فیزیولوژی ورزشی قلبی-عروقی پیشرفته

ویرایش دوم

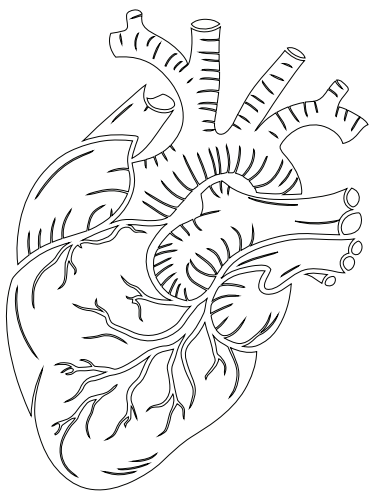
دنیس ال. اسمیت
بو فرنهال

مترجمان:
دکتر رحمان سوری
استاد دانشگاه تهران
حافظ بهزادی نژاد
دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تهران

ناشر نمونه کشور در سال ۹۳

فهرست مطالب

بخش اول: : فیزیولوژی قلبی و عروقی	**۹**
فصل ۱: مبانی دستگاه قلبی و عروقی	۱۰
فصل ۲: قلب به عنوان یک پمپ	۲۱
فصل ۳: میوسیت‌های قلبی	۴۴
فصل ۴: فعالیت الکتریکی قلب	۵۶
فصل ۵: الکتروکاردیوگرام	۷۴
فصل ۶: همودینامیک و گردش خون محیطی	۹۸
فصل ۷: ساختار و عملکرد عروق	۱۲۶
فصل ۸: هموستاز: انعقاد و فیبرینولیز	۱۴۶
بخش دوم: فیزیولوژی ورزش	**۱۶۳**
فصل ۹: پاسخ‌های قلبی و عروقی به فعالیت ورزشی هوازی حاد	۱۶۴
فصل ۱۰: سازگاری‌های قلبی و عروقی با تمرین هوازی	۱۹۹
فصل ۱۱: پاسخ‌های قلبی و عروقی به فعالیت ورزشی مقاومتی حاد	۲۳۲
فصل ۱۲: سازگاری‌های قلبی و عروقی با تمرین مقاومتی	۲۵۸



پیشگفتار

در چند دهه اخیر، پیشرفت‌های چشمگیری در درک علمی ما از عملکرد دستگاه قلبی و عروقی حاصل شده است که بسیاری از آنها در نتیجه تحقیقات علمی با هدف درک جنبه‌های سلولی و مولکولی دستگاه قلبی و عروقی رخ داده است. علاوه بر درک بهتر از مکانیسم‌های عملکرد قلبی و عروقی، در سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای انجام شده و درک ما از چگونگی تأثیر ورزش بر دستگاه قلبی و عروقی نیز به طور همزمان افزایش یافته است. این تلاش‌های تحقیقاتی منجر به درک بسیار بهتری از مکانیسم‌هایی شده است که از طریق آنها ورزش، محافظت قلبی[1] را فراهم می‌کند.

ازاین‌رو، هدف اصلی این متن فراهم آوردن منبعی جامع و یکپارچه است که اول: توصیفی روشن، دقیق و خلاصه از اجزای مختلف دستگاه قلبی‌عروقی، شامل قلب، عروق و خون ارائه دهد و دوم: به‌صورت نظام‌مند، اثرات فعالیت‌های حاد (هوازی و مقاومتی) و تمرینات مزمن (هوازی و مقاومتی) را بر هر یک از این اجزا به‌طور کامل تشریح کند. هدف دیگر، برجسته‌سازی تعاملات پیچیده میان اجزای دستگاه قلبی‌عروقی در حالت استراحت و هنگام فعالیت ورزشی است. این متن بر پایه‌ی جدیدترین پژوهش‌های علمی و پزشکی بنا شده تا عملکرد فیزیولوژیک، پاسخ‌های بدن به ورزش و سازگاری‌های ناشی از تمرین را با دقت توضیح دهد. بهره‌گیری گسترده از تصاویر، نمودارها و گرافیک‌های علمی در این اثر، به تبیین بصری و شفاف‌تر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی کمک کرده و درک پاسخ‌ها و سازگاری‌های تمرینی را تسهیل می‌کند. اگرچه این کتاب عمدتاً برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی یا کارشناسی پیشرفته‌ای تدوین شده است که به مطالعه‌ی اثرات ورزش بر دستگاه قلبی‌عروقی می‌پردازند، اما متخصصان بالینی و مراقبت‌های سلامت نیز می‌توانند از داده‌ها و یافته‌های پژوهشی آن درباره‌ی اثرات گسترده‌ی ورزش بر سیستم قلبی‌عروقی بهره‌مند شوند. در این مجموعه، تأکید ویژه‌ای بر نقش‌های حفاظتی و اثرات مفید ورزش منظم بر اجزای مختلف قلب و عروق و نیز سازوکارهای فیزیولوژیکی ایجادکننده‌ی این اثرات شده است. همچنین فرض بر این است که خوانندگان این اثر، با مبانی آناتومی، فیزیولوژی عمومی و فیزیولوژی ورزش آشنایی قبلی دارند.

نحوه سازماندهی این کتاب

این کتاب در دو بخش اصلی تنظیم شده است: بخش نخست به توصیف ساختار و عملکرد دستگاه قلبی‌عروقی اختصاص دارد و بخش دوم به بررسی جامع اثرات ورزش بر این دستگاه می‌پردازد. در بخش اول، تمرکز بر فیزیولوژی پایه‌ی قلب، عروق و خون است تا تصویری یکپارچه از نحوه عملکرد این سیستم ارائه شود. فصل اول، مروری کلی و منسجم بر عملکرد طبیعی دستگاه قلبی‌عروقی دارد و با ایجاد پایه‌ای نظری، نحوه‌ی همکاری و وابستگی متقابل اجزای مختلف سیستم را در حالت استراحت و حین فعالیت بدنی توضیح می‌دهد. فصل دوم قلب را به‌عنوان یک پمپ بررسی کرده و بر نقش آن در پمپاژ خون غنی از اکسیژن و تنظیم برون‌ده قلبی متناسب با نیازهای متابولیکی بدن تأکید می‌کند. فصل سوم ساختار و عملکرد سلول‌های عضلانی قلب (میوسیت‌ها) را که مسئول تولید نیروی انقباضی‌اند، به تفصیل تشریح می‌نماید. فصل چهارم به بررسی فعالیت الکتریکی قلب، از جمله سیستم هدایتی تخصصی و پتانسیل‌های عمل درون‌میوسیتی، می‌پردازد. فصل پنجم الکتروکاردیوگرام (ECG) را معرفی کرده و ارتباط میان فعالیت الکتریکی قلب و امواج ثبت‌شده در

1. Cardioprotection

ECG را به‌صورت بالینی تبیین می‌کند. فصل ششم در سطح ارگان به بررسی عملکرد عروق پرداخته و مباحث مهمی چون همودینامیک، تنظیم جریان خون و کنترل فشار خون را مورد بحث قرار می‌دهد. فصل هفتم وارد حوزه نسبتاً نوین زیست‌شناسی عروقی می‌شود و ساختار و عملکرد اندوتلیوم و عضله صاف عروقی را با تکیه بر یافته‌های جدید توضیح می‌دهد؛ از جمله چگونگی تأثیر مواد ترشح‌شده از اندوتلیوم بر قطر رگ و جریان خون. فصل هشتم به عملکرد هموستاتیک خون اختصاص دارد و فرآیندهای پلاکتی، انعقادی و فیبرینولیتیکی را با تأکید بر حفظ تعادل ظریف میان تشکیل لخته و جلوگیری از خون‌ریزی بیش از حد، تشریح می‌کند. بخش دوم کتاب به‌صورت نظام‌مند اثرات ورزش بر دستگاه قلبی‌عروقی را تحلیل می‌کند، به‌ویژه پاسخ‌های حاد و سازگاری‌های مزمن در دو نوع تمرین هوازی و مقاومتی. فصل نهم اثرات فوری یک جلسه ورزش هوازی را بر عملکرد قلب، عروق و شاخص‌های هموستاتیک بررسی می‌کند. فصل دهم به اثرات درازمدت تمرینات منظم هوازی بر ساختار و عملکرد قلب، عروق و فاکتورهای خونی می‌پردازد. در ادامه، فصل یازدهم اثرات حاد یک جلسه ورزش مقاومتی را بر متغیرهای عملکردی و ساختاری دستگاه قلبی‌عروقی و هموستاتیک توضیح می‌دهد. در نهایت، فصل دوازدهم اثرات مزمن تمرینات منظم مقاومتی را بر سازگاری‌های قلبی، عروقی و هموستاتیک مستند می‌سازد.

