تنظیم دما در جانوران

ترجمه: الهه علوی

اشاره

جانوران با ساز و کارهای متفاوتی خود را با محیط متغیر بیرونی سازگار می‌کنند. گروهی از این سازوکارها مربوط به سازوکارهای فیزیولوژیک و رفتاری است که جانوران آن‌ها را برای تنظیم دما به کار می‌برند. در نوشتار زیر برخی از این ساز و کارها در گروه‌های متفاوت جانوران معرفی می‌شوند.

مقدمه

دمای سلول‌های زنده بر نرخ فرایندهای سوخت و سازی تأثیر می‌گذارد. سلول‌های جانوران در صورتی که گرم بمانند، می‌توانند سریع‌تر رشد کنند و به محیط پاسخ دهند. در واقع جانورشناسان معتقدند که توانایی بعضی جانوران در حفظ حالت پایدار و دمای نسبتاً بالا علت اصلی در موفقیت تکاملی آن‌هاست. منظور از تنظیم دما، توانایی کنترل دمای بدن در جانوران است که سیستم‌های عصبی، غدد داخلی، تنفس و گردش خون در آن درگیرند.

کلیدواژه‌ها: تنظیم دما، خونگرم، خونسرد، چربی قهوه‌ای.

اثر دما بر زندگی جانوران

عملکردهای فیزیولوژیک جانوران به دما ارتباط دارند، زیرا سوخت و ساز به تغییرات دمای درونی حساس است. بنابراین دما منبع قوی برای فشار انتخابی در همه جانوران بوده است. دما، نرخ تنفس سلولی را تا نقطه‌ای مشخص افزایش می‌دهد. وقتی دما از دمای بهینه- یعنی دمایی که آنزیم‌ها به‌طور مؤثر واکنش‌های شیمیایی را کاتالیز می‌کنند- بیش‌تر شود، به سبب تأثیری که بر ساختار آنزیم‌ها دارد، نرخ

خونگرم بودن امکان تجمع بعضی جانوران را در زیستگاه‌هایی به‌وجود آورده است که خونسردها نمی‌توانند در آنجا زندگی کنند

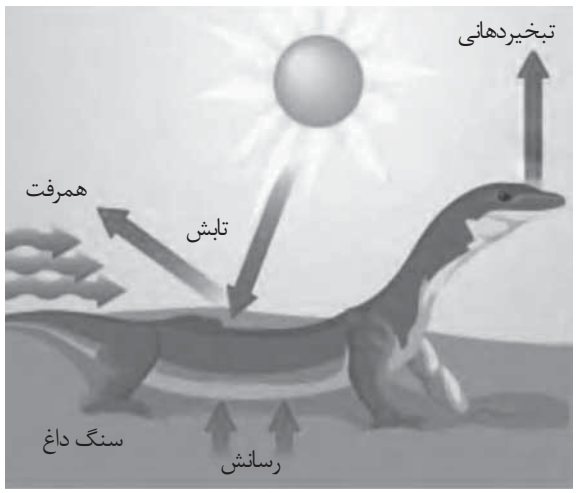
تنفس سلولی کاهش می‌یابد. هم‌چنین واکنش‌های شیمیایی که آنزیم‌ها را در شکل سه بعدی نگه می‌دارند، مختل می‌شوند. بنابراین نتیجهٔ تکامل آنزیم‌ها، به‌طور مکرر آنزیم‌هایی بوده که دمای بهینه برای عملکرد آن‌ها، بازتابی از زیستگاه جانور است. مثلاً دمای بهینهٔ آنزیمی گوارشی در ماهی قزل‌آلا ممکن است ۱۰°C باشد، در حالی که این دما برای آنزیم مشابه در بدن انسان، در ۳۷°C بهترین عملکرد را دارد. دماهای بالا سبب تغییر ساختار پروتئین‌ها و دماهای پایین ممکن است سبب تغییر حالت غشا از سیال به جامد شوند که با بسیاری از فرایندهای سلولی، مثلاً پمپ‌های انتقال فعال تداخل دارد. جانوران می‌توانند با ایجاد توازن بین گردش دما از محیط و یا دادن دما به محیط با آثار مخرب تغییرات دما مقابله کنند.

به دست آوردن و از دست دادن گرما

جانوران گرما را به صورت محصول فرعی سوخت و ساز و یا از محیط اطراف به دست می‌آورند و نیز آن را به محیط می‌دهند. دمای کلی بدن حاصل تعامل این عوامل است و به صورت زیر بیان می‌شود.

دادن گرما به محیط- (گرفتن گرما از محیط+تولید سوخت و سازی گرما)=دمای بدن

جانوران گرما را در چهار فرایند فیزیکیِ رسانش، همرَفت، تبخیر و تابش با محیط مبادله می‌کنند (شکل ۱).



