

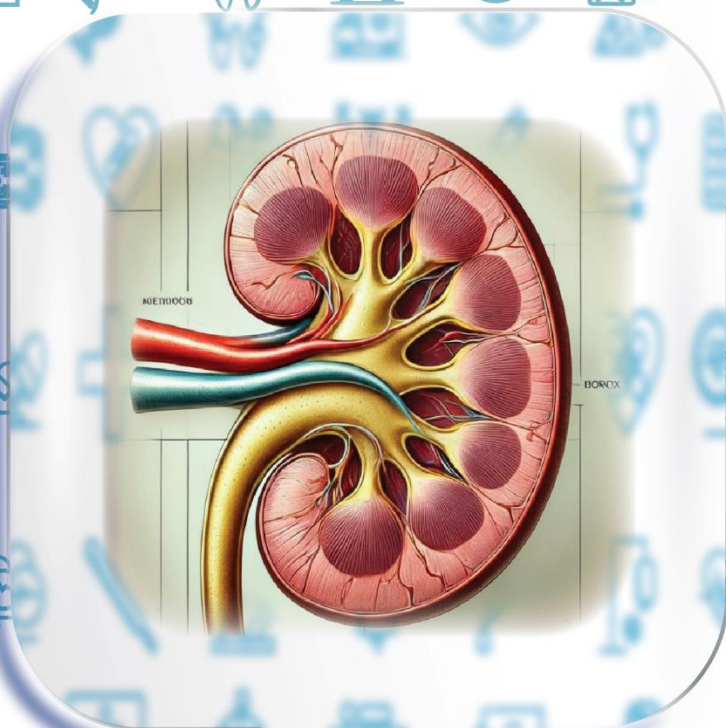


دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمانشاه

بسمه تعالی



Only pass society
kermanshah university of medical sciences



جزوه فیزیولوژی کلیه

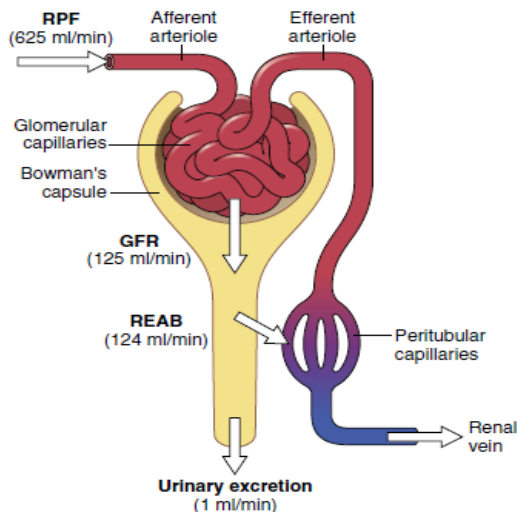
استاد مربوطه : دکتر هوشنگ نجفی

(ورودی مهر ۴۰۳)

گروه نویسندگان : هانیه پیوسته-فاطمه حسینی

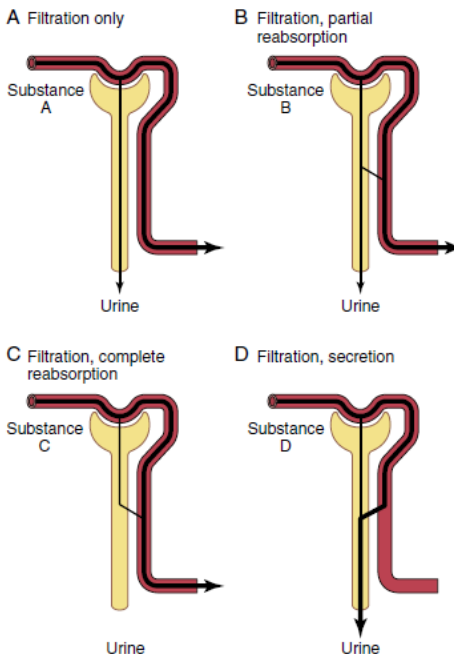
علی بابایی-محمد امین عزیزنیا

گرافیک : مازیار احدی



کلیه دفع مواد زائد را از طریق تولید ادرار انجام می‌دهد. یعنی مقداری آب را دفع میکند که در این آب همه مواد زائد را میریزد و مقدار این آب توسط قدرت تغلیظ کنندگی کلیه تعیین میشود. حیواناتی که کلیه آنها قدرت بالایی دارد میتوانند همه مواد زائد را در حجم خیلی کمی دفع کنند. اما حیواناتی که کلیه آنها قدرت تغلیظ کنندگی کمی دارد باید کلی آب دفع کنند تا مواد محلول زائد را از بدن دفع کنند.

