

❖ تشکیل ادرار

ادرار برآیند سه روند کلیوی فیلتراسیون گلومرولی، بازجذب مواد از توبولهای کلیوی به داخل خون و ترشح مواد از خون به داخل توبول های کلیوی است.

1. فیلتراسیون گلومرولی (Glomerular Filtration)، در واقع خارج شدن قسمت اعظم مواد موجود در مویرگ های گلومرولی از جنس مواد زائد (به استثناء پروتئین ها) به داخل کپسول بومن می باشد؛ بطوریکه غلظت موادی مانند آب، سدیم و اینولین در فیلترای گلومرولی در کپسول بومن تقریباً با پلاسما یکی است. با افزایش وزن ملکولی مواد، قابلیت فیلتراسیون کاهش می یابد. البته موادی با وزن ملکولی کم مانند کلسیم و اسیدهای چرب نیز به دلیل اتصال به پروتئین های پلاسما، به آزادی فیلتر نمی شود.
2. بازجذب مواد از توبولهای کلیوی (Reabsorption): طی این فرآیند، آب و مواد محلول ویژه مورد نیاز بدن مجدداً به داخل خون مویرگ های دور توبولی باز می گردد. یک فرآیند کاملاً انتخابی است.
3. ترشح مواد (Secretion): طی این فرآیند، موادی مانند سموم و مواد زائد جا مانده از فیلتراسیون از «مویرگ های دور توبولی» به داخل توبول های کلیوی وارد می شود.

❖ شکل های مختلف از پردازش کلیوی

1. موادی مانند کراتینین به آزادی توسط «مویرگهای گلومرولی» فیلتر شده؛ اما نه بازجذب نه ترشح می شود. بنابراین میزان دفع آن برابر با میزانی است که فیلتر شده است.
2. موادی مانند الکترولیت های بدن مانند یونهای سدیم، کلسیم و بی کربنات، اوره به آزادی فیلتر می شود؛ اما قسمتی از آن از توبولها به داخل خون بازجذب می شود. بنابراین، میزان دفع ادراری آن کمتر از میزان فیلتراسیون در «مویرگهای گلومرولی» است.
3. موادی مانند اسید آمینه و گلوکز، به آزادی فیلتر می شود؛ اما تمام آن مواد فیلتر شده از توبول مجدداً به داخل خون بازجذب می شود. بنابراین، این مواد در ادرار ظاهر نمی گردند.

4. موادی مانند مواد شیمیایی خارجی و داروها، یونهای پتاسیم و هیدروژن به آزادی توسط «مویرگهای گلومرولی» فیلتر می شود و بازجذب نمی گردد؛ اما در عوض مقادیر اضافی این مواد از خون «مویرگ دور توبولی» ترشح می شود. بنابراین، میزان دفع ادراری آن بسیار بیشتر از میزان فیلتراسیون در «مویرگهای گلومرولی» است. در این مورد، میزان دفع به صورت میزان فیلتراسیون + میزان ترشح توبولی محاسبه می شود.

✓ هر یک از فرآیندها بسته به نیازهای بدن تنظیم می شود. به عنوان مثال، با افزایش سدیم اضافی در بدن، میزان فیلتراسیون افزایش و میزان کمتری از آن بازجذب می گردد. بنابراین افزایش دفع ادراری سدیم دیده می شود.

❖ چرا مقادیر زیاد مواد توسط کلیه فیلتر و سپس بازجذب می شود؟

کار کلیه تصفیه خون از مواد زائد و دفع متابولیت های بدن می باشد

فیلتراسیون زیاد موجب می شود که به تمام مایعات بدن اجازه می دهد تا در هر روز به دفعات متعدد توسط کلیه ها فیلتر و پردازش شود. حجم پلاسما، فقط 3 لیتر است؛ درحالیکه فیلتراسیون معادل 180 لیتر در روز است. بنابراین تمام پلاسما می تواند 60 بار در هر روز فیلتر و پردازش شود..

