



ساعاتی زیستی

پدیدآورنده (ها) : جی جی ویترو؛ معصومی همدانی، حسین

علوم تربیتی :: نشریه آموزش و پرورش (تعلیم و تربیت) :: آذر ۱۳۵۵، سال چهل و ششم - شماره ۳

صفحات : از ۱۴۹ تا ۱۶۱

آدرس ثابت : <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/293368>

تاریخ داندلود : ۱۴۰۳/۰۶/۳۰

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی (نور) جهت ارائه مجلات عرضه شده در پایگاه، مجوز لازم را از صاحبان مجلات، دریافت نموده است، بر این اساس همه حقوق مادی برآمده از ورود اطلاعات مقالات، مجلات و تألیفات موجود در پایگاه، متعلق به "مرکز نور" می باشد. بنابر این، هرگونه نشر و عرضه مقالات در قالب نوشتار و تصویر به صورت کاغذی و مانند آن، یا به صورت دیجیتالی که حاصل و بر گرفته از این پایگاه باشد، نیازمند کسب مجوز لازم، از صاحبان مجلات و مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی (نور) می باشد و تخلف از آن موجب پیگرد قانونی است. به منظور کسب اطلاعات بیشتر به صفحه [قوانین و مقررات](#) استفاده از پایگاه مجلات تخصصی نور مراجعه فرمائید.



مقالات مرتبط

- سخنان اعلیحضرت شاهنشاه آریا مهر، در کنفرانس آموزشی رامسر
- برآورد سهم عوامل مؤثر بر بودجه جاری دانشگاهها (یک مطالعه مقطعی)
- فردگرایی، جمع گرایی و دینداری
- سواد مالی و ضرورت سنجش آن در نظام نوین آموشی؛ مطالعه موردی شهرستان شهرضا
- نظریه یادگیری ارتباط گرایی و کاربرد آن در طراحی کتاب درسی دانشگاهی
- ژان پیاژه پژوهش گر بلند آوازه قرن ما
- بررسی سطح سواد مالی خانواده های تهرانی و عوامل مرتبط با آن
- زمینه ها و راهبردهای اجرای برنامه درسی سواد مالی برای دوره ابتدایی
- تحلیل روان شناختی ایمان دینی
- معارف در ممالک دیگران: مدارس عمومی در اتازونی
- اقتصاد تعلیم و تربیت (۶) نقش آموزش در رشد اقتصادی
- راه های تثبیت ایمان در تربیت جوانان و چگونگی مصون سازی آنها از منظر قرآن و نهج البلاغه

عناوین مشابه

- مبنای الزامات محیط زیستی در قراردادهای نفتی ایران
- مقایسه اثربخشی آموزش به روش دست سازه های زیستی و روش سخنرانی بر پیشرفت تحصیلی درس زیست شناسی
- توسعه پایدار در بخش معادن و صنایع معدنی ۲. بررسی قوانین و مقررات محیط زیستی حاکم بر فعالیت های معدنی
- مدل یابی معادله ساختاری پذیرش نهاده های زیستی توسط شالیکاران شهرستان ساری
- ارزیابی و تحلیل اثرات محیط زیستی خیابان های شهری با استفاده از مدل تصمیم گیری چندمعیاره، مطالعه موردی: خیابان ۵۸ متری اراک
- تحلیل شاخص های عملکرد زیستی مناطق شهری اصفهان در تحقق پایداری
- مطالعه تطبیقی سرمایه های اجتماعی و کیفیت زیستی کانون های کوچک شهری (مورد پژوهشی: شهرهای کوچک استان گیلان)
- سنجش نگرش جامعه میزبان به تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی توسعه گردشگری (مورد مطالعاتی: روستاهای بخش لاریجان شهرستان آمل)
- تحلیل کیفیت زیستی در شهرهای کوچک مقیاس استان گیلان با استفاده از مدل مشارکت سرمایه های اجتماعی
- تخمین نفت زیستی حاصل از پیرولیز مواد زائد: رویکرد شبکه عصبی

ساعت‌های زیستی

در انسان، استعداد فیزیولوژیکی اندازه‌گیری زمان، در بسیاری از موارد، به شخص قدرت می‌دهد که زمانهایی به مدت چند ساعت را، بی‌آنکه هیچ وسیله خارجی در اختیار داشته باشد، با دقت زیاد تخمین بزند. مورد مشخص این امر کسانی هستند که می‌توانند بدون کمک ساعت شماطه‌ای در ساعت معینی از خواب برخیزند. این کیفیت، که گاه «ساعت مغز» خوانده می‌شود، بیشترین مقدار دقت خود را در حالت خواب مصنوعی آشکار می‌کند. شخصی که به خواب رفته است معمولاً از دستور انجام کاری، پس از مدتی معین، با صحت چشمگیر پیروی می‌کند. حتی اگر خواب مصنوعی در کار نباشد، «ساعت مغز» معمولاً به مدتی نسبتاً طولانی و با دقتی قابل ذکر کار خود را انجام می‌دهد. در آزمایش معروفی که به سال ۱۹۳۶ انجام گرفت. دو نفر، که به ترتیب به مدت ۴۸ و ۸۶ ساعت در يك اتاق ضد صدا زندانی شده بودند، زمان را چنان به دقت تخمین زدند که خطای هیچ يك بیش از يك درصد نبود. اما دو نفر که در سالهای ۹-۱۹۶۸ نزدیک به پنج ماه در دو غار جدا از هم در زیرزمین به سر بردند و هیچ وسیله‌ای برای تشخیص وقت در اختیار نداشتند، پس از دو هفته در تشخیص گذشت زمان دچار

گرچه در مورد آگاهی ما از زمان هنوز مشکلات ناگشوده بسیار است، هرروزه شواهد دیگری به دست می‌آید که در بدن ما چندین ساعت زیستی وجود دارد. مثلاً در برخی از بیماریها ریتمهای شبانروزی یا بیست و چهار ساعته مشاهده می‌شود، که در حالت عادی نمی‌توان به آن پی برد. دکتر سی. پی. ریشتر، از بالتیمور، مورد بیمار زمینگیری را ذکر می‌کند که قادر به سخن گفتن نبود، اما نه سال تمام هرروز بین ساعت نه بعد از ظهر و نیمه شب شخصیتش دگرگون می‌شد. در این چند ساعت، بیمار راه می‌رفت، از عهده مواظبت از خود برمی‌آمد و به وضوح سخن می‌گفت. دکتر ریشتر اعتقاد دارد که در بدن چندین ساعت زیستی هست که در حالت عادی با هم ارتباطی ندارند. اما در برخی از شرایط غیر متعارف با یکدیگر همزمان می‌شوند و دور-های مشخص جسمی یا ذهنی پدید می‌آورند. گرچه از دیرباز می‌دانسته‌اند که در جانوران و گیاهان ریتمهای روزانه یا فصلی مشاهده می‌شود و برخی از الگوهای رفتار به صورت متناوب پدیدار می‌شوند، اما فقط در سالهای اخیر آشکار شده است که این پدیده‌ها به استعداد درونی جانداران برای اندازه‌گیری زمان بستگی دارد.

اشتباه شدند و مدتی که به نظر ایشان يك روز می‌آمد، در واقع بین بیست و چهار تا چهل و هشت ساعت بود. نیاز به داشتن نوعی سرنخ برای تخمین زمان، که از این آزمایش مستفاد می‌شود، در واقع نشان می‌دهد که در این نوع شرایط غیرمتعارف، تأثیرات روانی سرانجام بر عوامل فیزیولوژیکی غلبه می‌کند، اما در اعتبار فرض وجود ساعت‌های زیستی خدشه وارد نمی‌کند.

