



پشت

آموزش

# زیست‌شناسی ۸۶

فصل‌نامه آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی ■ دوره بیست‌وپنجم ■ شماره ۳ ■ بهار ۱۳۹۱



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
دفتر انتشارات کمک‌آموزشی

۲	سرمقاله / بارگد برای جانداران / سردبیر
۴	زیست‌شناسان مسلمان / مسلمانان، بیمارستان‌ها و آموزش پزشکی / محمدعلی ابوعلی
۷	کدو کاو / ژنوم میتوکندری در جانوران / نظام جلیلیان
۹	گشتا و گف / در خط مقدم پژوهش‌های حافظه، یادگیری و فراموشی / محمد کرام‌الدینی
۱۶	کدو کاو / تنظیم دما در جانوران / الهه علوی
۲۲	کدو کاو / نرمش‌پذیری فنوتیپی گیاهان / هاجر بخشی‌پور
۲۶	تبریر / انواع معرف‌های مورد استفاده در رنگ‌آمیزی مضاعف / علی اکبری
کدو کاو / چگونه miranها باعث مقاومت به شوری و خشکی در گیاهان می‌شوند / زهرا سلیمان‌نژاد	
۲۸	
۳۰	کدو کاو / عوامل مؤثر بر اسپرماتوزئوز / لیلا جمشیدپور
۳۴	هیپت‌زیست ایران / ویژگی‌های اکولوژیک و خواص دارویی گیاه رازیانه / زهرا ضیایی
۳۵	کدو کاو / هلیکوباکتر پیلوری و مسمومیت‌های غذایی / محبوبه صوفی
۴۰	کدو کاو / بیونیک / ابادر اسماعیلی
۴۵	قه‌تاه و فهادی / فیزیک پدیده‌های زیستی / محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
۵۰	پژوهش‌های دیربان /
۵۴	بهان / آموزش ژن‌درمانی در روش مسئله‌محور / مریم انصاری
۵۸	تبریر / تدریس زیست‌شناسی به شیوه فعال فناوریانه / ندا پریشانی
۶۰	بازتاب / مدرسه روزنامه‌نگاری علمی (۲) / محمد کرام‌الدینی

● مدیر مسئول: محمد ناصری  
 ● سردبیر: محمد کرام‌الدینی  
 ● مدیر داخلی: الهه علوی  
 ● هیئت تحریریه (به ترتیب الفبا):  
 دکتر عباس اخوان‌سپهی، علی آل‌محمد،  
 دکتر علیرضا ساری، نظام جلیلیان،  
 الهه علوی، دکتر شهریار غریب‌زاده و  
 دکتر حسین لاری یزدی  
 ● طراح گرافیک: فریبا بندی  
 ● نشانی پستی دفتر مجله:  
 تهران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵  
 ● تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۳۱۱۶۰، داخلی ۲۷۷

● وبگاه: [www.roshdmag.ir](http://www.roshdmag.ir)  
 ● وبلاگ: [www.roshdmag.ir/weblog/zistshenasi](http://www.roshdmag.ir/weblog/zistshenasi)  
 ● پیام‌نگار: [zistshenasi@roshdmag.ir](mailto:zistshenasi@roshdmag.ir)  
 ● [mohammad@karamudini.com](mailto:mohammad@karamudini.com)  
 ● نشانی امور مشترکین: تهران - صندوق  
 صندوق پستی: ۱۶۵۹۵/۱۱۱  
 ● تلفن: ۷۷۳۳۶۶۵۵-۷۷۳۳۶۶۵۶  
 ● چاپ: شرکت افست  
 ● شمارگان: ۸۵۰۰

- مجله رشد آموزش زیست‌شناسی، نوشته‌ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، به‌ویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشند، می‌پذیرد.
- مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته یا در صورت امکان تایپ شوند.
- محل قرار گرفتن شکل‌ها، جدول‌ها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیه مطلب نیز مشخص شود.
- نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه‌های علمی و فنی دقت لازم به کار رفته باشد.
- مقاله‌های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد.
- در متن‌های ارسالی، باید تا حد امکان از معادل‌های فارسی واژه‌ها و اصطلاحات استفاده شود.
- پی‌نوشت‌ها باید کامل و منابع شامل، نام نویسنده، نام مترجم، نام اثر، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه مورد استفاده باشد.
- مجله در رد، قبول، ویرایش ویا تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است.
- آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً تبیین نظر دفتر انتشارات کمک‌آموزشی نیست و مسئولیت پاسخ‌گویی به پرسش‌های خوانندگان، با شخص نویسنده یا مترجم است.
- مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شوند، معذور است.



از برگ‌های نوعی افوربیا در چالهار تقدیم به می‌کنند.  
 عکس از: محمد کرام‌الدینی  
 روی جلد: ازوهای پروانه موزارک

5 J 6240 78900

# بارکد برای جانداران

روشی آسان‌تر برای سر و سامان دادن به موجودات زنده پرشمار و رو به فزونی و راهی برای خلاصی از این وضعیت می‌گشت، در فروشگاه‌های مشغول خرید بود. او مشاهده کرد که کارکنان فروشگاه می‌توانند در یک چشم به هم زدن و فقط با استفاده از مجموعه‌هایی از خط‌های نازک و ضخیم که روی برچسب‌هایی به اجناس فروشگاه نصب شده‌اند و بارکد (خط شناسه) نامیده می‌شوند، به اطلاعات بسیاری در مورد هر کالا دست یابند. او شگفت‌زده با خود اندیشید: «چرا ما زیست‌شناسان از این نوآوری استفاده نکنیم و با کاربرد چهار نوکلئوتید مختلف موجود در DNA برای خیل عظیم موجودات زنده کره زمین برچسب تهیه نکنیم؟»

اما کار به آسانی آنچه در ابتدا تصور می‌رفت، نبود. باید قطعه کوچکی از DNA را یافت که در همه موجودات زنده وجود داشته باشد و در عین حال خاص هرگونه باشد، یعنی در گونه‌های مختلف متفاوت باشد، به نحوی که با کمک آن بتوان همه گونه‌ها را از هم تفکیک کرد و تشخیص داد.

