توانند از این منافذ عبور کنند اما اگر پروتئینی بتواند از این منافذ عبور کند، آن گاه با مانع دیگری روبه رو خواهد شد و آن غشای پایهٔ مویرگ های کلافک است. این غشا در حدود پنج برابر ضخیم تر از غشای پایه در سایر مویرگ هاست و از خروج پروتئین های خوناب جلوگیری می کند. پس در فرد سالم خروج پروتئین ها از خوناب و ورود آن به کپسول بومن، امکان پذیر نیست.

یادآوری: مویرگ های کلیه از نوع منفذدار هستند، که یک لایهٔ پروتئینی برای ممانعت از عبور مولکول های درشت مانند پروتئین ها دارند.

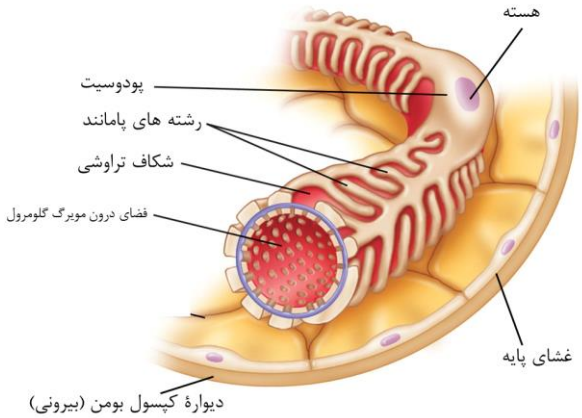
ساختار کپسول بومن

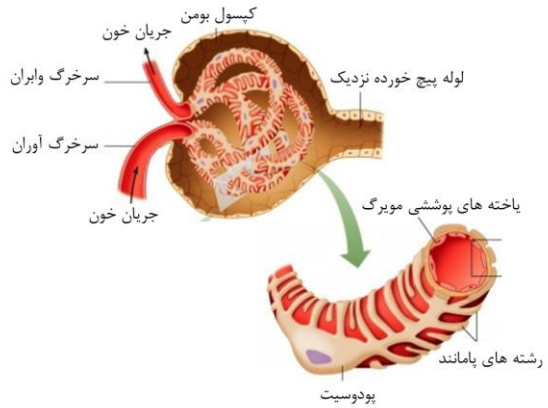


اطراف کلافک را کپسول بومن احاطه کرده است. کپسول بومن شامل دو دیواره است؛ یکی بیرونی و دیگری درونی. دیوارهٔ درونی و بیرونی به یکدیگر پیوسته هستند و علت نامگذاری آن ها، موقعیت قرارگیری آن ها می باشد، در واقع، دیوارهٔ درونی در اثر فرورفتگی دیوارهٔ بیرونی کپسول بومن به سمت داخل ایجاد می شود. دیوارهٔ درونی که به طور مستقیم با کلافک در تماس است، شکاف های فراوانی برای ورود مواد به گردیزه دارد. یاخته های دیوارهٔ بیرونی کپسول بومن از نوع پوششی سنگ فرشی ساده اند، این دیواره نقشی درتراوش مواد از کپسول بومن ندارد. یاخته های دیوارهٔ درونی، به سمت کلافک، از نوعِ خاصّی یاخته های پوششی به نام **پودوسیت** (به معنای یاختهٔ پادار) ساخته شده اند.

هریک از پودوسیت ها رشته های کوتاه و پا مانند فراوانی دارد. پودوسیت ها با پاهای خود اطراف مویرگ های کلافک را احاطه کرده اند. بدین ترتیب نه تنها فاصلهٔ بین دیوارهٔ گردیزه و کلافک تقریباً از بین رفته است، بلکه شکاف های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد به خوبی امکان نفوذ مواد را به گردیزه فراهم می کند.

هر





پودوسیت دارای هسته می باشد که از آن تعداد زیادی رشته های پامانند خارج می شود، بین این رشته ها فاصله ای وجود دارد که به آن شکاف تراوشی گفته می شود.

☑ یاخته های دیوارهٔ بیرونی کپسول بومن که در تماس با کلافک نیستند، همانند بافت پوششی داخل رگ ها و بیشتر یاخته های حبابک تنفسی (نوع اول) از نوع سنگفرشی ساده می باشند.

در تراوش، نیروی لازم برای خروج مواد، از فشار خون تأمین می شود. برای اینکه فشارِ تراوشی به حدکافی زیاد باشد سازوکار ویژه ای برای کلافک در نظر گرفته شده است. قطر سرخرگ آوران بیشتر از قطر سرخرگ وابران است و این، فشار تراوشی را در مویرگ های کلافک افزایش می دهد. چون قطر سرخرگ آوران بیشتر از قطر سرخرگ وابران است،