



فصل ۸ دستگاه‌های گردش خون

۳۸۹ قلب‌های مهره‌داران
 ۳۸۹ میوکارد می‌تواند اسفنجی یا متراکم باشد
 ۳۹۰ حفره‌های قلبی ماهی‌ها به‌طور متوالی قرار دارند
 ۳۹۱ دوزیستان قلب سه‌حفره‌ای دارند
 ۳۹۱ بیشتر خزندگان قلب پنج‌حفره‌ای دارند
 ۳۹۲ پرندگان و پستانداران قلب چهارحفره‌ای دارند
 ۳۹۳ ■ کادر ۴.۸ تکامل و تنوع عمل شنت در کروکودیل‌ها
 ۳۹۴ سیکل قلبی
 ۳۹۴ قلب ماهی به‌طور متوالی منقبض می‌شود
 ۳۹۵ سیکل قلبی پستانداران مشابه ماهی‌هاست
 ۳۹۶ قلب برخی از مهره‌داران به‌طور فعال پر می‌شود
 ۳۹۶ کنترل انقباض
 ۳۹۷ سلول‌های پیس‌میکر، ضربان قلب را راه‌اندازی می‌کنند
 دستگاه‌های عصبی و آندوکرینی می‌توانند سرعت پتانسیل‌های پیس‌میکری را تنظیم کنند
 ۳۹۸ دیپلاریزاسیون‌های پیس‌میکری از طریق اتصالات منفذدار منتشر می‌شوند
 ۳۹۹ پتانسیل‌های عمل قلبی دارای مرحلهٔ دیپلاریزاسیون طولانی‌تری هستند
 ۴۰۰ مسیرهای هدایتی باعث انتشار دیپلاریزاسیون در قلب می‌شوند
 فعالیت الکتریکی هماهنگ قلب را می‌توان با الکتروکاردیوگرام (EKG) تشخیص داد
 ۴۰۱ قلب به‌صورت اندامی منسجم عمل می‌کند
 ۴۰۲ برون‌ده قلبی محصول ریت قلبی و حجم ضربه‌ای است
 ۴۰۳ دستگاه‌های عصبی و آندوکرینی می‌توانند حجم ضربه‌ای را تنظیم کنند
 ۴۰۵ حجم پایان دیاستولی، حجم ضربه‌ای را تعدیل و تنظیم می‌کند
 ۴۰۶ تنظیم فشار و جریان خون
 ۴۰۶ تنظیم جریان خون
 شریانچه‌ها توزیع خون را کنترل می‌کنند
 ۴۰۶ فعالیت متابولیسمی بافت بر جریان خون تأثیر می‌گذارد
 ۴۰۸ دستگاه‌های عصبی و آندوکرینی قطر شریانچه‌ها را تنظیم می‌کنند
 ۴۰۹ تنظیم فشار خون
 شریان‌ها، نوسانات فشار را کاهش می‌دهند
 ۴۱۰ متوسط فشار شریانی توسط فشارهای سیستولی و دیاستولی تعیین می‌شود
 ۴۱۰ پمپ‌های عضلهٔ اسکلتی و تنفسی به بازگشت وریدی به قلب کمک می‌کنند
 ۴۱۲ وریدها به‌عنوان منبع ذخیرهٔ خون عمل می‌کنند
 ۴۱۲ مقاومت محیطی بر فشار تأثیر می‌گذارد

۳۶۸

۳۷۰

۳۷۰

۳۷۰

۳۷۱

۳۷۲

۳۷۲

۳۷۳

۳۷۳

۳۷۴

۳۷۵

۳۷۶

۳۷۶

۳۷۸

۳۷۸

۳۷۸

۳۸۱

۳۸۱

۳۸۲

۳۸۲

۳۸۳

۳۸۳

۳۸۴

۳۸۴

۳۸۵

۳۸۶

۳۸۶

۳۸۷

۳۸۷

۳۸۸

نگاه کلی

ویژگی‌های دستگاه‌های گردش خون

اجزای دستگاه‌های گردش خون

دستگاه‌های گردش خون از ساختارهای پمپ‌کنندهٔ متنوعی استفاده می‌کنند

دستگاه‌های گردش خون باز یا بسته هستند

دستگاه‌های گردش خون چند نوع مایع را پمپ می‌کنند

تنوع دستگاه‌های گردش خون

بیشتر کرم‌های حلقوی دارای دستگاه گردش خون بسته هستند

بیشتر نرم‌تنان دارای دستگاه گردش خون باز هستند

همهٔ بندپایان دارای دستگاه گردش خون باز هستند

طنابداران دارای هر دو نوع دستگاه گردش خون باز و بسته هستند

دستگاه گردش خون بسته در جانوران چندین بار تکامل یافته است

الگوی گردش خون مهره‌داران

رگ‌های خونی مهره‌داران دیواره‌هایی تخصص‌یافته دارند

ضخامت دیوارهٔ رگ‌های مختلف، متفاوت است

رگ‌های خونی دستخوش آنژیوژنز می‌شوند

■ کادر ۱.۸ ژنتیک و ژنومیک آنژیوژنز (رگ‌زایی)