شکل ۱. به دست آوردن و از دست دادن گرما در خزنده خشکی‌زی در محیط خشکی. گرما از طریق اشیایی که در تماس مستقیم با جانورند، (رسانش)، جریان هوا (همرَفت)، تنفس (تبخیر) یا امواج الکترومغناطیسی (تابش) جابه‌جا می‌شود.

راه‌حل‌هایی برای نوسان‌های دما

جانوران به سه راه اساسی بر نوسان‌های دما غلبه می‌کنند:

۱) جایی را در محیط اشغال می‌کنند که دما ثابت و با فرایندهای فیزیولوژیک سازگار است؛

۲) فرایندهای فیزیولوژیک آن‌ها با دامنه‌ای از دما که جانور در آن می‌تواند زندگی کند، سازگارند؛

۳) می‌توانند گرمای داخلی تولید و آن را حفظ کنند تا دمای بدن را برخلاف نوسان‌های دمایی محیط بیرون، ثابت نگه دارند.

براســاس این‌که گرمای بدن جانــوران از فرایندهای داخلی و یا از محیط بیرون باشــد، آن‌ها را در دو دســتهٔ خونگرم و خونسرد قرار می‌دهند. خونســردها اکثر گرمــای بدن را از محیط بیــرون و نه از سوخت‌وساز درونی به دست می‌آورند (شکل ۲).

شکل۲. تابش جانور را گرم می‌کند. میرکت بعد از شبی سرد نشسته و سطح زیادی از بدن را در برابر نور خورشید قرار داده است تا گرمای آن را جذب کند.

نرخ ســوخت و ساز آن‌ها پایین است و عایق‌بندی ضعیفی دارند. به‌طور کلی خزندگان، دوزیســتان، ماهی‌ها و بی‌مهرگان خونسردند؛ گرچــه تعداد کمی از خزندگان، حشــرات و ماهی‌ها می‌توانند دمای درونی بدنشان را افزایش دهند. خونسردها تمایل دارند که در محیط اطــراف به جســت‌وجو بپردازند تا جایی را پیــدا کنند که تنش‌های گرمایی یا سرمایی برای بدن آن‌ها در حداقل باشد.

پرندگان و پستانداران خونگرم نامیده می‌شوند، زیرا گرمای بدنشان را از فرایندهای ســلولی به دست می‌آورند. منبع پایدار گرمای درونی این امکان را برای خونگرم‌ها فراهم می‌کند که برخلاف نوســان‌های دمایی محیط بیرون، تقریباً دمای درونی ثابتی داشته باشند. بدن اکثر خونگرم‌ها با مو یا پر و مقدار نسبتاً زیادی چربی عایق‌بندی شده است. گرما با این عایق مؤثرتر حفظ می‌شــود و دمای درونی بالاتر می‌ماند. خونگرم بــودن به جانوران امکان می‌دهد که دمــای درونی پایداری داشته باشند، بنابراین عملکرد فرایندهای بیوشیمی و دستگاه عصبی در ســطوح پایدار و بالا انجــام می‌گیرند. خونگرم بودن امکان تجمع بعضی جانوران را در زیستگاه‌هایی به‌وجود آورده است که خونسردها نمی‌توانند در آنجا زندگی کنند.

راه دیگر گروه‌بندی جانوران براساس ثابت بودن و یا متغیر بودن دمای بدن است. گرچه اکثر خونگرم‌ها، هومئوترم[1] (دمای بدن نسبتاً ثابتی دارند) و اکثر خونسردها هتروترم[2]اند (دمای بدن متغیر دارند)، استثناهای زیادی وجود دارد. دمای بدن بعضی خونگرم‌ها فصلی (مثلاً در زمستان خوابی) و بعضی روزانه تغییر می‌کند. مثلاً بعضی پرندگان (مانند مرغ شــهدخوار) و پستانداران (مانند حشره‌خور) می‌توانند به مدت زمان کوتاهی، دمای بالایی داشته باشند، زیرا معمولاً وزن آن‌ها کمتر از ۱۰ گرم است و چنان توده بدنی کوچکی دارند که نمی‌توانند انرژی کافی برای جبران گرمای از دســت رفته از ســطح نسبتاً زیاد بدنشــان را تولید کنند. مرغ‌های شهدخوار باید بیشــتر روز را برای مکان‌یابی و نوشیدن شهد (منبع غذایی با کالری بسیار زیاد) که منبع انرژی دائمی برای سوخت و ساز آن‌هاست، صرف کنند. این پرندگان وقتی در حال تغذیه نیستند، سریعاً انرژی خود را از دست می‌دهند و نرخ سوخت و ساز آن‌ها به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. مرغ‌های شهدخوار در شب وارد وضعیت خواب مانندی می‌شوند و دمای بدن آن‌ها به ســمت دمای محیط خنک‌تر اطــراف تمایل می‌یابد. بعضی خفاش‌ها نیز برای نگهداری انرژی، چنین وضعیت خواب‌مانندی دارند.