اولین مرحله دفع مواد زائد



مقدار زیادی خون به کلیه میرود و از طریق شریان کلیوی به شریانچه آوران نهایتاً تبدیل میشود. این شریانچه مقداری زیادی خون را وارد مویرگ گlomerولی میکند که در آن مقدار زیادی فیلتراسیون انجام میشود که نسبت به سایر جاهای بدن خیلی زیاد است. اما چرا این مویرگ مقدار زیادی فیلتراسیون انجام میدهد؟ در هر صورت این مویرگ مقداری پلاسما را داخل کپسول بومن فیلتره میکند که به آن گlomerولار فیلتریشن ریت یا میزان فیلتراسیون گlomerولی گفته میشود که اختصاراً با GFR نشان داده میشود که مقدار آن ۱۲۵ میلی لیتر بر دقیقه یا ۱۸۰ لیتر در ۲۴ ساعت است.

پس مقدار فیلتراسیون گlomerولی خیلی زیاد است.

وقتی وارد توبول ها میشود بیش از ۹۹ درصد آن دوباره باز جذب میشود. یعنی از ۱۲۵ میلی لیتر ۱۲۴ میلی لیتر باز جذب میشود. یعنی دو کلیه در هر دقیقه فقط یک میلی لیتر ادرار تولید میکنند. ۱۷۸/۵ لیتر در روز باز جذب میشود و یک و نیم لیتر ادرار در روز تولید میشود. پس فیلتراسیون و باز جذب خیلی زیاد اند.

طی ترشح یکسری مواد هستند که فقط فیلتراسیون آنها کافی نیست و باید دفع آنها زیاد باشد. اینها مضر هستند و هر چه بیشتر دفع شوند بهتر است.

*فیلتراسیون: به خروج مقداری پلاسما از شبکه گlomerولی و ورود آن به کپسول بومن گفته میشود.

مقدار دفع هر ماده برابر است با:

(مقدار فیلتراسیون - مقدار باز جذب) + مقدار ترشح

برخی مواد فقط یکی از این مراحل و برخی دوتا و برخی مواد هر سه مرحله را دارند.

برای یک ماده معمولاً پیش نمی آید که باز جذب و ترشح را باهم همزمان داشته باشد. ولی موادی داریم که هر دو را دارد اما همزمان نه (مانند پتاسیم که میتواند وابسته به وضعیت بدن ما ترشح یا باز جذب شود. یعنی پتاسیم کم یا زیاد است) پس این سه فرایند در تشکیل ادرار نقش دارند: فیلتراسیون (تراوش)، باز جذب، ترشح

فیلتراسیون

فیلتراسیون آزاد: یعنی ماده بتواند آزادانه از سد تصفیه رد شود طوری که غلظت آن در کپسول بومن با پلاسمای گلومرولی برابر باشد. مثلاً غلظت سدیم داخل خون ۱۴۰ است و داخل کپسول بومن هم ۱۴۰ است پس فیلتراسیون آزاد دارد.

برخی مواد فیلتراسیون آزاد ندارند مانند کلسیم و اسیدهای چرب. این‌ها به پروتئین می‌چسبند و پروتئین‌ها خیلی کم فیلتره میشوند و هر ماده که به آنها بچسبد **فیلتراسیون آزاد ندارد**. اما سایر مواد تقریباً فیلتراسیون آزاد دارند. این چهار شکل (صفحه دوم پی‌دی‌اف)، چهار وضعیت متفاوت را نشان می‌دهد: (این شکل در جلسه قبلی هم بررسی شد) **✓ شکل A:** این ماده فیلتراسیون آزاد دارد پس غلظت آن داخل گلومرول و کپسول بومن با هم برابر است و نه بازجذب دارد نه ترشح و مقدار دفع آن برابر مقدار فیلتراسیون آن است.

اگر این ماده در بدن باشد خیلی اهمیت دارد زیرا برای **اندازه‌گیری مقدار فیلتراسیون** از آن استفاده می‌کنیم. قضاوت ما برای بررسی وضعیت کلیه و نارسایی آن مقدار فیلتراسیون و GFR است. مقدار GFR، یا به صورت ته‌اجمی اندازه‌گیری می‌شود و یا به روش غیرمستقیم که از این روش استفاده می‌شود و از روی مقدار دفع همچنین ماده‌ای اندازه‌گیری می‌شود. اما همچنین ماده‌ای در بدن ما نیست.

اما **اینولین** یک ماده صناعی است که می‌تواند همچین رفتاری داشته باشد که به فرد تزریق می‌شود و مقدار دفع یا پاکسازی آن اندازه‌گیری می‌شود که برابر مقدار GFR است.