راهیابی جانوران به هنگام مهاجرت

نشانه‌های وجود ساز و کارهای درونی اندازه‌گیری زمان، در گیاهان و جانوران، از پژوهش در سه زمینه مختلف به دست آمده است: مطالعه راهیابی جانوران به هنگام مهاجرت، تحقیق در فتوپریودیسم^۴ (نامی کلی که به عکس‌العمل جانداران نسبت به تغییرات فصلی طول روز و شب اطلاق می‌شود) و مطالعه ریتم‌های متناوب، از روزانه و غیرآن، در رفتار و فعالیت جانداران.

از دیرباز معلوم بوده است که پرندگان مهاجر می‌توانند راه‌های دور و درازی را بپیمایند تا به مقصدی معین برسند، و حتی پرندگان جوان نیز می‌توانند بدون کمک هموعان بزرگسال خود راه خویش را بیابند. اما توجیه این امر معلوم نبود، تا سال ۱۹۴۹ که گوستاو کریمر^۵ پرده از این راز برداشت. او مشاهده کرد که سارهایی که در هوای آزاد درون قفسی محبوس باشند، به هنگام فرار رسیدن زمان مهاجرت، با رفتار خویش سمتی را که دوست دارند رهسپار آن شوند نشان می‌دهند. چه در قفس به این سو و آن سو بپرند، چه بر شاخه‌ای نشسته باشند و چه بال بزنند، در هر حال متوجه يك سمت خاص هستند. اما کریمر پی‌برد که، وقتی آسمان تمام ابری باشد، سارها دیگر این کار را نمی‌کنند و با محافظت پرندگان از پرتوهای مستقیم نور خورشید و به کار بردن آینه‌های مناسب، دریافت

که حس جهت‌یابی پرندگان بستگی به موضع ظاهری خورشید دارد. همچنین کشف کرد که پرندگان، اگر در جایی سر بسته نگهداری شوند و این مکان را يك خورشید مصنوعی که همواره در جای ثابتی قرار داشته باشد روشن کند، جهت خود را در طول روز به طور منظم و با سرعتی متناسب با چرخش زمین تغییر می‌دهند. او چند سار را طوری عادت داد که غذای خود را در ساعت معینی از روز در جهت قطبنمایی معین دریافت دارند، و آنگاه آنها را در ساعتی دیگر امتحان کرد و دریافت که باز هم به همان جایی که به آن عادت کرده بودند می‌روند. پرندگان جهت قطبنمایی خود را با نظاره خورشید و در نظر گرفتن حرکت منظم روزانه آن باز می‌یافتند. کریمر همچنین کشف کرد که، اگر ساری که به این شیوه تربیت شده است در قفسی با روز و شب مصنوعی زندانی شود و میان روز و شب این قفس با قفسی که پرنده به آن عادت کرده است شش ساعت اختلاف باشد. آنگاه اگر سار دوباره در نور طبیعی قرارگیرد، غذای خود را در جهتی که ۹۰ درجه با جهت واقعی تفاوت دارد جستجو خواهد کرد. کریمر از اینجا نتیجه گرفت که ساعت درونی این پرندگان، که برای یافتن سمت از روی خورشید به کار می‌رود، با دور روزانه روشنی و تاریکی محل میزان می‌شود و در نتیجه، در مورد اخیر، شش ساعت با زمان طبیعی اختلاف دارد.

پس از کریمر، ای. اف. جی زائر^۶ به آزمایش‌های مشابهی با پرندگان که بیشتر در شب مهاجرت می‌کنند دست زد. او چند سسک را در يك قفس ضد صدا درون يك پلانتریوم^۷ محبوس کرد. گرچه این پرندگان به هیچ‌روی نمی‌توانستند دریابند که چه موقع از سال است، با این حال، وقتی که پاییز فرا رسید، شروع کردند بیتابانه به این سو و آن سو پریدن؛ و شب‌های متعادی این کار را ادامه دادند. گویی يك ساعت درونی به آنها خبر داده

است که هنگام بال‌گشایی فرارسیده است. وقتی که نقشه ستارگان آسمان پاییز بر سقف پلانتاریوم نقش بست، باز حرکاتی از خود ظاهر ساختند که نشانه سمت‌مهاجرتشان بود. به نظر می‌آمد که هیچ يك از ستارگان صور فلکی در توانایی جهت‌یابی آنها مداخلت ندارد، بلکه آنچه در این امر مؤثر است شکل کلی آسمان شب است. چون این پرندگان چرخش ظاهری آسمان را در طول شب در کار خود در نظر می‌گرفتند، زائر نتیجه گرفت که آنها مهاجرت خود را با كمك يك ساعت درونی انجام می‌دهند که به ایشان توانایی می‌دهد تا ترتیب ظاهری قرار گرفتن اجرام فلکی را در هرفصل سال با جغرافیای زمین مربوط سازند. درحال حاضر گمان می‌رود که پرندگان گرچه از ستارگان برای جهت‌یابی به هنگام مهاجرت استفاده نمی‌کنند، جهت مهاجرت خود را به هنگام غروب می‌یابند و سپس در طول شب به كمك ستارگان حفظ می‌کنند.

ظاهراً در غریزه لانه‌یابی کبوتر نیز يك ساعت زیستی مداخلت دارد. گرچه مصریان و یونانیان و رومیان باستان از این پرنده برای پیام‌رسانی استفاده می‌کردند، از قدرت لانه‌یابی آن، پیش از آنکه بلژیک‌ها مسابقات کبوترپرانی را در سال ۱۸۲۵ آغاز کنند، هیچ استفاده دیگری نمی‌شد. این بازی بستگی به این امر دارد که توانایی همه کبوتران در لانه‌یابی مساوی نیست، و فقط چند درصدی از آنها می‌توانند از فاصله دور با سرعت زیاد به لانه بازگردند. آزمایش نشان داده است که اگر کبوتران در معرض يك شب و روز مصنوعی که با ساعت محلی اختلاف داشته باشد قرار گیرند و آنگاه در جایی دور از لانه‌شان رها شوند، معمولاً روبه سمت عوضی بال می‌کشایند، اما با وجود این اغلب آخرسر به لانه‌شان می‌رسند. بنابراین گرچه کبوتر شاید به صورتی ویژگیهای ظاهری محل را بشناسد، با وجود این باید از يك ساعت زیستی دقیق

نیز برخوردار باشد.

از میان جانوران، این فقط کبوتران و پرندگان مهاجر نیستند که از ساعت زیستی برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. كك ساحل (Talitrus Saltator) نیز همین کار را می‌کند. این جانور روی شنهای مرطوب ساحلی زندگی می‌کند، و چنانچه آن را به روی ماسه خشک ببرند، می‌کوشد تا به سوی دریا بگریزد؛ و مسیری که برای رسیدن به دریا برمی‌گزیند برخط ساحلی عمود است. جانور این امتداد را با كمك موضع خورشید تعیین می‌کند و در این کار از يك ساعت درونی بهره می‌گیرد. وجود چنین ساعتی به كمك آزمایشهایی نظیر آزمایش سار ثابت شد، و در این آزمایشها معلوم شد که اگر دور روشنایی و تاریکی را جلو و عقب ببرند، ساعت نیز جلو و عقب می‌رود.