هدف آن بود که هر کس که به شناسایی موجودی زنده نیاز دارد، از دانشجویی که برای جمع‌آوری نمونه‌های زنده به نوک کوه رفته است تا پژوهشگری که در آزمایشگاه در حال مطالعه موجودی زنده است، باید بتوانند با قرار دادن ذره‌ای اندک از بافت‌هایی مانند موی پستاندار یا پای حشره در زیر دستگاه بارکدخوان، با اطمینان آن را شناسایی کند و

به علاوه، اطلاعات موجود درباره آن را به دست آورد؛ مانند کاری که در فروشگاه‌ها با برچسب‌های بارکددار می‌شود. در این صورت هر کس در هر کجا خواهد توانست هر گونه‌ای را که می‌خواهد شناسایی کند. با این روش می‌توان نه فقط درباره ۱/۷ میلیون گونه‌ای که شناسایی شده‌اند، بلکه برای میلیون‌ها گونه که هنوز ناشناخته مانده‌اند و پنهان

یکی از دشواری‌هایی که زیست‌شناسان هنگام کار روی موجودات زنده با آن دست به گریبان‌اند، شناسایی گونه است. تعیین گونه حتی برای زیست‌شناسان خبره و کارکشته هم آسان نیست، روندی طولانی دارد و به‌علاوه، چون معمولاً حد و مرز گونه مبهم و نامشخص است، معلوم نیست که واقعاً اعضای گونه مورد مطالعه خود همه به یک گونه تعلق دارند، یا از چند گونه نزدیک به هم، یا به اصطلاح از چند گونه پنهان<sup>۱</sup> تشکیل شده‌اند؛ مانند پروانه جهنده *Astraptes fulgerator* (تصویر صفحه ۲ جلد) که در شمال غربی کاستاریکا زندگی می‌کند و گرچه همه اعضای آن یک نام علمی دارند و یک گونه به‌شمار می‌روند، اما در واقع شامل ۳ تا ۱۰ گونه پنهان است<sup>۲</sup>.

شناسایی و رده‌بندی گونه‌ها از زمان کارل لینه در حدود ۲۵۰ سال پیش تا سال‌های اخیر بدون تغییر و بیشتر با استفاده از صفات و ویژگی‌های ظاهری، مانند رنگ، شکل و رفتار موجودات زنده انجام می‌شد. اما چند دهه است که پیشرفتی در این فن روی داده و به‌تازگی از اطلاعات مولکولی و ژنتیک موجودات زنده نیز در شناسایی و رده‌بندی گونه‌ها استفاده می‌کنند، گرچه روش‌های کلاسیک و جدید برای دستیابی به اطلاعات ژنتیک بسیار وقت‌گیرند. حدود ۳۰ سال پیش کارل وُس<sup>۳</sup> با استفاده از تنوع توالی‌های RNA ریبوزومی (rRNA)، فرمانرو آرکی‌ها را از پروکاریوت‌ها جدا و ساختار

درخت زندگی را اصلاح کرد. او نشانگرهای مولکولی مانند الوزیم‌ها، rDNA و mtDNAve را عملاً به سیستماتیک مولکولی وارد کرد.

چند سال پیش، یکی از زیست‌شناسان که از روند نامناسب شناسایی و رده‌بندی موجودات زنده به تنگ آمده بود و به دنبال

.....  
**بارکد CO1 فقط ۶۴۸ جفت باز دازا دارد. پژوهشگران برای آن که این برچسب کوچک DNA را بیازمایند، به قابلیت آن برای تفکیک گونه‌ها مطمئن شوند، بارکدهای CO1 را از گروه‌های مختلف جانوری، از خشکی و دریا، از قطب‌ها تا استوا آزمودند و به این نتیجه رسیدند که بارکد CO1 به تنهایی ظرفیت دارد تا در حدود ۹۸ درصد از گونه‌های جانوری را در تاکسون‌های مختلف شناسایی کند**  
 .....

از چشم ما در حال زندگی بر کره خاکی اند، به طور نامحدود بارکد تهیه کرد. برای برآورده شدن این آرزو نخستین کار پیدا کردن قطعه‌های DNA بود که به اندازه کافی بلند باشد که بتواند خصوصیات هر گونه را متمایز کند و در عین حال به اندازه‌ای کوتاه باشد که کار کردن با آن حتی‌الامکان آسان باشد.

● پس از مدتی کوشش و خطا، قطعه‌ای از یک ژن میتوکندریایی برای این کار در جانوران شناسایی و به عنوان نشانگری استاندارد معرفی شد (به مقاله ژنوم میتوکندری در جانوران در همین شماره مراجعه کنید). DNA میتوکندریایی به این علت برای این کار مناسب است که تفاوت توالی آن در گونه‌های مختلف بیشتر از DNA هسته‌ای است. به علاوه، DNA میتوکندریایی فراوان‌تر از DNA هسته‌ای است و بنابراین، آسان‌تر به دست می‌آید، به‌ویژه از نمونه‌های کوچک یا تجزیه شده. این ژن استاندارد باعث فعالیت زیر واحد ۱ آنزیم سیتوکروم C اکسیداز، یا به اختصار CO1 می‌شود. منطقه‌ای از این ژن که برای تعیین بارکد در نظر گرفته شد، به اندازه‌ای کوتاه است که توالی جفت بازهای نوکلئیک اسیدهای آن را می‌توان با یکبار خواندن با دستگاه بارکدخوان رمز گشایی کرد. این قطعه بسیار کوچک در همه سلول‌ها وجود دارد و در گونه‌های مختلف به اندازه‌ای متنوع است که می‌تواند گونه را تشخیص دهد. بارکد CO1 فقط ۶۴۸ جفت باز درازا دارد. پژوهشگران برای آن که این برچسب کوچک DNA را بیامیند، و به قابلیت آن برای تفکیک گونه‌ها مطمئن شوند، بارکدهای CO1 را از گروه‌های مختلف جانوری، از خشکی و دریا، از قطب‌ها تا استوا آزمودند و به این نتیجه رسیدند که بارکد CO1 به تنهایی ظرفیت دارد تا در حدود ۹۸ درصد از گونه‌های جانوری را در تاکسون‌های مختلف شناسایی کند. در سال ۲۰۰۹ پیشنهاد شد که چون تنوع ژن سیتوکروم C اکسیداز در گیاهان نسبت به جانوران بسیار اندک است، برای گیاهان از دو ژن کلروپلاستی *matK* و *rbcL* استفاده شود.<sup>۵</sup>