بعضی خونسردها می‌توانند دمای نسبتاً ثابتی داشته باشند. در بیــن این‌ها گروهــی از خزندگان وجود دارند کــه می‌توانند با تغییر وضعیت بدن و جایگاه در طول روز از طریق توازن بین کسب گرما و از دست دادن آن دمای بدن نسبتاً ثابتی داشته باشند.

خونسردها به‌طور کلی در نواحی گرمسیری رواج بیشتری دارند، زیرا در چنین نواحی نیازی به صرف انرژی زیاد برای حفظ دمای بدن

بعضی خونســردها می‌توانند دمای نســبتاً ثابتی داشته باشند. در بین این‌ها گروهی از خزندگان وجود دارند که می‌تواننــد با تغییر وضعیت بدن و جایگاه در طول روز از طریق توازن بین کســب گرما و از دســت دادن آن دمای بدن نسبتاً ثابتی داشته باشند

ندارند و می‌توانند انرژی بیشتری را برای جمع‌آوری غذا و تولیدمثل صرف کنند. علاوه بر آن دوزیستان در مقایسه با پستانداران در نواحی گرمسیری وفور بیشــتری دارند. برعکس، خونگرم‌ها در محیط‌های معتدل تا ســرد مزیت انتخابی و فراوانی بیشتری دارند. نرخ سوخت و ســاز و عایق‌بندی بالا این امکان را به خونگرم‌ها می‌دهد که حتی نواحی قطبی را به اشــغال خود درآورند (خرس‌های قطبی). در واقع سیستم‌های کارآمد گردش خون پرندگان و پستانداران، سازش‌هایی در جهت خونگرمی و نرخ سوخت و ساز بالاست.

تنظیم دما در بی‌مهرگان

همان‌طور که اشـاره شـد، دمـای محیط در محدودسـازی پراکنـش جانوران و کنترل واکنش‌های سـوخت و سـازی نقش بحرانی دارد. اکثر بی‌مهرگان نرخ سوخت و ساز نسبتاً پایین دارند و مکانیسـم تنظیم دمـا ندارند، بنابراین دمای بـدن آن‌ها به‌طور غیرفعال مطابق با دمای محیط بیرونی است. شواهد نشان می‌دهد که بعضی جانوران می‌توانند مستقیماً تفاوت‌های دمایی محیط را حس کنند، گرچه گیرنده‌های خاصی برای این توانایی شناسـایی نشـده اسـت و یا این‌که شـاید اصلاً وجود نداشـته باشد. آن‌چه جانورشناسـان می‌دانند این است که بسـیاری از بندپایان مانند حشـرات، خرچنگ‌ها و خرچنگ نعل اسبی، می‌توانند تفاوت‌های دمایـی را حس کنند. مثلاً سـاس‌های جانوران خونگرم می‌توانند «گرمـای غـذای نزدیک» را حـس کنند و خـود را روی میزبان مهـره‌دار بیندازند. بندپایان زیادی سـازوکارهای منحصر به‌فردی برای بقا در حدود افراطی دما دارند. مثلاً حشـرات مناطق معتدل با فرا رسیدن زمستان با کاهش محتوای آب در بافت‌های بدنشان از یخ زدن در امان می‌مانند. بعضی حشرات می‌توانند گلیسرول یا گلیکوپروتئین‌هایـی تولید کنند که نقش ضد انجماد دارند. بعضی شـب‌پرها و زنبورها بـا انقباض‌های لرزشـی ماهیچه‌های پروازی سـینه‌ای، خود را قبل از پرواز گرم می‌کنند. بسـیاری از حشرات پروازکنندهٔ بزرگ، سـاز و کاری برای ممانعت از گرم شـدن زیاد در طول پرواز دارند: خون در سراسـر ماهیچه‌های پروازی حرکت می‌کند و گرما را از سـینه به شـکم حمل می‌کند تا در آن‌جا از شـر این گرمای اضافی خلاص شـوند. بعضی جیرجیرک‌ها که در بیابان زندگی می‌کنند، دسـته‌ای مکانیسـم خنک‌کنندهٔ تبخیری دارند که مسـتقل از آن چیزی است که مهره‌داران به‌کار می‌برند. ایـن جیرجیرک‌ها وقتی در معرض خطـر گرمای زیاد قرار دارند، آب را از خون می‌کشند و آن را به مجاری بزرگی منتقل می‌کنند که در سطح بدنشان وجود دارند. آب در آن‌جا از طریق منافذ عرق

اکثر بی‌مهرگان نرخ سـوخت و ساز نسبتاً پایینی دارند و مکانیسـم تنظیم دما ندارند، بنابراین دمای بدن آن‌ها به‌طور غیرفعال مطابق با دمای محیط بیرونی است

خارج می‌شوند، به بیانی این جیرجیرک‌ها عرق می‌کنند!