شاید پیچیده‌ترین کاربرد حس فطری زمان کاری باشد که زنبور عسل می‌کند. از زمانهای قدیم معلوم شده است که زنبور عسل هنگامی که شکم از خوراک انباشته باشد، می‌تواند مستقیماً به لانه خود بازگردد و از همین جا در زبان انگلیسی واژه «bee-line» (خط زنبور) به معنی خط مستقیمی که دوجا را به هم می‌پیوندد پدید آمده است. اما تا قرن حاضر هیچ کس از توانایی زنبور در سنجش زمان خبر نداشت. کسی که این موضوع را مطالعه کرد يك پزشک سویسی به نام اوگوسته فورل^۸ بود که عادت داشت صبحانه خود را بیشتر روزها سر يك ساعت معین روی هشتی خانه‌اش صرف کند. زنبورها می‌آمدند و خرده مربایی را که پس از اتمام غذا به جا می‌ماند می‌بردند. فورل ملاحظه کرد که زنبورها هرروز صبح، و حتی آن روزهایی که او صبحانه‌اش را بیرون خانه نمی‌خورد، بموقع از راه می‌رسند. گرچه قبلاً معلوم شده بود که زنبورها فقط در ساعاتی از روز که بعضی از گله‌ها از خود شهاد می‌تراوند به سروقت

مسافتی کم را، در حالی که شکم خود را به سرعت از این سو به آن سو می‌جنباند، طی می‌کند، سپس يك دور کامل رو به دست چپ می‌زند، دوباره همان مسافت پیشین را می‌پیماید، در حالی که باز شکم خود را می‌جنباند، آنگاه يك دور روبه‌راست می‌زند و این عمل را بارها تکرار می‌کند. «رقص شکم» نه فقط نشان می‌دهد که غذا در دور دست قرار دارد، بلکه اطلاعاتی نیز در مورد فاصله و سمت آن به دست می‌دهد.

شماره دورها در يك زمان معین معرف فاصله است: هرچه شماره دورها کمتر باشد، فاصله بیشتر است. گرچه نحوه ارتباط سرعت دورها با فاصله غذا از کندو به کندو فرقی نمی‌کند، رقص زنبورهای يك کندو چندان تفاوتی با هم ندارد. اما اگر دقیقتر باشیم، باید بگوییم که سرعت دورها همیشه فاصله غذا را با کندو به دقت نشان نمی‌دهد، زیرا این سرعت به جهت باد هم بستگی دارد. تأثیر باد مخالفی که روبه‌کندو بوزد، مثل تأثیر افزایش فاصله است، یعنی سرعت را کم می‌کند، و از سوی دیگر، باد موافق اثری عکس این دارد. بنابراین به نظر می‌آید که زنبور فاصله خود را از گلها بر پایه صرف وقت یا تلاشی که برای رسیدن به آنها می‌کند، تخمین می‌زند.

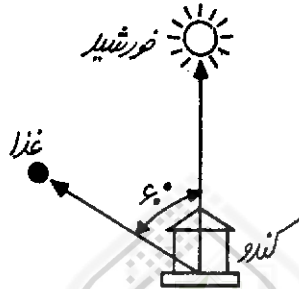
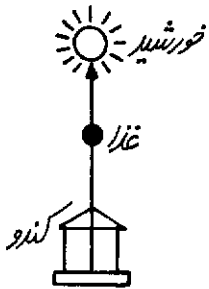
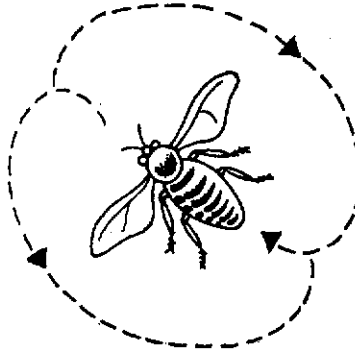
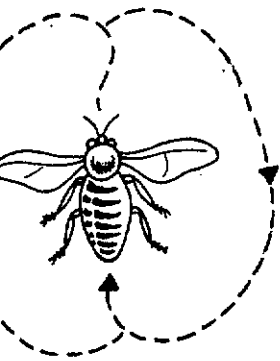
قسمت مستقیم شکلی که زنبور به هنگام رقص رسم می‌کند سمتی را که گلها در آن قرار دارند نشان می‌دهد. زنبور از خورشید مثل قطب‌نمای دریانوردی استفاده می‌کند، زیرا معلوم شده است که جهت رقصی که زنبور در مورد گلها می‌کند، در طول روز تقریباً به اندازه زاویه‌ای که خورشید می‌پیماید تغییر می‌کند. فون‌فریش و همکارانش در نهایت تعجب دریافتند که حتی اگر قسمتی از آسمان ابری و خورشید از چشم پنهان باشد، زنبور باز هم می‌تواند جهت صحیح محل غذا را نسبت به خورشید پیدا کند و معلوم شد

آنها می‌روند، کسی این پدیده را مطالعه نکرده بود. تنها پس از جنگ جهانی اخیر است که حس زمانی زنبور مورد پژوهش منظم و روشدار قرار گرفته است، و از میان کسانی که به این کار پرداخته‌اند نامبردارتر از همه کارل فون فریش^۹ و همکاران وی در دانشگاه مونیخند. ایشان دریافتند که گرچه زنبوران را می‌توان طوری تربیت کرد که هر روز سر ساعت معین به یک جایگاه خوراکی بیایند، آنها را نمی‌توان طوری تربیت کرد که در مواقع مختلف روز به همان‌جا بیایند. اما از سوی دیگر، زنبوران را می‌توان عادت داد که در دو یا چند وقت مختلف روز در دو یا چند جای مختلف غذا بخورند. فون فریش نتیجه گرفت که پایه حس زمانی زنبور برآموختن فواصل نیست، بلکه به يك ساعت درونی وابسته است که دوره تناوب^{۱۰} بیست و چهار ساعته دارد. این نظر بدین صورت تأیید شد: چند زنبور را در يك منطقه زمانی اروپایی تربیت کردند و سپس با هواپیما به يك منطقه زمانی آمریکایی بردند، و در آنجا دیدند که زنبوران رفتار خود را هماهنگ با زمان اروپایی ادامه می‌دهند.

توانایی قابل توجه زنبوران در ایجاد ارتباط با یکدیگر نیز نتیجه استفاده از يك ساعت زیستی است. وقتی که يك زنبور پیشاهنگ دشتی پراز گلهای سرشار از شهد می‌یابد، به کندو می‌شتابد تا زنبورهای دیگر کندو را با خبر کند. هنگامی که به کندو می‌رسد، رقصی می‌کند که نشان‌دهنده فاصله و سمت گلهاست. اگر فاصله گلها تا کندو کم – کمتر از چهل و پنج تا نود متر – باشد، فون فریش به رقص زنبور در این حالت «رقص دایره‌ای» نام داده است. زنبور يك دور به راست و يك دور به چپ می‌گردد و این کار را به شدت تمام نیم دقیقه یا بیشتر ادامه می‌دهد. اما اگر گلها دورتر باشند، رقص زنبور کاملاً فرق می‌کند. در این حالت زنبور ابتدا

رقص زنبور

در مثال سمت چپ، رقص زنبور معرف گلهایی است که جایی در دوردست در همان امتداد خورشید قرار دارند. رقصی که به صورت عمود بر سطح شانهٔ عسل انجام گیرد یعنی: «به سوی خورشید». تغییر زاویه حرکت به راست یا چپ نشانهٔ تغییر مشابهی در اطلاع است. زنبور با سرعت رقص خود تصویری از فاصله به دست می‌دهد: هر چه رقص سریعتر انجام گیرد، معلوم می‌شود که گلهای نزدیکترند.



