

فهرست

فصل اول: آشنایی با وظیفه گردش خون	۷
فصل دوم: آشنایی با فشار خون سیستول و دیاستول، فشار نبض، فشار خون ریوی، فشار دینامیک و استاتیک	۱۵
فصل سوم: آشنایی با انواع مقاومت و ویژگی آنها	۲۲
فصل چهارم: آشنایی با عوامل مؤثر بر فشار نبض	۳۵
فصل پنجم: آشنایی با عوامل مؤثر بر خونرسانی به قلب	۴۵
فصل ششم: آشنایی با گردش خون در عروق کوچک و مویرگ‌ها	۵۱
فصل هفتم: آشنایی با فاکتورهای مؤثر بر فشار خون	۶۳
فصل هشتم: آشنایی با تنظیم عمومی جریان خون کوتاه مدت و بلند مدت هورمونی و یونی	۷۲
فصل نهم: آشنایی با مراکز عصبی مؤثر بر عروق	۸۴
منابع	۱۰۱

● فیزیولوژی یک رشته علمی است که همواره در حال تکامل و تغییر بوده و در درک عملکرد طبیعی بدن اهمیت دارد و ارتباط نزدیکی با آسیب‌شناسی و تشخیص بیماری‌ها دارد. اطلاعات فیزیولوژیکی در مورد سیستم گردش خون می‌تواند در درک و بررسی دقیق فرآیندهای آسیب‌شناختی گردش خون مفید باشد. کتاب حاضر که مروری مختصر بر مباحث فیزیولوژی گردش خون به همراه مفاهیم اساسی در این زمینه ارائه می‌دهد، برای پاسخگویی به نیازهای دانشجویان رشته‌های مختلف علوم پزشکی تهیه شده است.

● این کتاب بر اساس سال‌ها تجربه تدریس من در زمینه فیزیولوژی گردش خون در دانشکده‌های پزشکی، داروسازی، دندانپزشکی، پیراپزشکی، پرستاری و مامایی و با توجه به نیاز دانشجویان به کتاب‌ها و مقالات معتبر مختلف نوشته شده است. امیدوارم این کتاب بتواند کمک مؤثری به دانشجویان و همکاران در درک و فهم فیزیولوژی گردش خون ارائه دهد. یادداشت‌ها و یادآوری‌های دانشجویان در مورد خطاهای احتمالی قابل تقدیر است.

دکتر افشین نظری

بهار ۱۴۰۵

فصل اول

اهداف:

- ✓ آشنایی با وظیفه گردش خون
- ✓ توضیح مدار دستگاه قلب و گردش خون
- ✓ توضیح اجزاء مختلف گردش خون
- ✓ آشنایی با حجم خون در بخش‌های مختلف گردش خون

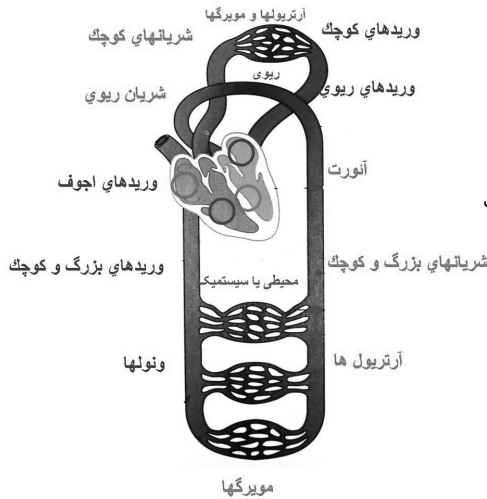
وظیفه گردش خون

به طور کلی بر آوردن نیاز بافت‌ها یعنی رساندن مواد غذایی و O_2 به آنها و دفع فرآورده‌های زائد آنهاست.

مدار دستگاه قلب و گردش خون

مدار گردش خون بدن به گردش خون بزرگ (گردش خون محیطی یا گردش خون سیستمیک) و گردش خون کوچک (ریوی) تقسیم می‌شود.