● دومین قدم پس از تعیین بارکد، ایجاد کتابخانه‌ای از این قطعه‌ها به عنوان مرجع بود که هویت گونه‌های موجود در آن قبلاً تأیید شده باشند. روش ایجاد کتابخانه بسیار ساده بود: هر کس که نمونه DNA را از نمونه‌ای از بافت به دست آورده است، توالی جفت بازهای بارکد را شناسایی و اطلاعات را به پایگاه داده‌های بارکد وارد می‌کند. مدتی است پایگاهی از داده‌ها با عنوان «سیستم بارکد داده‌های حیاتی» یا BOLD<sup>۶</sup> برقرار شده است. در این پایگاه تاکنون (مهرماه ۱۳۹۰)، ۱۳۷۲۸۹۶ ورودی از بیش از ۱۱۳۶۰۶ گونه جانوری با مدخل‌های فشرده از پرندگان، ماهی‌ها و پروانه‌ها وجود دارد. هر یک از این مدخل‌ها شامل نام گونه، توالی بارکد، محل جمع‌آوری نمونه، پیوند به نمونه‌های مستند، عکس و دیگر داده‌های زیستی است. کنسرسیوم بارکد زندگی<sup>۷</sup> در سال ۲۰۰۵ تأسیس شده تا با هماهنگی مجموعه کوشش‌ها به گسترش این کتابخانه تراکمی کمک کند. این پروژه قرار است تا امسال (سال ۲۰۱۲) تعداد پنج میلیون نمونه را از ۵۰۰۰۰۰ گونه بارکد کند.

● بارکد جانداران کاربردهای مختلف دارد. مثلاً: شناسایی گونه گیاه فقط با استفاده از ذره‌ای برگ، ساقه یا بخش‌های دیگر، بی‌نیاز از گل یا میوه؛ شناسایی لارو حشرات که نسبت به حشرات بالغ ویژگی‌های افتراقی اندکی دارند؛ شناسایی رژیم غذایی جانوران با بررسی محتویات روده آن‌ها؛ شناسایی محصولات تجاری، مانند مکمل‌های غذایی، داروهای گیاهی و غیره؛ سرعت بخشیدن به مطالعات تنوع‌زیستی و شناخت هر چه سریع‌تر میلیون‌ها گونه ناشناخته؛ شناسایی پشه‌های ناقل بیماری‌های عفونی؛ تشخیص نوع گوشت در رستوران‌ها؛ تشخیص نوع آفت‌های کشاورزی و باغداری؛ تشخیص بیماری‌های قارچی و ناشی از تک سلول‌ها، مانند مالاریا؛ شناسایی نمونه‌هایی که در کشورهای موزه‌ها در انتظار شناسایی‌اند؛ اطمینان از نوع تغذیه دام‌ها. بارکدها را می‌توان نقشه‌هایی از تنوع DNA دانست که چهارچوب‌هایی برای مطالعات آینده‌اند. همان‌طور که سرعت و هزینه عکس‌برداری هوایی سبب شده است که جای بررسی‌های زمینی را بگیرد، بارکد DNA نیز می‌تواند نخستین گام سریع و ارزان در کشف گونه‌ها باشد. گرچه این کار به زمان نیاز دارد، این رویکرد دیدگاهی یکپارچه از زندگی در گذشته و امروز به دست می‌دهد و عظمت زندگی را به‌طور کامل به قرن‌های آینده جاری می‌کند.

#### سردبیر

#### پی‌نوشت

1. cryptic species
2. Hebert PD, Penton EH, Burns JM, Janzen DH, Hallwachs W. (October 2004). "Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*". Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 101 (41): 14812-7
3. Brower AVZ (2006). "Problems with DNA barcodes for species delimitation: 'ten species' of *Astraptes fulgerator* reassessed (Lepidoptera: Hesperidae)". Systematics and Biodiversity 4(2):127-32
4. Carl Woese
5. CBOL Plant Working Group (August 4.2009). "A DNA barcode for land plants". PNAS 106(31): 12794-12797
5. Barcode of Life Data systems (BOLD): www.barcodinglife.org
7. Consortium for the Barcode of Life (CBOL)
8. E.O.Wilson

#### منابع

1. Mark Y.Stoeckle, & Paul Hebert D. N.; BarCode of Life; SCIENTIFIC AMERICAN, October 2008; Pp 82-88.
2. http://en. Wikipedia. Org/wiki/ DNA-barcoding.
3. Pal D. N. Hebert, Alina Cywinka, Shelley L. Ball and Jeremy R. deWaard; Biological Identifications through DNA Barcodes. Proceedings of the Royal Society B, Vol. 270, No. 1512, pages 313-321; February 7, 2003. (http://journals. RoyalSociety.org)
4. www.barcodinglife. Org.
5. www.barcoding.si.edu
6. http:// phe. rockefeller.edu/barcode/blog

# مسلمانان، بیمارستان‌ها و آموزش پزشکی

محمدعلی ابوعلی

کلیدواژه‌ها: بیمارستان احمد بن طولون، بیمارستان منصور، بیمارستان قیروان، بیمارستان نوری.

## بیمارستان‌های مسلمانان

یک‌هزار سال پیش شهری بود با مردمی مسلمان که بیمارستانی بزرگ داشت در محاصرهٔ باغ‌ها و بستن‌ها. دروازه‌های این بیمارستان به‌روی همه گشوده بود و در آن شاهزاده و رعیت، پیر و جوان، فقیر و غنی، مرد و زن همه با ابزارهایی پیشرفته به رایگان درمان و مرخص می‌شدند. آنان که در بیمارستان بستری نمی‌شدند، سهمیهٔ رایگان داروهای روزانهٔ خود را نیز دریافت می‌کردند.