نیز چنین نتیجه‌ای به دست آمده است. کسا. هوفمان^{۱۲} شش جوجهٔ سار را از لانه‌شان برداشت و آنها را، بی‌آنکه مستقیماً چشمشان به خورشید بیفتد، پرورش داد. آنگاه با کمک یک خورشید مصنوعی در ساعت معینی از روز آنها را در زمینهٔ تشخیص جهت تربیت کرد. اما وقتی که سارها را در ساعت دیگری از روز آزمایش کرد، فقط دوتا از آنها توانستند حرکت خورشید را (در فاصلهٔ این دو ساعت) در نظر بگیرند و در کار خود وارد کنند، و این دو نیز در تشخیص سرعت آن دچار اشتباه شدند. سارهای دیگر در همان زاویهٔ قبلی (که برای آن تربیت شده بودند) به پرواز درآمدند. نتیجه‌گیری: فهم پدیده‌های مختلفی که در راهیابی جانوران به هنگام مهاجرت رخ می‌نماید جز با این فرض ممکن نیست که جانوران را به یک نوع سازوکار زمانسنجی که استفاده از آن را می‌توانند فراگیرند مجهز بدانیم. از قرار معلوم یک عده فرایند^{۱۳} ریتمیک در بدن جانوران رخ می‌دهد و جانور

که زنبور این کار را با استفاده از رابطه‌ای انجام می‌دهد که بین موضع خورشید و پولا-ریزاسیون^{۱۱} آسمان آبی هست. جالبتر اینکه اگر زنبور را شب هنگام به رقص وادارند، با رقص خود سمت محلی را نشان می‌دهد که در نزدیکترین ساعت به ساعت رقص در آنجا غذا می‌خورد. در یک آزمایش، زنبور خوراکجو با رقصی که در ساعت ۹ و ۳۱ دقیقه بعد از ظهر کرد، جایی را در سمت مشرق نشان داد که هر روز در ساعت ۶ بعد از ظهر در آنجا غذا می‌خورد، و در ساعت ۳ و ۴۵ دقیقه بعد از نیمه شب جایی را در سمت جنوب نشان داد که هر روز در ساعت ۸ صبح در آنجا تغذیه می‌شد. با آزمایشهای دیگر معلوم شد که زنبوران علاوه بر ساعت و محل تغذیه، ارتفاع خورشید در هر ساعت از روز را نیز به خاطر می‌سپارند، حتی اگر هفته‌ها آن را ندیده باشند. شواهد قوی در دست است که زنبور در مورد جهت و حرکت خورشید علم فطری ندارد، بلکه باید آن را بیاموزد. در مورد پرندگان

از این فرایندها به عنوان يك ساعت مطمئن استفاده می‌کند. این ریتمها، حتی اگر تغییر خارجی هم در کار نباشد، باز ادامه می‌یابند، اما سرعت آنها توسط برخی از رویدادهای ریتمیک خارجی تنظیم می‌شود، که از مهمترین آنها توالی تاریکی و روشنایی شب و روز است.

تأثیر نور خورشید

نخستین کسانی که به صورت منظم تأثیر طول نسبی روز و شب را بر نحوه گلدهی گیاهان مطالعه کردند دو تن بودند به نام و. و. گارنر^{۱۴} و ه. آ. آلارد^{۱۵}، که به سال ۱۹۲۰ اصطلاح فتوپریودیسم را عرضه کردند. این مفهوم به زودی توسعه یافت و برای توضیح برخی از رفتارهای دیگر گیاهان و جانوران به کار رفت. البته آدمی از مدتها پیش می‌دانست که جوانه زدن گیاهان، برخاستن جانوران از خواب زمستانی، موسم جفتگیری جانوران و روییدن پوست زمستانی برتن ایشان، و نیز زمان مهاجرت پرندگان همه به تغییراتی که در محیط رخ می‌دهد بستگی دارند، لیکن این حقیقت برهمگان روشن نبود که طول روز مهمترین عامل محیطی است که در این مورد دخالت دارد. اما استفاده جانداران از این عامل، دست کم، در عرضهای جغرافیایی زیاد و میانه، طبیعی است، زیرا که این پدیده منظم ترین تغییر فصلی است که در این نواحی از سطح زمین رخ می‌دهد. استفاده از این عامل بیگمان هنگامی اهمیت یافت که جانوران در جریان تکامل از دریا روبه خشکی نهادند و خشکیها را به تصرف درآوردند، زیرا در خشکی، به خلاف دریا، نمی‌توان از تغییر دما به مثابه نشانه مطمئن تغییرات فصلی استفاده کرد.

گرچه پژوهش علمی در فتوپریودیسم تازگی دارد، اما آدمی از دیرباز از این پدیده برای مقاصد عملی صرف بهره برده است.

ژاپنیها در زمستان با ایجاد نور مصنوعی پرندگان آوازخوان را به نغمه خوانی بیوقت وامی‌داشتند. شکارگران هلندی در قرون وسطی، با ایجاد نور مصنوعی در شبهای پاییزی، کاری می‌کردند که پرندگان از لحاظ آواز و شکل ظاهری حالت جفت‌جویی به خود بگیرند و بدین وسیله پرندگان مهاجر رهگذر را شکار می‌کردند. به عکس، با کاستن مصنوعی طول روز، پرندگان را وادار می‌کردند که بر سرعت ذخیره کردن چربی برای زمستان بیفزایند، و بدین طریق آنها را برای سفره چاق و چله می‌کردند.

نخستین دلیل قاطع براینکه طول روز می‌تواند بر رفتار تولید مثل جانوران مؤثر باشد، از سوی جانورشناس کانادایی، ویلیام روان^{۱۶}، در دهه سوم قرن حاضر ارائه شد. او رفتار پرندهای را که به پازرده بزرگ معروف است مطالعه کرد. این پرند به پاییزها به پاتاگونیا^{۱۷} مهاجرت می‌کند و هر بهار به کانادا باز می‌گردد تا در آنجا جفتگیری کند. گرچه مسافتی که پرند در رفت و برگشت می‌پیماید در حدود ۲۵۶۰۰ کیلومتر است، دقت وقت‌شناسی پرند به اندازه‌ای است که همیشه تخمهایش را بین روزهای پنجم و هشتم خردادماه بر زمین می‌نهد. روان چهارده سال رفتار این پرند را مطالعه کرد و همه عواملی را که ممکن بود در این کار تأثیر داشته باشند در نظر گرفت و به این نتیجه رسید که تنها عاملی که به اندازه کافی دقیق و منظم است و می‌تواند عامل همزمان‌سازی رفتار پرند باشد، طول مدت روز است. برای امتحان این نتیجه، او پرندگانی از يك نوع دیگر را که معمولاً زمستان را در کانادا به سر می‌برند گرفت و طول روز را مصنوعاً برای آنها افزایش داد و دریافت که پس از چند هفته به سر بردن در این شرایط مصنوعی، که در حالت طبیعی تا اواخر بهار پیش نمی‌آمد، این پرندگان آماده جفتگیری می‌شوند؛ اما پرندگانی که در نور

رنگ می‌بازد و سحرگاهان این دور از نو آغاز می‌شود. چند تا از این خرچنگها را در يك اتاق تاریك محبوس کردند و دما را ثابت نگاه داشتند. معلوم شد که اگر دما بین ۲۶ تا ۶ درجه باشد، تغییر وضع جانور هیچ اثر محسوسی بر روی دور تغییر رنگ آن نمی‌گذارد. گرچه در دماهای کم از میزان انبساط سلولهای رنگیزه‌ای کاسته شد، مدت يك دور تغییر رنگ جانور، در فاصله دو ماه، ثابت ماند و تغییرات آن از چند دقیقه تجاوز نکرد. هنگامی که دما را به صفر درجه رساندند این ریتم از میان رفت، اما هنگامی که دما را دوباره بیشتر کردند، ریتم تغییر رنگ نیز به حال عادی خود بازگشت؛ گرچه به اندازه مدتی که جانور در دمای صفر درجه به سر برده بود با ریتم طبیعی اختلاف زمانی داشت. مثلاً اگر جانور شش ساعت در دمای کم به سر می‌برد، ریتم بازیافته آن به اندازه يك چهارم دور با ریتم طبیعی اختلاف می‌داشت، اما اگر دمای کم برای بیست و چهار ساعت ادامه می‌یافت، ریتم بازیافته با ریتم طبیعی همزمان می‌شد. معلوم شده است که فتوپریودیسم گیاهان نیز به همین صورت به دما بستگی ندارد.