کراتینین ۹۰ درصد دارای این خصوصیت است. اما دستگاه‌ها در اندازه‌گیری آن دچار خطا میشوند و ۱۰ درصد خطا دارند. بنابراین این ۱۰ درصد که در دو جهت متفاوت وجود دارد همدیگر را می‌پوشاند و کراتینین تقریباً همچین رفتاری دارد.

یعنی اگر غلظت کراتینین خون را اندازه بگیریم بیانگر عملکرد کلیه است و با مقدار GFR رابطه عکس دارد. **افزایش کراتینین به معنای کاهش GFR است.**

مقدار پاکسازی ماده‌ای که ترشح و بازجذب ندارد و فیلتراسیون آزاد دارد بیانگر مقدار GFR است.

✓ شکل B: ماده‌ای که فیلتراسیون آزاد دارد و مقداری بازجذب دارد و مقداری نیز دفع می‌شود بنابراین مقدار دفع آن برابر مقدار فیلتراسیون منهای مقدار بازجذب است. اکثر مواد بدن مانند سدیم و کلر اینگونه رفتار می‌کنند.

✓ شکل C: ماده‌ای که فیلتراسیون آزاد دارد اما کاملاً بازجذب شده و دفع نمی‌شود مانند گلوکز و آمینو اسید.

✓ شکل D: ماده‌ای که فیلتراسیون آزاد دارد و ترشح شدید دارد طوری که در خون نیمه‌ماند و خونی که از کلیه برمیگردد عاری از این ماده است پس مقدار دفع آن برابر مقدار ترشح بعلاوه مقدار فیلتراسیون است. این دو با هم برابر مقدار تحویل ماده به کلیه است.

مقدار تحویل هر ماده به کلیه برابر مقدار جریان خون یا پلاسمای کلیه است. پس این ماده اهمیت دارد اما این ماده در بدن نیست. مانند پارا آمینو هیپوریک اسید (PAH)

از این ماده برای اندازه‌گیری مقدار جریان پلاسمای کلیوی استفاده می‌شود. می‌توان جریان پلاسمای را به جریان خون تبدیل نمود.

کوچکترین تغییر در فیلتراسیون و بازجذب، اگر خوب تنظیم نشود کلی عواقب دارد. مثلاً اگر کسی نشسته و بلند شود ۱۰ درصد فشار خون تغییر می‌کند. اما اگر قرار باشد که GFR متناسب با آن تغییر کند، در طول روز هزار بار این اتفاق

می افتد. یعنی از ۱۸۰ بشود ۱۹۸ و باز جذب همان ۱۷۸/۵ باشد و تغییر نکند، پس فرد در طول روز باید ناگهان ۲۰ لیتر ادرار داشته باشد. در حالیکه فشار خون فقط ۱۰ درصد تغییر کرده.

پس تنظیم فیلتراسیون و باز جذب که اعداد بزرگی هستند باید دقیق و متناسب با هم باشد تا بتوانند همدیگر را بالانس کنند.

فیلتراسیون انرژی مصرف نمیکند و طبق نیروهای استارلینگ است. اما باز جذب مواد انرژی بر است. ما ۱۸۰ لیتر فیلتراسیون و ۱۷۸/۵ لیتر باز جذب داریم.

چرا باید آنقدر فیلتراسیون انجام شود؟ دفع یکسری مواد سمی در بدن وابسته به حجم فیلتراسیون است. یعنی باید حجم فیلتراسیون زیاد شود تا مقدار زیادی از این مواد دفع شود.

کل پلاسما در ۲۴ ساعت بارها تمیز میشود. ما سه لیتر پلاسما داریم و ۱۸۰ لیتر فیلتراسیون در ۲۴ ساعت. پس هر قسمت پلاسما در ۲۴ ساعت ۶۰ بار تصفیه میشود.

پس به این ترتیب خون با فیلتراسیون تصفیه و تمیز میشود.

ترکیب مایع ورودی به کپسول بومن چه فرقی با داخل رگ (پلاسما) دارد؟

- سلول های خونی ندارد
- پروتئین ندارد (یا خیلی کم است که قابل چشم پوشی است)
- کلسیم و اسید های چرب در آن از پلاسما کمتر است. (چون اسید های چرب در خون به پروتئین میچسبند و فیلتراسیون آزاد ندارند.)
- کاتیون ها و آنیون ها: از آنجا که پروتئین ها در پلاسما میمانند و بار منفی دارند پس میتوانند کاتیون ها را کنار خود نگه دارند و آنیون ها را به کپسول بومن هل بدهند.

پس از نظر ترکیب تقریباً مانند پلاسما است.