این بیمارستان فقط بیمارستان نبود، بلکه مأمی بود برای افراد نیازمند، بیماران، بی‌خانمانان و اشخاص ناتوان. با این همه، دولتی نبود، بلکه از سوی شماری از افراد خیرخواه برای استفادهٔ همگان وقف شده بود. با وجود این، نمی‌توان ادعا کرد که نخستین

بیمارستان‌ها را مسلمانان ساخته‌اند. چون یونانی‌ها پیش از مسلمانان بیماران را در مکان‌هایی که «معبدهای شفا» می‌نامیدند، جمع می‌کردند. اما معبدهای شفا با آنچه امروز بیمارستان می‌نامیم و بیمارستان‌های مسلمانان نمونه‌هایی از آن‌ها بودند، تفاوت بسیار داشتند. درمان بیماران در معبدهای شفا بیشتر بر قضا و قدر و معجزه متکی بود، در حالی که در بیمارستان‌های مسلمانان کاوش‌های علمی و عملی در زمینهٔ پزشکی رواج داشته است.

یکی از نخستین بیمارستان‌های واقعی مسلمانان که در سال‌های ۲۵۹ هـ. در قاهره بنا شد، بیمارستان احمد بن طولون نام داشت. این بیمارستان را که در ضمن دانشکده

پزشکی هم بود، احمد بن طولون حاکم مصر و شام ساخت. کتابخانهٔ این بیمارستان بالغ بر یکصد هزار جلد کتاب در زمینهٔ علوم گوناگون داشت. همهٔ بیماران در این بیمارستان، به رایگان درمان می‌شدند. این بیمارستان دو باب حمام داشت، یکی برای مردان و دیگری برای زنان و بخشی از آن نیز به بیماران روانی اختصاص داشت. بیمارستان احمد بن طولون مطابق با معیارهای امروزی ما مؤسسه‌ای بسیار پیشرفته بود. بیماران هنگام ورود و

بیماران هنگام ورود و پیش از بستری شدن لباس‌های عادی و اشیای قیمتی خود را به مسئولان بیمارستان تحویل می‌دادند، تا از آن‌ها نگهداری کنند و لباس مخصوص بیماران را می‌پوشیدند

پیش از بستری شدن لباس‌های عادی و اشیای قیمتی خود را به مسئولان بیمارستان تحویل می‌دادند، تا از آن‌ها نگهداری کنند و لباس مخصوص بیماران را می‌پوشیدند. بیمارستان بغداد که بزرگ‌تر از بیمارستان طولون بود و در سال ۱۷۱ هـ. ق. ساخته شد، بیست و چهار پزشک کشیک داشت. این بیمارستان به شیوهٔ بیمارستان ایرانی گندی‌شاپور ساخته شده بود و با آن همکاری‌هایی نیز داشت.

دمشق نیز در قرن دوازدهم بیمارستانی بزرگ‌تر به نام بیمارستان نوری داشت. براساس نوشته‌های باقی‌مانده از قرن سیزدهم، در این بیمارستان معیارهایی مدون برای انتخاب داروسازان، شکسته‌بندها،

چشم‌پزشکان و پزشکان عمومی وجود داشت. در قاهره سه بیمارستان بسیار بزرگ وجود داشت. بیمارستان منصور از بقیه معروف‌تر بود. داستان تأسیس این بیمارستان شنیدنی است. وقتی که منصور قلاوون حاکم مملوک مصر در قرن سیزدهم هنوز ولیعهد بود، در مأموریتی نظامی در سوریه به درد شدید کلیه مبتلا شد. او را در بیمارستان نوری دمشق بستری کردند و او بهبود یافت.

او روش درمانی این بیمارستان را به اندازه‌ای خوب و مؤثر دانست که سوگند یاد کرد به محض نشستن بر تخت شاهی، بیمارستان مشابهی بسازد. او به عهد خود وفا کرد و بیمارستان منصور قاهره را بنا کرد و هدف از تأسیس این بیمارستان را چنین خلاصه کرد «من این

بیمارستان را از سوی هم‌تایان و خانوادهٔ خود، برای سربازان، شاهزادگان، از بزرگ تا کوچک، مردم آزاد و بردگان، مردان و زنان وقف می‌کنم».

در سال ۶۸۳ هـ. ق. بیمارستان منصور بیمارستانی بزرگ و مجهز بود با چهار دروازه. کادر پزشکان آن تکمیل بود و در آن تجهیزات کافی برای مراقبت از بیماران وجود داشت. کارکنان مرد در خدمت بیماران مرد و کارکنان زن را در اتاق‌های جداگانه پرستاری می‌کردند. روی تخت‌ها تشک پهن و آب روان در همه جای بیمارستان در دسترس بود. در یک قسمت از بیمارستان تالاری خاص وجود داشت که سرپزشک در آن به تدریس و سخنرانی می‌پرداخت. برای شمار بیماران

محدودیتی وجود نداشت و داروخانه عمومی به رایگان به بیماران دارو می داد که به خانه ببرند. نخستین بیمارستان‌ها بدین ترتیب در سرزمین‌های مسلمانان تشکیل شدند و به دیگر سرزمین‌ها گسترش یافتند و از یک سو به اندلس در اسپانیا و از سوی دیگر به شمال آفریقا رسیدند. بعدها صلیبیون تشکیلات مشابهی به نام مراکز مهمان‌نواز<sup>۱</sup> برای درمان سربازان فرانسوی ساختند. پزشکان مسلمان به ساختن بیمارستان‌های اروپا کمک می کردند. بیمارستان معروف سالرنو در جنوب ایتالیا از این گروه است.

ابن جبیر که قرن هفتم به مسافرت می پرداخت و سفرنامه می نوشت، خدمات رفاهی بیمارستان نوری را ستوده است. او گفته است که «بیمارستان جدید نوری پر رفت و آمدترین و بزرگ‌ترین بیمارستان شام است و بودجه روزانه آن ۱۵ دینار است. سرپرستی دارد که نام‌های بیماران را همراه با

جدول‌های توزیع داروهای مورد نیاز آنان، مواد غذایی و چیزهایی از این قبیل را همیشه در دست دارد. پزشکان آن صبح زود برای دیدن بیماران و نیز دستور تهیه دارو و غذای مناسب هر بیمار، بر سر کار حاضرند».