اگر به قلب و مدار گردش خون به عنوان یک سیستم نگاه کنیم قلب همانند پمپی است که خون را با نیروی زیاد به داخل شریان‌ها می‌فرستد و رگ‌ها عهده دار نقل و انتقالات خون و مواد لازم موجود در آن به بافت‌های بدن می‌باشند. پمپ اصلی گردش خون بزرگ بطن چپ است. بطن چپ با انقباض خود و با ایجاد حداکثر فشاری حدود 120 mmHg خون را وارد آئورت می‌کند و به تدریج که آئورت از قلب دور می‌شود به شاخه‌های فرعی و باریکتری تقسیم شده تا نهایتاً به مویرگ‌ها می‌رسد که محل تبادلات مواد غذایی، الکترولیت‌ها و هورمون‌ها با فضای بین بافتی است. پس از مویرگ‌ها سیستم وریدی تشکیل و سرانجام به دو ورید اجوف فوقانی و تحتانی ختم می‌شود که به دهلیز راست می‌ریزند. دهلیز راست محل خاتمه گردش خون بزرگ است و خون از دهلیز راست وارد بطن راست شده و از بطن راست که پمپ اصلی مدار گردش کوچک خون است وارد شریان ریوی شده که همانند شریان آئورت به شاخه‌ها و انشعابات زیادی تقسیم شده و نهایتاً به مویرگ‌های ریوی ختم می‌گردد. در اینجا پس از انجام تبادلات گازی چند مویرگ با هم یکی شده و وریدچه را تشکیل می‌دهد. سپس چند وریدچه با هم یکی و ورید بزرگتر و سرانجام به چهار ورید ریوی ختم می‌شود و در نهایت به دهلیز چپ که محل خاتمه گردش خون کوچکند می‌ریزند (شکل ۱-۱).



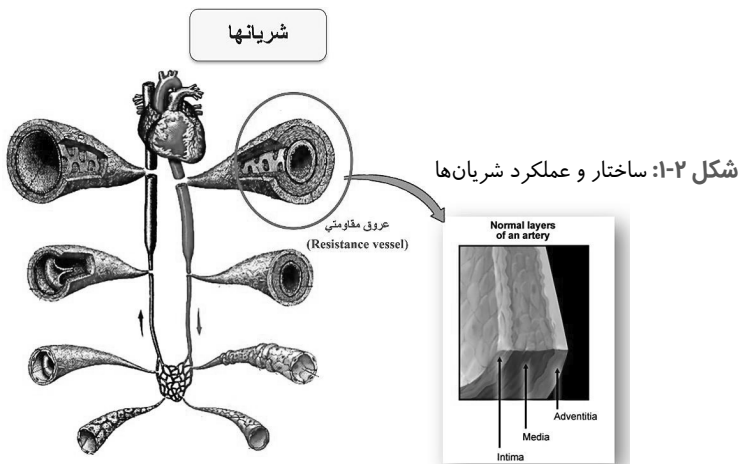
شکل ۱-۱: گردش خون بزرگ و کوچک

اجزاء مختلف گردش خون

گردش خون از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است که هر یک از آنها وظایف خاصی را بر عهده دارند. این اجزا علاوه بر این که از نظر ساختمانی متفاوتند از نظر مساحتی که اشغال کرده و وظیفه‌ای که بر عهده دارند یکسان نیستند. این اجزا به قرار زیر می‌باشند.

۱. شریان‌ها

شریان‌ها با جداره قوی خود وظیفه انتقال خون پر فشار را به بافت‌ها بر عهده دارند و یک توزیع کننده خون در سرتاسر بدن می‌باشند و ایجاد مقاومت یا اصطکاک در برابر جریان خون نموده لذا به آنها عروق مقاومتی (Resistance Vessel) می‌گویند (شکل ۱-۲).



شریان‌ها خون دارای اکسیژن بالا را به بافت‌ها انتقال می‌دهند. دارای جداری ضخیم با بافت ارتجاعی و عضله صاف گسترده می‌باشند و دارای فشار بالا هستند. حجم خون داخل شریان‌ها حجم تحت کشش (stressed volume) نامیده می‌شود.