1. فیلتراسیون زیاد موجب می شود که مواد زائد به سرعت از بدن خارج شوند. زیرا این مواد زائد تقریباً بازجذبی ندارند؛ بنابراین فیلتراسیون زیاد به خارج شدن سریع و موثر آنها کمک می کند.
2. بطوریکه به کلیه ها اجازه می دهد تا به طور دقیق و سریع حجم و ترکیب مایعات بدن را کنترل کنند.

❖ عوامل موثر بر جریان خون کلیوی

مقاومت عروق کلیوی / (فشار هیدروستاتیک) = میزان جریان خون کلیوی

فشار هیدروستاتیک:

فشاری است که توسط خون بر جدار مویرگ وارد می شود و موجب می شود مایعات تمایل دارند از داخل عروق خونی به داخل بافت رانده شود. بر اثر این نیرو یا فشار مواد درون رگ به خارج از رگ رانده خواهند شد.

مقاومت عروق کلیوی :

در صورت ثبات فشار هیدرواستاتیک، افزایش مقاومت کل عروقی، میزان جریان خون کلیوی را کاهش می دهد.

بنابراین دو بستر مویرگی، مویرگ های گلومرولی و مویرگ های دور توبولی وجود دارد که توسط آرتریول های وابران از یکدیگر جدا شده اند .

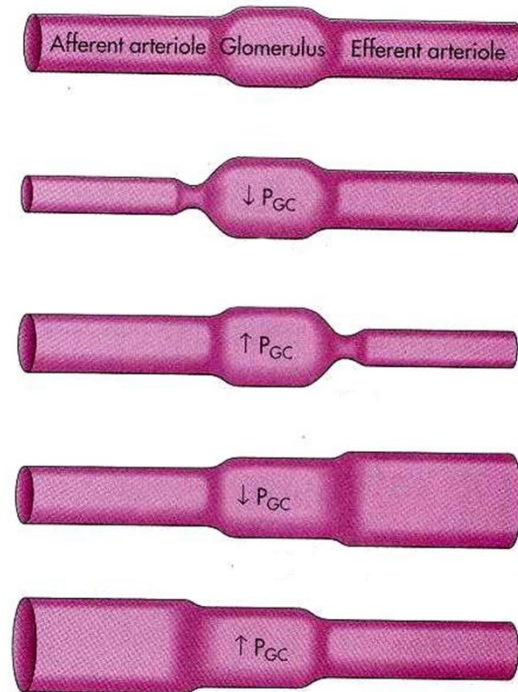
✓ فشار هیدروستاتیک بالا در «مویرگ های گلومرولی»، موجب فیلتراسیون سریع می شود؛ در حالیکه

فشار هیدروستاتیک پایین تر در «مویرگ های دور توبولی»، بازجذب سریع را امکانپذیر می کند.

✓ فشار هیدروستاتیک مویرگ های کلیوی اعم از گلومرولی و دور توبولی با مقاومت آرتریول های آوران

و وابران مرتبط است .

کلیه ها می توانند بسته به نیاز بدن با تغییر مقاومت آرتریول آوران و وابران، فشار هیدروستاتیک را در مویرگ های گلومرولی و دور توبولی تغییر دهند و به دنبال آن موجب تغییر میزان فیلتراسیون گلومرولی و بازجذب توبولی شوند. به عنوان مثال، با گشاد کردن آرتریول آوران و کاهش مقاومت آرتریول، فشار هیدروستاتیک آرتریول افزایش یافته و فیلتراسیون گلومرولی نیز افزایش می یابد.



❖ کنترل فیزیولوژیک فیلتراسیون گلومرولی و جریان خون کلیوی

1. سیستم عصبی سمپاتیک

سیستم عصبی سمپاتیک، می تواند آرتریول های آوران کلیوی را تنگ کرده و میزان جریان خون کلیوی و فیلتراسیون را کاهش دهد. این سیستم در کنترل کوتاه مدت نقش دارد.