ابن جبیر در سفر سرزمین‌های مسلمانان، در هر شهر و دیار یک یا دو بیمارستان را توصیف کرده و گفته است که بیمارستان‌ها یکی از بهترین دلایل فخر و شکوه اسلام‌اند. این بیمارستان‌ها پیشرفته‌اند و فقط به دردهای بدنی نمی پردازند، بلکه در برخی مانند بیمارستان بغداد در قرن سوم که رازی در آن کار می کرد، بخش خاصی برای بیماران روانی داشت.

### نهیضت ترجمه آثار پزشکی

تونس را یکی از سرچشمه‌های دانش پزشکی انسان می دانند، چون یکی از نخستین

بیمارستان‌ها که بیمارستان قیروان نام داشت، در سال ۵۰ هـ.ق در آنجا ساخته شد. بیمارستان قیروان علاوه بر این که محل انجام کارهای پزشکی بود، محل رفت و آمد پزشکان صاحب‌نظری هم بود که در تولید انبوه دانش پزشکی مشارکت داشتند و افرادی مانند کنستانتین آفریقای این دانش را به اروپا برد. اندیشمندان مسلمان و مسیحی تونس قرن یازدهم میلادی، به ترجمه دایره‌المعارف‌های پزشکی پرداختند و در دسترس اروپایی‌های لاتینی زبان قرار دادند. این امر سبب انقلابی در مطالعات پزشکی اروپا شد و نسلی از استادان برجسته پزشکی را به وجود آورد. معروف‌ترین اثر ترجمه‌های کنستانتین کتاب «کامل الصنعة الطبیة الملکی» است که علی ابن عباس مجوسی، پزشک قرن دهم، آن را نوشته است. این کتاب در سال ۱۵۱۵م. در لیون (فرانسه) و در سال ۱۵۳۶ م. در باسل (سوئیس) به چاپ رسید و یکی از بهترین آثار

### نخستین بیمارستان‌ها بدین ترتیب در سرزمین‌های مسلمانان تشکیل شدند و به دیگر سرزمین‌ها گسترش یافتند و از یک سو به اندلس در اسپانیا و از سوی دیگر به شمال آفریقا رسیدند



تصویری از ابن سینا، تحت عنوان ابن سینا: شاهزاده پزشکی چاپ سال ۱۵۲۰، ایتالیا

کلاسیک پزشکان مسلمان است. کنستانتین می بایست اطلاعات بسیاری داشته باشد. چون او هم چنین چند کتاب در زمینه‌های رژیم غذایی، معده، مالخولیا، فراموشی، نزدیکی جنسی و از همه مهم‌تر کتاب «زاد المسافر و قوت الحاضر»<sup>۲</sup> را به زبان لاتینی ترجمه کرد، سینسیوس<sup>۳</sup> آن را به یونانی ترجمه کرد.

مسافران قرون وسطی هم مانند مسافران امروزی که در جست‌وجوی راه‌های غلبه بر بیماری‌های مزمن در طول سفر بودند، به کتابی مرجع نیاز داشتند تا در مواقع بیماری به آن مراجعه کنند. کتاب «زادالمسافر و قوت الحاضر» فقط برای مسافران نوشته نشده بود، بلکه کتابی سیستمی و جامع در زمینه پزشکی بود که به عنوان مجموعه‌ای از کتاب‌های درسی مورد استفاده در دانشکده‌های پزشکی و دانشگاه‌های سالرنو<sup>۴</sup>، مونته‌پلیه<sup>۵</sup>، بولونیا<sup>۶</sup>، پاریس و آکسفورد پذیرفته شد. در این کتاب توصیف قابل توجهی از آبله و سرخک موجود است.

کنستانتین تنها نبود؛ دانشجویی مسلمان داشت به نام جان ساراسنوس. او کار ترجمه کنستانتین را ادامه داد و چون هم‌چنین پزشک بیمارستان سالرنو بود، رساله‌ای درباره بیماری‌های مجاری ادراری و تناسلی و تب نوشت.

### آموزش پزشکی

آموزش در آن زمان مانند امروز هم گروهی بود و هم انفرادی. کلاس‌های درس در سالن‌های بزرگی در بیمارستان‌ها تشکیل می شدند و موضوع آن‌ها معمولاً خواندن یک متن پزشکی به روشی که «قرائت متون پزشکی» نامیده می شد، صورت می گرفت. پزشک یا جراح استاد پس از خواندن از دانشجویان سؤال‌هایی می پرسید.

بخش مهم دیگر آموزش پزشکی علاوه بر تدریس در گروه‌های دانشجویی دنبال کردن پزشکی یا جراح در اتاق بیماران بود. دانشجویان پیشرفته‌تر تاریخچه و سیر بیماری را که پزشک یادداشت کرده بود، مشاهده و بیمار را معاینه می‌کردند و نسخه می‌نوشتند

بسیاری از دانشجویان متنی را با پزشکی معروف مطالعه می‌کردند و چون کاغذ در جهان اسلام فراوان بود، دست‌نوشته‌های آنان تا امروز باقی مانده که روی آن‌ها نوشته شده است: «در مالکیت شخصی». این نوع متن‌ها در اروپا بسیار کمیاب بود و به ندرت به دانشجویان تعلق داشت.

بخش مهم دیگر آموزش پزشکی علاوه بر تدریس در گروه‌های دانشجویی دنبال کردن پزشکی یا جراح در اتاق بیماران بود. دانشجویان پیشرفته‌تر تاریخچه و سیر بیماری را که پزشک یادداشت کرده بود،

ابن جبیر در سفر سرزمین‌های مسلمانان، در هر شهر و دیار یک یا دو بیمارستان را توصیف کرده و گفته است که بیمارستان‌ها یکی از بهترین دلایل فخر و شکوه اسلام‌اند

مشاهده و بیمار را معاینه می‌کردند و نسخه می‌نوشتند.