Filtration fraction (کسر تصفیه): یک پارامتر خیلی مهم در عملکرد کلیه است که خیلی جاها به درد میخورد و برای توجیه یکسری مسائلی که در کلیه رخ میدهد به آن نیاز داریم.

تعریف: درصدی از جریان پلاسمای کلیه که به GFR تبدیل میشود. (فرمول $\leftarrow \frac{GFR}{\text{جریان پلاسما کلیه}}$)

جریان پلاسما کلیه: ۲۰ درصد برون ده قلب-هماتوکریت

مقدار جریان خون هر دو کلیه در هر دقیقه $\leftarrow 1100$ میلی لیتر که ۶۰ درصد آن (حدوداً ۶۲۵) پلاسما است.

$$0.2 = \frac{125}{625} \leftarrow 20 \text{ درصد پلاسما به GFR تبدیل میشود.}$$

توضیح قسمت بالا: جریان پلاسمای کلیه ۶۰ درصد جریان خون کلیه است؛ زیرا پلاسما فاقد گلبول است.

مقدار کسر تصفیه ۲/۰ یا ۲۰ درصد است. یعنی ۲۰ درصد پلاسمای کلیه به GFR تبدیل میشود. در واقع ۲۰ درصد آب داخل رگ در طول مویرگ گلومرولی خارج میشود بنابراین ۲۰ درصد، غلظت پروتئین های آن زیاد میشود پس ۲۰ درصد، فشار اسمزی کلئیدی آن زیاد میشود.

فشار اسمزی کلئیدی اول مویرگ گلومرولی ۲۸ است ولی آخر آن ۳۶ است. میانگین آن ۳۲ است.

فرمول GFR

مقدار فیلتراسیون از مویرگ گلومرولی به چه عواملی وابسته است؟

مقدار فیلتراسیون = فشار خالص فیلتراسیون (net filtration pressure) \times ضریب فیلتراسیون

ضریب فیلتراسیون = مساحت سطح مویرگ \times نفوذ پذیری دیواره مویرگ

net filtration pressure = برآیند نیروهای استارلینگ

* با افزایش سن، GFR کاهش می یابد (به دلیل اینکه با افزایش سن، سرعت تخریب نفرون افزایش می یابد - هر سال ۱ درصد نفرون ها تخریب میشوند).

پس (NFP net filtration pressure) = برآیند نیروهای استارلینگ \times مساحت سطح مویرگ (نواحی از دیواره مویرگ که برای فیلتراسیون در دسترس است که در مواقع مختلف میتواند تغییر کند) \times نفوذپذیری دیواره مویرگ (در مواقع مختلف و بیماریها میتواند تغییر کند).

در واقع در حالت سلامت، تغییر نفوذپذیری از راه های فیزیولوژیک نیست. اما خیلی از بیماری ها و سموم روی نفوذپذیری اثر کرده و باعث پروتئینوری میشوند. وقتی کسی با مسمومیت و مارگزیدگی و... مراجعه میکند اولین آزمایشی که از وی میگیریم پروتئین ادرار است.

پس GFR برابر است با برآیند نیروهای استارلینگ \times ضریب فیلتراسیون

دیواره مویرگ گلومرولی

همه مویرگ های بدن در دیواره خود دو لایه شامل غشای پایه و اندوتلیوم دارند.

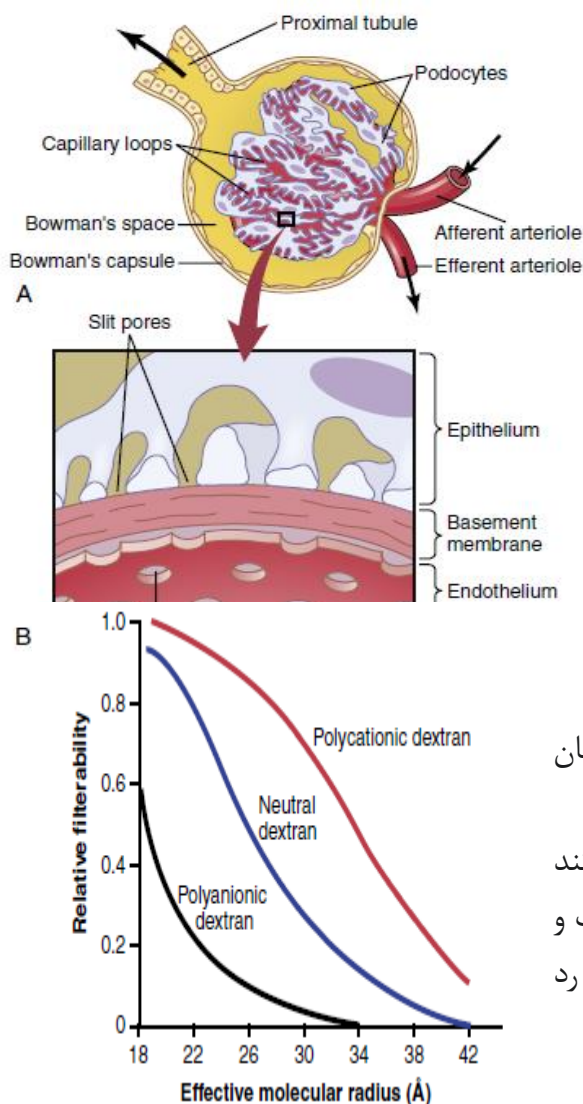
غشای پایه فقط در قطعه ابتدایی عروق لنفاوی که از محیط شروع میشوند وجود ندارد؛ زیرا این ها پروتئین هارا از فضای بین سلولی به گردش خون برمیگردانند و باید بتوانند مواد درشت را وارد کنند. پس باید غشای پایه نداشته باشند.