دستگاه گردش خون مهره‌داران حاوی یک یا چند پمپ است

پستانداران و پرندگان گردش‌های ششی و سیستمیک کاملاً مجزا دارند

بسیاری از تتراپودها گردش‌های ششی و سیستمیک نسبتاً مجزا دارند

فیزیک دستگاه‌های گردش خون

شعاع لوله بر مقاومت آن تأثیر می‌گذارد

جریان کل در همهٔ بخش‌های دستگاه گردش خون ثابت است

■ کادر ۲.۸ مبانی ریاضی معادلهٔ پوازوی

فشار و سطح مقطع عرضی، سرعت جریان را تعیین می‌کنند

فشار خون بر دیواره‌های رگ‌های خونی نیرو وارد می‌کند

قلب‌ها

قلب بندپایان

■ کادر ۳.۸ روش‌ها و سیستم‌های مدل فاکتورهای رونویسی و تکوین قلب

۴۴۴	تهویه و تبادل گاز	۴۱۲	رفلکس بارورسپتور، ابزار اصلی تنظیم MAP است
۴۴۵	تهویه و تبادل گاز در آب	۴۱۳	کلیه‌ها نقش اصلی را در حفظ حجم خون بازی می‌کنند
۴۴۵	بیشتر نرم‌تنان آبشش‌های خود را با استفاده از مژک‌ها تهویه می‌کنند	۴۱۴	فشار خون می‌تواند مایع را از مویرگ‌ها بیرون براند
۴۴۶	آبشش‌های سخت‌پوستان روی ضمام آنها قرار دارند	۴۱۶	دستگاه لنفاوی، مایع تصفیه‌شده را به دستگاه گردش خون باز می‌گرداند
۴۴۶	خارپوستان ساختارهای تنفسی متنوعی دارند	۴۱۷	تغییر در وضعیت بدن، فشار و جریان خون را تغییر می‌دهد
۴۴۶	لامپری‌های در حال تغذیه، شش‌های خود را با الگوی جزرومدی	۴۱۷	تغییر در وضعیت بدن ممکن است باعث کاهش فشار خون
۴۴۸	تهویه می‌کنند	۴۱۸	اورتوستاتیک شود
۴۴۸	الاسموبرانش‌ها از پمپ دهانی برای تهویه استفاده می‌کنند	۴۱۹	خون
۴۴۹	ماهی‌های استخوانی برای تهویه از پمپ دهانی - اوپرکولی استفاده می‌کنند	۴۱۹	ترکیب خون
۴۵۰	آبشش‌های ماهی برای جریان مخالف طراحی شده‌اند	۴۱۹	خون حاوی پروتئین‌هاست
۴۵۱	تهویه و تبادل گاز در هوا	۴۲۰	خون حاوی سلول‌هاست
۴۵۱	بندپایان برای تبادل گاز از مکانیسم‌های متنوعی استفاده می‌کنند	۴۲۰	گلبول‌های قرمز اکسیژن منتقل می‌کنند
۴۵۳	بسیاری از حشرات تراکه‌های خود را به‌طور فعال تهویه می‌کنند	۴۲۱	خون مهره‌داران
۴۵۵	تنفس هوایی در مهره‌داران چندین بار تکامل یافته است	۴۲۳	سیستم‌های هماهنگ‌کننده: دستگاه گردش خون طی فعالیت بدنی
۴۵۶	دوزیستان شش‌های خود را با استفاده از پمپ دهانی تهویه می‌کنند	۴۲۵	خلاصه
۴۵۷	خزندگان شش‌های خود را با پمپ مکنده تهویه می‌کنند	۴۲۸	پرسش‌های مروری
۴۵۸	تهویه شش‌های پرندگان یک جهتی است	۴۲۸	پرسش‌های ترکیبی
۴۶۰	آلوئول‌ها جایگاه تبادل گاز در پستانداران‌اند	۴۲۹	پرسش‌های محاسباتی
۴۶۱	پستانداران شش‌های خود را با الگوی جزرومدی تهویه می‌کنند	۴۲۹	برای مطالعه بیشتر
۴۶۲	■ کادر ۱.۹ تکامل و تنوع استراتژی‌های تنفسی حشرات آبری		
۴۶۳	کار مورد نیاز برای تهویه به کمپلیانس و مقاومت ششی بستگی دارد		
۴۶۴	سورفکتانت کمپلیانس ششی را افزایش می‌دهد	۴۳۲	فصل ۹ دستگاه‌های تنفس
۴۶۵	مقاومت مجاری هوا، کار مورد نیاز برای تنفس را تحت تأثیر قرار می‌دهد		
۴۶۵	دستگاه‌های تنفسی که هوا را می‌مکنند دارای فضای مرده تنفسی هستند	۴۳۴	نگاه کلی
۴۶۵	آزمایش‌های عملکردی دستگاه تنفس، عملکرد شش و حجم‌های	۴۳۵	استراتژی‌های تنفسی
۴۶۵	ششی را اندازه‌گیری می‌کند	۴۳۵	فیزیک دستگاه‌های تنفس
۴۶۷	تناسب تهویه - جریان خون نقش مهمی در تبادل گاز دارد	۴۳۵	گازها فشار وارد می‌کنند
۴۶۷	انتقال گاز به بافت‌ها	۴۳۶	قانون هنری چگونگی حل شدن گاز در مایع را توضیح می‌دهد
۴۶۷	انتقال اکسیژن	۴۳۷	گازها با سرعت‌های متفاوتی منتشر می‌شوند
۴۶۸	سه نوع رنگدانه اصلی تنفسی وجود دارد	۴۳۷	سیالات از نواحی پرفشار به کم‌فشار جریان می‌یابند
۴۶۹	رنگدانه‌های تنفسی، منحنی‌های تعادل اکسیژن خاصی دارند	۴۳۸	مقاومت مانع جریان می‌شود
۴۷۱	شکل‌های منحنی‌های تعادل اکسیژن متفاوت است	۴۳۹	انواع دستگاه‌های تنفسی
۴۷۲	pH و P_{CO_2} خون، میل ترکیبی اکسیژن را تحت تأثیر قرار می‌دهند		
۴۷۳	دما میل ترکیبی به اکسیژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد	۴۴۰	جانوران بسیار باریک می‌توانند برای مبادله گاز، فقط به انتشار متکی باشند
۴۷۴	■ کادر ۲.۹ تکامل و تنوع هموگلوبین‌های اثر روت و کیسه‌های شنا	۴۴۰	بیشتر جانوران یکی از سه استراتژی اصلی تنفس را به‌کار می‌برند
۴۷۴	تعدیل‌کننده‌های آلی می‌توانند میل ترکیبی به اکسیژن را تحت تأثیر	۴۴۱	سطوح مبادله‌کننده گاز اغلب تهویه می‌شوند
۴۷۶	قرار دهند	۴۴۱	خون‌رسانی به سطح تنفسی بر تبادل گاز تأثیر می‌گذارد



۴۷۶	انتقال کربن دی اکسید	۵۰۸	بافت‌های اپیتلیال چهار ویژگی تخصصی مشترک دارند که بر حرکت آب تأثیر می‌گذارند
۴۷۷	منحنی تعادل کربن دی‌اکسید مقدار انتقال کربن دی‌اکسید را تعیین می‌کند	۵۰۹	مواد محلول به‌وسیلهٔ انتقال درون‌سلولی و بین‌سلولی از بافت‌های اپیتلیالی عبور می‌کنند
۴۷۸	اکسیژن‌دار شدن خون، انتقال کربن دی‌اکسید را تحت تأثیر قرار می‌دهد	۵۱۰	آبشش‌های ماهی، یون‌ها را به داخل و خارج از آب منتقل می‌کنند
۴۷۸	سلول‌های قرمز خون مهره‌داران در انتقال کربن دی‌اکسید نقش دارند	۵۱۲	اپیتلیوم‌های گوارشی انتقال آب و یون‌ها را میانجی‌گری می‌کنند
۴۷۹	دستگاه تنفسی می‌تواند pH خون را تنظیم کند	۵۱۳	خزندگان و پرندگان غدد نمک دارند
۴۸۱	تنظیم دستگاه‌های تنفس مهره‌داران	۴۸۱	غدد رکتال الاسمورانش‌ها یون Na^+ و Cl^- را دفع می‌کنند، و در عوض اوره را نگه می‌دارند
۴۸۱	تنظیم تهویه	۴۸۱	دفع نیتروژن
۴۸۱	ورودی‌های حس شیمیایی بر تهویه تأثیر دارند	۴۸۲	آمونیاک طی متابولیسم آمینواسید تولید می‌شود
۴۸۲	عوامل دیگری که تنفس را تنظیم می‌کنند	۴۸۳	آمونیاک از خلال بافت‌های اپیتلیالی دفع می‌شود
۴۸۳	هیپوکسی محیط	۴۸۳	پرندگان، خزندگان و حشرات اوریک‌اسید دفع می‌کنند
۴۸۳	ماهی‌ها با شیوه‌های مختلفی به هیپوکسی واکنش نشان می‌دهند	۴۸۴	اوره در سیکل اورنیتین - اوره تولید می‌شود
۴۸۳	تنفس‌کنندگان هوا می‌توانند هیپوکسی ناشی از ارتفاعات زیاد را تحمل کنند	۴۸۴	هر استراتژی دفع مواد زاید نیتروژنی دارای هزینه‌های ذاتی است
۴۸۴	تکامل کنند	۴۸۵	■ کادر ۲۰.۱۰ ژنتیک و ژنومیک تکامل چرخهٔ اوره
۴۸۵	■ کادر ۳.۹ تکامل و تنوع سرکوب متابولیسم ناشی از هیپوکسی	۴۸۷	روش دفع نیتروژن ممکن است با تکوین یا شرایط محیطی تغییر کند
۴۸۷	سیستم‌های هماهنگ‌کننده: فیزیولوژی غواصی	۴۸۹	ماهی‌های غضروفی، اوره را به‌عنوان اسمولیت تولید می‌کنند
۴۸۹	خلاصه	۴۹۰	کلیه
۴۹۰	پرسش‌های مروری	۴۹۱	ساختار و عملکرد کلیه
۴۹۱	پرسش‌های ترکیبی	۴۹۲	نفرون واحد عملکردی کلیه است
۴۹۲	پرسش‌های محاسباتی	۴۹۲	فیلتراسیون در گلومرول رخ می‌دهد
۴۹۲	برای مطالعهٔ بیشتر	۴۹۲	ادرار اولیه بر اثر بازجذب و ترشح اصلاح می‌شود
۴۹۴	فصل ۱۰ تعادل آب و یون	۴۹۴	ویژگی‌های سلول‌های مناطق مختلف توبول با یکدیگر متفاوت است
۴۹۴	نگاه کلی	۴۹۶	توبول نزدیک، نمک‌ها و متابولیت‌های آلی را بازجذب می‌کند
۴۹۶	تعادل یون و آب	۴۹۶	قوس هنله در بازجذب متوالی آب و سپس نمک نقش دارد
۴۹۶	تعداد یون و آب	۴۹۶	توبول دور در ترشح یون پتاسیم، بازجذب کلرید سدیم و بازجذب وابسته به هورمون آب، نقش دارد
۴۹۷	استراتژی‌های تنظیم یونی و اسمزی	۴۹۷	مجرای جمع‌کننده جریان آب و یون را تنظیم می‌کند
۴۹۷	بیشتر جانوران آبی تعادل آب و یون را تا حدی تنظیم می‌کنند	۴۹۷	نفرون‌ها در تعادل اسید - باز نیز شرکت دارند
۴۹۹	محیط، آب را به شکل‌های مختلف فراهم می‌کند	۴۹۹	قوس هنله یک تقویت‌کنندهٔ جریان مخالف ایجاد می‌کند
۵۰۰	مواد محلول را می‌توان به سه گروه مزاحم، سازگار یا متقابل تقسیم کرد	۵۰۰	وازا رکتا گردانان اسمزی مدولا را به‌وسیلهٔ یک مبادله‌کنندهٔ جریان مخالف حفظ می‌کند
۵۰۰	■ کادر ۱.۱۰ تکامل و تنوع زندگی بدون آب	۵۰۲	مسیرهای رفلکسی و بالاتر، ادرار کردن را تنظیم می‌کنند
۵۰۲	سلول‌ها مواد محلول را به داخل و خارج مایع خارج‌سلولی منتقل می‌کنند تا حجم سلول را کنترل کنند	۵۰۴	تنظیم عملکرد کلیه‌ها
۵۰۴	نقش بافت‌های اپیتلیال	۵۰۴	فشار فیلتراسیون گلومرولی تحت تأثیر فشار هیدروستاتیک و فشار پوست سدّی اسمزی است
۵۰۵	پوست سدّی اسمزی است	۵۰۶	انکوئیک است