یکی از این مدارس پزشکی، بیمارستان نوری دمشق بود. این بیمارستان را ابوالمجدد الباهلی به فرمان نورالدین ابن زنگی حاکم سده دوازدهم آن دیار و به نام او ساخت، آن

را با مقدار زیادی غذا و دارو تجهیز کرد و تعداد بسیار زیادی کتاب پزشکی به آن اهدا کرد که در سالن خاصی چیده شده بودند.

این بیمارستان

به مکانی برای شکوفایی علم پزشکی تبدیل شد. در آغاز سده سیزدهم طبیعی به نام الدخوار که نسخه با دستمزد کم در بیمارستان نوری کار می‌کرد، به شهرت دست یافت و از دستمزدهایی که از بیماران خصوصی دریافت می‌کرد، بیمارستانی در آن شهر ساخت.

بسیاری از نوپزشکانی که از مدارس پزشکی فارغ‌التحصیل شده بودند و نیز پزشکان و کارکنان بیمارستان گاه در حضور نورالدین جمع می‌شدند، درباره موضوع‌های پزشکی بحث می‌کردند و گاه به سخنرانی‌های سه

ساعتی ابوالمجدد که برای دانشجویانش ایراد می‌کرد، گوش می‌سپردند. در میان پزشکان مشهور مسلمان که از این مدارس پزشکی فارغ‌التحصیل شدند،

ابن ابی عصبیه تاریخ‌دان طب در سده دوازدهم و ابن نفیس کاشف گردش کوچک خون بودند. ابن نفیس در سده سیزدهم برای درک فیزیولوژی بدن انسان گامی به جلو برداشت.

بنابراین، می‌توان باور کرد که در یک‌هزار

سال پیش شهری بود با مردمی مسلمان که بیمارستانی بزرگ داشت در محاصره باغ‌ها و بستان‌ها. دروازه‌های این بیمارستان به روی همه گشوده بود و در آن شاهزاده و رعیت، پیر و جوان، فقیر و غنی، مرد و زن همه با ابزارهایی پیشرفته به رایگان درمان و مرخص می‌شدند. وجود چنین بیمارستانی در یک‌هزار سال پیش خواب و خیال و توهم نیست.

#### منابع برای مطالعه بیشتر

۱. ابن ابی اصیبعه، موفق‌الدین ابوالعباس احمد بن قاسم سعدی خزرجی، عیون الایباء طبقات الطباء، تصحیح نزار رضا، چاپ بیروت
۲. ابن العبری، غریغوریوس ابوالفرج اهرن، تاریخ مختصر الدول، ترجمه دکتر محمدعلی تاج‌پور، دکتر حشمتا... ریاضی، اطلاعات ۱۳۶۴
۳. اشیپولر، برتولد، تاریخ ایران در قرون نخستین اسلامی، ترجمه جواد فلاطوری، علمی فرهنگی، ۱۳۷۳
۴. پژوهش دانشگاه کمبریج، جلد چهارم، تاریخ ایران (از فروپاشی دولت ساسانیان تا آمدن سلجوقیان)، امیرکبیر ۱۳۸۱
۵. زرین کوب، عبدالحسین، تاریخ ایران بعد از اسلام، امیرکبیر ۱۳۸۳
۶. سامی، علی، سیرفرهنگ ایران در قرون اول و دوم هجری و تاثیر آن در تمدن اسلامی دوره ۹، ش ۱۰۲ و ۱۰۳ (فروردین و اردیبهشت ۵۰): ۴۴-۴۶
۷. کریستین سن، آرتور، ایران در زمان ساسانیان، ترجمه رشید یاسمی، دنیای کتاب، ۱۳۷۰
۸. الگود، سیریل، تاریخ پزشکی ایران و سرزمین‌های خلافت شرقی، ترجمه دکتر باهر فرقانی، امیرکبیر، ۱۳۷۱
۹. محمود نجم‌آبادی، تاریخ طب در ایران پس از اسلام، تهران: دانشگاه تهران، ۱۳۶۶
۱۰. ولایتی، علی‌اکبر، فرهنگ و تمدن اسلامی، نشر معارف ۱۳۸۴

#### پی‌نوشت

1. Hospitaliers
۲. عنوان این کتاب در زبان لاتینی چنین است: «Viaticum peregrinantis»
3. Synesios
4. Salerno
5. Montpellier
6. Bologna

# ژنوم میتوکندری در جانوران

نظام جلیلیان

دبیر زیست‌شناسی خرمشهر

## مقدمه

در کتاب زیست‌شناسی دوره پیش‌دانشگاهی می‌خوانیم که واژه ژنوم به کل محتوای DNA یک جاندار اطلاق می‌شود. بنابراین ژنوم، محتوای DNA هسته‌ای و DNAهای سیتوپلاسمی (میتوکندری و کلروپلاست) را دربر می‌گیرد. در این مقاله به اختصار ژنوم میتوکندریایی جانوران و به‌ویژه انسان را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

کلیدواژه‌ها: DNA میتوکندریایی، ژنوم.

## اندازه و ساختار ژنوم میتوکندریایی در جانوران

بررسی DNA میتوکندریایی (mtDNA) جانداران مختلف نشان می‌دهد که جانوران مختلف از نظر اندازه و تعداد ژن‌های میتوکندریایی، تنوع بسیار زیاد دارند. به‌طوری‌که اندازه این ژنوم از ۶ کیلو جفت باز در **پلاسمودیوم فالسیپاروم** تا ۲۴۰ کیلو جفت باز در خربزه<sup>۱</sup> و تعداد ژن‌های میتوکندریایی از ۵ ژن در پلاسمودیوم فالسیپاروم تا ۹۷ ژن در نوعی آغازی تاژکدار<sup>۲</sup> متفاوت است.