تاکنون از تأثیر طول روز بر فتوپریودیسم سخن گفته‌ایم، اما اگر بخواهیم دقیقتر باشیم، باید بگوییم که عاملی که در این پدیده بیشترین تأثیر را دارد درازی شب است نه طول روز. این امر از آنجا کشف شد که دانشمندان مشاهده کردند که اگر تاریکی شبی را که به دنبال يك روز کوتاه می‌آید با تاباندن نور، برای مدتی نسبتاً کوتاه، بشکنند، با این کار همان تأثیر يك روز طولانی به دست می‌آید. لحظه‌ای که گیاه یا جانور بیش از هر لحظه دیگر به این تاباندن نور حساس است حتماً نیمه شب نیست، بلکه در بیشتر اوقات چند ساعتی پس از فرارسیدن تاریکی است. مثلاً اگر راسویی را دوماه، و هر روز

زمستانی طبیعی به سر می‌برند دستخوش این حالت نمی‌گردند. او پرندگانی را در مراحل مختلفی از حالت جفتجویی رها کرد و دریافت که زمان مهاجرت آنها هنگامی است که از حالت غیرفعال به حالت جفتجویی کامل درمی‌آیند. از این آزمایشها و آزمایشهای دیگری که از آن پس انجام گرفته، معلوم شده است که فتوپریودیسم یکی از عواملی است که در دور جفتجویی بسیاری از پرندگان تأثیر بسیار دارد.

در گیاهان عضوگیرنده تحريك فتوپریوديك برگ است. هنگامی که طول روز به مقدار معینی، که مقدار بحرانی خوانده می‌شود، می‌رسد، برگ پيامی به جوانه‌ها می‌فرستد که باعث می‌شود جوانه‌ها به جای برگ آوردن گل بدهند. اما همه انواع گل دادن به طول روز بستگی ندارد، زیرا کنترل فرایند های مؤثر در رشد گیاه از طریق فتوپریودیسم معمولاً در مناطقی رخ می‌دهد که این پدیده مؤثر حائز اهمیت باشد.

چنانکه قبلاً گفتیم، کنترل از راه فتوپریودیسم معمولاً در جاندارانی دیده می‌شود که در مناطق معتدل با عرض جغرافیایی متوسط به سر می‌برند، زیرا در این مناطق دما معیار اطمینانبخشی برای باخبر شدن از تغییرات فصلی به شمار نمی‌آید. بنابراین بیموده نیست که زمانسنجیهایی که در واکنشهای فتوپریوديك دخالت دارند، تا حدود نسبتاً زیادی، به دما بستگی ندارند. يك مثال خوب در این مورد ریتم انقباض و انبساط سلولهای رنگیزه‌ای ۱۸ خرچنگ کمانچه‌کش معمولی است. رنگ این جانور با تناوبی بیست و چهار ساعته تغییر می‌کند. به هنگام روز، رنگیزه‌های سیاه رنگ سلولهای پوست جانور در درون این سلولها منتشر می‌شوند و خرچنگ را به رنگ سیاه در می‌آورند و بدین گونه آن را از گزند نور خورشید و جانوران شکارگر محافظت می‌کنند. با فرارسیدن شب، جانور

هجده ساعت، در معرض نور مداوم قرار دهند، حالت جفتجویی در آن ظاهر می‌شود، اما اگر همین جانور را در همین مدت هر روز شش ساعت در معرض نور قرار دهند و بعد از دوازده ساعت از گذاشتن شب نیز دوساعت بر آن نور بتابانند، باز به حالت جفتجویی در می‌آید. با وجود این، در برخی از موارد، تأثیر لحظه آغاز روشنایی بر لحظه‌ای از شب که جاندار در آن بیشتر از هر لحظه دیگر به تابش نور حساس می‌شود، بیشتر از تأثیر لحظه آغاز تاریکی است. با توجه به افزایش و کاهش حساسیت جانداران به تابش نور در تاریکی، این نکته به ذهن راه می‌یابد که آن فرایند فیزیولوژیک که در این کار مداخلت دارد توسط يك ساعت درونی اداره می‌شود.

ظاهراً به حکم شواهد بسیار باید قبول کرد که جانداران از ساعت‌های زیستی درونی برخوردارند و به کمک این ساعت‌ها می‌توانند زمان را با دقتی شگفت‌آور اندازه بگیرند. با کشف شدن این مطلب که بسیاری از جانداران، حتی وقتی که هیچ تغییری در اطرافشان رخ نمی‌دهد، رفتارهای متناوب از خود نشان می‌دهند، شواهد دیگری در تأیید این نظر به دست آمد. ظاهراً این پدیده نخستین بار در ۱۷۲۹ و توسط اخترشناس فرانسوی، ژان باتیست دومران^{۱۹}، مشاهده شد که به حرکات برگ گیاهان علاقه‌مند بود. بسیاری از گیاهان هنگام روز برگ‌های خود را می‌گسترند و شب هنگام آنها را تا می‌کنند. مران دریافت که، حتی اگر گیاهان را در تاریکی مداوم نگاه دارند، این حرکات ادامه می‌یابند. بعدها دانشمندان دیگر این نوع پدیده‌ها را بررسی کردند و داروین در کتاب **قدرت حرکت گیاهان**^{۲۰} در این مورد به بحث پرداخت. گمان می‌رفت که این حرکات نتیجه تأثیراتی است که دستخوش دور شب و روز بودن گیاه بر آن می‌گذارد و یا بر اثر تمایل ارثی گیاهان به

حرکت است. تا اینکه در دهه چهارم قرن حاضر، به خصوص با پژوهش‌های اروین بوئینگک^{۲۱}، اهل گوتینگن، کم‌کم معلوم شد که این ریتم‌های روزانه نشانه وجود ساعت‌های زیستی فطری در گیاهان است و گیاهان می‌توانند حتی در تاریکی محض گذشت زمان را به دقت اندازه بگیرند.

بوئینگک همچنین دریافت که حرکت برگ دوره تناوبی دارد که مدت آن تقریباً بیست و چهار ساعت است. کشف این نکته اهمیت بسیار داشت، زیرا مؤید این نظر بود که ریتمیک ذاتی گیاهند و بنابراین باید تابع يك ساعت درونی باشند نه يك عامل خارجی. در سال‌های اخیر اصطلاح «تقریباً روزانه»^{۲۲} رواج عام یافته است و بر تمام ریتم‌های زیستی که دوره تناوبشان با بیست و چهار ساعت مقداری اختلاف دارد اطلاق می‌شود. ریتمی را که تقریباً روزانه نباشد بلکه دوره تناوبش يك شبانه‌روز تمام باشد، می‌توان نتیجه يك عامل زمینفیزیکی^{۲۳} دانست، اما ریتم تقریباً روزانه گرچه بیگمان منشأ آن اوضاع و احوالی بوده است که به طول شبانه‌روز بستگی داشته است، دوره تناوب دیگری دارد و این دلالت قوی دارد بر اینکه این نوع ریتم از خصوصیات خود جاندار است، به‌ویژه از این نظر که با هیچ تغییر محیطی و روزانه شناخته‌ای همزمان نیست.