ژست بدن و جهت‌گیری بال‌ها در برابر خورشید می‌تواند بر دمای بدن حشـراتی که آفتاب می‌گیرند، تأثیر بگذارد. مثلاً سنجاقک‌ها و پروانه‌هایی که روی تکیه‌گاه نشسـته‌اند، می‌توانند با متناسب‌سازی ژست بدن، مقدار گرمای تابشی را که به دست می‌آورند، تنظیم کنند (شکل۳).

بندپایان حفار زیـادی (عقرب، جیرجیرک‌های زمینی، بعضی سوسک‌ها) برای مهار گرمای زیاد، بدن خود را تا آن‌جایی که ممکن

حداقل جذب گرما　　حداکثر جذب گرما

شـکل۳. به دست آوردن گرما در حشرات. وضعیت بدن سنجاقک مناسب با جذب حداکثری یا حداقلی گرماست.

اسـت بالاتر از سـطح زمین نگه می‌دارند تا جذب گرما از زمین را به حداقل برسـانند. بعضی کرم‌های پروانه و جیرجیرک‌های زمینی بـا هر دو عامل باد و خورشـید می‌چرخند تا در گرمای تابشـی به دسـت آمده و گرمای همرفتی از دسـت داده، تفاوت ایجاد کنند. بعضی سوسـک‌های بیابانیِ حفار می‌توانند از هـزاران منفذ ریزی کـه در کوتیکول دارند، موم بـه بیرون تراوش کنند. این جوانه‌های

حشـرات مناطق معتدل با فرا رسیدن زمستان با کاهش محتـوای آب در بافت‌های بدنشـان از یـخ زدن در امان می‌مانند

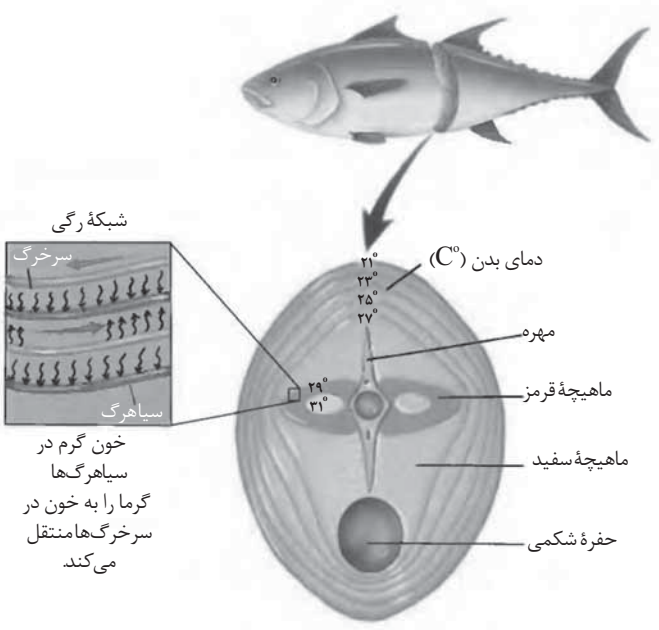
مومی مانع آبگیری می‌شـوند و نیز سـد بیرونی در برابر خورشـید بیابان‌انـد. رنگ، اثر معنی‌داری بر تنظیم دما دارد، زیرا ۵۰٪ انرژی تابشی خورشید در طیف مرئی است. سطح سیاه در مقایسه با سطح سفید انرژی تابشـی کمتری را بازتاب می‌دهد. بنابراین بسیاری از سوسک‌های سیاه در اوایل روز فعال‌ترند، زیرا انرژی تابشی بیشتری را جذب می‌کنند و سـریع گرم می‌شـوند. برعکس، سوسـک‌های سـفید در زمان‌های داغ‌تر روز فعالیت بیش‌تـری دارند، زیرا انرژی کم‌تـری جذب می‌کنند. مثال‌های گفته شـده دربـارهٔ تنظیم دما

بعضی سوسک‌های بیابانی حفار می‌توانند از هزاران منفذ ریزی که در کوتیکول دارند، موم به بیرون تراوش کنند. این جوانه‌های مومی مانع آبگیری می‌شـوند و نیز سـد بیرونی در برابر خورشید بیابان‌اند

در بی‌مهرگان، سـرنخ‌هایی بـرای چگونگی تکامـل تنظیم دما در مهره‌داران می‌دهد. تنظیم دما از نوع خونگرمی در حشـرات فعال، ظاهراً به این سبب تکامل یافت که تحرک، گرمای سوخت و سازی کافی برای ایجاد رویکردهای تنظیم دما تولید کرد. سـوخت و ساز حرکتـیِ افزایش‌یافته، به‌خوبی می‌تواند مقدم بر تکامل تنظیم دما در مهره‌داران باشد.