در اکثر جانوران، ژنوم میتوکندریایی از ۱۶ تا ۲۰ کیلو جفت باز تشکیل شده است، البته اندازه‌های ژنوم جانورانی همچون **سینورایدیتیس الگانس** و نوعی دوکفه‌ای<sup>۳</sup> در خارج از این محدوده قرار می‌گیرند (جدول ۱). از نظر شکل ظاهری ژنوم میتوکندریایی جانوران غالباً به صورت DNA حلقوی است و چندین نسخه از آن در هر میتوکندری یافت می‌شود. در نوعی روتیفر<sup>۴</sup>، ژنوم میتوکندریایی از دو مولکول DNA حلقوی نامساوی و متفاوت تشکیل شده است که یکی از آنها ۱۱۱۵۳ و دیگری ۱۲۶۷۲ جفت باز طول دارد، تعداد نسخه‌های این دو مولکول DNA حلقوی در درون میتوکندری‌های این جانور بی‌مهره، نابرابر است.

در جانوران mtDNAهای خطی نیز شناسایی شده است، به عنوان مثال در هیدر آب شیرین ژنوم میتوکندریایی از یک یا دو قطعه DNA خطی تشکیل شده

است. در گونه **هیدرا اولیگاکتیس**<sup>۵</sup> ژنوم میتوکندریایی از یک قطعه DNA خطی با ۱۶۳۱۴ جفت باز و در **هیدرماگنی پاپیلانا**<sup>۶</sup> از دو مولکول DNA خطی که اصطلاحاً کروموزوم‌های میتوکندریایی یک و دو نامیده می‌شوند، تشکیل شده است. کروموزوم یک، ۷۶۸۶ و کروموزوم دو، ۸۱۹۴ جفت باز طول دارد. محققان بر این باورند که این دو قطعه مجزا از یک قطعه اولیه منشا گرفته‌اند. «یکی از ویژگی‌هایی که در mtDNA پستانداران و برخی دیگر از مهره‌داران و بی‌مهرگان دیده می‌شود، این است که

دو رشته تشکیل‌دهنده mtDNA از نظر میزان گوانین و سیتوزین با یکدیگر تفاوت دارند.» به همین علت یکی از رشته‌ها را که میزان گوانین بیشتری دارد، رشته سنگین<sup>۷</sup> و دیگری را رشته سبک<sup>۸</sup> می‌نامند. در انسان، DNA میتوکندریایی ۳۷ ژن دارد که اطلاعات مربوط به ۲۸ ژن (ژن‌های رمزگردان مربوط به چهارده نوع tRNA و دوازده نوع پروتئین) روی رشته سنگین و ۹ ژن باقیمانده (ژن‌های رمزگردان هشت نوع tRNA و یک نوع پروتئین) روی رشته سبک قرار گرفته‌اند. (شکل ۱).

جدول ۱. اندازه ژنوم میتوکندریایی چند گونه جانوری

نام جاندار	اندازه ژنوم میتوکندریایی (جفت‌باز)
انسان ( <i>Homo sapiens</i> )	۱۶۵۶۹
شمپانزه ( <i>Pan troglodytes</i> )	۱۶۵۵۴
گوریل ( <i>Gorilla gorilla</i> )	۱۶۳۶۴
موش ( <i>Mus musculus</i> )	۱۶۳۰۳
مرغ خانگی ( <i>Gallus domesticus</i> )	۱۶۷۷۵
نوعی مار ( <i>Dinodon semicarinatus</i> )	۱۷۱۹۱
قورباغه آفریقایی ( <i>Xenopus laevis</i> )	۱۷۴۴۳
ستاره دریایی ( <i>Asterina pectinifera</i> )	۱۶۲۶۰
شقایق دریایی ( <i>Metridium senile</i> )	۱۷۴۴۳
لینورایدیتیس الگانس ( <i>Caenorhabditis elegans</i> )	۱۳۴۹۴
نوعی دو کفه‌ای ( <i>Placopecten megallanicus</i> )	~۴۲۰۰۰

## ژنوم میتوکندریایی انسان

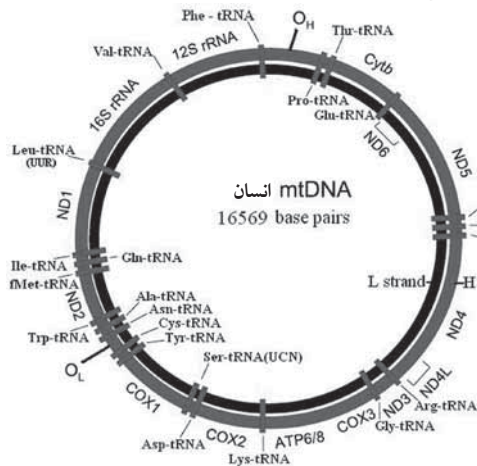
«در هر سلول انسانی چندصد تا چند هزار میتوکندری وجود دارد و در هر میتوکندری معمولاً بین دو تا ده نسخه از DNA حلقوی یافت می‌شود». هر کدام از این mtDNAهای حلقوی از ۱۶۵۶۹ جفت باز تشکیل شده‌اند. مطالعه با میکروسکوپ الکترونی نشان داده است که این mtDNAهای حلقوی ممکن است به صورت مجزا وجود داشته باشند، یا این‌که همچون حلقه‌های زنجیر، به صورت دوتایی و یا چندتایی به هم متصل شوند. mtDNA انسان به عنوان اولین ژنوم میتوکندریایی در سال ۱۹۸۱ تعیین توالی شد.

DNA میتوکندریایی انسان دارای ۳۷ ژن است که سیزده نوع پروتئین مختلف، دو نوع rRNA و بیست و دو نوع tRNA را رمزدهی می‌کنند. سیزده پروتئین رمز شده، همگی از اجزای پروتئینی کمپلکس‌های تشکیل‌دهنده زنجیره انتقال الکترون هستند. از این سیزده نوع پروتئین، هفت پروتئین آن مربوط به کمپلکس I زنجیره تنفسی (زیرواحدهای ND1 تا ND6)، یک پروتئین مربوط به کمپلکس III (زیرواحد Cytb)، سه پروتئین مربوط به کمپلکس IV (زیرواحدهای Cox1، Cox2، Cox3) و دو پروتئین مربوط به کمپلکس V یا همان آنزیم ATP سنتاز (زیرواحدهای ATPase6 و ATPase8) است. (شکل ۱)