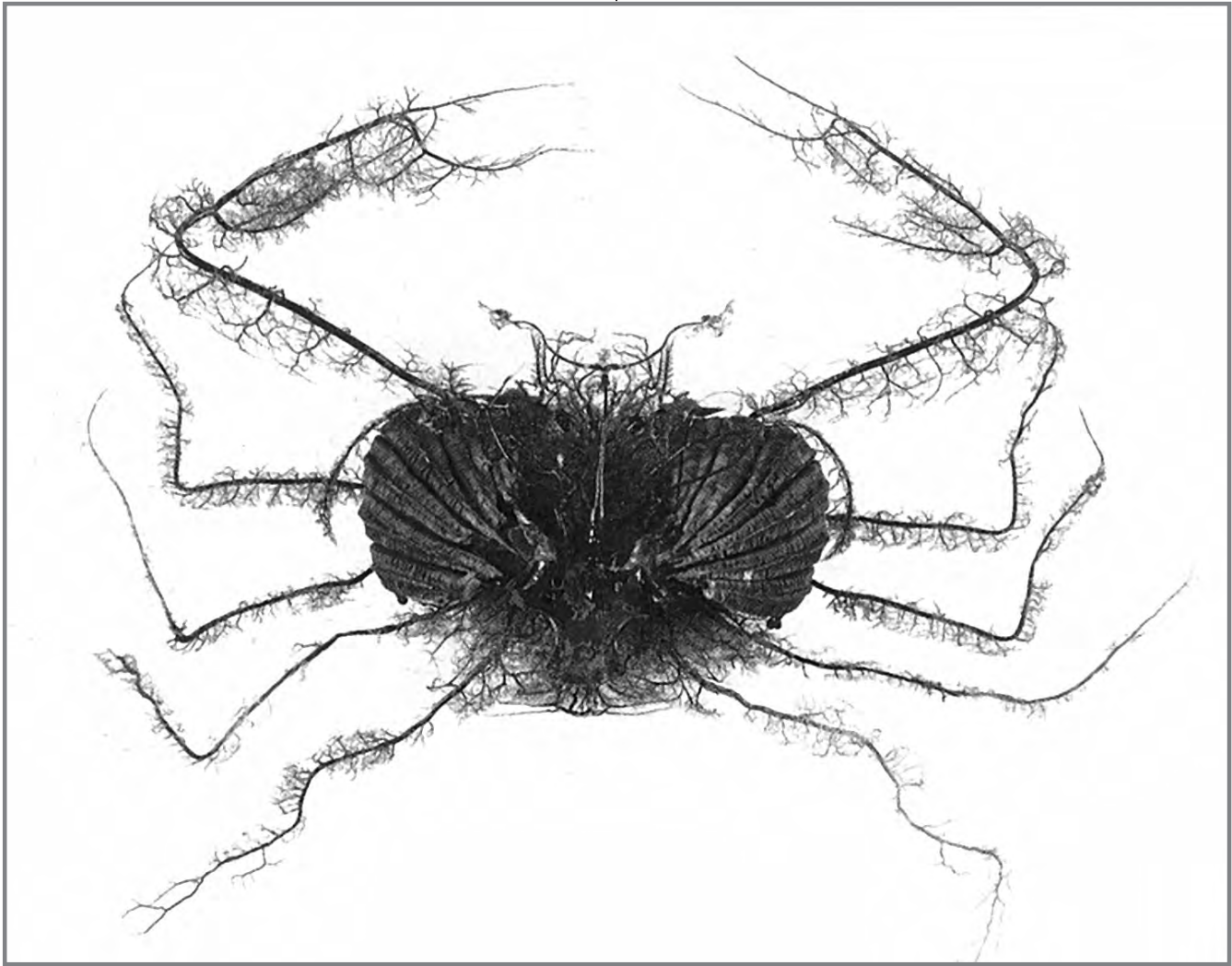
- کادر ۳.۱۰ روش‌ها و سیستم‌های مدل اندازه‌گیری میزان
فیلتراسیون گلومرولی ۵۳۵
- تنظیم‌کننده‌های داخلی و خارجی، GFR را کنترل می‌کنند ۵۳۶
- واژوپرسین نفوذپذیری مجرای جمع‌کننده را تغییر می‌دهد ۵۳۷
- آلدوسترون، تعادل سدیم و پتاسیم را تنظیم می‌کند ۵۳۸
- مسیر رنین - آنژیوتانسین - آلدوسترون فشار خون را تنظیم می‌کند ۵۴۰
- پپتیدهای ناتیوریتیک هم در تعادل سدیم نقش دارند ۵۴۰
- فاکتورهای هیپوتالاموسی، تشنگی را تنظیم می‌کنند ۵۴۱
- تنوع تکاملی در ساختار و عملکرد دستگاه دفعی ۵۴۱
- بی‌مهرگان کلیه‌هایی ابتدایی موسوم به نفریدیوم دارند ۵۴۱
- حشرات برای تنظیم آب و یون از لوله‌های مالپیگی و روده عقبی ۵۴۲
- استفاده می‌کنند
- کلیه‌های ماهی‌های غضروفی، ادرار هیپواسمز تولید می‌کنند و اوره ۵۴۴
- را نگه می‌دارند
- نقش کلیه در ماهی‌های آب شیرین و شور متفاوت است ۵۴۵
- کلیه دوزیستان طی دگرذیسی تغییر می‌کند ۵۴۵
- کلیه‌های جانوران خشکی‌زی به حفظ آب بدن کمک می‌کنند ۵۴۵
- سیستم‌های هماهنگ‌کننده: برهم‌کنش دستگاه‌های قلبی - عروقی ۵۴۶
- و دفعی در تنظیم فشار خون ۵۴۹
- خلاصه ۵۵۰
- پرسش‌های مروری ۵۵۰
- پرسش‌های ترکیبی ۵۵۱
- پرسش‌های محاسباتی ۵۵۱
- برای مطالعه بیشتر ۵۵۱
- فصل ۱۱ ۵۵۴
- گوارش 
- نگاه کلی ۵۵۶
- ماهیت و دریافت مواد غذایی ۵۵۶
- مواد غذایی ۵۵۷
- رژیم‌های غذایی، انرژی لازم برای فعالیت، رشد، نگهداری و تولید مثل را فراهم می‌کنند ۵۵۷
- ویتامین‌ها و مواد معدنی در کاتالیز مشارکت دارند ۵۵۸
- کمبود آمینواسیدهای ضروری، رشد را به خطر می‌اندازد ۵۵۹
- جانوران در رژیم غذایی خود به لینولئیک و لینولنیک اسید نیازمندند ۵۵۹
- گوارش مواد غذایی ویژه، نیازمند آنزیم‌های ویژه است ۵۶۰
- موجودات زنده همزیست به فیزیولوژی گوارش جانور کمک می‌کنند ۵۶۰
- مواد غذایی از طریق حامل‌ها یا وزیکول‌ها از غشای پلاسمایی عبور می‌کنند ۵۶۱
- کادر ۱.۱۱ تکامل و تنوع همزیست‌های شیمیولیتوتروف ۵۶۲
- کربوهیدرات‌ها در مجرای گوارشی هیدرولیز و توسط حامل‌های ۵۶۳
- مختلف منتقل می‌شوند
- پروتئین‌ها توسط پروتئازها و پپتیدازها به آمینواسیدها تجزیه می‌شوند ۵۶۴
- لیپیدها به شکل‌های مختلفی منتقل می‌شوند ۵۶۵
- یافتن و مصرف غذا ۵۶۶
- جانوران با استفاده از علائم شیمیایی، الکتریکی و گرمایی وجود ۵۶۷
- غذا را حس می‌کنند
- کادر ۲.۱۱ کاربردها رژیم‌های غذایی جانوری و سلامت انسان ۵۶۸
- جانوران ساده، غذا را در وزیکول‌های فاگوسیتوزی هضم می‌کنند ۵۶۹
- ساختارهای تغذیه‌ای منطبق با رژیم غذایی هستند ۵۷۰
- بافت منقار پرندگان کراتینی شده است ۵۷۲
- پستانداران دندان‌های استخوانی دارند ۵۷۲
- کادر ۳.۱۱ ژنتیک و ژنومیک تنوع در منقار پرندگان ۵۷۴
- هماهنگی گوارش با متابولیسم ۵۷۴
- دستگاه‌های گوارش ۵۷۵
- پیچیدگی لوله گوارش با پیدایش سلوم مرتبط است ۵۷۷
- دستگاه‌های گوارش جانوران پیچیده دارای بیشترین مساحت‌اند ۵۷۹
- قسمت‌های تخصص‌یافته لوله گوارش، بازدهی گوارش را افزایش می‌دهند ۵۸۰
- غدد بزاقی آب و آنزیم‌های گوارشی ترشح می‌کنند ۵۸۱
- معهده، اسید و مخاط ترشح می‌کند ۵۸۲
- بیشتر مواد غذایی در روده‌ها جذب می‌شوند ۵۸۳
- تنظیم تغذیه و گوارش ۵۸۴
- هورمون‌ها میل به غذا خوردن را کنترل می‌کنند ۵۸۶
- ترشحات لوله گوارش به وسیله هورمون‌ها و نوروترانسمیترها ۵۸۷
- کنترل می‌شوند
- کادر ۴.۱۱ مبانی ریاضی تئوری رآکتور لوله گوارش ۵۸۸
- حرکت لوله گوارش توسط اعصاب و هورمون‌هایی تنظیم می‌شود ۵۸۸
- که بر عضله صاف تأثیر می‌گذارند ۵۹۰
- انتقال‌های متابولیک بین وعده‌های غذایی ۵۹۲
- هورمون‌ها تنظیم ذخایر غذایی را پس از صرف غذا کنترل می‌کنند ۵۹۴
- محرومیت غذایی طولانی مدت باعث بروز پاسخ گرسنگی می‌شود ۵۹۵
- پیتون‌ها دستگاه گوارش خود را برای هر وعده غذایی، بازسازی می‌کنند ۵۹۶
- خرس‌های زمستان‌خواب نیتروژن را بازیافت می‌کنند ۵۹۷