تنظیم دما در ماهی‌ها

دمای آب، دمای بدن اکثر ماهی‌ها را تعیین می‌کند. ماهی‌هایی که



شکل ۴. تنظیم دما در ماهی‌های بزرگ فعال. در ماهی تونِ باله آبی شبکه سرخرگی و سیاهرگی با جریان متضاد به کاهش اتلاف گرمای بدن کمک می‌کند. برش عرضی بدن نشان می‌دهد که دما در اطراف ماهیچه‌های قرمزرنگِ شنا بیشتر است.

در آب‌های بیش از اندازه سرد زندگی می‌کنند، در خونشان مادهٔ ضد یخ دارند. پلی‌الکل‌ها (مانند سوربیتول، گلیسرول) یا پپتیدهای محلول در آب و گلیکوپپتیدها، دمای انجماد پلاسمای خون و مایعات دیگر بدن را پایین می‌آورند. این ماهی‌ها، هم‌چنین پروتئین‌ها یا ترکیبات قند پروتئین دارند که رشد بلورهای یخی را که شروع به تشکیل کرده‌اند، متوقف می‌کنند. این سازگاری‌ها ماهی‌ها را قادر می‌کند تا منعطف بمانند و آزادانه در وضعیت بسیار سرد (یعنی در دماهایی زیر نقطه معمول انجماد) شنا کنند. دمای درونی بعضی ماهی‌های فعال به‌طور معنی‌داری بالاتر از دمای آب است. ماهی تونِ باله آبی و کوسه سفید بزرگ، رگ‌های خونیِ بزرگی دقیقاً در زیر پوست دارند. انشعاب رگ‌ها خون را به ماهیچه‌های قدرتمند، عمیق و قرمز شنا می‌برد. در آن‌جا رگ‌های کوچک‌تر، شبکهٔ مبدلِ گرمایی با جریان متضاد تشکیل می‌دهند. گرمایی که این ماهیچه‌های قرمز تولید می‌کنند، به هدر نمی‌رود؛ زیرا گرما در این شبکهٔ رگی از خون سیاهرگیِ در حال خروج از شبکه به خون سرخرگی سردی منتقل می‌شود که از سطح بدن وارد شبکه شده است. این آرایهٔ رگ‌های خونی با گرم نگه‌داشتن ماهیچه‌های بدن به اندازه چند درجه بیشتر از محیط در مقایسه با بافت‌های نزدیک به سطح بدن ماهی، فعالیت شدید را ارتقا می‌بخشد. انقباض عضلانی این ماهی‌ها چهار برابر قوی‌تر از انقباض‌های مشابه در ماهی‌هایی است که بدن سردتر دارند، بنابراین می‌توانند سریع‌تر شنا کنند و در مقایسه با ماهی‌های شکارچی دیگر در آن دما و عمق، دامنه وسیع‌تری از عمق‌های متفاوت را برای یافتن طعمه جست‌وجو کنند.

تنظیم دما در دوزیستان و خزندگان

جانورانی مانند دوزیستان و خزندگان که محیط اطراف‌شان بیشتر هواست تا آب با تغییرات دمایی قابل توجه فصلی و شبانه‌روزی مواجه‌اند. اکثر این جانوران خونسرد، گرما را از محیط به دست می‌آورند و دمای بدنشان با دمای محیط بیرون تغییر می‌کند. اکثر دوزیستان درکنترل دمای بدن مشکل دارند، زیرا گرمای سوخت‌وسازی ناچیزی تولید می‌کنند که سریعاً آن را از سطح بدن از دست می‌دهند. البته همان‌طور که اشاره شد سازش‌های رفتاری در اکثر مواقع آن‌ها را در حفظ بدن در دامنهٔ پایداری از دما توانمند می‌کند. دوزیستان مشکل بیشتری در تنظیم دما دارند، زیرا باید اکسیژن و دی‌اکسید کربن را از سطح پوست مبادله کنند. پوست لایهٔ مرطوبی است که نقش سیستم خنک‌کنندهٔ تبخیری دارد. مسئله از دست دادن گرما از طریق تبخیر، عامل محدودکننده در زیستگاه و فعالیت‌های دوزیستان در نواحی گرم و مرطوب است. بعضی دوزیستان، مثلاً قورباغه گاوی، می‌توانند مقدار موکوسی را که از سطح بدن تولید می‌کنند، تغییر دهند؛ پاسخی فیزیولوژیک که به تنظیم سردکنندهٔ تبخیری کمک می‌کند.