موارد جدید در این ویرایش

ویرایش دوم این متن شامل به‌روزرسانی‌های مهم زیر است:

- شکل‌های بهبود یافته (بازبینی شکل‌های موجود و افزودن شکل‌های جدید) برای ارائه وضوح بیشتر به محتوا
- بخش جدیدی در مورد هایپرتروفی بطنی
- اطلاعات جدید در مورد فشار خون مرکزی و اندازه‌گیری آن
- اطلاعات بیشتر در مورد پاتوفیزیولوژی سفتی شریانی و نحوه اندازه‌گیری آن
- محتوای به‌روز شده در مورد فشار خون ورزشی، از جمله اهمیت بالینی آن
- بخش جدیدی در مورد ورزش حاد طولانی‌مدت (ماراتن و اولترا‌ماراتن) بر عملکرد قلبی، شریانی و هموستاتیک
- اطلاعات به‌روز شده در مورد پرخونی ورزشی و اتساع عروقی
- بخش‌های جدید و به‌روز شده در مورد قابلیت اتساع شریانی به دنبال تمرینات ورزشی حاد و مزمن
- اطلاعات جدید در مورد عملکرد اندوتلیال، اثرات پیری و جنسیت، و مکانیسم‌های بالقوه و اثرات تمرینات ورزشی حاد و مزمن
- بخش جدیدی در مورد افت فشار خون پس از ورزش
- یافته‌های تحقیقاتی به‌روز شده، با در نظر گرفتن هم جمعیت‌های سالم و هم بیماران و پاسخ‌های آنها به تمرین مقاومتی حاد و همچنین سازگاری‌های آنها با تمرین مقاومتی و هوازی.

منابع مدرس

منابع برای مدرسان شامل یک بسته آزمون و بانک تصاویر است—که همگی برای این ویرایش جدید هستند. این منابع کمکی مدرس به صورت آنلاین در آدرس http://:com.humankinetics.hkpropel در دسترس هستند. علاوه بر این، پاسخ به سوالات مروری فصل و پاسخ‌های نمونه مطالعات موردی ارائه شده است.

- **بسته آزمون**. بسته آزمون حاوی بانکی از سوالات است که می‌توان آنها را برای ادغام با یک سیستم مدیریت یادگیری دانلود کرد یا به عنوان آزمون‌های کاغذی چاپ کرد.
- **بانک تصاویر**. بانک تصاویر بیشتر شکل‌ها و جداول کتاب چاپی را که بر اساس فصل سازماندهی شده‌اند، فراهم می‌کند. مدرسان می‌توانند از این تصاویر مستقل برای ایجاد ارائه‌ها، جزوات یا سایر مواد کلاسی خود استفاده کنند.
- **پاسخ‌های مطالعات موردی**. شامل سوالاتی برای ۱۵ مطالعه موردی ارائه شده در کتاب، به همراه پاسخ‌های نمونه است.
- **پاسخ به سوالات مروری**. مدرسان می‌توانند به سرعت به پاسخ سوالات مروری پایان هر فصل دسترسی داشته باشند.

در حالی که واضح است که یک کتاب درسی واحد نمی‌تواند به طور جامع تمام آنچه را که در مورد دستگاه قلبی و عروقی شناخته شده است، پوشش دهد، امید ما این است که اطلاعات ارائه شده در این متن چارچوبی را برای خوانندگان فراهم کند تا درک کنند که چگونه تمام اجزای دستگاه قلبی و عروقی با هم برای حمایت از ورزش عمل می‌کنند و چگونه آن اجزا با یک برنامه سیستماتیک تمرین ورزشی سازگار می‌شوند. دانشجویانی که مایل به انجام تحقیقات مرتبط با اثرات ورزش بر دستگاه قلبی و عروقی هستند، ممکن است با توجه به شکاف‌های موجود در دانش فعلی ما که در متن مشخص شده است، جهتی برای تحقیقات خود بیابند.

پیشگفتار مترجمین

دستگاه قلبی‌عروقی به عنوان پویاترین، انعطاف‌پذیرترین و کلیدی‌ترین سامانه حیاتی پشتیبان در ارگانیسم انسانی، نقشی متمایز، مینیاتوری و تعیین‌کننده در حفظ هومئوستاز، تنظیم تبادلات هیدرولیکی، موازنه اسید و باز و تامین نیازهای همودینامیک و بیوانرژتیک بافت‌های محیطی ایفا می‌کند. این دستگاه در مواجهه با چالش‌های فیزیولوژیک ناشی از فعالیت ورزشی ــ اعم از بارهای مکانیکی حاد و مزمن، انقباض‌های شدید عضلانی و تغییرات هورمونی سیستماتیک ــ متحمل سازگاری‌های جابه‌جاشونده و پویایی در ابعاد ساختاری، مکانیکی، الکتروفیزیولوژیک، سلولی و بیوشیمیایی می‌شود که مرزهای عملکرد حرکتی انسان را در قلمروهای استقامت و قدرت تعیین می‌نمایند. درک عمیق، مبنایی و متاتحلیلی این مکانیزم‌های تنظیمی و بازخوردهای همودینامیک، هستهآکادمیک و اصیل دانش فیزیولوژی ورزشی مدرن را در سطوح تحصیلات تکمیلی و پژوهش‌های پیشرفته دانشگاهی تشکیل می‌دهد. کتاب حاضر، تحت عنوان «فیزیولوژی ورزشی قلبی عروقی پیشرفته»، با اتکا بر متقن‌ترین شواهد تجربی، متاتحلیل‌های ساختاری و رویکردهای نوین تصویربرداری پزشکی، به تشریح عمیق، منسجم و عاری از تکلف پاسخ‌ها و سازگاری‌های قلب و عروق در بوته نقد علم می‌پردازد و مرزهای سنتی این رشته را به چالش می‌کشد.

ضرورت برگردان این اثر فوق‌تخصصی و مرجع از آنجا نشات گرفت که ادبیات علمی موجود در جامعه دانشگاهی کشور، غالباً پدیده‌های قلبی‌عروقی را به صورت پدیدارشناختی، سطحی، مجزا یا صرفاً در پاسخ‌های عمومی به فعالیت‌های هوازی بررسی کرده و از تبیین پیوستارِ مکانیکی–ملکولی حاکم بر همودینامیک ورزشی، به‌ویژه در حیطه تمرینات مقاومتی و چالش‌های ایزومتریک حادِ عاجز بوده‌اند. ویژگی بارز، بنیادین و متمایز متن آکادمیک این اثر، پرهیز قاطع و عمیق از هرگونه استعاره‌پردازی‌های عمومی، اصطلاحات عامیانه و ساختارهای بیانی مفرط ادبی است؛ رویکردی کاملاً جدی و منضبط که در آن اصالت واژگان تخصصی فدای آرایه‌های زبانی نشده و تمام گزاره‌ها با بالاترین درجه دقت آکادمیک، لحنی استوار، صراحت علمی و بیانی محکم معادل‌سازی شده‌اند تا بازتاب‌دهندهٔ دقیق ادبیات مقطع دکتری فیزیولوژی ورزشی باشند و به عنوان ابزاری کارآمد در دست محققان این رشته قرار گیرند.