۶۲۹	■ کادر ۱.۱۲ روش‌ها و سیستم‌های مدل جانوران ورزیده	۵۹۸	سیستم‌های هماهنگ‌کننده: چاقی
۶۳۰	عضلات برای تولید نیرو یا کوتاه‌شدگی سریع تخصص یافته‌اند	۵۹۹	خلاصه
۶۳۰	حلقه‌های کار بین کار مثبت و کار منفی تعادل نشان می‌دهند	۶۰۱	پرسش‌های مروری
۶۳۲	حرکت در محیط	۶۰۱	پرسش‌های ترکیبی
۶۳۲	نیروی گرانش و شناوری	۶۰۱	پرسش‌های محاسباتی
۶۳۲	ترکیب بدن بر میزان شناوری تأثیر می‌گذارد	۶۰۲	برای مطالعه بیشتر
۶۳۳	ذخایر لیپیدی موجب افزایش شناوری در ژئوپلانکتون‌ها و کوسه‌ها می‌شوند		
۶۳۳	کیسه‌های شنا، محفظه‌های پر شده از گاز هستند که شناوری را افزایش می‌دهند	۶۰۴	فصل ۱۲ حرکت
۶۳۳	افزایش می‌دهند		
۶۳۴	مکانیک سیالات	۶۰۶	نگاه کلی
۶۳۴	آشفته یا لایه‌ای بودن جریان با اعداد رینولدز تعیین می‌شود	۶۰۶	دستگاه‌های حرکتی
۶۳۶	Re براساس اهمیت نسبی اثرات اینرسی و ویسکوز تعیین می‌شوند	۶۰۶	انواع فیبر عضلانی
۶۳۶	ساختارهای دوکی شکل، کشش را کاهش می‌دهند		بسیاری از بی‌مهرگان برای حرکت، از عضلات ساده حلقوی و طولی استفاده می‌کنند
۶۳۷	آیرودینامیک و هیدرودینامیک	۶۰۷	ماهی‌ها از دو یا سه نوع فیبر برای شناکردن استفاده می‌کنند
۶۳۸	آیروفویل‌ها و هیدروفویل‌ها نیروی بالابرنده تولید می‌کنند	۶۰۸	الگوی انقباض عضله حرکتی به وسیله نورون‌های حرکتی کنترل می‌شود
۶۳۸	در اوج گرفتن با بال باز، از نیروی بالابرنده جریان‌های طبیعی هوا برای غلبه بر گرانش استفاده می‌شود	۶۰۹	تتراپودها فیبرهای متنوعی دارند
۶۳۹	حرکات سیال می‌تواند پیش‌رانش ایجاد کند	۶۱۱	عضلات حرکتی به واحدهای حرکتی و گروه‌های عملکردی تقسیم می‌شوند
۶۴۰	■ کادر ۲.۱۲ تکامل و تنوع خاستگاه‌های پرواز	۶۱۲	متابولیسم انرژی
۶۴۱	شکل باله و بال بر حرکات سیال تأثیر می‌گذارد	۶۱۳	گلیکولیز و میتوکندری‌ها انواع متفاوتی از حرکت را پشتیبانی می‌کنند
۶۴۲	زندگی در خشکی	۶۱۴	تعداد میتوکندری بر ظرفیت هوازی عضله تأثیر می‌گذارد
۶۴۴	جانوران آبی طی مراحل متعددی به خشکی هجوم آوردند	۶۱۴	عضله باید پس از فعالیت شدید، بهبود یابد
۶۴۴	دگردیسی باعث بازسازی مجدد آناتومی و فیزیولوژی جانور برای حرکت در خشکی می‌شود	۶۱۵	فعالیت‌های طولانی مدت با تحولات متابولیک همراه اند
۶۴۵	پرنده‌گان بی پرواز در غیاب شکارچیان زمینی تکامل یافته‌اند	۶۱۶	هورمون‌ها اکسیداسیون سوخت عضله را کنترل می‌کنند
۶۴۶	جانورانی که هندسه مشابهی دارند باید بتوانند تا ارتفاع مشابهی بجهند	۶۱۷	خون‌رسانی و اکسیژن‌دهی به عضله
۶۴۷	جانوران خشکی‌زی به استخوان‌ها و عضلات وضعی قوی نیاز دارند	۶۱۹	شبکه‌های مویرگی، اکسیژن را به فیبرهای عضلانی مهره‌داران می‌رسانند
۶۴۷	انرژی حرکت	۶۲۰	قطر رگ خونی به وسیله عوامل فعال‌کننده رگی (وازاکتیو) تنظیم می‌شود
۶۴۸	کلی و هم به صورت هزینه‌های جرم مخصوص بیان کرد	۶۲۱	میوگلوبین به اکسیژن‌رسانی و استفاده از آن کمک می‌کند
۶۴۸	■ کادر ۳.۱۲ ژنتیک و ژنومیک انتخاب مصنوعی موش‌های خانگی	۶۲۲	دستگاه‌های اسکلتی
۶۴۹	سرعت حرکت بر هزینه‌های حرکتی تأثیر می‌گذارد	۶۲۳	اسکلت‌های سخت از ترشحات سلولی ساخته می‌شوند
۶۵۰	جانوران برای اصلاح هزینه‌های حرکتی، مدل حرکت خود را تغییر می‌دهند	۶۲۴	اسکلت‌های مهره‌داران از کلسیم معدنی شده ساخته شده‌اند
۶۵۰	محیط، هزینه‌های انرژی را تعیین می‌کند	۶۲۵	اجزای اسکلتی همانند اهرم‌های مکانیکی عمل می‌کنند
۶۵۱		۶۲۶	اسکلت‌ها می‌توانند انرژی الاستیک ذخیره کنند
		۶۲۸	تبدیل انقباض به حرکت