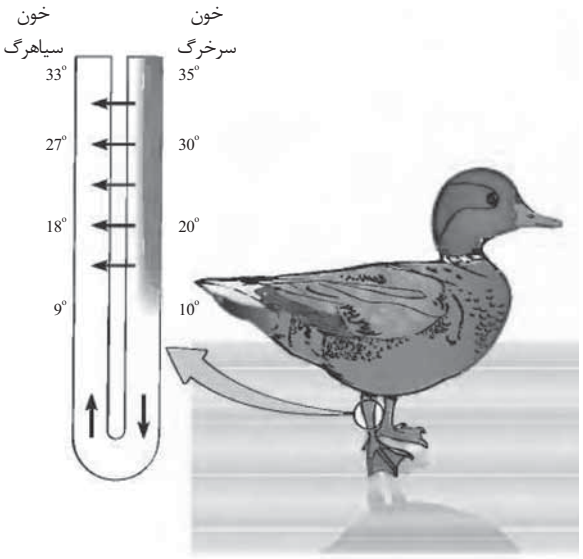
پوست خزندگان، بیشتر خشک است تا مرطوب، در نتیجه اتلاف گرما از طریق سیستم سردکنندهٔ تبخیری، یعنی پوست کاهش می‌یابد. هم‌چنین قفسه سینه خزندگان که قابلیت اتساع دارد به آن‌ها امکان می‌دهد که تهویهٔ کارآمدتر و قوی‌تری داشته باشند. خزندگان تقریباً به‌طور کامل خونسردند. نرخ سوخت و ساز پایین دارند و خود را از طریق سازش‌های رفتاری گرم می‌کنند. به علاوه بعضی از پیشرفته‌ترین ساز و کارهای تنظیمیِ که در پستانداران یافت می‌شوند، ابتدا در خزندگان دیده شده‌اند. مثلاً، خزندگان غواص (مانند لاک‌پشت‌های دریایی و مارهای دریایی) گرمای بدن را از طریق حرکت خون در مدارهای چرخشی به مرکز بدن حفظ می‌کنند. این جانوران هم‌چنین می‌توانند در پاسخ به هورمون‌های تیروکسین و اپی‌نفرین تولید گرما را افزایش دهند. به علاوه لاک‌پشت‌های زمینی و لاک‌پشت‌های خشکی‌زی می‌توانند خودشان را از طریق ترشح بزاق و ایجاد کف در دهان، ادرار کردن به روی پاهای پشتی، مرطوب کردن چشم‌ها و تنفس تند، خنک کنند.

تنظیم دما در پرندگان و پستانداران

پرندگان و پستانداران فعال‌ترین مهره‌داران‌اند و پیچیده‌ترین رفتارها را دارند. می‌توانند در زیستگاه‌های سراسر زمین زندگی کنند، زیرا خونگرم‌هایی با دمای ثابت‌اند و با گرمای سوخت و سازی، دمای بدن را بین ۳۵ تا ۴۳ درجهٔ سانتیگراد حفظ می‌کند. سازوکارهای خنک‌کننده متفاوتی مانع از گرم شدنِ بیش از حد پرندگان می‌شود. پرندگان برای کاهش گرما، خنک‌کنندهٔ تبخیری غدد عرقی و یا تنفس تند ندارند. بعضی پرندگان کیسه‌ای با رگ‌بندی زیاد (کیسه‌گلویی) در قفسه سینه دارند که می‌توانند آن را برای افزایش تبخیر از دستگاه تنفسی به لرزش درآورند.

بعضی پرندگان ساز و کارهایی برای ممانعت از اتلاف گرما دارند. پرها به خصوص کرک‌ها، عایقی عالی برای کاهش اتلاف گرما از پوست‌اند (شکل ۵ الف).

شـــکل۵. عایق‌بندی و تبادل گرمایی جریان متضاد. (الف) لایه ضخیم کرک‌ها این پنگوئن را گرم نگه می‌دارند. پوششـــی از پرهای کوتاه و ســـوزن مانند، هوا را به دام می‌اندازد.



شـــکل۵. (ب) مبدل گرمایی جریان متضـــاد در پاهای پرنده. بعضی پرنده‌های آبزی مانند این اردک، سیستم جریان متضاد در پاهایشان دارند که اتلاف گرما را کاهش می‌دهد. سرخرگ‌ها، خون گرم را به سمت پایین پاها برای گرم کردنِ خون سردتر در سیاهرگ‌ها هدایت می‌کنند؛ بنابراین گرما دوباره به بدن می‌رود و از طریق پاها که با سطح سرد در تماس‌اند، هدر نمی‌رود.

گونه‌هـــای آبزی که گرما را از طریق پاها از دســـت می‌دهند، در آن‌جا برای کاهش اتلاف گرما، رگ‌های محیطی مبادله‌کنندهٔ گرمایی با جریان متضاد دارند (شکل ۵ب).