رویکرد ساختاری این اثر بر پایه یک توالی منطقی و پیوستار مفهومی بی‌نظیر استوار است، به طوری که مفاهیم از هندسه و کلان‌ساختارهای قلب آغاز شده، به صورت زنجیره‌وار به بارهای مکانیکی و دینامیک عروقی متصل عمیق می‌گردند، با فاکتورهای سلولی و هموستاز خون گره می‌خورند و در نهایت به پاتوفیزیولوژی و کاربردهای بالینی ختم می‌شوند. کتاب با نقد و تبیین نظریه‌های بیومکانیکی و هندسه قلب، به‌ویژه بازتعریف و نقد فرضیه کلاسیک مورگانروت آغاز می‌شود تا تفاوت‌های بنیادی بین هایپرتروفی برون‌مرز ناشی از بار اضافی حجمی و افزایش بازگشت وریدی در تمرینات ریتمیک، و هایپرتروفی درون‌مرز حاصل از بار اضافی فشاری در تمرینات مقاومتی حاد را آشکار سازد. این دگرگونی‌های هندسی بطن چپ، مستقیماً به عنوان پیش‌شرط و بستر ورود به تحلیل‌های مکانیک سیستولی و دیاستولی در نظر گرفته می‌شوند؛ جایی که تغییرات کسر تخلیه‌ای، حجم ضربه‌ای، زمان شل شدن هم‌حجم و مکانیک پیچیده چرخش بطن چپ در پاسخ به چالش‌های ایزومتریک و داینامیک واکاوی می‌گردند. در واقع، این پیوند ساختاری به خواننده اثبات می‌کند که چگونه تغییر در ابعاد حفره یا ضخامت دیواره قلب، بلافاصله بازده مکانیکی، سرعت دیواره در فاز سیستول و توانایی مکش بطنی را

در مواجهه با بارهای سنگین دگرگون می‌سازد.

در ادامه این پیوستار ارگانیک و مکانیکی، با خروج خون از بطن چپ، جریان هیدرولیکی و ضربانی وارد شبکه شریانی می‌شود و متن به شکلی پویا از فاز قلبی به فاز عروقی شیفت می‌کند تا ارتباط متقابل این دو سیستم را آشکار سازد. در این بخش، اثر مستقیم شدت، حجم و به‌ویژه تواتر تمرینات بر شاخص‌های عملکرد اندوتلیال در عروق رسانا و مقاومتی، و همچنین تغییرات سختی شریان‌ها بر اساس استاندارد طلایی سرعت موج نبض تحلیل می‌شود. این تحلیل عروقی به محقق نشان می‌دهد که چگونه تغییرات فشار خون مرکزی و پس‌بار شریانی، مجدداً کار میوکارد و عملکرد سیستولی بطن را تحت تاثیر قرار می‌دهند و چرا اندازه‌گیری صرف فشار خون بازویی نمی‌تواند تصویر کاملی از سازگاری‌های عروقی ورزش را منعکس کند. از سوی دیگر، کتاب با نگاهی ژرف به ملاحظات متدولوژیک، سوگیری‌های ناشی از پیش‌انتخاب ژنتیکی ورزشکاران و فاکتورهای مخدوش‌کننده‌ای همچون مصرف استروئیدهای آنابولیک بر توده قلبی و سختی عروق را به چالش می‌کشد و حتی تفاوت‌های وابسته به جنسیت را در نیمرخ سازگاری‌های شریانی بررسی می‌کند.

اما لوله عروقی بدون بررسی ماهیت سیال درون آن کاملاً بی‌معنی خواهد بود؛ از این رو، کتاب در گامی منسجم‌تر، فاکتورهای سلولی خون و سیستم هموستاز را به این زنجیره متصل می‌کند. در این مرحله، پاسخ‌های گذرای هموستانیک شامل نوسانات فاکتور هشت، فعال‌شدن و تجمع مفرط پلاکتی ناشی از کاتکول‌آمین‌ها، و تغییرات سطح فیبرینوژن ناشی از پدیده تغلیظ خون متعاقب تمرینات حاد بررسی می‌شوند تا مشخص گردد ارگانیسم چگونه تعادل ظریف بین پتانسیل انعقادپذیری مفرط و سیستم لخته‌زدایی یا همان فیبرینولیز را جهت حفظ جریان خون برقرار می‌نماید. در نهایت، با تلفیق تمام این مفاهیم ساختاری، مکانیکی، عروقی و خونی که در طول کتاب تبیین شده‌اند، اثر وارد فاز پاتوفیزیولوژی و مداخلات تمرینی کلینیکی می‌شود. در این بخش پایانی، خواننده با تکیه بر دانش ساختاری فصول قبل، به درک مکانیسمی سندروم‌های قلبی، ایسکمی، مرگ ناگهانی ناشی از ورزش و ترومبوس‌های مسدودکننده سرخرگ کرونری دست می‌یابد و قادر خواهد بود برنامه‌های ورزشی ایمن، اختصاصی و گام‌به‌گام را جهت بازتوانی، بهبود اتساع‌پذیری بطنی و پیشگیری از حوادث قلبی در جوامع بالینی و ورزشکاران مستعد طراحی کند.

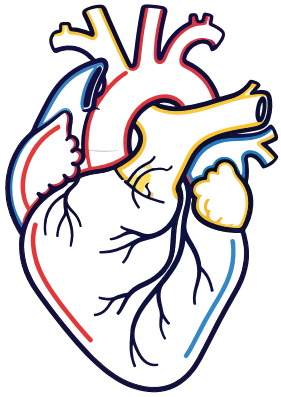
ترجمه و بازآفرینی متون فوق‌تخصصی و مرجع در حوزه علوم پزشکی و ورزشی، همواره گام برداشتن بر لبه ظریف امانتداری علمی و روانی بیان است؛ مسیری پُر فراز و نشیب که در آن، حفظ دقیق اصالت مفاهیم نویسندگان و روح حاکم بر اثر، بر هرگونه اعمال سلیقه نگارشی ارجحیت دارد. مترجمین این اثر، ضمن ابرازَ سپاس و قدردانی بیکران از تمامی اساتید معزز، پیشگامان فیزیولوژی ورزشی کشور و همکاران گرامی که با راهنمایی‌های ارزشمند خود در تدوین و بازخوانی این مجموعه نقش داشته‌اند، با گوش جان پذیرا و نیازمند دیدگاه‌های نقادانه، ارشادات و اصلاحات پیشنهادی جامعه دانشگاهی و دانشجویان دقیق این رشته هستند. بی‌تردید، هرگونه بازخورد علمی و تذکر اصولی از سوی شما بزرگواران، مایه امتنان بوده و با اصالت کامل در بازبینی‌های آتی و چاپ‌های بعدی کتاب اعمال خواهد شد تا این اثر به استاندارد طلایی و منبعی بی‌نقص در ادبیات فیزیولوژی ورزشی قلبی‌عروقی کشور بدل گردد.

رحمان سوری
استاد دانشگاه تهران
بهار ماه سال ۱۴۰۵

بخش اول:

فیزیولوژی قلبی و عروقی

دستگاه قلبی و عروقی از قلب، عروق و خون تشکیل شده است. دستگاه قلبی و عروقی به ورزش به شیوه‌ای پیچیده و یکپارچه پاسخ می‌دهد که به آن امکان می‌دهد نیازهای متابولیک عضلات در حال کار را برآورده سازد، سطوح لازم هموستاز را برای عملکرد بدن حفظ کند و به تهدیدات بالقوه بدن پاسخ دهد. در این بخش یک توضیح مختصر از ساختار و عملکرد هر جزء دستگاه قلبی و عروقی (قلب، عروق و خون) ارائه می‌شود و تأکید قابل توجهی بر چگونگی عملکرد سلول‌های ارگان‌ها و چگونگی کنترل عملکردهای آنها دارد. بخش دوم کتاب به توصیف این موضوع می‌پردازد که چگونه تمام اجزای دستگاه قلبی و عروقی به صورت یکپارچه به ورزش هوازی و مقاومتی و به برنامه‌های تمرینی پاسخ می‌دهند. مفید است که پاسخ یکپارچه به استرس ورزش را در طول هر فصل در بخش I در ذهن داشته باشید.