۶۷۹	برخی از آنزیم‌ها نسبت به سرما سازگاری دارند	۶۵۳	اندازه بدن بر هزینه‌های حرکتی تأثیر می‌گذارد
۶۷۹	پروتئین‌های استرس در افزایش بسیار شدید درجه حرارت القا می‌شوند	۶۵۵	سیستم‌های هماهنگ‌کننده: مهاجرت
	■ کادر ۳.۱۳ روش‌ها و سیستم‌های مدل پروتئین‌های شوک	۶۵۷	خلاصه
۶۸۱	حرارتی در مگس سرکه	۶۵۸	پرسش‌های مروری
	هسته‌سازهای یخ، رشد کریستال‌های یخی را در جانوران مقاوم	۶۵۸	پرسش‌های ترکیبی
۶۸۱	به یخ‌زدن کنترل می‌کنند	۶۵۸	پرسش‌های محاسباتی
۶۸۲	پروتئین‌های ضد یخ می‌توانند از تشکیل یخ درون سلولی جلوگیری کنند	۶۵۹	برای مطالعه بیشتر
۶۸۳	ثابت نگه‌داشتن دمای بدن		
۶۸۳	گرمازایی		
	گرمازایی حاصل از لرزیدن از انقباضات عضلانی غیر هماهنگ	۶۶۰	فصل ۱۳ فیزیولوژی تنظیم حرارت
۶۸۴	ناشی می‌شود		
۶۸۴	گرما در چرخه‌های بهبوده متابولیک تولید می‌شود	۶۶۲	نگاه کلی
۶۸۵	نشئی داشتن غشا، گرمازایی را افزایش می‌دهد	۶۶۳	تبادل گرما و استراتژی‌های حرارتی
۶۸۵	ترموژنین، نشت پروتون میتوکندریایی را افزایش می‌دهد	۶۶۳	کنترل جریان‌های حرارتی
۶۸۶	تنظیم دمای بدن	۶۶۴	آب، رسانایی حرارتی بیشتری نسبت به هوا دارد
	ترموستات مرکزی اطلاعات حسی حرارتی مرکزی و محیطی را	۶۶۵	تبادل حرارت از طریق جریان همرفت، به حرکت سیالات بستگی دارد
۶۸۶	با هم ادغام می‌کند	۶۶۵	انرژی تابشی، برخی جانوران را گرم می‌کند
۶۸۷	راست شدن موها اتلاف‌های حرارتی را کاهش می‌دهد	۶۶۶	تبخیر موجب اتلاف حرارت می‌شود
۶۸۸	تغییر جریان خون بر تبادل حرارتی تأثیر می‌گذارد	۶۶۶	نسبت سطح به حجم بر شارش گرما تأثیر می‌گذارد
	مبادله‌کننده‌های جریان مخالف در سیستم عروقی، به حفظ حرارت	۶۶۷	عایق‌بندی، تبادل حرارتی را کاهش می‌دهد
۶۸۹	کمک می‌کنند	۶۶۸	■ کادر ۱.۱۳ تکامل و تنوع یال شیرها داغ است!
۶۸۹	عرق کردن باعث تبخیر و در نتیجه خنک‌شدن و کاهش دمای بدن می‌شود	۶۶۹	استراتژی‌های حرارتی
۶۹۰	نفس نفس زدن، اتلاف حرارت را از طریق سطح تنفسی افزایش می‌دهد	۶۶۹	ثبات دمای بدن پویکیلوترم‌ها و هومئوترم‌ها متفاوت است
۶۹۱	■ کادر ۴.۱۳ مبانی ریاضی سیستم‌های جریان مخالف	۶۶۹	اکتوترم‌ها و اندوترم‌ها در منبع انرژی حرارتی بدن با هم تفاوت دارند
۶۹۲	اندوترمی آرام به وضعیت‌های هیپومتابولیک منجر می‌شود	۶۷۰	هتروترم‌ها، اندوترمی موقت یا موضعی نشان می‌دهند
۶۹۳	سیستم‌های هماهنگ‌کننده: سیستم ایمنی و تنظیم حرارت	۶۷۱	جانوران دارای درجه خاصی از تحمل حرارتی هستند
۶۹۵	خلاصه	۶۷۳	مقابله با تغییر دمای بدن
۶۹۷	پرسش‌های مروری	۶۷۳	ساختار ماکرومولکولی و متابولیسم
۶۹۷	پرسش‌های ترکیبی		جانوران با تغییر وضعیت دادن غشاهای سلولی خود باعث حفظ
۶۹۷	پرسش‌های محاسباتی	۶۷۳	تقریبی سیالیت غشا می‌شوند
۶۹۸	برای مطالعه بیشتر		■ کادر ۲.۱۳ مبانی ریاضی ارزیابی تأثیرات حرارت بر فرایندهای
		۶۷۴	فیزیولوژیک با استفاده از Q_{10} و نمودارهای آرنیوس
۷۰۰	فصل ۱۴ تولیدمثل	۶۷۷	دما، کینتیک‌های آنزیمی را تغییر می‌دهد
		۶۷۸	تکامل می‌تواند منجر به تغییراتی در کینتیک‌های آنزیمی شود
۷۰۲	نگاه کلی	۶۷۸	اکتوترم‌ها می‌توانند در پاسخ به تغییرات طولانی مدت دما، بافت‌های
۷۰۲	تولیدمثل جنسی	۶۷۸	خود را مدل‌سازی مجدد کنند
			زندگی در دماهای بدنی بالا و پایین