اکنون معلوم شده است که همه جانوران و گیاهان، از جلبک‌های تک‌سلولی گرفته تا آدمی، ریتم‌های تقریباً روزانه از خود ظاهر می‌سازند. برای پژوهش وجود این ریتم‌ها در انسان، گروه کوچکی از دانشمندان به اسپیتز-برگن^{۲۴} رفتند. در این ناحیه، تابستان‌ها خورشید چندین ماه پشت‌سرهم می‌درخشد و مقدار دما یا روشنایی در طول شبانه‌روز چندان تغییر نمی‌کند. آنها ساعت‌های مچی خود را طوری تنظیم کردند که هر ساعت مچی يك دور بیست و چهار ساعته را نخست در بیست و

دور سال

وجود ریتمهای تقریباً روزانه، در سراسر جهان گیاهی و جانوری، دانشمندان را برآن داشته است که درباره وجود ریتمهای فطری، که دوره تناوب آنها تقریباً یک سال باشد، تحقیق کنند. این کار از تعیین ریتمهای تقریباً روزانه دشوارتر است زیرا که نیازمند یک پژوهش طولانی سال به سال است. نخستین نشانه مثبت در مورد وجود یک ریتم زیستی سالانه توسط کی. سی. فیشر^{۲۶} و ای. تی. پنکلی^{۲۷} در دانشگاه تورنتو کشف شد و مربوط به زمستانخواهی^{۲۸} جانوران بود. یک نوع سنجاب زمینی، که در کوههای راکی مسکن دارد، در یک اتاق بی‌روغن در دمای انجماد (صفر درجه) نگاهداری شد و آب و غذای فراوان در دسترس آن قرار داده شد. از مردادماه تا مهرماه، سنجاب به‌طور طبیعی خورد و نوشید و به‌رغم سرمای پیرامون دمای بدنش در ۳۷ درجه ثابت ماند. اما در مهرماه، به‌همان صورت که در محیط طبیعی دیده می‌شود، دست از خوردن و آشامیدن برداشت و به‌خواب زمستانی فرو رفت. دمای بدنش هم کاهش یافت و به‌حدود صفر درجه رسید. در فروردین از نو سرزنده شد و دمای بدن و رفتارش به‌حالت عادی بازگشت. آزمایشهای دیگر که در دماهای دیگر انجام گرفت به‌همین نتیجه منجر شد و زمان هردور کامل انسدادی کمتر از یک سال بود. شرایط اصلی وجود یک ساعت فطری زیستی در این مورد برقرار بود: دوره تناوب ریتم یک سال تمام نبود، با هیچ علامت تناوب خارجی همزمان نبود و به‌دما نیز بستگی نداشت.

حتی هنگامی که دمای محیط را، در مقداری که به‌دمای طبیعی بدن این جانوران بسیار نزدیک بود، ثابت نگاه داشتند که در نتیجه آنها نمی‌توانستند به‌خواب زمستانی فرو روند، بازهم ریتمهای «تقریباً سالانه»^{۲۹} از خود نمایان ساختند. گرچه همواره غذا و

یک ساعت و سپس در بیست و هفت ساعت تمام می‌کرد [و این وضع به‌تناوب تکرار می‌شد]. تمام کارهای خود را طبق این ساعتها انجام می‌دادند و نمونه‌هایی از ادرار آنها در فواصل زمانی مساوی گردآوری و تجزیه می‌شد و روی هم رفته معلوم شد که ریتمهای تقریباً روزانه بدن آنها حفظ شده است.

اما همه ریتمهای زیستی که با یک‌رویداد خارجی متناظرند، تقریباً روزانه نیستند. در رفتار برخی از جانداران دریایی ریتمهایی دیده می‌شود که به‌وضوح با جزر و مد مرتبط است. مثلاً کرم پهن سبز (Convoluta) به‌هنگام مد تمام به‌سطح ماسه ساحلی می‌آید و با فرو نشستن مد خود را در ماسه پنهان می‌کند. اگر این کرم را در آکواریوم که هیچ جزر و مدی ندارد نگاه دارند، بازهم این ریتم ادامه می‌یابد. در برخی از جانوران دریایی هم دوره‌های قمری دیده می‌شود. کرم پالولوس^{۲۵} که در اقیانوس آرام و اقیانوس اطلس دیده می‌شود، فقط به‌هنگام جزر و در ربع آخر ماه قمری، در مهر یا آبان، تولید مثل می‌کند. همچنین جلبک قهوه‌ای (Dictyota dichotoma) در برخی از ناحیه‌ها سلولهای نر و ماده خود را دوبار در هر ماه قمری رها می‌کند و بدین وسیله امکان بارور شدن آنها را افزایش می‌دهد. از اینکه برخی از انواع جانداران رفتار تناوب خود را در شرایط آزمایشگاهی و بی‌آنکه در معرض جزر و مد یا نور ماه قرار داشته باشند ادامه می‌دهند، پیداست که از ریتمهای درونی برخوردار هستند، و زمان تناوب این ریتمها با دور قمری یا جزر و مد تناظر دارد. ریتمهای ماهانه و نیمه‌ماهانه را شاید بتوان بدین صورت توضیح داد که این ریتمها نتیجه تأثیر متقابل ریتمهای تقریباً روزانه و جزر و مدی هستند، بدین ترتیب که مراحل از این ریتمها برهم منطبق می‌شوند و منظم‌تر پانزده یا بیست و نه روز یک‌بار یک تپش پدید می‌آورند.

آب کافی در دسترس آنها بود، در زمستان از مقدار خوراک خود کاستند و وزنشان هم کاهش یافت و در بهار به حالت عادی باز گشتند. پنگلی و اس. جی. آسموندسن^{۳۰}، که این آزمایش را انجام دادند، در این باره چنین نظر داده اند: «کمتر موردی را می توان یافت که بدین خوبی و اطمینان وجود يك ساعت درونی را، که بدون وابستگی به اوضاع و احوال محیط کار خود را انجام می دهد، نشان دهد.»

کشف يك ساعت تقریباً سالانه در زمستانخواهی باعث شده است که دانشمندان به جستجوی این نوع ریتمها در جانوران دیگر، و به ویژه در پرندگان، برخیزند. قبلاً دیدیم که ویلیام روان با تغییر ریتم تاریکی و روشنایی توانست زمان بی آرامی خاص پرندگان را که سرآغاز مهاجرت آنهاست تغییر دهد. با وجود این، روان احتمال می داد که شاید طول شب و روز تنها عاملی نباشد که پرندگان را به مهاجرت وامی دارد. اعتقاد او اخیراً با کشف يك ساعت تقریباً سالانه در برخی از پرندگان مهاجر تأیید شده است. چند پرنده از نوع سسک را در شرایط طبیعی و چند پرنده دیگر را در شرایطی که دمای محیط همواره ثابت بود و دور روز و شب از دوازده ساعت روشنایی و دوازده ساعت تاریکی تشکیل می شد نگاه داشتند. آزمایش نشان داد که تفاوت شرایط محیطی در کشش این پرندگان به مهاجرت تأثیر چندانی ندارد. فرقی نمی کرد که این پرندگان را در اروپا، یعنی محل معمولی پیلاقشان، نگهداری کنند یا در آفریقا که معمولاً زمستان را در آن می گذرانند. ابرهارد گوینر^{۳۱}، اهل مونیخ، که این آزمایش را اداره می کرد بدین نتیجه رسید که ریتم سسکها از يك ساز و کار زمانسنجی فطری و تقریباً سالانه تبعیت می کند.