دیواره همه شریان‌ها از یک لایه خارجی بافت همبند تحت عنوان آدوانتیس، یک لایه میانی عضلانی صاف به نام مدیا و یک لایه داخلی موسوم به اینتیمای تشکیل می‌شود. لایه اینتیمای از آندوتلیوم تشکیل می‌شود و در زیر آن بافت همبند وجود دارد (شکل ۱-۳).

۲. شریانچه‌ها

کوچکترین شاخه‌های سیستم شریانی هستند که به عنوان یک دریچه کنترل، میزان خون ورودی به جریان خون مویرگی را کنترل می‌کنند.

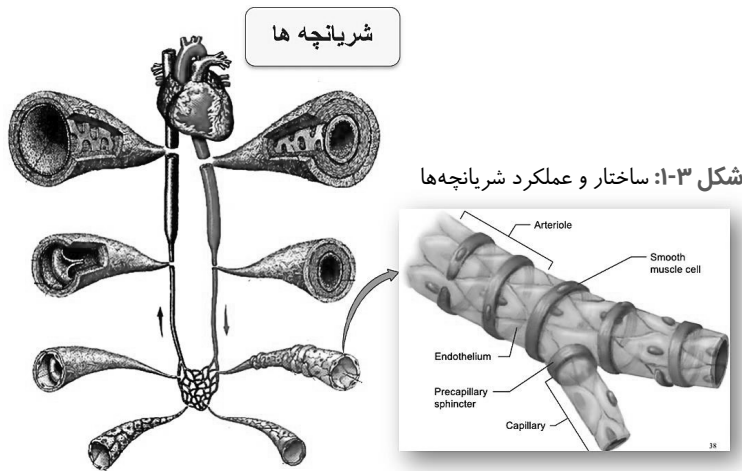
نکته

شریانچه‌ها بیشترین مقاومت در دستگاه قلب و عروقند و عضله صاف جدار آنها توسط فیبرهای عصبی اتونوم عصب‌دهی گسترده دارند.

مقاومت آرتیولی توسط سیستم عصبی اتونوم (ANS-Autonomic Nervous System) تنظیم می‌شود.

نکته

۱. گیرنده‌های α_1 آدرنژیک روی آرتیول‌های گردش خون پوست، احشاء و کلیه وجود دارند و تحریک آن‌ها از طریق واسطه‌های داخل سلولی ($Gq-IP_3-Ca^{2+}$) باعث انقباض آرتیول‌ها می‌شود.
۲. گیرنده‌های β_1 آدرنژیک روی آرتیول‌های عضله اسکلتی وجود دارند و تحریک آن‌ها از طریق واسطه داخل سلولی cAMP و باز کردن کانال‌های K^+ باعث اتساع آرتیول‌ها می‌شوند.