فصل ۱:

مبانی دستگاه قلبی و عروقی

اهداف یادگیری

- آناتومی قلب را توصیف کنید.
- مسیر خون را در گردش خون ریوی، گردش خون سیستمیک و قلب، و همچنین تغییرات غلظت اکسیژن خون در سراسر دستگاه گردش خون توصیف کنید.
- xam۲oV را تعریف کنید و چگونگی ارتباط آن با برون‌ده قلبی را شرح دهید. سه نوع شریان و سه نوع دیگر از عروق را نام ببرید و ویژگی‌های ساختاری آن‌ها را توصیف کنید.
- توضیح دهید که چگونه تفاوت‌های ساختاری در دیواره عروق به عملکرد آن‌ها کمک می‌کند.
- اجزای مختلف خون و نسبت آن‌ها به یکدیگر را تشریح کنید.
- عناصر شکل‌گرفته در خون و نقشی را که در دستگاه قلبی و عروقی ایفا می‌کنند، شناسایی کنید.

دستگاه قلبی و عروقی انسان، دستگاهی شگفت‌انگیز است که برای صدها سال الهام‌بخش حیرت و موجب تحقیقات جدی در میان پزشکان بالینی و پژوهشگران بوده است. در دوران باستان، قلب جایگاه احساسات ما تلقی می‌شد و حتی امروزه نیز تصویر قلب با مفهوم احساسات عاطفی گره خورده است. در سال ۱۶۲۸، ویلیام هاروی این نظریه را مطرح کرد که قلب، خون را در یک مدار عروقی بسته به حرکت درمی‌آورد. امروزه، هر دانش‌آموز دبیرستانی درک اولیه‌ای از نقش دستگاه قلبی و عروقی در بقای حیات دارد. با این وجود، پژوهشگران همچنان هر روز به اکتشافات جدید و هیجان‌انگیزی درباره دستگاه قلبی و عروقی دست می‌یابند، و اکتشافات اخیر، عمدتاً بر جنبه‌های سلولی و مولکولی عملکرد قلبی و عروقی متمرکز بوده است.

دستگاه قلبی و عروقی یک دستگاه ارگانی پیچیده است که به‌صورت یکپارچه با چندین دستگاه فیزیولوژیک دیگر عمل می‌کند. دستگاه قلبی و عروقی از سه جزء همپوشان و مرتبط با هم تشکیل شده است: قلب، عروق و خون. این اجزا با هم، عملکرد اساسی دستگاه قلبی و عروقی را فراهم می‌کنند: تحویل اکسیژن و مواد مغذی به سلول‌های بدن و حذف مواد زائد از سلول‌ها. دستگاه قلبی و عروقی عملکردهای متعددی را بر عهده دارد که می‌توان آن‌ها را در چندین دسته اصلی و گاهی همپوشان به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

۱. حمل‌ونقل و تحویل
   - حمل‌ونقل و تبادل گازهای تنفسی (اکسیژن و دی‌اکسید کربن)
   - حمل‌ونقل و تبادل مواد مغذی و مواد زائد

- حمل‌ونقل هورمون‌ها و سایر پیام‌رسان‌های شیمیایی

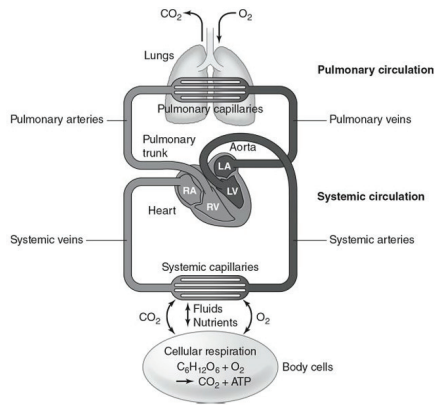
۲. تنظیم هموستاتیک[1]

- تعادل مایعات در میان بخش‌های مختلف مایعات بدن
- تنظیم فشار خون
- حفظ تعادل pH
- حفظ تعادل حرارتی

۳. محافظت

- جلوگیری از هدر رفتن خون از طریق سازوکارهای هموستاتیک[2]
- جلوگیری از عفونت از طریق گلبول‌های سفید خون و بافت لنفاوی

این عملکردهای ضروری به دلیل روابط عملکردی نزدیک بین دستگاه قلبی و عروقی و سایر دستگاه‌های اصلی بدن، به‌ویژه دستگاه‌های عصبی، تنفسی، غدد درون‌ریز، ایمنی، گوارش، ادراری، اسکلتی و پوششی، محقق می‌شوند. همان‌طور که در شماتیک ارائه شده در شکل ۱,۱ دیده می‌شود، قلب جریان خون را برای گردش خون ریوی و گردش خون سیستمیک فراهم می‌کند. گردش خون ریوی، خون کم‌اکسیژن را از بطن راست به مویرگ‌های ریوی انتقال می‌دهد، جایی که خون اکسیژن‌دار شده و به دهلیز چپ بازمی‌گردد. این فرآیند بر تعامل حیاتی بین دستگاه قلبی‌عروقی و دستگاه تنفسی تأکید دارد. به‌طور خلاصه، دستگاه تنفسی مسئول ورود اکسیژن به آلوئول‌ها (کیسه‌های هوایی) است، اکسیژن از دیواره نازک مویرگ‌ها به جریان خون نفوذ می‌کند و سپس قلب نیروی لازم برای توزیع خون اکسیژن‌دار به سلول‌های بدن را فراهم می‌کند. به همین ترتیب، دستگاه قلبی و عروقی دی‌اکسید کربنی را که در سطح سلولی تولید می‌شود به مویرگ‌های ریوی می‌رساند، جایی که به داخل ریه‌ها نفوذ کرده تا از طریق بازدم خارج شود. گردش خون سیستمیک، خون را به تمام دستگاه‌ها و بافت‌های اصلی بدن توزیع می‌کند و به‌طور گسترده با سایر دستگاه‌های بدن، به‌ویژه دستگاه‌های گوارش، ادراری و پوششی، برای انجام عملکردهای اصلی دستگاه قلبی و عروقی و حمایت از عملکرد آن دستگاه‌ها تعامل دارد.



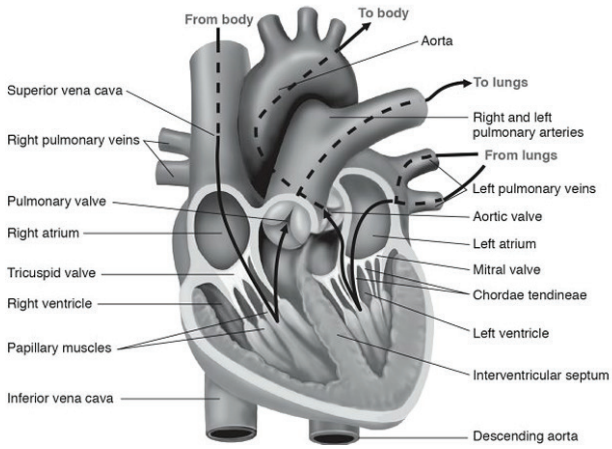
شکل ۱-۱. نمای کلی گردش خون ریوی و سیستمیک. گردش خون ریوی خون را به مویرگ‌های ریوی که آلوئول‌ها را احاطه کرده‌اند می‌رساند تا دی‌اکسید کربن را حذف و هموگلوبین را اکسیژن‌دار کند. گردش خون سیستمیک خون اکسیژن‌دار را به مویرگ‌های سیستمیک می‌رساند تا اکسیژن را برای سلول‌های بدن فراهم کرده و دی‌اکسید کربن را از آن‌ها حذف کند.