دور دیگری که به همین نحو بررسی شده روییدن و افتادن شاخ گوزن است. معلوم شده

است که گوزن گرمسیری، اگر در باغ وحشهای نواحی معتدل محبوس شود، با وجود تفاوت الگوی طول روز، باز هم این دور سالانه را حفظ می کند. از گوزن کوری که به مدت شش سال در دانشگاه دولتی کلرادو مورد مشاهده قرار گرفته شواهد جالبی به دست آمده است که اعتقاد به تنظیم رشد شاخ توسط يك ساعت فطری را تقویت می کند. با وجود اینکه هیچ نوع روشنایی برای این گوزن وجود نداشت، شاخ او در این مدت بموقع می رویید و می افتاد.

يك نوع خرچنگ در غارهای تاریک که در آنها هیچ نوع تغییر فصلی خاصی مشاهده نمی شود به سر می برد. در این خرچنگ يك ساعت فطری یافت شده است که دوره تناوب آن دقیقاً يك سال تقویمی نیست. در واقع، اکنون احتمال می رود که ساعتی تقریباً سالانه نیز به اندازه ساعتی تقریباً روزانه عمومیت داشته باشند. حسن چنین ساعتی در این است که به جانور از پیش هشدار می دهد که معمولاً از محیط به دست نمی آید. مثلاً پرندگانی که در نواحی گرمسیری قشلاق می کنند، از محیط زندگی خود علامتی که به ایشان خبر دهد که فصل مهاجرت به مناطق معتدل و جفتگیری فرارسیده است دریافت نمی دارند.

بنابراین شواهد، می توان گفت که در انسان نیز ساعتی تقریباً سالانه وجود دارد. پژوهشهای طولانی، در مورد يك بیمار روانی، نشان داد که حمله های متناوب جنون و افسردگی در او از يك ریتم سالانه تبعیت می کنند، و در يك بیمار دیگر چنین ریتمی در تغییرات وزن بدن مشاهده شد.

در مورد تفاوت ریتمهای تقریباً روزانه و تقریباً سالانه با طول شبانه روز و سال تأکید فراوان شده است، اما اگر محیط خارجی در تنظیم این ریتمها هیچ دخالتی نداشته باشد، تفاوت آنها با دور شب و روز و دور

فصول به تدریج بسیار زیاد خواهد شد. بنابراین، جانور یا گیاهی که دارای این ریتمهاست حتماً از نشانه‌ها و علائم بیرونی برای تصحیح و میزان کردن کار ساعت خود استفاده می‌کند؛ درست مثل ما که از علائم زمانی رصدخانه‌های کشورهای خود، برای میزان کردن ساعت‌های دیواری و میچمان بهره می‌گیریم. به نظر می‌رسد که، در مورد ریتم‌های تقریباً روزانه، نشانه‌های لازم از تغییرات روزانه دما و نور به دست می‌آید و شاید همین تغییرات در تنظیم ریتم‌های تقریباً سالانه نیز مدخلیت داشته باشند، اما ممکن است عوامل دیگری هم در این امر مؤثر باشد.

ساعت‌های اصلی

روشن است که ساعت‌های زیستی، که در بالا مورد بحث قرار گرفتند، نمی‌توانند به فرآیندهای سوخت و سازی بدن بستگی داشته باشند، زیرا در این صورت سرعت آنها به دما بستگی پیدا خواهد کرد. البته فرآیندهای سوخت و سازی ممکن است بر زمان انجام فعالیت‌های جانداران تأثیر کنند. اگر جانوران را با مواد خاص شیمیایی، که سوخت و ساز آنها را تندتر می‌کند، تغذیه کنیم، بسیار زودتر از معمول به سر وقت گلهایی که معمولاً از آنها شهد می‌نوشند می‌روند. زیاد یا کم شدن دمای داخلی بدن جاندار ممکن است باعث تندی گرفتن یا کند شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی آن شود و در نتیجه حرکت ساعت سوخت و سازی آن را تندتر یا کندتر کند. مثلاً معلوم شده است که مگس‌ها، اگر در دمایی که از دمای عادی بسیار بیشتر باشد نگهداری شوند، به سرعت پیر می‌شوند و بسیار زود می‌میرند.

اما ساعت‌های زیستی غیر سوخت و سازی، گرچه از لحاظ سرعت حرکت به دما بستگی ندارند، با وجود این از دما به عنوان یک نشانه هماهنگ کننده برای تنظیم دستگاه خود و

همزمان کردن آن با برخی از اوضاع و احوال مهم و چشمگیر خارجی استفاده می‌کنند. بنابراین، یکی از مسائل مهمی که امروزه زیست‌شناسان با آن مواجه هستند کشف یک ساز و کار فیزیولوژیک است که از یک نظر بتواند از دما متأثر شود و از لحاظ دیگر به آن وابستگی نداشته باشد. در مورد این مسئله از دیدگاه زیست شیمی پژوهشهایی شده، اما نشانه‌ای که دلالت بر تأثیر کم و زیاد شدن آنزیم‌ها در این ساز و کار ساعت مانند داشته باشد به دست نیامده است. در گیاهان، بر خلاف جانوران، هیچ نشانه‌ای که دلالت بر وجود مرکزی برای تنظیم فعالیت‌های متناوب داشته باشد دیده نمی‌شود، و بدین دلیل، بونینگ استدلال کرده است که در هر یک از سلول‌های گیاه یک ساعت هست؛ اما گرچه این نظر را بسیاری پذیرفته‌اند، تاکنون هیچ نوع ساعت سلولی شناخته نشده است.

ممکن است کار تنظیم و همزمان سازی برخی از ساعت‌های سلولی بر عهده یک مرکز کنترل ریتمی باشد. امروزه ساز و کارهای خاصی که از عهده انجام این کار بر می‌آیند کشف شده‌اند و «ساعت‌های اصلی» خوانده می‌شوند. نخستین ساعت از این نوع را جی. پی. ولز^{۲۴} در مری نوعی کرم دریایی (*Arenicola marina*) کشف کرد که اعمال بسیار دقیق این جانور را تنظیم می‌کند. این اعمال عبارتند از: سه دقیقه حرکات تند خوراکجویی - که در هر حال چه خوراک موجود باشد و چه نباشد انجام می‌گیرد - به دنبال آن یک دقیقه استراحت و هرچهار دقیقه یک بار تغییر مکان. پس از ولز، دکتر جانت هارکر^{۳۲} از دانشگاه کمبریج ساعت اصلی دیگری در سیرک سیرک کشف کرد. اگر این حشره را در دور تاریکی - روشنائی معمولی نگاه دارند، در فعالیت‌های خوراکجویی آن یک ریتم مشخص تقریباً روزانه دیده می‌شود که در آغاز تاریکی شدت می‌گیرد، اما اگر آن را به مدتی طولانی،

پیوسته در روشنائی نگاه دارند، دیگر هیچ ریتم قابل اندازه‌گیری در فعالیت‌هایش مشاهده نخواهد شد. سوسکی را که دارای ریتم خوبی بود با قطع کردن پاهایش از حرکت انداختند و بعد آن را به پشت سوسک دیگری که چنین ریتمی نداشت اما قادر به حرکت بود پیوند زدند و دستگاه گردش خون هردو حشره را با يك لوله موئینه به هم متصل ساختند، به طوری که هردو يك گردش خون داشتند. دکتر هارکر مشاهده کرد که حشره زیرین، گرچه هنوز در روشنائی مداوم بود، به زودی همان ریتم تقریباً روزانه حشره بالایی را از خود ظاهر ساخت. علاوه بر این، نتیجه پراهمیتی که از آزمایش به دست آمد این بود که سوسک ریتم‌دار زمان فعالیت خود را نیز به حشره دیگر منتقل کرد، و در نتیجه شاهدی قوی به دست آمد دال بر اینکه وجود ریتم به دلیل ترشح متناوب يك هورمون در مسیر گردش خون است.