مویرگ های گلومرولی لایه سومی به اسم اپیتلیوم نیز دارند.

اندوتلیوم دیواره مویرگ های گلومرولی پنجره دار یا فنسترا دار است که اینها بار ثابت منفی دارند. بنابراین رد شدن موادی که بار منفی دارند را با مشکل مواجه میکنند؛ به شرط اینکه بار های منفی با هم تماس و برخورد داشته باشند (مانند آلبومین)

غشای پایه از کلاژن و پروتئوگلیکان ها تشکیل شده است. پروتئوگلیکان ها بار منفی دارند و رد شدن مواد دارای بار منفی را مشکل میکنند.

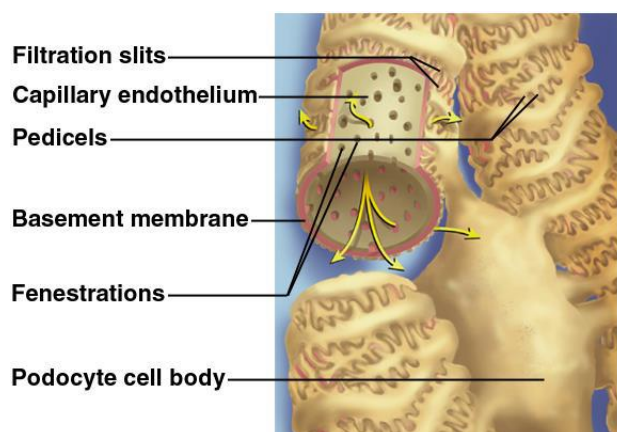
اپیتلیوم دارای زواید مربوط به پودوسیت هاست. سلول های پا مانند دارای زواید هستند که آنها را دور مویرگ میپیچانند اما کیپ نیست و یکسری منافذ دارد که اسلیت پور نام دارد. موادی که از آن دو لایه رد شده از اسلیت پور ها نیز میتواند رد شود.



تنگ ترین جا در این سه لایه، منافذی که دارد قطرشان ۸ نانومتر است پس در تنگ ترین جا قطر منافذ ۸ نانومتر است. پس موادی که کوچکتر از ۸ نانومتر باشند از نظر اندازه می توانند عبور کنند. مثلاً آلبومین دارای قطر ۶ نانومتر است و میتواند از این سد رد شود اما چون بار منفی دارد و هر سه لایه در سد تصفیه هم بار منفی دارند بنابراین اجازه عبور آلبومین را نمیدهند.

نفروپاتی با حداقل تغییر: به افرادی گفته میشود که در ادرار آنها پروتئین آلبومین وجود دارد اما تمام آزمایش های مربوط به کلیه سالم است. علت آن نامعلوم است. در این بیماری احتمالا بارهای منفی از بین رفته است.

عوامل تعیین کننده فیلتره شدن هر ماده



- ✓ بار: مواد دارای بار مثبت راحت تر و خنثی متوسط و مواد دارای بار منفی سخت تر عبور میکنند.
- ✓ اندازه: هرچه ماده ای بزرگتر باشد، از نظر راحتی فیلتریشن، کمتر فیلتره میشود یعنی عبور نمیکند. اگر قطر آن ۸ یا شعاع آن ۴ و بیشتر باشد اصلاً رد نمیشود. شعاع آلبومین ۳ است.
- هرچه ماده بزرگتر باشد نقش بار خود را بیشتر نشان میدهد. مثلاً کلر دارای بار منفی ست ولی خیلی کوچک است و رد میشود یعنی بار الکتریکی کلر تحت تاثیر بار الکتریکی جداره ها قرار نمیگیرد چون خیلی کوچک است.