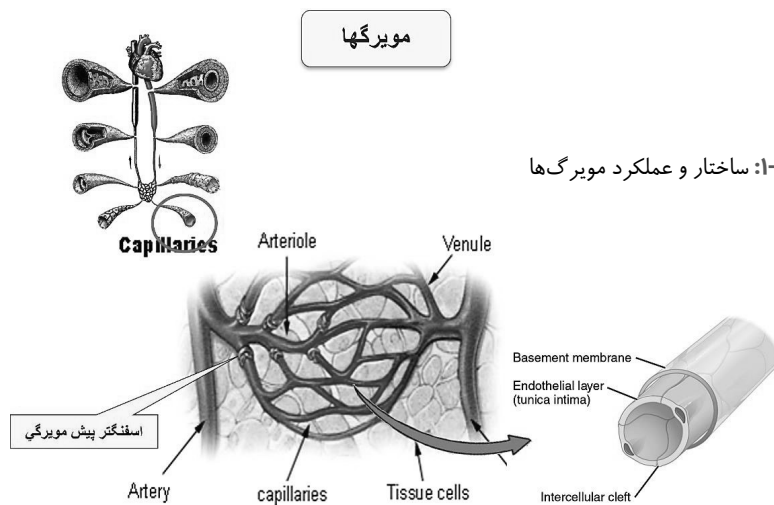
۳. مویرگ‌ها

مویرگ‌ها (capillaries) با جدار نازک و نفوذپذیر خود، وظیفه تبادل مواد بین خون و مایع میان بافتی را انجام می‌دهند. مویرگ‌ها بیشترین سطح مقطع و بیشترین جز از مساحت کل عروق را به خود اختصاص می‌دهند. از یک لایه سلول‌های آندوتلیال که توسط تیغه پایه (basal lamina) احاطه می‌شود، تشکیل شده است (شکل ۱-۴). مویرگ‌ها به دلیل اینکه تبادلات تغذیه‌ای در آنها انجام می‌شود، ساختمان خاصی دارند. در بدن انسان حدود 10^{10} بیلیون مویرگ میکروسکوپی وجود دارد که به طور میانگین قطر آنها ۱ میکرون و قطر بزرگ‌ترین آنها $2/0$ میلی متر است. شبکه‌های مویرگی دارای ۲ انتها اند یکی انتهای شریانی و دیگری انتهای وریدی. دیواره مویرگ‌ها همانند یک غشای نیمه تراوا عمل می‌کند و مواد و مایعات با مکانیسم خاصی بین فضای داخلی مویرگ و بین بافتی مبادله می‌شود. جریان خون در مویرگ‌ها معمولاً به طور مداوم نیست بلکه منقطع است. این امر را پدیده وازوموشن گویند.

نکته

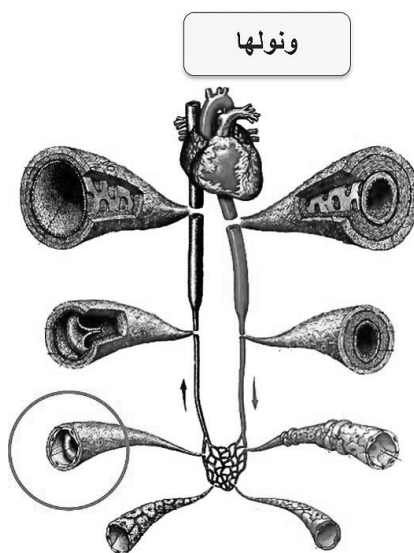
پدیده وازوموشن توسط انقباض تناوبی متآرتریول‌ها و اسفنگترهای پیش مویرگی ایجاد می‌شود.

هرچه مصرف اکسیژن بافت بیشتر باشد میزان باز و بسته شدن اسفنگتر جهت ارسال خون زیادتر می‌گردد.



۴. ونولها (Venules)

شامل وریدهای کوچک می‌باشند که از به هم پیوستن مویرگها بوجود می‌آیند (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱: ونولها

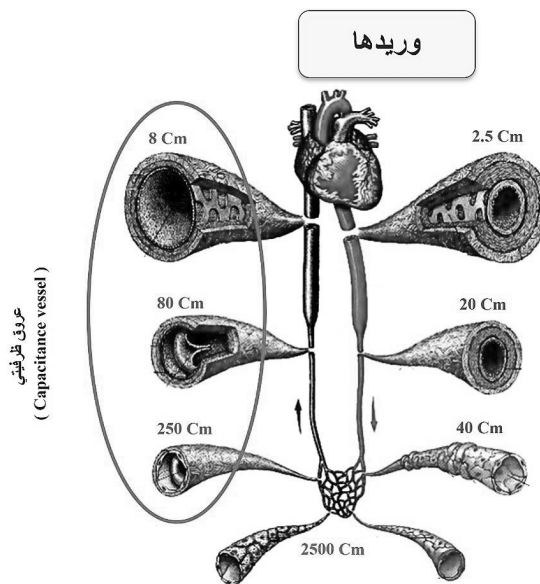
۵. وریدها

به عنوان معبری برای برگرداندن خون بافت‌ها به قلب عمل می‌کنند. علاوه بر این به دلیل پایین بودن فشار سیستم وریدی و قابلیت اتساع آن، وریدها می‌توانند به عنوان منبع ذخیره خون عمل کنند. پس چون وریدها قادر به ذخیره خون می‌باشند و نیز دارای مقاومت کمتری اند به آنها عروق ظرفیتی (Capacitance vessel) می‌گویند (شکل ۶-۱).