2. هورمون ها

الف) اپی نفرین و نوراپی نفرین آزاد شده از قسمت مرکزی غده فوق کلیوی: می تواند آرتریول های آوران کلیوی را تنگ کرده و میزان جریان خون کلیوی و فیلتراسیون را کاهش دهد.

(ب) آنژیوتانسین II: یک تنگ کننده پرفدرت رگی کلیوی است. با کاهش فشار شریانی یا کاهش حجم خون، این هورمون آزاد می شود. آنژیوتانسین با تنگ کردن آرتریول های وابران، فشار هیدروستاتیک گلومرولی و فیلتراسیون را افزایش می دهد.

3. اوتاکوئیدها (مواد موثر بر رگ هاست که در کلیه آزاد شده و به صورت موضعی عمل می کند)

الف) اندوتلین، یک ماده تنگ کننده رگی است که از سلول های اندوتلیالی عروق آسیب دیده کلیه آزاد می شود. می تواند آرتریول های آوران را تنگ کرده و مانع از دست رفتن خون زیاد شود. میزان جریان خون کلیوی و فیلتراسیون را کاهش دهد.

ب) نیتریک اکساید: اوتاکوئیدی که توسط اندوتلیوم رگهای خونی آزاد می شود. آرتریول های آوران را گشاد کرده، مقاومت عروق کلیوی را کاهش داده و فیلتراسیون را افزایش می دهد.

ج) پروستاگلاندین E2 و I2، موجب گشادی عروقی، افزایش میزان جریان خون کلیوی و فیلتراسیون می شود.

د) برادی کینین، موجب گشادی عروقی، افزایش میزان جریان خون کلیوی و فیلتراسیون می شود.

❖ فیلتراسیون در مویرگ های گلومرولی

در «مویرگهای گلومرولی» میزان فیلتراسیون مویرگی (GFR) * به دو عامل بستگی دارد:

1) «فشار خالص تصفیه» برآیند فشارهای هیدروستاتیک و اسمزی کولوئیدی است که یا موافق یا مخالف

فیلتراسیون مویرگ های گلومرولی است. این نیروها شامل:

✓ فشار هیدروستاتیک گلومرولی (P_G): موجب پیشبرد تصفیه یا فیلتر می شود = 60 mm Hg

✓ فشار هیدروستاتیک کپسول بومن (P_B): با تصفیه مخالفت می کند = 18 mm Hg

✓ فشار اسمزی کولوئیدی پروتئین های پلاسمای مویرگ گلومرولی (π_G): با تصفیه مخالفت می کند = 32

mm Hg

✓ فشار اسمزی کولوئیدی پروتئین های کپسول بومن (π_B): موجب پیشبرد تصفیه می شود = صفر است.

2. «ضریب فیلتراسیون مویرگی» یا K_f معادل میزان فیلتراسیون گلومرولی / فشار خالص تصفیه می باشد.

$$GFR = K_f \times (P_G - P_B - \pi_G + \pi_B) = 12.5 \text{ ml/min} \times 10 = 125 \text{ ml/min}$$

*GFR= Glumerolar Filtration Rate

$$GFR = K_f \times (P_G - P_B - \pi_G + \pi_B)$$

1. بین فیلتراسیون و «ضریب فیلتراسیون مویرگی» ارتباط مستقیم وجود دارد.
2. بین فیلتراسیون و فشار هیدرواستاتیک مویرگ گلومرولی ارتباط مستقیم وجود دارد.
3. بین فیلتراسیون و فشار هیدروستاتیک کپسول بومن ارتباط عکس وجود دارد.
4. بین فیلتراسیون و فشار اسمزی کولوئیدی مویرگ گلومرولی ارتباط عکس وجود دارد.

A FORCES AFFECTING ULTRAFILTRATION