1. Homeostatic regulation
2. Hemostatic mechanisms

دستگاه قلبی‌عروقی نقش‌های متعددی در حفظ هموستازی بدن ایفا می‌کند که از آن جمله عبارت‌اند از: حفظ فشـار خون کافی برای پرفیوژن[1] بافت‌های بدن و در نتیجه تأمین سـطوح مطلوب اکسـیژن؛ حفظ تعادل اسید-باز در محدوده‌ای بسیار دقیق؛ تنظیم دمای بدن هم از طریق تولید عرق (که از پلاسما مشتق می‌شود) و هم از طریق افزایـش جریـان خون پوسـتی؛ و تنظیـم متابولیک به‌ویژه در زمینه سـطوح گلوکز خون. توانایـی خون برای لخته شـدن و جلوگیـری از هـدر رفتن خون هنگام آسـیب دیدن یـک رگ خونی، یک ویژگی محافظتی مهم دسـتگاه قلبی و عروقی اسـت. با این حال، تشـکیل لخته‌های خون در زمانی که به آن‌ها نیازی نیسـت، می‌تواند چالش‌های تهدیدکننده حیات ایجاد کند. اندوتلیوم عروقی[2] در شرایط استراحت، یک محیط ضد ترومبوتیک[3] ایجاد می‌کند اما در صورت اختلال در لایه اندوتلیال، می‌تواند به‌سـرعت فعال شـود. گلبول‌های سـفید خون(لکوسـیت ها) به سازماندهی پاسخ‌های ایمنی کمک می‌کنند و به‌طور گسترده با پروتئین‌های موجود در خون برای کمک به پاسخ التهابی و محافظت در برابر مهاجمان خارجی تعامل دارند.

اجزای دستگاه قلبی و عروقی

این فصل به‌طور خلاصه ساختار و عملکرد اجزای دستگاه قلبی و عروقی را مرور می‌کند تا به خواننده درکی از میزانی که تمام اجزای این دسـتگاه باید با هم کار کنند تا به عملکردهای توصیف‌شـده دسـت یابند، ارائه دهد. فصـول بعـدی سـاختار و عملکرد هر جزء را با جزئیات بیشـتری مورد بحث قـرار داده و توضیح خواهند داد که چگونه هر جزء به استرس ناشی از فعالیت ورزشی پاسخ می‌دهد.



شکل ۲-۱. ساختار قلب. دریچه‌ها نقش عمده‌ای در تضمین جریان یک‌طرفه خون در قلب ایفا می‌کنند.

قلب

دسـتگاه قلبی و عروقی از قلب، عروق و خون تشـکیل شـده است. قلب به‌عنوان پمپ دستگاه عمل می‌کند و نیروی انقباضی لازم برای توزیع خون به ارگان‌های مختلف را فراهم می‌آورد (شـکل ۱,۲ شـماتیکی از سـاختار قلب را ارائه می‌دهد). دهلیزها به‌عنوان حفره‌های دریافت‌کننده عمل می‌کنند. دهلیز راست خون را از ورید اجوف

1. Perfusion 2. Vascular Endothelium 3. Antithrombotic

فوقانی و تحتانی[1] دریافت می‌کند و دهلیز چپ، خون اکسیژن‌دار را از وریدهای ریوی دریافت می‌کند. بطن راست، خون را به ریه‌ها پمپ می‌کند (گردش خون ریوی[2])، در حالی که بطن چپ خون را به کل بدن پمپ می‌کند (گردش خون سیستمیک[3]). دیواره عضلانی قلب، میوکارد[4] نامیده می‌شود که به معنای «عضله قلب» است. عملکرد صحیح دریچه‌ها، جریان یک‌طرفه خون را در قلب تضمین می‌کند. اگرچه قلب یک ارگان نسبتاً کوچک است و در بزرگسالان سالم تقریباً ۳۰۰ تا ۳۵۰ گرم وزن دارد، حدود ۴٪ از جریان خون در حال استراحت را دریافت می‌کند و تقریباً ۱۰٪ از مصرف اکسیژن در حال استراحت را به خود اختصاص می‌دهد.

برون‌ده قلبی[5] مقدار خونی است که در یک دقیقه از بطن‌ها خارج می‌شود. این معیار، توانایی قلب در پمپاژ خون برای تأمین نیازهای بدن بر اساس دقیقه است. برون‌ده قلبی از حاصل‌ضرب ضربان قلب (تعداد ضربان در دقیقه) در حجم ضربه‌ای[6] (مقدار خون خارج‌شده در هر ضربان) تعیین می‌شود. در شرایط عادی و استراحت، برون‌ده قلبی تقریباً ۵ لیتر در دقیقه است، که عمدتاً به اندازه بدن بستگی دارد، اما این مقدار می‌تواند به‌سرعت برای تأمین نیازهای متغیر بدن تغییر کند. به عنوان مثال، در طول فعالیت ورزشی شدید، برون‌ده قلبی ممکن است پنج تا هفت برابر افزایش یابد تا نیازهای متابولیک عضلات در حال فعالیت را برآورده سازد.

عروق

عروق مسئول توزیع خون و اکسیژن، مواد مغذی و هزاران ماده دیگری هستند که خون در سراسر بدن حمل می‌کند. شکل ۱,۳ نمایی شماتیک از مدار دستگاه قلبی و عروقی را ارائه می‌دهد. اگرچه گردش خون به بیشتر ارگان‌ها به‌صورت موازی[7] است، اما کبد و توبول‌های کلیوی به‌صورت سری[8] قرار دارند. توزیع نسبی خونی که به هر یک از گردش‌ها تحویل داده می‌شود، به‌طور پیچیده‌ای توسط درجه انقباض عروقی[9] یا اتساع عروقی[10] در شریانچه‌هایی[11] که ارگان‌ها را تغذیه می‌کنند، کنترل می‌شود. درجه انقباض عضله صاف نیز به نوبه خود توسط کنترل بیرونی[12] (عصبی–هورمونی) و کنترل موضعی[13] (یعنی نیازهای متابولیک بافت) تعیین می‌شود.

عروق بسیار فراتر از مجاری ساده هستند؛ آن‌ها ارگان‌های پویایی هستند که دائماً قطر خود را تغییر می‌دهند تا جریان خون را برای برآوردن نیازهای بافت‌ها به جریان خون، تغییر دهند. دیواره عروق همچنین تعدادی میانجی شیمیایی آزاد می‌کند که در لخته شدن خون و پاسخ التهابی شرکت می‌کنند. داخلی‌ترین لایه رگ‌های خونی، اندوتلیوم[14]، نقشی حیاتی در حرکت مواد بین فضای عروقی و بافت زیرین، تنظیم تونوس عروقی[15] (انقباض و اتساع عروقی)، انعقاد خون و فیبرینولیز، و پاسخ‌های التهابی ایفا می‌کند. همانطور که بحران اخیر کووید–۱۹ نشان داده، اندوتلیوم نقش‌های متعددی بر عهده دارد، چرا که بسیاری از عوارض بالینی مرتبط با پیامدهای شدید این بیماری توسط پاسخ‌های اندوتلیال واسطه‌گری می‌شوند. این پاسخ‌ها شامل آزادسازی سیتوکین‌های التهابی (طوفان سیتوکینی)، افزایش نفوذپذیری عروق که به احتقان در اندام‌های مختلف می‌انجامد، و افزایش پتانسیل لخته زایی (میکروترومبوزها) هستند. از آنجا که اندوتلیوم می‌تواند در هر ارگانی تحت تأثیر قرار گیرد، پیامدهای بالینی متعددی می‌توانند با این اختلال اندوتلیال مرتبط باشند.

---

1. Superior and inferior vena cava
2. Pulmonary Circulation
3. Systemic Circulation
4. Myocardium
5. Cardiac output
6. Stroke Volume
7. Parallel
8. Series
9. Vasoconstriction
10. Vasodilation
11. Arterioles
12. Extrinsic
13. Local
14. Endothelium
15. Vascular Tone

نکته کلیدی

دستگاه قلبی و عروقی یک دستگاه ارگانی پیچیده است که از قلب، دستگاه عروقی و خون تشکیل شده و به فعالیت ورزشی پاسخ می‌دهد تا نیازهای متابولیک عضلات در حال فعالیت را برآورده سازد.