نکته

وریدها بیشترین خون را در خود جای می‌دهند.

از نظر ساختاری وریدها مانند شریان‌ها ۳ لایه دارند. منتهی رشته‌های الاستیکی و بافت عضلانی کمتری دارند و به راحتی دچار کولاپس (روی هم خوابیدن) می‌شوند. وریدها به تدریج به هم پیوسته و وریدهای بزرگ را می‌سازند. بزرگترین وریدها (وریدهای اجوف) خون را به قلب بر می‌گردانند.



شکل ۶-۱: سیستم وریدی و ساختمان آنها و سطح مقطع عروق

وریدها حاوی گیرنده‌های α_1 آدرنرژیک هستند و در صورت تحریک باعث انقباض وریدها و ارسال خون ذخیره شده به سیستم گردش خون می‌شوند.

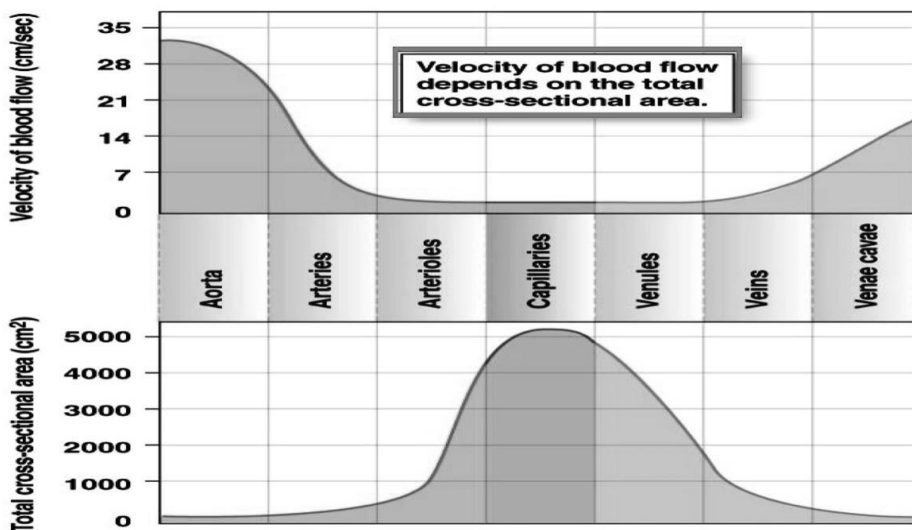
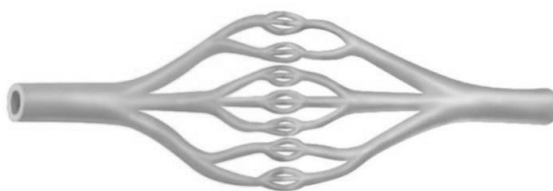
از نظر سطح مقطع آئورت، شریان‌های کوچک و بزرگ و آرتریول‌ها به ترتیب ۲/۵، ۲۰ و ۴۰ سانتی متر مربع می‌باشند و سطح مقطع مویرگ‌ها حدود ۲۵۰۰ سانتی متر مربع می‌باشد (شکل ۶-۱).

نکته

آئورت کمترین سطح مقطع و مویرگ‌ها بیشترین سطح مقطع را دارا می‌باشند.

نکته

سرعت خون در عروق متفاوت است و وابسته به سطح مقطع عروق می‌باشد. در شریان‌ها سرعت زیاد و لذا مدت توقف خون در آنها کمتر است. در حالیکه در مویرگ‌ها با سطح مقطع زیادی که دارند سرعت خون کمتر و لذا مدت زمان بیشتری خون در مویرگ‌ها باقی می‌ماند (شکل ۱-۷).
سرعت خون در مویرگ‌ها $1-3 \text{ mm/s}$ می‌باشد.