۷۲۱	تولید می‌کنند	۷۰۴	هورمون‌های تولیدمثلی
۷۲۲	چرخه تولیدمثلی پستانداران	۷۰۴	مهره‌داران به پروژسترون، آندروژن‌ها و استروژن‌ها متکی هستند
۷۲۲	هورمون‌ها چرخه‌های تخمدانی و رحمی را کنترل می‌کنند	۷۰۴	گنادوتروپین‌ها مقادیر هورمون‌های استروئیدی را کنترل می‌کنند
۷۲۳	مرحله فولیکولی تخمک‌گذاری توسط FSH تحریک می‌شود		هورمون جوانی و ۲۰-هیدروکسی اکدیستروئید، تکوین و فیزیولوژی
	تخمک‌گذاری و مرحله جسم زرد متعاقب افزایش ناگهانی LH	۷۰۶	تولیدمثل بندپایان را کنترل می‌کنند
۷۲۳	رخ می‌دهند	۷۰۸	تعیین جنسیت
۷۲۵	چرخه آندومتری با چرخه تخمک‌گذاری، همزمان است	۷۰۸	تولیدمثل غیرجنسی به وسیله کلونینگ و بکرزایی انجام می‌شود
۷۲۶	جفت پس از لانه‌گزینی تخمک لقاح‌یافته در دیواره رحم تشکیل می‌شود	۷۰۹	برخی از جانوران به‌طور همزمان یا دوره‌ای هرمافروdit اند
۷۲۷	انقباضات عضله صاف رحمی، زایمان را القا می‌کند	۷۰۹	شرایط محیطی، جنسیت را در برخی از گونه‌ها تعیین می‌کنند
۷۲۷	شیر فراورده‌ای ترشحی از غدد پستانی است	۷۱۰	اووژنز
۷۲۹	■ کادر ۲.۱۴ ژنتیک و ژنومیک پرولاکتین	۷۱۰	تخم‌گذاری، بجه‌زایی و زنده‌زایی سه شکل عمده تولیدمثل اند
۷۳۰	غدد پستانی دو محصول دیگر، یعنی کازئین و لاکتوز را ترشح می‌کنند	۷۱۱	تخمک‌ها درون فولیکول‌هایی از جنس بافت سوماتیک تولید می‌شوند
۷۳۱	پرولاکتین رفتار والدینی را کنترل می‌کند	۷۱۲	زرده، بلوک‌های ساختاری و پیش‌سازهای متابولیک را فراهم می‌کند
۷۳۲	سیستم‌های هماهنگ‌کننده: تولیدمثل و استرس	۷۱۲	تخم‌های حشره توسط کوریون احاطه می‌شوند
۷۳۳	خلاصه	۷۱۳	ساختار تخم مهره‌داران آبری و خشکی‌زی متفاوت است
۷۳۴	پرسش‌های مروری	۷۱۴	اسپرماتوژنز و لقاح
۷۳۴	پرسش‌های ترکیبی	۷۱۴	سلول‌های لایدیگ و سرتولی، اسپرماتوژنز را کنترل می‌کنند
۷۳۴	پرسش محاسباتی	۷۱۵	■ کادر ۱.۱۴ تکامل و تنوع فرمونها
۷۳۵	برای مطالعه بیشتر	۷۱۸	اندام‌های جفت‌گیری نر، بازده انتقال اسپرم را افزایش می‌دهند
		۷۱۸	اسپرم‌ها فعالیت خود را در پاسخ به مولکول‌های کیموکتیک و
		۷۱۹	کیموتاکسیک تغییر می‌دهند
پ ۱	پیوست الف: سیستم بین‌المللی واحدها		جانوران ماده از ذخیره اسپرم برای تضمین تولیدمثل بی‌وقفه
پ ۳	پیوست ب: لگاریتم‌ها		استفاده می‌کنند
پ ۴	پیوست ج: توابع خطی، نمایی، توان و آلومتریک	۷۲۰	
پ ۶	مراجع	۷۲۰	اسپرم‌ها برای لقاح با تخمک با هم رقابت می‌کنند
پ ۱۲	واژه‌نامه فارسی/انگلیسی	۷۲۰	برخی جانوران تکوین جنینی را به تأخیر می‌اندازند
پ ۳۷	نمایه	۷۲۱	تکوین پس از لقاح به فاکتورهای مادری متکی است
			آمنیون‌داران در مراحل اولیه تکوین، چهار غشای خارج جنینی

فصل



دستگاه‌های گردش خون

سیگنال‌رسان به سلول‌های هدف، به هماهنگ کردن فرایندهای فیزیولوژیک کمک می‌کنند و با انتقال سلول‌های ایمنی به محل حمله موجودات خارجی به دفاع از بدن یاری می‌رسانند.

با وجود آنکه در حال حاضر عملکرد انتقالی این دستگاه را مزیت می‌دانیم، اما ساختار و عملکرد دستگاه‌های گردش خون، قرن‌ها مبهم و ناشناخته باقی مانده بود. مسیر صحیح جریان خون در پستانداران، ابتدا در قرن ۱۱ توسط پزشک و عالم مسلمان، ابن نفیس بیان شد. با وجود این، دیدگاه او در دنیای غرب همچنان ناشناخته ماند تا اینکه در اوایل قرن هفدهم آزمایش‌های دقیق

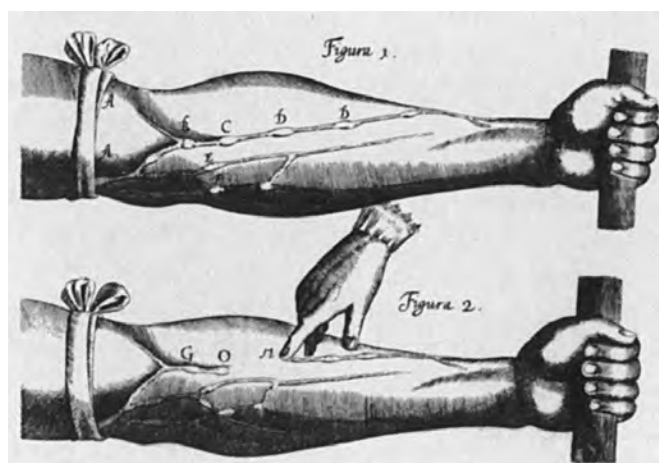
دستگاه‌های گردش خون جانوری از نظر ساختاری بسیار متنوع‌اند. در این تنوع می‌توان دستگاه‌های گردش خون به نسبت ساده، مانند آنچه در حشرات وجود دارد تا دستگاه‌های گردش خون بسیار پیچیده، مانند دستگاه گردش خون سخت‌پوستان ده‌پا و مهره‌داران را مشاهده کرد. دستگاه‌های گردش خون جانوری با وجود این تنوع ساختاری، دارای ویژگی‌های مشترک بسیاری نیز هستند. دستگاه‌های گردش خون، اکسیژن و مواد غذایی را به بافت‌هایی که متابولیسم فعال دارند، منتقل می‌کنند و کربن دی‌اکسید و فرآورده‌های زائد دیگر را از آنها برداشت می‌کنند. این دستگاه در جانوران، با انتقال مولکول‌های



قالب رزینی سرشک‌های قلبی انسان

گردش خون برای انتقال اکسیژن، مورد نیاز نیست، چرا قلب آن قدر زود شروع به ضربان می‌کند؟ فیزیولوژیست‌های تکوینی به بخشی از این پرسش پاسخ داده‌اند. آنها نشان داده‌اند که ضربان قلب برای تکوین مناسب دستگاه گردش خون، حیاتی است.

محققان توانستند با قراردادن مهره‌ای کوچک در مدخل ورودی یا خروجی قلب در حال تکوین، جریان خون را در دستگاه گردش خون کاهش دهند. جلوگیری از جریان خون در قلب، باعث اختلال در تکوین آن می‌شود؛ در این صورت حفره‌های قلب از ردیف خود خارج می‌شوند یا در جای خود تشکیل نمی‌شوند و دریچه‌های قلبی هرگز به وجود نمی‌آیند. آزمایش‌های مشابه محققان دیگر نیز نشان داده‌اند که نیروی حاصل از برخورد خون به پایانه‌های رگ‌های خونی در حال تکوین، باعث رشد و بزرگ شدن رگ‌ها می‌شود و به تشکیل دستگاه گردش خون کمک می‌کند. برخی از این فرایندها در جانوران بالغ نیز ادامه می‌یابند. این نشان می‌دهد دستگاه گردش خون فقط دستگاه پمپ‌کننده غیرفعال نیست که مواد را در سراسر بدن انتقال می‌دهد؛ بلکه به عکس، دستگاه‌های گردش خون، سیستم‌های فیزیولوژیک پویایی هستند که ساختار و عملکرد آنها در پاسخ به نیازهای همواره در حال تغییر بافت‌های بدن، تنظیم می‌شود. ©