مقدار GFR

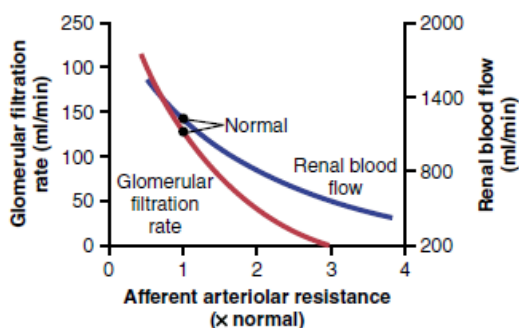
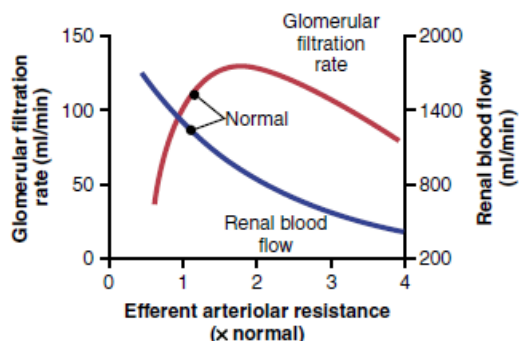
• نیروهای استارلینگ: شامل فشار هیدروستاتیک و فشار

اسمزی کلونیدی در داخل مویرگ گلومرولی و کپسول بومن

فشار هیدروستاتیک داخل مویرگ گلومرولی از همه مویرگ ها بیشتر است و مقدار آن ۶۰ است. و موافق فیلتراسیون است. فشار اسمزی کلونیدی در داخل مویرگ گلومرولی ۳۲ است که مخالف فیلتراسیون است.

در کپسول بومن فشار هیدروستاتیک (۱۸ میلیمتر جیوه) مخالف فیلتراسیون و فشار اسمزی کلونیدی (صفر است. زیرا در حالت عادی فیلتراسیون پروتئین قابل ملاحظه نیست) موافق فیلتراسیون است.

۵۰ رو به داخل و ۶۰ رو به خارج داریم پس فشار خالص فیلتراسیون ۱۰ است. پس net filtration pressure برابر ۱۰ میلیمتر جیوه است.



مقدار GFR برابر ۱۲۵ است. پس ضریب فیلتراسیون ۱۲/۵ ml/min/mmHg است.

دو کلیه ۳۰۰ گرم وزن دارند.

Net filtration pressure در کلیه ۱۰ و در بقیه بدن ۰/۳ است. پس ۳۳ برابر بزرگتر است.

ضریب فیلتراسیون در کلیه ۱۲/۵ است. این ضریب به ازای وزن خاصی تعیین میشود (مثلا به ازای هر ۱۰۰ گرم بافت) برای هر ۱۰۰ گرم ۴ است. پس به ازای هر ۱۰۰ گرم کلیه به ازای هر یک میلیتر اختلاف فشار در هر دقیقه ۴ میلی لیتر فیلتراسیون داریم.

در بقیه بدن به ازای هر ۱۰۰ گرم ۰/۱ است و در کلیه ۴ است پس ۴۰۰ برابر بزرگتر است.

پس در افزایش GFR نقش **ضریب فیلتراسیون** بیشتر است.

ضریب فیلتراسیون برابر با (مساحت سطح × نفوذپذیری) است و با GFR رابطه مستقیم دارد.

نفوذپذیری در برخی بیماری ها زیاد میشود اما مساحت سطح به صورت فیزیولوژیک نیز میتواند تغییر کند.

در فضای بین مویرگ های گلومرولی یکسری سلول به نام سلول های مزانژیال داخلی وجود دارند.

وقتی این سلولهای مزانژیال داخلی تحریک شوند کلاف مویرگی را فشرده میکنند. در نتیجه مساحت سطح کم میشود

و اگر انقباض این سلول ها از بین برود کلاف گلومرولی زیاد شده و مساحت سطح آن افزایش پیدا میکند. سیستم سمپاتیک این سلول ها را تحریک میکند.

فشار در کپسول بومن (در بیماری ها می تواند تغییر کند اما در حالت فیزیولوژیک رخ نمیدهد)

دومین فاکتور موثر بر GFR است، که مقدار آن ۱۸ میلی متر جیوه است و مخالف GFR است.