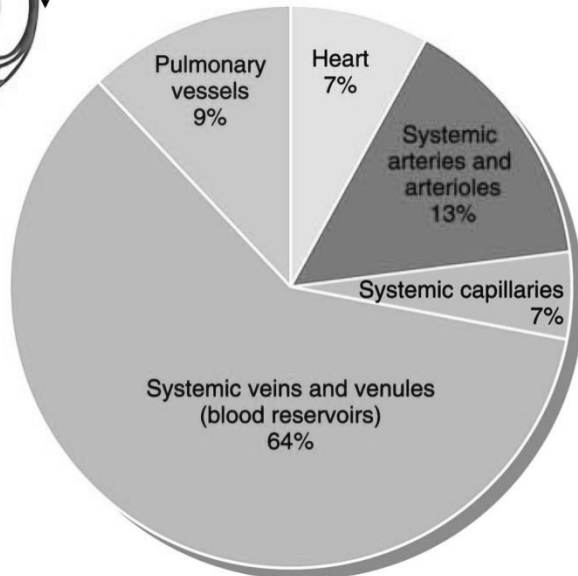
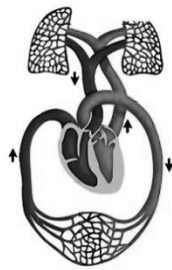
شکل ۱-۷: رابطه سطح مقطع عروق با سرعت جریان خون در عروق مختلف

نکته

به طور کلی هر چه از قلب دورتر می‌شویم سرعت خون کمتر و هر چقدر به سمت قلب نزدیکتر می‌شویم مثل وریدها سرعت خون افزایش می‌یابد و پس بیشترین سرعت جریان خون در شریان‌ها و کمترین سرعت جریان خون در مویرگ‌ها می‌باشد.

حجم خون در بخش‌های مختلف گردش خون

۸۴ درصد کل حجم خون در گردش خون سیستمیک و ۱۶ درصد بقیه در قلب و ریه‌ها جریان دارد. از ۱۶ درصد موجود در قلب و ریه‌ها ۷ درصد در قلب و ۹ درصد در گردش خون ریوی وجود دارد. از ۸۴ درصد خون گردش خون سیستمیک ۱۳ درصد در آئورت و شریان‌ها، ۷ درصد در آرتریول‌ها و مویرگ‌ها و ۶۴ درصد در وریدها و ونول‌ها وجود دارد (شکل ۸-۱).



شکل ۸-۱: درصد حجم خون در بخش‌های مختلف گردش خون

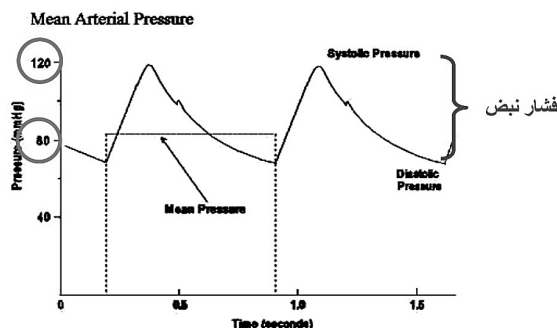
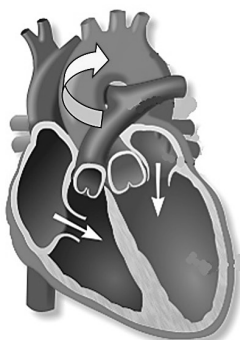
فصل دوم

اهداف:

- ✓ آشنایی با فشار خون سیستول و دیاستول، فشار نبض، فشار خون ریوی، فشار دینامیک و استاتیک
- ✓ توضیح مبانی فیزیکی فشار و جریان خون، قانون اهم و پوآزوی و واحد مقاومت
- ✓ توضیح جریان خون در بافت‌های مختلف بدن

فشار خون (Blood Pressure)