آزمایش‌های ویلیام هاروی روی گردش خون

ویلیام هاروی (William Harvey) نشان دادند که قلب می‌تواند خون را از میان رگ‌های خونی به بخش‌های مختلف بدن به جریان درآورد. هاروی در گزارش خود چنین نوشت «به یقین خون در بدن جانور بدون توقف درون چرخه‌ای جریان دارد.» اکنون می‌دانیم که قلب خون را از طریق سیستم شریانی به داخل مویرگ‌ها پمپ می‌کند تا در آنجا مبادله مواد با بافت‌ها انجام شود. سپس خون از طریق سیستم سیاهرگی به قلب بازمی‌گردد. از آنجا که در اوایل قرن هفدهم، میکروسکوپ مرکب مناسب وجود نداشت، هاروی نمی‌توانست به‌طور مستقیم، مویرگ‌های مرتبط‌کننده شریان‌ها و وریدها را مشاهده کند؛ با وجود این، او با توجه به نتایج آزمایش‌هایش، فرضیه وجود آنها را مطرح کرد. سه دهه بعد و چهار سال پس از مرگ هاروی، مارچلو مالیپیگی (Marcello Malpighi)، آناتومیست و پزشک ایتالیایی، از میکروسکوپ‌های مرکب جدید برای تشخیص رگ‌های خونی باریک موجود در شش‌ها و کلیه‌ها استفاده کرد و آنها را مویرگ نامید. این یافته، ابتکار هاروی را کامل و تأیید کرد و درک جدید ما از دستگاه‌های گردش خون را به وجود آورد.

اهمیت دستگاه گردش خون به اندازه‌ای است که، یکی از اولین اقدام‌هایی که در جنین مهره‌داران در حال تکوین شکل می‌گیرد، قلب است. برای مثال، در گورخرماهی (*Danio rerio*)، سیستم مدل رایج مورد استفاده زیست‌شناسان تکوینی) قلب در اولین روز پس از بارور شدن تخمک، شکل می‌گیرد و شروع به ضربان منظم می‌کند. از آنجا که جنین‌های یک روزه بسیار کوچک هستند، به نظر می‌رسد که انتشار مواد باید بیشتر از مقداری باشد که برای تحویل اکسیژن و مواد غذایی به بافت‌ها لازم است. در واقع آزمایش‌های مختلف نشان داده‌اند که گورخرماهی هنگام تکوین اولیه برای انتقال اکسیژن به دستگاه گردش خون فعال نیاز ندارد. پس اگر دستگاه

نگاه کلی

مایعات را در سراسر بدن خود جابه‌جا می‌کنند. حرکت توده‌ای مایعات، مواد را در مسافت‌های طولانی، بسیار سریع‌تر از انتشار به تنهایی، انتقال می‌دهد. برای مثال، دستگاه گردش خون انسان قادر است یک میلی‌لیتر خون را در مدت حدود ۶۰ ثانیه از قلب به پاها انتقال دهد و دوباره به قلب بازگرداند در صورتی که اگر قرار بود این جابه‌جایی با انتشار انجام شود ۶۰ سال طول می‌کشید. پدیده حرکت توده‌ای، پایه بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک شامل تنفس، گوارش و دفع است.

در قانون دوم حرکت نیوتن (نیرو = جرم \times شتاب) بیان شد که اگر نیرویی کافی را بر جسمی اعمال کنیم، شروع به حرکت خواهد کرد (یا در صورت متحرک بودن، شتاب خواهد گرفت). بنابراین، حرکت توده‌ای مایع هنگامی روی می‌دهد که نیرویی خارجی بر مایع اعمال شود و آن را به حرکت درآورد. در دستگاه‌های گردش خون، مایع در مجموعه‌ای از حفرات و لوله‌ها محصور می‌شود (شکل ۱.۸ ب). با اعمال فشار بر این مایع محصور شده، فشار در ناحیه مجاور افزایش می‌یابد. سپس مایع از این ناحیه پرفشار به نواحی کم‌فشار مجاور جریان می‌یابد. وجود دریچه‌های یک‌سوکننده در بسیاری از دستگاه‌های گردش خون، به جریان یک‌طرفه کمک می‌کند. در این فصل، به بررسی ساختار، عملکرد و تنظیم انواع مختلف دستگاه‌های گردش خون جانوران می‌پردازیم تا ببینیم این دستگاه‌ها چگونه از حرکت توده‌ای برای ارائه عملکرد حیاتی انتقالی خود استفاده می‌کنند.

ویژگی‌های دستگاه‌های گردش خون

همه دستگاه‌های گردش خون جانوری نقش‌های مشابهی شامل انتقال اکسیژن، کربن دی‌اکسید، مواد غذایی، مواد زاید، سلول‌های ایمنی و مولکول‌های سیگنال‌رسان را در بدن جانور به عهده دارند. دستگاه گردش خون در برخی از جانوران، حتی در تنظیم دما نیز نقش دارد و این کار را با انتقال گرما از عضلات در حال کار به سطح بدن انجام می‌دهد، تا در آنجا گرما به محیط اطراف آزاد شود. دستگاه گردش خون به علت نقش مهمی که در انتقال به عهده دارد، تقریباً بر همه فرایندهای فیزیولوژیک جانور تأثیر می‌گذارد.

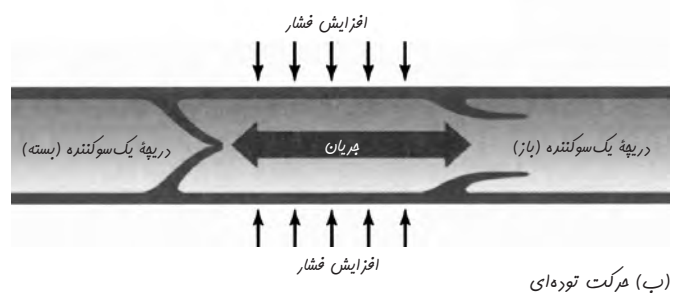
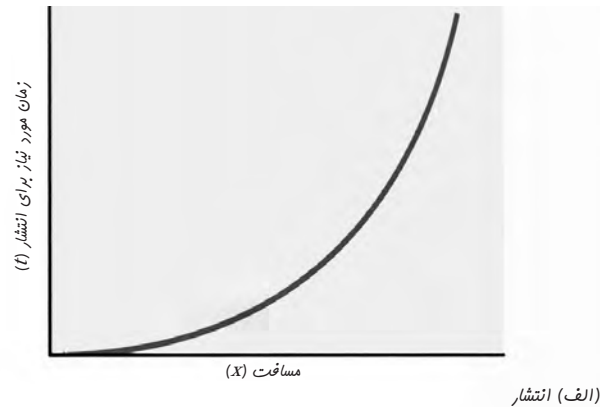
اجزای دستگاه‌های گردش خون

دستگاه‌های گردش خون جانوری هم مانند همه دستگاه‌های پمپ‌کننده، دارای سه جزء مهم هستند:

۱. یک یا چند پمپ یا دیگر ساختارهای تلمبه‌کننده (propulsive) که اغلب در ترکیب با دریچه‌های یک‌سوکننده باعث جریان یک‌طرفه خون می‌شوند.

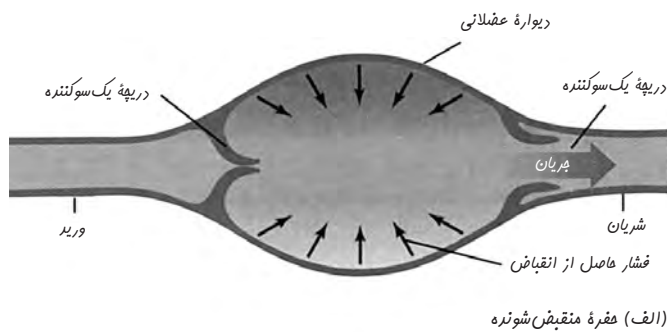
موجودات زنده تک‌سلولی و برخی از متازوئرها کوچک فاقد دستگاه‌های گردش خون‌اند، بلکه برای انتقال مولکول‌ها از جایی به جای دیگر بر انتشار آنها متکی هستند. با وجود آنکه انتشار ممکن است در مسافت‌های کوتاه (مانند غشای سلولی یا درون یک سلول) سریع باشد، اما در مسافت‌های طولانی کند است (شکل ۱.۸ الف). در واقع، زمان (t) مورد نیاز برای انتشار یک مولکول بین دو نقطه با مربع مسافت (x) متناسب است ($t \propto x^2$). این رابطه شکل ساده شده معادله انتشار اینشتاین است (که قانون دوم انتشار نیز نامیده می‌شود). با استفاده از این معادله می‌توانیم پیش‌بینی کنیم که در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، در حدود ۵ ثانیه طول می‌کشد تا مولکولی کوچک مانند گلوکز در محلول آبی، مسافت ۱۰۰ میکرومتر (اندازه متوسط سلول) را طی کند، بنابراین انتشار آن در چند متر (فاصله رفت و برگشت بین قلب و پاهای انسان دارای جنه متوسط) بیش از ۶۰ سال طول می‌کشد.