خروجی کپسول بومن اگر بسته شود فشار آن بالا میرود. خروجی آن توپول ها هستند. هر عاملی که باعث انسداد توپولی شود فشار را در کپسول بومن بالا میبرد و وقتی فشار در این کپسول بالا برود باعث کاهش GFR میشود. (مانند نارسایی های کلیوی، عفونت های کلیوی که باعث ریزش پروتئین ها شده و پروتئین ها توپول ها را میبندند. در واقع قالب هایی به نام کست تشکیل میدهند که داخل توپول ها را میبندند.)

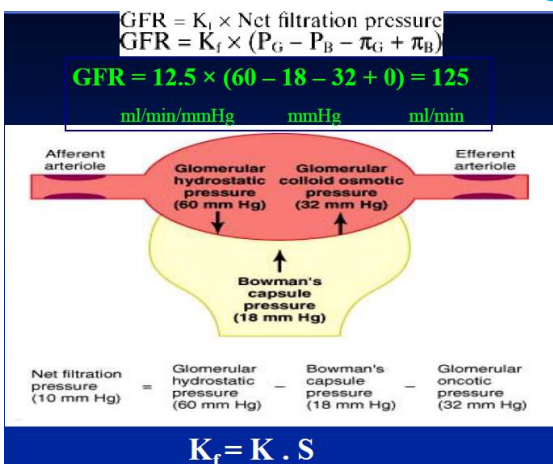
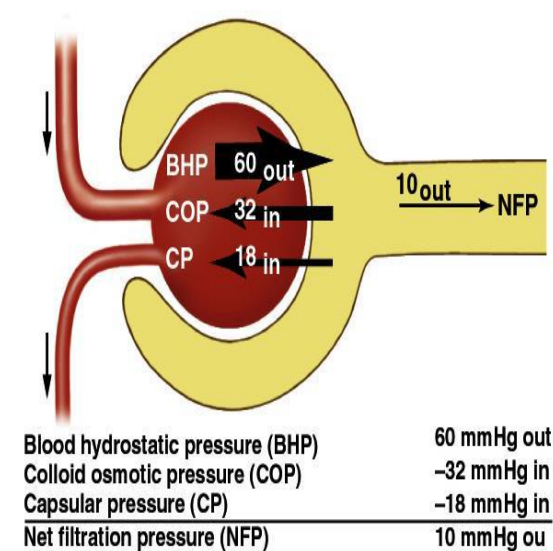
عوامل تعیین کننده فشار اسمزی کلئیدی در مویرگ گلومرولی

مقدار آن ۳۲ است و مخالف فیلتراسیون است.

عوامل تعیین کننده:

■ غلظت پروتئین های پلاسما: یعنی فشار اسمزی کلئیدی خون سیستمیک. اگر پروتئین خون سیستمیک زیاد باشد به کلیه هم زیاد میرسد و برعکس.

در نارسایی های پیشرفته کبدی که تولید پروتئین توسط کبد کم میشود فشار اسمزی کلئیدی خون کم شده و فشار اسمزی کلئیدی مویرگ گلومرولی کم میشود و GFR زیاد میشود.



▪ دومین فاکتور تعیین کننده فیلتریشن فرکشن است. فیلتریشن فرکشن در حالت نرمال ۲۰ درصد است. بنابراین غلظت پروتئین ها ۲۰ درصد بالا میرود (زیرا آب خارج میشود) و فشار اسمزی کلوئیدی هم ۲۰ درصد بالا میرود. در نتیجه GFR کم میشود. افزایش فیلتریشن فرکشن باعث افزایش فشار اسمزی کلوئیدی شده که باعث کاهش GFR میشود.

عوامل موثر روی فیلتریشن فرکشن

✓ **GFR** : وقتی زیاد شود باعث افزایش فیلتریشن فرکشن میشود و افزایش فیلتریشن فرکشن، باعث افزایش فشار اسمزی کلوئیدی، و افزایش فشار اسمزی کلوئیدی باعث کاهش GFR میشود. (فیدبک منفی دارد)

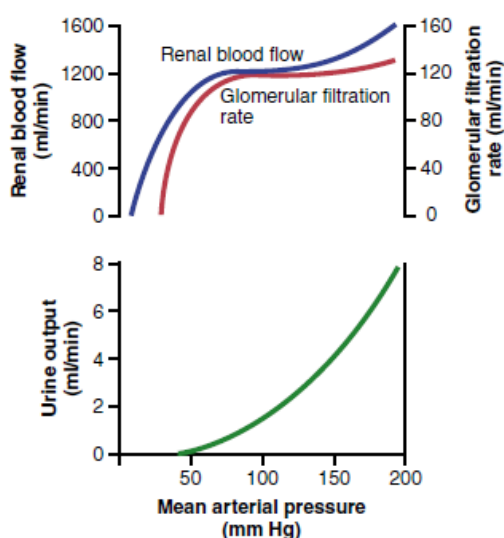
✓ **Renal plasma flow**: اگر جریان خون کلیه زیاد شود، فیلتریشن فرکشن کم میشود و کاهش فیلتریشن فرکشن هم باعث کاهش فشار اسمزی کلوئیدی میشود و کاهش فشار اسمزی کلوئیدی باعث افزایش GFR میشود.