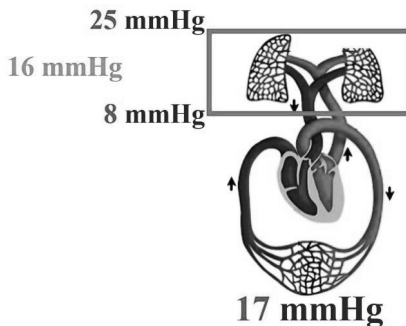
حفرات قلبی مخصوصاً بطن چپ با انقباض شدیدتری که دارند خون را با نیروی زیاد وارد شریان آئورت می‌کنند. فشار حاصله از این نیرو در زمان انقباض بطن چپ یعنی در حالت انقباض ۱۲۰-۱۰۰ میلی‌متر جیوه است که به آن فشار سیستولیک (systolic pressure) گویند و در هنگام استراحت فشار بطن تقریباً صفر است. اما در آئورت موقعی که خون وارد آن نمی‌شود (استراحت بطن) فشار برابر ۸۰ میلی‌متر جیوه است که آنرا فشار دیاستولیک (diastolic pressure) می‌گویند (شکل ۱-۲). اشتباهاً به نظر می‌رسد که فشار در آئورت موقع استراحت بطن صفر میلی‌متر جیوه است اما عملاً اینگونه نیست زیرا عروق با حالت الاستیکی که دارند می‌توانند قطر خود را کم و زیاد کرده و در تثبیت فشار خون نقش داشته باشند. پس از اینکه خون در گردش خون سیستمیک جریان می‌یابد، به تدریج از فشار آن کاسته می‌شود به طوریکه فشار خون در انتهای وریدهای اجوف در حد صفر میلی‌متر جیوه می‌رسد.



شکل ۱-۲: فشار سیستول، فشار دیاستول و فشار نبض عروق

در مویرگ‌ها فشار خون باید به اندازه‌ای باشد که در تبادل مواد غذایی و دفع مواد زائد از بافت‌ها موثر باشد. پس متوسط فشار مویرگی در بیشتر بسترهای مویرگی در حدود ۱۷ میلی‌متر جیوه است تا هدف فوق را برآورده کند (شکل ۲-۲).

اما در قسمت‌های مختلف گردش خون ریوی، فشار نسبت به فشار خون سیستمیک بسیار پایین‌تر است، به‌طوری‌که فشار سیستولیک ۲۵ میلی‌متر جیوه، فشار دیاستولیک ۸ میلی‌متر جیوه و فشار متوسط شریانی ۱۶ میلی‌متر جیوه می‌باشد (شکل ۲-۲).



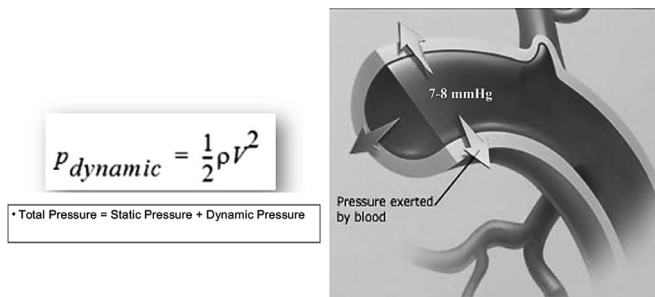
شکل ۲-۲: فشار خون در مویرگ‌ها و شریان‌های ریوی

نهایتاً در یک رگ دو نوع نیرو وجود دارد: ۱- نیرویی که خون به سطح جدار رگ اعمال می‌کند که همان فشار استاتیک یا فشار حضور می‌باشد (شکل ۲-۳).

نکته

فشار استاتیک یا فشار ناشی از وزن خون تحت عنوان فشار پرشدگی نیز می‌باشد و تقریباً ۷-۸ میلی‌متر جیوه است.

۲- نیرویی که خون به سمت جلو اعمال می‌کند و در آن سرعت نقش بارزتری دارد که همان فشار دینامیک می‌باشد (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳: نیروها و فشارهای موجود در عروق خونی، فرمول فشار دینامیک و فشار توتال