دکتر هارکر با آزمایشهای پیوند زنی دریافت که سرچشمه این ترشح گره عصبی زیر مری است که بخش شکمی مغز حشره را تشکیل می‌دهد. این عضو سلولهایی دارد که تخصص آنها ترشح هورمون برائر ورود نور به چشم حشره است. اگر این سلولها را قطع کنند و به حفره بدنی سوسک دیگری که سر آن قبلاً قطع شده باشد پیوند بزنند، کار خود را مانند گذشته ادامه می‌دهند. در آزمایشهایی که انجام گرفت، حشره بی‌سر چندین روز متوالی در لحظه معینی از روز به گردش می‌پرداخت، و این لحظه زمانی بود که سلولها که طبق تجربه سوسک‌دهنده آنها از تاریکی و روشنائی تنظیم شده بودند، شروع به ترشح می‌کردند. با این حال آزمایشهای دیگر نشان می‌دهد که يك فرایند تقریباً روزانه دیگر نیز در ریتم فعالیت‌های خوراکجویی سیرسیرک دخالت دارد. این ساعت دوم بر نحوه تنظیم ساعت اول تأثیر می‌کند (و باعث می‌شود که تنظیم آن بر اثر تابش تصادفی نور - مانند

رفتن حشره از سایه به روشنائی - برهم نخورد). اما محل آن خارج از گره عصبی زیر مری است. بنابراین، چنانکه پیداست، گویا نتوان جواب ساده‌ای برای مسئله ماهیت و محل قرار گرفتن تمامی سازوکار تنظیم‌کننده ریتم‌های تقریباً روزانه و غیر آن در جانوران پیدا کرد.

در جانوران عالیت‌تر، و از جمله انسان، ساعت اصلی احتمالاً در دستگاه عصبی مرکزی قرار دارد. در این چهل سال اخیر معلوم شده است که مغز آدمی همواره دستخوش فعالیت‌های ریتمی است که در نتیجه جریانهای الکتریکی به وجود می‌آیند. تحلیل الکتروانسفالوگرامها^{۲۴} از لحاظ هارمونیکهای امواج آنها پیچیده است، اما چهار نوع ریتم اصلی - که هر يك توسط حوزه بسامدیش مشخص می‌گردد - تشخیص داده شده است. از این میان ریتمی که تشخیصش، به ویژه هنگامی که چشمان بسته و بیمار در حال استراحت باشد، آسانتر است «ریتم آلفا»^{۲۵} که بسامد آن تقریباً ده دور در ثانیه است. این ریتم احتمالاً با کاهش پردازش^{۳۶} اطلاعات (در مغز) رابطه دارد، زیرا به ویژه هنگامی که شخص به مراقبت و تأمل در خویش می‌پردازد (مثلاً در اعمال و ریاضتهای زن^{۳۷} و یوگا) از ریتمهای دیگر بیشتر دیده می‌شود، و برهمگان روشن است که غرض از این اعمال و ریاضتها رها کردن شخص از بند همه تحریکات خارجی است.

به حکم برخی از شواهد می‌توان گفت که غلبه ریتم آلفا بر سایر ریتمها، به هنگام استراحت مغز، نتیجه تغییرات همزمان گروه‌های پرشماری از سلولهاست، و حال آنکه الگوی الکتریکی مغز هوشیار و گوش به زنگ دارای ولتاژ کمتری است و به فعالیت‌های گوناگون بخشهای مختلف مغز مربوط می‌شود. گذشته از این، چون ریتم آلفا را می‌توان مصنوعاً و با قراردادن چشم در جلو يك دستگاه چشمک‌زن با بسامد ده بار در ثانیه

کنند و برخی از آنها، به‌ویژه ساعت‌های تقریباً روزانه، با بعضی از رویدادهای خارجی متناظرند. بنابراین، موجود زنده را نمی‌توان فقط براساس مفاهیم فیزیکی و شیمیایی که با پژوهش از طریق کالبد شکافی عاید می‌شود توصیف کرد، زیرا هرگاه زمانسنجی در موجود زنده با اعضای خاصی که قابل مجزا کردنند مربوط باشد، ساعت‌های زیستی را نمی‌توان بدین شیوه مطالعه کرد. اهمیت‌جنبه‌های زمانی حیات در زیستشناسی جدید روبه افزایش است، به‌ویژه از این نظر که پژوهش در این جنبه‌ها به‌ما کمک می‌کند که طرز کار خود را بشناسیم. زیرا گرچه ظاهراً احساس ما از زمان در عمل شناخت تا اندازه زیادی توسط عوامل اجتماعی و روانی و سوخت و سازی اداره می‌شود، زمینه همه این عوامل ریتم ساعت‌های زیستی بشمارای است که در درون ما، در فراسوی مرزهای خودآگاهی، کار می‌کنند.

تولید کرد، بنابراین ریتم آلفای طبیعی عکس-العمل مغز نسبت به چشم‌کمایی است که بر اثر نوسانات داخلی آن به‌وجود می‌آیند. مری بریزیر ۳۸ و همکاران وی در باستن کشف کرده‌اند که برخی از نوسانات موضعی در مغز، میل به همزمان شدن با یکدیگر دارند. نوسانگرهای مغز هرچه باشند، و هر قدر هم با یکدیگر ناموافق باشند، در هر حال معمولاً یک نظام پیچیده که از لحاظ زمانی نسبتاً خوب تنظیم شده است به‌وجود می‌آورند.

از زمانی که پژوهش در ماهیت و اهمیت ریتم‌های زیستی را آغاز کرده‌ایم چیزی نمی‌گذرد. موجود زنده، برای اینکه کار خود را به‌خوبی انجام دهد، باید زمان فرآیندهای فیزیولوژیکی خود را کنترل کند و در صورت لزوم برای مقابله با برخی از تغییرات قابل پیش‌بینی محیط، مانند تغییر فصول، آماده باشد و بنابراین نیازمند یک حس زمانی است. امروزه می‌دانیم که این حس زمانی را ساعت‌های زیستی برای جاندار فراهم می‌-

- 1- C. P. Richter
- 3- mechanism
- 5- Gustav Kramer

- 2- cycle
- 4- photoperiodism
- 6- E. F. G. Sauer

۷) Planetarium . نمایشگاهی سینما مانند، که تصویر ستارگان و اوضاع کواکب را بر سقف گنبدوار آن می‌اندازند. وسیله‌ای است برای سرگرمی و نیز شناخت آسمان و اجرام فلکی .-م.

- 8- Auguste Forel
- 10- period
- 12- K. Hoffmann
- 14- W. W. Garner
- 16- William Rowan
- 18- pigment
- 20- the Power of Movement in Plants
- 22- circadian
- 24- Spitsbergen
- 26- K. C. Fischer
- 28- hibernation
- 30- S. J. Asmundson
- 32- G. P. Welles
- 34- electro-encephalograms
- 36- processing

- 9- Karl von Frisch
- 11- polarization
- 13- process
- 15- H. A. Allard
- 17- Patagonia
- 19- Jean Baptiste de Mairan
- 21- Erwin Büning
- 23- geophysical
- 25- palolo - worm
- 27- E. T. Pongelley
- 29- circannual
- 31- Eberhard Gwinner
- 33- Janet Harker
- 35- alpha rhythm

۳۷) Zen . فرقه‌ای بودایی که رستگاری را در مراقبت و درون‌نگری می‌دانند.-م.

- 38- Mary Brazier