پستانداران که در نواحی سرد زندگی می‌کنند، مثلاً روباه قطبی و گوزن شمالی، نیز این رگ‌های مبادله‌کننده را در اندام‌های انتهایی دارند (یعنی پاها، دم‌ها، گوش و بینی). جانورانی که در اقلیم‌های داغ

پرندگان و پستانداران نیز از ساز و کارهای رفتاری برای تطبیق با تغییرات دمای محیط بیرون استفاده می‌کنند. همانند خونســـردها آفتاب می‌گیرند و یا این‌که به سایه پناه می‌برند

زندگی می‌کنند، مثلاً خرگوش بزرگ آمریکایی ساز و کارهایی برای خلاص شدن بدن از گرمای اضافی دارند (گوش‌های بزرگ، شکل۶). پوست ضخیم و لایه ضخیمی از چربی که درست زیر پوست قرار دارد بـــه جانوران دریازی مانند فک‌ها و وال‌ها کمک می‌کند تا دمای بدن در محدودهٔ ۳۶ تا ۳۸ درجه ســـانتی‌گراد باقی بماند. در دُم و باله‌های شـــنا که لایه ضخیم چربی وجود ندارد، سیســـتمی از سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها با جریان متضاد برای به حداقل رساندن اتلاف گرما کمک می‌کند.

پرندگان و پســـتانداران نیز از ساز و کارهای رفتاری برای تطبیق با تغییرات دمای محیط بیرون استفاده می‌کنند. همانند خونسردها آفتاب می‌گیرند و یا این‌که به سایه پناه می‌برند.

شکل۶. تنظیم دما. این خرگوش باید از شر گرمای زیاد بدن خلاص شود. گوش‌های بزرگ، نازک و پر از انشعابات رگی، سطح بزرگی برای تبادل گرما ایجاد می‌کنند.

بعضی از پیشـــرفته‌ترین ســـاز و کارهای تنظیمی که در پســـتانداران یافت می‌شـــوند، ابتدا در خزنـــدگان دیده شده‌اند

جانوران بســـیاری برای گرم ماندن به دور هم جمع می‌شـــوند و ازدحام می‌کنند. بعضی‌ها برای حفاظت در برابر دمای زیاد به نقب‌های زیرزمینـــی می‌رونـــد. مهاجرت به اقلیم‌های گرم و زمســـتان خوابی، پرندگان و پســـتانداران زیادی را برای گذران ماه‌های ناملایم و دشوار زمســـتان، توانمند می‌کند. بعضی‌ها مانند شتر بیابان، سازگاری‌های تکاملی چندگانه‌ای برای بقا در داغ‌ترین و خشک‌ترین اقلیم‌های روی زمین دارند.

تولید گرما در پرندگان و پستانداران

پرندگان و پســـتانداران می‌توانند با انقباض عضلانی، آنزیم‌های پمپ ATPآزی، اکسیداســـیون اســـیدهای چرب در چربی قهوه‌ای و فرایندهای سوخت و سازی دیگر، گرما تولید کنند. هر وقت که سلول

ماهیچه‌ای منقبض می‌شود، رشته‌های اکتین و میوزین روی هم سُر می‌خورند و هیدرولیز مولکول‌های ATP گرما تولید می‌کند. گرما با کار ماهیچه به‌طور ارادی (دویدن، پریدن، پرش) و غیرارادی (لرزیدن در سرما) تولید می‌شود.

پرندگان و پستانداران ظرفیت منحصربه فردی در تولید گرما با استفاده از آنزیم‌های اختصاصی دارند که منشأ تکامل آن‌ها قدیمی است: آنزیم‌های پمپ ATP آز در غشاهای پلاسمایی اکثر سلول‌ها. وقتی بدن خنک می‌شود، غده تیروئید هورمون تیروکسین آزاد می‌کند. تیروکسین نفوذ بسیاری از سلول‌ها را به یون‌های سدیم افزایش می‌دهد و سدیم وارد سلول می‌شود. پمپ ATP آز این یون‌ها را به سرعت به خارج پمپ می‌کند. ATP در این فرایند هیدرولیز و انرژی آزاد می‌شود. رهاسازی هورمونی تولید گرما، تولید غیرلرزشی

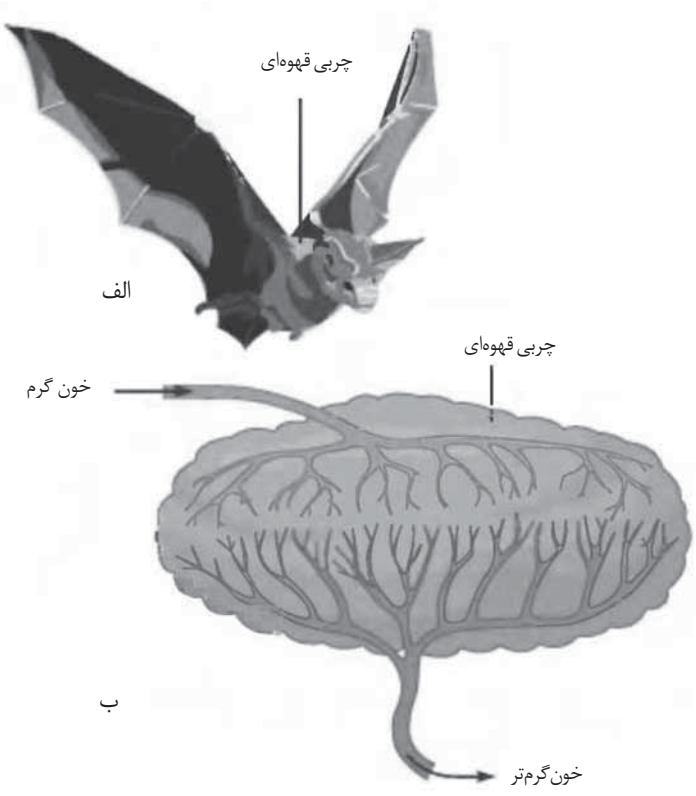
**چربی قهوه‌ای نوع تخصص‌یافتهٔ چربی در نوزا
پستانداران، پستانداران ساکن اقلیم‌های سرد
پستاندارانی است که زمستان‌خوابی دارند**