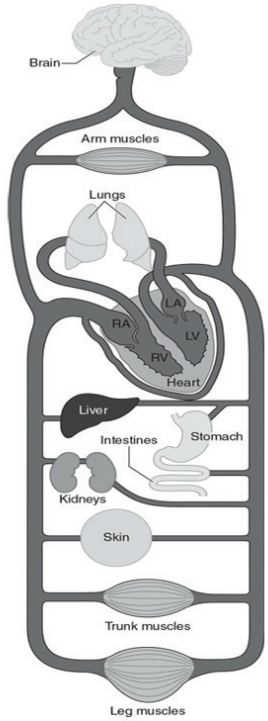
حداکثر اکسیژن مصرفی (Vo_2max)

حداکثر اکسیژن مصرفی (Vo_2max) معیار استاندارد آمادگی جسمانی کلی یک فرد است. همچنین یک معیار عملکردی از کل دستگاه قلبی و عروقی است. حداکثر اکسیژن مصرفی، ظرفیت دستگاه قلبی و عروقی برای تحویل خون (و اکسیژن موجود در آن) به عضله در حال فعالیت و توانایی آن عضله برای استفاده از اکسیژن تحویل داده شده را منعکس می‌کند. این امر مستلزم افزایش در مقدار کل خون پمپ شده توسط قلب (افزایش برون‌ده قلبی) و توزیع مجدد خون است به طوری که درصد بیشتری به عضله در حال فعالیت ورزشی و درصد کمتری به عضلات غیرفعال و ارگان‌هایی که در آن زمان به اکسیژن زیادی نیاز ندارند (مانند کلیه و دستگاه گوارش) هدایت شود. برون‌ده قلبی در حالت استراحت تقریباً ۵ لیتر در دقیقه است؛ در طول فعالیت ورزشی بیشینه ممکن است به مقادیر بیش از ۳۰ لیتر در دقیقه افزایش یابد. آنچه به همان اندازه شگفت آور است، نحوه توزیع مجدد برون‌ده قلبی در طول فعالیت ورزشی است. در حالت استراحت، تقریباً ۲۰٪ از برون‌ده قلبی (یا ۱ لیتر در دقیقه) به عضله اسکلتی توزیع می‌شود. در طول فعالیت ورزشی بیشینه، تقریباً ۹۰٪ از برون‌ده قلبی (یا ۲۷ لیتر در دقیقه) به عضله اسکلتی هدایت می‌شود.

سرعت و فشار خون در سراسر دستگاه عروقی

شکل ۱,۴ شماتیکی از سرعت، فشار خون و مقاومت جریان خون در گردش خون سیستمیک را ارائه می‌دهد و این متغیرها را به سطح مقطع عرضی عروق مرتبط می‌سازد. به صورت انفرادی، آئورت (بزرگترین شریان بدن) سطح مقطع عرضی بزرگتری نسبت به شریان‌های معمولی دارد، شریان‌ها سطح مقطع عرضی بزرگتری نسبت به شریانچه‌ها دارند، و شریانچه‌ها سطح مقطع عرضی بزرگتری نسبت به مویرگ‌ها دارند. با این حال، با توجه به انشعابات گسترده دستگاه عروقی، مویرگ‌ها با اختلاف زیاد، بیشترین سطح مقطع کل را دارند زیرا تعداد آنها بسیار زیاد است. سرعت خون در شریان‌های بزرگ به دلیل نیروی انقباض بطنی و به دلیل اینکه هنوز با مقاومتی مواجه نشده‌اند، بیشترین است. فشار خون در شریان‌های بزرگ به دلیل دوره‌های متناوب انقباض میوکارد (سیستول) و استراحت (دیاستول)، ضربانی[1] است. اگرچه فشار درون بطن‌ها در طول دیاستول تا نزدیک صفر میلی‌متر جیوه کاهش می‌یابد، فشار در شریان‌ها عموماً به مقادیر کمتر از ۷۰ میلی‌متر جیوه نمیرسد که این پدیده ناشی از فشاری است که در اثر بازگشت ارتجاعی دیواره‌ی عروق در طول دیاستول ایجاد می‌شود (اثر ویندکسل[2]). فشار خون و سرعت جریان با ورود خون به شریانچه‌ها (عروق مقاومتی) به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. جریان خون در مویرگ‌ها به دلیل سطح مقطع عرضی وسیعشان، کمترین سرعت را دارد، ویژگی ای که مویرگ‌ها را برای عملکرد تخصصی‌شان به عنوان محل تبادل گازها ایده‌آل می‌سازد. فشار خون نیز در مویرگ‌ها پایین است، که مزیتی بیولوژیکی محسوب می‌شود، چرا که فشار خون بالا، می‌تواند به راحتی به دیواره عروق مویرگ‌های ظریف آسیب برساند. سرعت خون در سمت وریدی با کاهش سطح مقطع کل عروق، افزایش می‌یابد. با این حال، فشار در سمت وریدی دستگاه بسیار پایین است زیرا خون از نیروی انقباضی قلب بسیار دور است. دریچه‌های یک‌طرفه در وریدها و پمپ عضلانی و عضلات تنفسی برای اطمینان از بازگشت کافی خون وریدی به قلب با توجه به گرادیان فشار پایین که خون را به سمت قلب هدایت می‌کند، ضروری هستند.

1. Pulsatile
2. Windkessel Effect



شکل ۳-۱. شماتیک مدارهای اصلی دستگاه قلبی و عروقی. گردش خون به بیشتر ارگان‌های سیستمیک به صورت موازی است، اما کبد و توبول‌های کلیه به صورت سری قرار دارند.

طبقه‌بندی عملکردی عروق

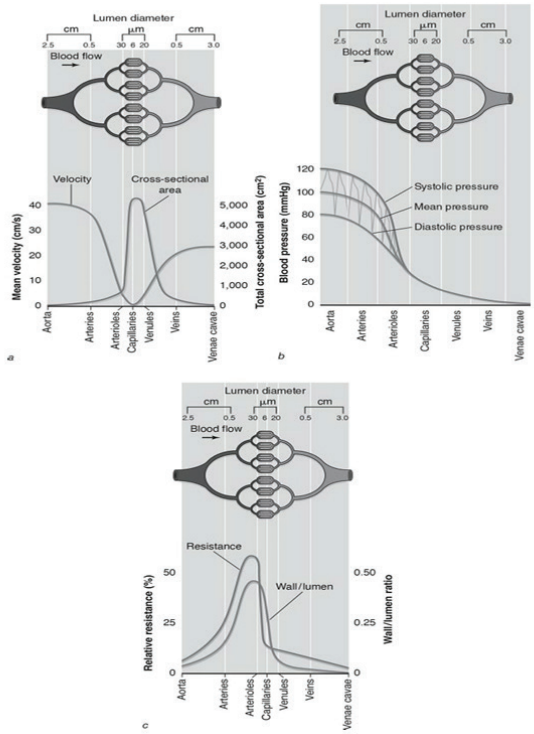
رگ‌های خونی را می‌توان بر اساس کلاس‌های عملکردی شناسایی کرد که عمدتاً توسط ویژگی‌های ساختاری دیواره رگ تعیین می‌شوند. جدول ۱,۱ قطر، ضخامت دیواره و ترکیب انواع مختلف عروق را خلاصه می‌کند.

نکته کلیدی

با وجود اینکه مویرگ‌ها به صورت انفرادی بسیار کوچک هستند، سطح مقطع عرضی کل تمام مویرگ‌ها بسیار بزرگ است و جریان خون در مویرگ‌ها کندتر از شریان‌ها یا وریدها است، که تبادل گاز را تسهیل می‌کند.

شریان‌های الاستیک[1] (مرکزی) بزرگترین شریان‌ها هستند (مانند آئورت و شریان‌های ایلیاک) و به دلیل مقادیر زیاد الاستین در لایه میانی[2]، بسیار اتساع‌پذیر هستند. شریان‌های عضلانی یا مجاری[3] شامل بسیاری از شریان‌های نام‌گذاری شده‌ای هستند که دانشجویان به طور معمول در آناتومی مطالعه می‌کنند، مانند شریان‌های رادیال، اولنار و پوپلیتئال، و شریان‌های مغزی و کرونری.

1. Elastic Arterie
2. Tunica media
3. Conduit



شکل ۴-۱. شماتیک (الف) سطح مقطع عرضی و سرعت، (ب) فشار خون، و (ج) مقاومت در سراسر دستگاه عروقی. کل برون‌ده قلبی در هر دقیقه از هر خطچین عبور می‌کند. فشار خون در شریان‌ها ضربانی است، اما با حرکت خون در شریانچه‌ها (عروق مقاومتی) به جریانی پیوسته تبدی می‌شود.