به علت وجود این محدودیت در سرعت انتشار، جانوران بزرگ‌تر با کمک فرایندی به نام حرکت توده‌ای (bulk flow) یا جریان مستقیم،

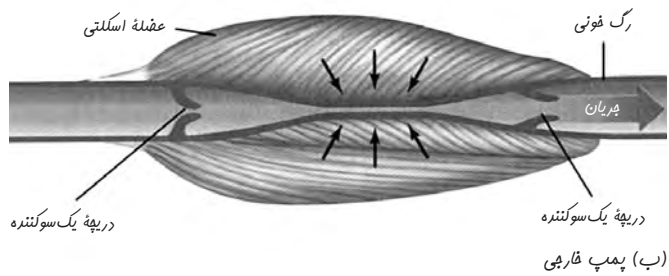


(ب) حرکت توده‌ای

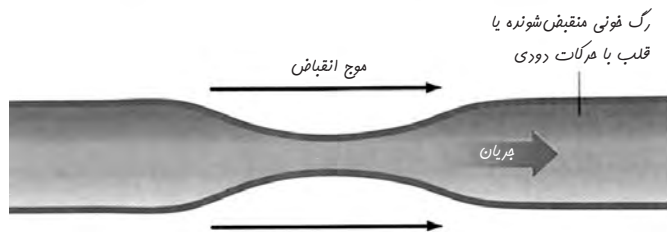
شکل ۱.۸ انتشار و حرکت توده‌ای. (الف) انتشار در مسافت‌های کوتاه، سریع است اما با زیاد شدن فاصله، زمان مورد نیاز برای آن به‌طور تصاعدی افزایش می‌یابد. جانوران برای انتقال سریع مواد در مسافت‌های طولانی از حرکت توده‌ای مایعات استفاده می‌کنند. (ب) افزایش فشار موضعی در یک منطقه از دستگاه گردش خون، جریان را از مکانی که فشار بالا دارد به نواحی همجوار که فشار پایین‌تر دارند، می‌فرستد. این پدیده به حرکت توده‌ای معروف است. دریچه‌های یک‌طرفه سبب این جریان یک‌طرفه می‌شوند.



(الف) مفره منقبض شونده



(ب) پمپ قارچی



(ج) انقباض دودی

شکل ۲.۸ انواع ساختارهای پمپ‌کننده در دستگاه‌های گردش خون جانوری. (الف) حفرات منقبض‌شونده مانند قلب مهره‌داران، با انقباضات دیواره‌های عضلانی خود، فشار خون را در حفره‌ای بسته افزایش می‌دهند. همچنان‌که فشار افزایش می‌یابد، دریچه‌ها باز می‌شوند و جریان مایع در جهت گرادیان فشاری به‌وجود آمده را ممکن می‌سازند. وجود دریچه‌های یک‌سوکننده برای تأمین جریان یک‌طرفه لازم است. (ب) ساختارهایی مانند عضلات اسکلتی می‌توانند به عنوان پمپ عمل کنند. انقباض و شل‌شدن عضلات اسکلتی به‌طور متناوب رگ خونی را منقبض و منبسط می‌کند و مایع را در امتداد رگ، تحت فشار قرار می‌دهد. دریچه‌های یک‌سوکننده، جریان یک‌طرفه را تأمین می‌کنند. (ج) رگ‌های خونی قابل انقباض و قلب‌هایی با حرکات دودی می‌توانند با استفاده از امواج انقباضی منظم، خون را به سمت جلو به حرکت درآورند. این رگ‌ها ممکن است حاوی دریچه‌هایی برای تأمین جریان یک‌طرفه باشند، اما جهت انقباض در اغلب موارد برای ایجاد جریانی یک‌طرفه کافی است.

یک انتهای لوله به انتهای دیگر آن به پیش می‌روند. انقباضات دودی نیز همانند فشرده شدن خمیر دندان در لوله‌اش، خون را از طریق ساختار پمپ‌کننده، فشرده می‌کنند و به درون دستگاه گردش خون به جریان درمی‌آورند. از آنجا که انقباضات دودی معمولاً در جهت خاصی روی می‌دهند، این پمپ‌ها می‌توانند حتی هنگامی که دریچه‌ای وجود نداشته باشد، موجب جریان یک‌طرفه شوند.

۲. سیستم لوله‌ها، کانال‌ها یا فضاهای دیگری که مایع بتواند از میان آنها جریان یابد.

۳. مایعی که از طریق این دستگاه به جریان درآید.

با وجود این، تنوع قابل‌توجهی بین ساختار و سازماندهی هر کدام از این اجزا در جانوران مختلف وجود دارد.

دستگاه‌های گردش خون از ساختارهای پمپ‌کننده متنوعی استفاده می‌کنند

همه دستگاه‌های گردش خون دارای چند نوع ساختار پمپ‌کننده هستند که مایعات را در سراسر دستگاه پیش می‌رانند. ما بیشتر با عمل پمپ‌کنندگی حفرات منقبض‌شونده‌ای مانند قلب جانور مهره‌دار آشنایی داریم (شکل ۲.۸). قلب‌های حفره‌دار در مهره‌داران و بی‌مهرگان وجود دارند. انقباض عضلانی قلب، فشار را در حفرات قلب افزایش می‌دهد. هنگامی که فشار در قلب نسبت به بقیه دستگاه گردش خون بیشتر می‌شود، خون بر طبق این گرادیان فشاری به درون دستگاه گردش خون جریان می‌یابد. دریچه‌های یک‌سوکننده به ایجاد جریان یک‌طرفه کمک می‌کنند.

قلب‌های حفره‌دار در اغلب موارد دارای بیش از یک حفره هستند. معمولاً اولین حفره‌ای که مایع در گردش وارد آن می‌شود، دهلیز نام دارد. قلب‌های جانوری ممکن است یک یا چند دهلیز داشته باشند. این حفرات، هم به عنوان منبع ذخیره و هم به عنوان پمپ عمل می‌کنند. مایع از دهلیز به درون حفره‌ای عضلانی‌تر به نام بطن وارد می‌شود که به عنوان پمپ اصلی عمل می‌کند.

قلب‌های حفره‌دار، تنها ساختارهایی نیستند که در دستگاه‌های گردش خون، قابلیت پمپ‌کردن مایع را دارند. بلکه اندام‌هایی مانند عضلات اسکلتی وجود دارند که می‌توانند بدون وابستگی به دستگاه گردش خون برای ایجاد گرادیان‌های فشاری مورد استفاده قرار گیرند. (شکل ۲.۸). برای مثال، در مهره‌داران خشکی‌زی، فعالیت‌های عضلات پا به برگرداندن خون به قلب کمک می‌کند. همچنین، در بسیاری از بندپایان، حرکات طبیعی بدن، خون را در سراسر بدن به جریان درمی‌آورد. رگ‌های خونی در این دستگاه‌ها، اغلب دارای دریچه‌های یک‌سوکننده برای حفظ جریان یک‌طرفه مایع در گردش هستند.

رگ‌های خونی ضربان‌دار یا منقبض‌شونده و قلب‌های لوله‌مانند که در برخی از بی‌مهرگان و جنین‌های اولیه مهره‌داران یافت می‌شوند، توسط حرکات دودی خون را جابه‌جا می‌کنند (شکل ۲.۸). انقباضات دودی، امواج منظم انقباض عضلانی هستند که در مدلی هماهنگ از