گرما نامیده می‌شود.

چربی قهوه‌ای نوع تخصص‌یافتهٔ چربی در نوزاد پستانداران، پستانداران ساکن اقلیم‌های سرد و پستاندارانی است که زمستان‌خوابی دارند (شکل ۷ الف).

رنگ قهوه‌ای این چربی مربوط به تعداد فراوان میتوکندری‌هایی است که سیتوکروم‌های آهن‌دار دارند. چربی قهوه‌ای زیر دنده‌ها و شانه‌ها قرار دارد. وقتی سلول‌هایِ دارای چربی قهوه‌ای اسیدهای چرب را اکسید می‌کنند، مقدار زیادی گرما تولید می‌شود، زیرا ATP ناچیزی ساخته می‌شود. خونی که از بافت‌های چربی قهوه‌ای می‌گذرد، گرم می‌شود و این گرما را در سراسر بدن توزیع می‌کند. نرخ سوخت و ساز پایه در پرندگان و پستانداران بالاست و محصول فرعی آن گرمای ناخواسته اما مفیدی است که تولید می‌شود. سلول‌های تخصص یافته‌ای در هیپوتالاموس مغز دوزیستان، خزندگان، پرندگان و پستانداران تنظیم دما را کنترل می‌کنند. مرکز سرما و مرکز گرما، دو ناحیهٔ تنظیم دما در هیپوتالاموس‌اند. مرکز گرما انقباض رگ‌های سطحی، راست شدن مو و خز و تولید گرما (لرزشی و غیرلرزشی) را کنترل می‌کند. مرکز سرما اتساع رگ‌های خونی، عرق کردن و تنفس تند را کنترل می‌کند. به‌طور کلی سازوکارهای بازخوردی (با عملکرد هیپوتالاموس در نقش دماپا) به سردشدن و گرم شدن بدن می‌انجامند و به این وسیله دمای بدن را کنترل می‌کنند. گیرنده‌های نورونی تخصص یافته‌ای در پوست و بخش‌های دیگر بدن، تغییرات دما را حس می‌کنند. گیرنده‌های نورونی گرما، مرکز سرما را تحریک و مرکز گرما را مهار می‌کنند. گیرنده‌های نورونی سرما اثرات مخالفی دارند.

خونگرم‌های متفاوتی در طول زمستان، زمستان‌خوابی دارند (خفاش‌ها، موش خرمای کوهی، سنجاب راه‌راه).



شکل ۷. چربی قهوه‌ای. (الف) پستانداران زیادی مانند این خفاش بافت چربی قهوه‌ای در شانه‌ها دارند. (ب) ناحیه‌ای که چربی قهوه‌ای دارد گرم‌تر از بقیه بدن است. خونی که در بافت چربی قهوه‌ای جریان می‌یابد، گرم می‌شود.

نرخ سوخت و سازی در طول زمستان‌خوابی تا حد نرخ مورد نیاز برای عملکرد قلب و تنفس کم می‌شود. پستانداران با ساختن ذخایر چربی و رشد پشم‌های زمستانه برای زمستان‌خوابی آماده می‌شوند. همهٔ جانوران زمستان خواب، چربی قهوه‌ای دارند. کاهش طول روز، افزایش ذخیره‌سازی چربی و رشد پشم را تحریک می‌کند. وضعیت فیزیولوژیک دیگر، سوخت و ساز آهسته و غیرفعال شدن در تابستان یا همان رکود تابستانی است که به بعضی پستانداران امکان می‌دهد تا در دوره‌های دمای زیاد و کاهش ذخایر آب، دوام آورند. بعضی جانوران مانند گورکن، خرس، راکون و راسوی بدبو وارد وضعیتی از خواب طولانی در زمستان می‌شوند. از آن‌جایی که دمای بدن این جانوران در حدود طبیعی باقی می‌ماند، این نوع خواب، زمستان خوابی واقعی نیست.

پی‌نوشت

1. Homeotherms
2. Heterotherms

منبع

Miller-Harley: zoology, fifth edition, MacGrow-Hill, 2001.