جدول۱-۱.مقایسه ساختاری رگ‌های خونی

	سرخرگ‌های الاستیکی	سرخرگ‌های عضلانی	شریانچه‌ها	مویرگ‌ها	سیاهرگ‌های کوچک	سیاهرگ بزرگ
قطر داخلی	۱/۵ سانتی‌متر	۰/۴ تا ۰/۶ سانتی‌متر	۳۰ میکرومتر	۹ میکرومتر	۲۰ میکرومتر	۰/۵ سانتی‌متر
ضخامت دیواره	۱ میلی‌متر	۱ میلی‌متر	۶ میکرومتر	۰/۵ میکر.متر	۱ میکرومتر	۰/۵ میلی‌متر
مواد تشکیل دهنده دیواره رگ (درصد)						
بافت اندوتلیال	۵	۵	۱۰	۹۵	۲۰	۱۰
بافت الاستیک	۶۰	۱۰ تا ۱۵	۱۰			۵
عضله صاف	۲۰ تا ۳۰	۶۵	۶۰		۲۰	۳۰
بافت فیبروزی	۱۵ تا ۲۵	۲۰	۲۰	۵	۲۰	۶۰

شـریان‌های عضلانی به این علت چنین نامیده می‌شـوند که حاوی مقادیر فراوانی عضله صاف در لایه میانی خود هستند. شل شدن این عضلات صاف موجب گشادشدن عروق و افزایش جریان خون می‌شود (با فرض ثابت

بودن فشار). این پدیده در جریان فعالیت ورزشی مشاهده می‌شود، هنگامی که عضلات صاف اطراف شریان‌های عضلانی و شریانچه‌های تغذیه‌کننده عضلات اسکلتی شل شده و جریان خون به سمت عضلات اسکلتی فعال افزایش می‌یابد.

شریان‌های انتهایی و شریانچه‌ها، عروق مقاومتی[1] نامیده می‌شوند زیرا آنها محل بیشترین مقاومت در درخت عروقی هستند. عروق مقاومتی، عمدتاً شریانچه‌ها، مسئول تعیین جریان خون موضعی هستند؛ آنها منبسط و منقبض می‌شوند تا اطمینان حاصل کنند که جریان خون موضعی با تقاضای متابولیک موضعی مطابقت دارد.

عروق تبادلی[2]، که عمدتاً از مویرگ‌ها تشکیل شده‌اند اما شامل کوچکترین عروق در دو طرف مویرگ‌ها نیز می‌شوند، عملکرد نهایی دستگاه قلبی و عروقی—تبادل گاز و متابولیت— را انجام می‌دهند. تبادل گاز و مواد مغذی در سراسر دیواره مویرگ به دلیل موارد زیر تسهیل می‌شود:

- مجموع سطح مقطع عرضی بزرگ مویرگ‌ها؛
- دیواره نازک رگ، که اساساً از یک لایه اندوتلیوم تشکیل شده و مانع کمی برای نفوذ ایجاد می‌کند؛
- کاهش سرعت خون هنگام عبور از مویرگ‌ها، که زمان کافی برای تبادل را فراهم می‌کند.

علاوه بر تبادل گازها و مواد مغذی در سراسر دیواره مویرگ، این رگ‌های کوچک همچنین تبادل مایعات را امکان‌پذیر می‌سازند که به حفظ تعادل مایعات کمک می‌کند.

عروق ظرفیتی[3] شامل ونول‌ها و وریدها می‌شوند و به این دلیل نام‌گذاری شده‌اند که در هر زمان معین تقریباً دو سوم حجم خون را در خود جای می‌دهند. توانایی جای دادن مقادیر زیادی خون مستقیماً به ویژگی‌های دیواره رگ مربوط است؛ ونول‌ها و وریدها دیواره نازکی دارند که حاوی یک لایه میانی نازک با مقدار کمی عضله صاف و کلاژن است. به دلیل دیواره نازکشان، وریدها می‌توانند به راحتی منبسط یا جمع شوند و بنابراین می‌توانند به عنوان مخزن خون در سیستم وریدی عمل کنند. از آنجا که وریدها توسط رشته‌های عصبی منقبض‌کننده عروق عصب‌دهی می‌شوند، حجم خون در سیستم وریدی می‌تواند به طور فعال کنترل شود.

خون

خون از عناصر تشکیل دهنده(سلول‌های خونی)[4] و پلاسما[5] تشکیل شده است. همانطور که در شکل ۱,۵ نشان داده شده است، تقریباً ۴۰٪ تا ۴۵٪ از حجم خون مربوط به عناصر شکل‌گرفته است، شامل اریتروسیت‌ها (گلبول‌های قرمز خون، RBC)، لکوسیت‌ها (گلبول‌های سفید خون، WBC) و ترومبوسیت‌ها (پلاکت‌ها). بخش باقیمانده خون، تقریباً ۵۵٪ تا ۶۰٪، از پلاسما تشکیل شده است.

عناصر تشکیل دهنده

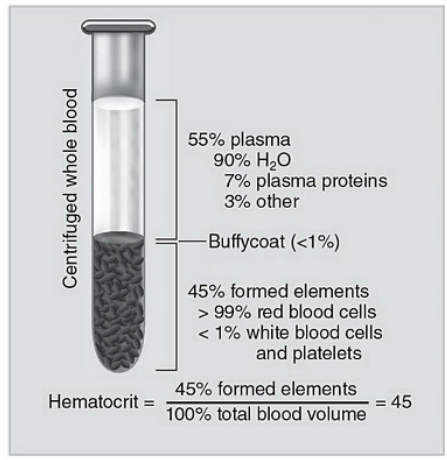
گلبول‌های قرمز، دیسک‌های مقعرالطرفین کوچکی هستند (با ضخامت حدود ۲/۴ میکرومتر و قطر ۸ میکرومتر) که مسئول انتقال اکسیژن از آلوئول‌های ریوی به مویرگ‌های سیستمیک می‌باشند، جایی که اکسیژن به درون سلول‌ها انتشار می‌یابد. این سلول‌های خونی تقریباً به‌طور کامل از هموگلوبین تشکیل شده‌اند؛ پروتئینی که مسئول قابلیت فوق‌العاده آن‌ها در اتصال و انتقال اکسیژن است.

1. Resistance vessels
2. Exchange vessels
3. Capacitance vessels
4. Formed elements
5. Plasma

نکته کلیدی

رگ‌های خونی در سراسر دستگاه عروقی ویژگی‌های ساختاری متفاوتی دارند و ساختار آنها عملکردشان را دیکته می‌کند.

لکوسیت‌ها بخش کوچکی (تقریباً ۱٪) از عناصر تشکیل دهنده خون را تشکیل می‌دهند. لکوسیت‌ها نقشی حیاتی در دفاع بدن، عملکرد ایمنی و التهاب ایفا می‌کنند. پنج نوع لکوسیت وجود دارد که هر کدام عملکردهای خاص و گاهی همپوشانی دارند.



شکل ۵-۱. اجزای خون. خون از پلاسما و عناصر تشکیل دهنده خون ساخته شده است. عناصر تشکیل دهنده شامل اریتروسیت‌ها، لکوسیت‌ها و پلاکت‌ها هستند؛ اما اریتروسیت‌ها بخش عمده این عناصر را به خود اختصاص می‌دهند.

ترومبوسیت‌ها (پلاکت‌ها) قطعات سلولی بسیار کوچکی (۲-۳ میکرومتر) هستند که نقشی حیاتی در شروع انعقاد خون ایفا می‌کنند. پلاکت‌ها همچنین با لایه اندوتلیال رگ‌های خونی تعامل دارند و در فرآیند پاتولوژیک تشکیل پلاک آترواسکلروتیک[1](تصلب شرایین) نقش دارند. پلاکت‌ها از سلول‌های بسیار بزرگی به نام مگاکاریوسیت‌ها مشتق می‌شوند که به قطعات کوچک شکسته شده و به عنوان پلاکت در خون گردش می‌کنند.