از فاکتور های موثر روی GFR فشار خون است.، که رابطه مستقیم دارد. میزان جریان خون نیز از طریق فیلتریشن فرکشن روی مقدار GFR اثر میگذارد که رابطه مستقیم دارد.

فشار هیدروستاتیک در مویرگ گلومرولی

مقدار آن ۶۰ است. اگر زیاد شود، GFR زیاد میشود و برعکس.

عوامل موثر :



- فشار خون سیستمیک: رابطه مستقیم دارد، اگر فشار خون افزایش یابد، فشار هیدروستاتیک در مویرگ گلومرولی بالا میرود و GFR افزایش می یابد و برعکس.
- مقاومت شریانچه آوران : اگر زیاد شود یعنی بیشتر باعث افت فشار خون میشود پس فشار مویرگ گلومرولی کم شده و GFR کم میشود و برعکس (همیشگی است)
- مقاومت شریانچه و ابران: اگر مقاومت آن زیاد شود باعث میشود که فشار در مویرگ گلومرولی زیاد شود در نتیجه GFR زیاد میشود. (همیشگی نیست و دو فازی است)

وقتی مقاومت شریانچه و ابران زیاد شود فشار هیدروستاتیک را بالا میبرد و GFR زیاد میشود و بعد کاهش می یابد (اثر دو فازی)

با افزایش مقاومت شریانچه آوران جریان خون کلیه و GFR کم میشود و جریان پلاسما کلیه هم کم میشود. افزایش شدید فیلتریشن فرکشن باعث افزایش شدید فشار اسمزی کلوئیدی میشود. در نتیجه فیلتراسیون کم میشود.

در تنگی شریانچه و ابران:

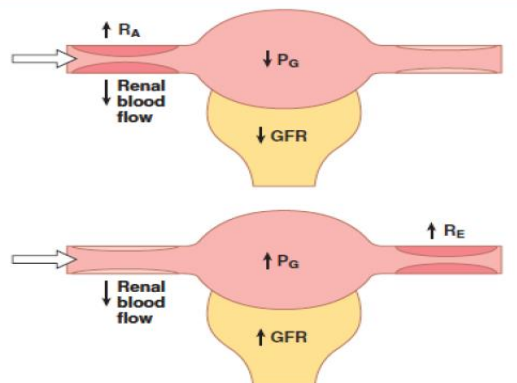
افزایش فشار هیدروستاتیک : افزایش GFR و فیلتراسیون

افزایش GFR : افزایش فیلتریشن فرکشن ← افزایش فشار اسمزی کلوئیدی ← کاهش GFR

افزایش فشار در شریانچه و ابران و تاثیر آن روی GFR بستگی دارد که غلبه با کدام نیرو باشد (نیروی فشار اسمزی کلوئیدی یا نیروی فشار هیدروستاتیک). یعنی کدام نیرو بیشتر افزایش پیدا میکند. تا وقتی که مقاومت و ابران تا ۳ برابر افزایش پیدا کند غلبه با افزایش فشار هیدروستاتیک است و GFR زیاد میشود (به محض اینکه غلظت پروتئین زیاد شود، فشار

اسمزی کلونیدی بلافاصله و سریع افزایش نمی یابد به ۲ دلیل ۱. خاصیت آن ها ۲. فعال شدن اثر گیبس دونان (و اگر بیش از ۳ برابر زیاد شود اثر فشار اسمزی کلونیدی غالب میشود و GFR کم میشود. جمع بندی: پس طبق کسر فیلتریشن فرکشن، وقتی مقاومت شریان و ابران افزایش یابد، GFR ابتدا افزایش می یابد و جریان پلاسما کلیه کاهش می یابد، پس کسر خیلی افزایش می یابد و فشار اسمزی کلونیدی خیلی بیشتر افزایش می یابد که افزایش فشار اسمزی کلونیدی باعث افزایش فیلتراسیون میشود.

مرور



پس اگر فشار خون زیاد شود GFR زیاد میشود. اگر غلظت پروتئین خون زیاد شود GFR کم میشود. اگر جریان خون کلیه زیاد شود GFR زیاد میشود. انسداد توبولی از طریق تاثیر روی فشار کپسول بومن باعث کاهش GFR میشود. سلول های مزانژیال مساحت سطح را کم میکنند و GFR کم میشود.