پلاسما

پلاسما بخش مایع خون است که مسئول حمل و توزیع عناصر تشکیل دهنده، و همچنین مواد مغذی، هورمون‌ها و سایر مواد است. پلاسما عمدتاً از آب تشکیل شده است اما همچنین حاوی بسیاری از پروتئین‌های حیاتی، مواد مغذی، الکترولیت‌ها، گازهای تنفسی و هورمون‌ها است (جدول ۱,۲).

جدول۲-۱.ترکیب پلاسما

مواد تشکیل دهنده	توضیح و اهمیت
آب	۹۰ درصد حجم پلاسما آب است. محلول و تا حدی معلق. با حرارت نفوذ می‌کند.
مواد محلول	

1. Atherosclerotic Plaque

مواد تشکیل دهنده	توضیح و اهمیت
پروتئین‌های پلاسما	۸ درصد حجم پلاسما را تشکیل می‌دهد. همگی در تعیین فشار اسمزی نقش دارند و به حفظ تعادل مایعات کمک می‌کنند. هر پروتئین نقش خاصی دارد.
آلبومین	۶۰ درصد پروتئین پلاسما را آلبومین تشکیل می‌دهد. بیشترین نقش را در تعیین فشار اسمزی دارد.
گلوبولین‌های آلفا	۳۶ درصد پروتئین پلاسما را گلوبولین‌ها تشکیل می‌دهند. در انتقال پروتئین‌هایی که به چربی متصل می‌شوند، یون‌هایفلزی و ویتامین‌های محلول در چربی نقش دارند. همچنین موجب آزادسازی آنتی‌بادی‌ها از سیستم ایمنی هنگام پاسخ‌های ایمنی می‌شوند.
فیبرینوژن	۴ درصد پروتئین‌های پلاسما را فیبروژن تشکیل می‌دهد. هنگام انعقاد خون موجب، تشکیل فیبرین می‌شود.
مواد نیتروژنی غیر پروتئینی	محصول جانبی متبولیسم سلولی هستند که شامل اوره، اسید اوریک، کراتینین و نمک‌های آمونیوم می‌شوند.
مواد مغذی (آلی)	مواد مغذی که از سیستم گوارش جذب شده‌اند.
الکترولیت‌ها	کاتون‌ها و آنیون‌ها. به حفظ فشار اسمزی پلاسما و PH خون کمک می‌کنند.
گازهای تنفسی	اکسیژن و دی‌اکسید کربن. یا در پلاسما حل می‌شوند، یا در مورد CO_2 به یون بی‌کربنات متصل می‌شوند و یا به هموگلوبین موجود در گلبول قرمز می‌چسبند.
هورمون‌ها	میانجی‌های شیمیایی که در خون منتقل می‌شوند.

پاسخ‌های قلبی و عروقی به فعالیت ورزشی

بـه طـور خلاصه، فعالیت ورزشـی نیـازی فزاینده برای تأمین اکسـیژن به عضلات در حـال فعالیت به منظور افزایش تولید آدنوزین تری‌فسفات (ATP) برای پشتیبانی از انقباض مداوم عضلات ایجاد می‌کند. همزمان، نیاز به دفع دی‌اکسید کربن افزایش یافته که در نتیجه افزایش تنفس سلولی تولید شده است نیز وجود دارد. دو سازگاری برای دستیابی به این اهداف رخ می‌دهد:

- ضربان قلب و نیروی انقباض افزایش می‌یابد که منجر به افزایش زیاد در برون‌ده قلبی می‌شود.
- برون‌ده قلبی باز توزیع مجدد می‌شود زیرا رگ‌های خونی در مناطق مختلف بدن قطر خود را تنظیم می‌کنند تا خون بیشتری به عضله در حال فعالیت و خون کمتری به نواحی غیرفعال عرضه شود.

این سـازگاری‌ها در نتیجه تغییرات در سـلول‌های میوکارد و سـلول‌های عضله صاف اطراف رگ‌های خونی رخ می‌دهند. به نوبه خود، این سلول‌های عضلانی ممکن است به تغییرات در محرک‌های عصبی (دستگاه عصبی سـمپاتیک)، محرک‌های هورمونی (مانند کاتکولامین‌ها)، محرک‌های شـیمیایی موضعی (شامل نیتریک اکساید) و محرک‌های مکانیکی (مانند درجه کشـش) پاسـخ دهند. علاوه بر سازگاری‌هایی که تحویل اکسیژن و حذف مواد زائد را افزایش می‌دهند، دسـتگاه قلبی و عروقی به فعالیت ورزشـی به روش‌هایی سازگار می‌شود که هموستاز را حفظ کرده و توانایی بدن برای مقابله با یک تهدید (مانند عفونت یا خونریزی) را افزایش می‌دهد. برای برآوردن این نیازها:

- اتلاف گرما افزایش می‌یابد (به دلیل افزایش تعریق و افزایش جریان خون پوستی)؛
- سطوح در گردش لکوسیت‌ها افزایش می‌یابد؛ و
- پتانسیل انعقادی و فیبرینولیتیک[1] (تجزیه لخته) افزایش می‌یابد.

1. Fibrinolytic

خلاصه

دستگاه قلبی و عروقی از قلب، عروق و خون تشکیل شده است. دستگاه قلبی و عروقی به فعالیت ورزشی به روشی پیچیده و یکپارچه پاسخ می‌دهد که به آن امکان می‌دهد نیازهای متابولیک عضلات در حال فعالیت را برآورده سازد، سطوح لازم هموستاز را برای عملکرد بدن حفظ کند و به تهدیدات بالقوه بدن پاسخ دهد. پاسخ یکپارچه به استرس فعالیت ورزشی در بخش بعدی این متن به تفصیل شرح داده شده است.

نکته کلیدی

خون حاوی عناصر تشکیل دهنده، از جمله گلبول‌های قرمز و سفید خون، و پلاسما است. خون اکسیژن را از مویرگ‌های ریوی به سلول‌های سراسر بدن حمل می‌کند و دی‌اکسید کربن را از سلول‌ها به مویرگ‌های ریوی می‌برد تا از طریق ریه‌ها خارج شود. پروتئین‌های پلاسما با دیواره رگ (اندوتلیوم) برای حفظ هموستاز تعامل دارند و خون همچنین نقشی حیاتی در حفظ تعادل pH و الکترولیت‌ها ایفا می‌کند.

فصول باقی‌مانده در این بخش، جزئیات مربوط به ساختار و عملکرد هر یک از اجزای دستگاه قلبی‌عروقی (قلب، عروق و خون) را ارائه می‌دهند و تأکید قابل‌توجهی بر نحوه عملکرد سلولی اندام‌ها و چگونگی تنظیم فعالیت‌های آنها دارند. بخش دوم کتاب تشریح می‌کند که چگونه تمامی اجزای دستگاه قلبی‌عروقی به‌صورت یکپارچه به فعالیت هوازی و مقاومتی و نیز به برنامه‌های تمرینی پاسخ می‌دهند. مفید خواهد بود که در طول مطالعه هر فصل، پاسخ یکپارچه سیستم به استرس ناشی از فعالیت ورزشی را در ذهن نگه دارید.

سوالات مروری

۱. سه عملکرد اصلی دستگاه قلبی و عروقی چیست؟
۲. مسیر یک گلبول قرمز خون را در حین عبور از قلب، با شروع و پایان در شریان‌های سیستمیک، توصیف کنید.
۳. پنج شاخه از دستگاه عروقی را که خون هنگام حرکت از آئورت به وریدهای اجوف از آنها عبور می‌کند، و چگونگی تغییر سرعت خون، مقاومت و فشار خون برای هر یک را فهرست کنید.
۴. ویژگی‌های شریان‌های الاستیک (مرکزی) و شریان‌های عضلانی/انتقالی چیست و چه اهدافی را دنبال می‌کنند؟
۵. کدام عروق به عنوان عروق مقاومتی، عروق تبادلی و عروق ظرفیتی طبقه‌بندی می‌شوند و چرا؟