محصولات حاصل از بیان ژنوم میتوکندریایی بیشتر جانوران شبیه به محصولات ژنوم میتوکندریایی انسان است. البته تفاوت‌هایی مخصوصاً در ژنوم میتوکندریایی کیسه‌تنان و نماتودها مشاهده شده است. ژنوم میتوکندریایی کیسه‌تنان، اغلب پروتئین‌های دیگری را نیز رمزدهی می‌کند؛ در ژنوم میتوکندریایی عروس دریایی ژن polB برای تولید آنزیم DNA پلی‌مراز و در مرجان‌ها ژن mutS برای تولید پروتئینی که در ترمیم جهش‌ها نقش دارد نیز شناسایی شده‌اند. از طرفی در ژنوم میتوکندریایی کیسه‌تنانی مثل شقایق دریایی و هیدر آب شیرین، به جای بیست و دو نوع tRNA فقط اطلاعات لازم برای تولید دو نوع tRNA

(حمل‌کننده متیونین و تریپتوفان) دیده می‌شود. در نماتودهایی همچون آسکاریس خوکی<sup>۱</sup> و سینورابدیتس الگانس نیز ژن مربوط به پروتئین ATPase8 وجود ندارد. مقایسه برخی محصولات پروتئینی که توسط ژنوم میتوکندریایی جانوران مختلفی

رمزدهی شده‌اند، نشان می‌دهد که این پروتئین‌ها از نظر تعداد آمینواسید با یکدیگر تفاوت دارند به عنوان مثال پروتئین ND6 در موش، توتیا<sup>۱</sup> و سینورابدیتس به ترتیب از ۱۷۲، ۱۶۰ و ۱۴۵ آمینواسید تشکیل شده‌اند.



شکل ۱. نقشه ژنی در DNA میتوکندریایی انسان. انسان دارای ۳۷ ژن است. این ژن‌ها فاقد ایترون‌د و به صورت فشرده و با حداقل فضای تلف شده در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. به طوری که ژن‌های مربوط به ATPase8 و ATPase6 با هم همپوشانی دارند. در شکل نقاط شروع همانندسازی با OH و OL مشخص شده‌اند.

strand origins, not via a strand-coupled mechanism. GENES & DEVELOPMENT 19:2466-2476. 2005

6) Adrian C. Barbrook and et al. organization and expression of organellar genomes. Phil. Trans. R. Soc. B 365, 785-797, 2010

7) Ehsan Kayal, Dennis V. Lavrov. The mitochondrial genome of Hydra oligactis (Cnidaria, Hydrozoa) sheds new light on animal mtDNA evolution and cnidarian phylogeny. Gene 410. 177-186. 2008

8) M.I. JENSEN-SEAMAN and K.K. KIDD. Blackwell science, Ltd. Mitochondrial DNA Variation and biogeography of eastern gorillas. Molecular Ecology 10, 2241-2247. 2001

9) Oliver Voigt, Dirk Erpenbeck and Gert Worheide. A fragmented metazoan organellar genome: the two mitochondrial chromosomes of Hydra magnipapillata. BMC Genomics, 9:350, 2008

10) Koushirou Suga and et al. Two Circular Chromosomes of Unequal Copy Number Make Up the Mitochondrial Genome of the Rotifer Brachionus plicatilis. Mol. Biol. Evol. 25(6): 1137. 2008

11) Scheffler, Immo E. Mitochondria. John Wiley & sons. 2008.

۱۲) ژنوم ۳، تألیف پروفیسور بیرون، ترجمه دکتر سپهری‌زاده و زرینی، نشر خانه زیست‌شناسی، ویرایش سوم، (۲۰۰۷)

۱۳) اصول بیوشیمی لنینجر، ترجمه لیلا پروانه و همکاران، انتشارات ارجمند، ویرایش پنجم، (۲۰۰۸)

### پی‌نوشت

- 1- Cucumis melo
- 2- Reclinomonas americana
- 3- Placoepecten megallanicus
- 4- Brachionus plicatilis
- 5- Hydra oligactis
- 6- Hydra magnipapillata
- 7- Heavy strand (H strand)
- 8- light strand (L strand)
- 9- Octocorals
- 10- Ascaris suum
- 11- Paracentrotus lividus

### منابع

- 1) Andrew Gibson and et al. A Comprehensive Analysis of Mammalian Mitochondrial Genome Base Composition and Improved Phylogenetic Methods. Mol. Biol. Evol. 22 (2): 251. 2005
- 2) Jeffrey L. Boore. Survey and summary Animal mitochondrial genomes. Nucleic Acids Research, Vol. 27, NO. 8 1767-1780, 1999
- 3) Michael W Gray and et al. A Genomics Approach to Mitochondrial Evolution. Biol. Bull. 196: 400-403. (June 1999)
- 4) Ian J. Holt. Mitochondrial DNA replication and repair: all a flap. Trends in Biochemical Sciences Vol. 34 No. 7. 2009
- 5) Timothy A. Brown and et al. Replication of mitochondrial DNA occurs by strand displacement with alterative light-





ترجمه: محمد کرام‌الدینی

# درخت مقدم پژوهش‌های حافظه، یادگیری و فراموشی

کلیدواژه‌ها: انتقال‌دهنده‌های عصبی، گلوتامات، گابا، یادگیری، حافظه، کینازها، فسفا تازها

## اشاره

ریچارد هاکنبر<sup>۱</sup> استاد علوم اعصاب در دانشگاه جان‌هاپکینز و نیز پژوهشگر انستیتو پزشکی هووارد هاکز<sup>۲</sup> است. او در آزمایشگاه پژوهشی خود می‌کوشد میان کنش‌های مولکولی در حافظه بلندمدت را که باعث نوعی بیش‌فعالی نورون‌ها می‌شوند و به‌نظر می‌رسد زیرساخت یادگیری باشند، بیشتر بشناسد. این‌گفت‌وگو در واقع مصاحبه‌ای با گروهی از معلمان زیست‌شناسی است که او در آن با زبانی ساده و متناسب با مخاطب خود به پرسش‌های مطرح شده پاسخ داده است.

## ● شما چه تعریفی از انتقال‌دهنده عصبی دارید؟

انتقال‌دهنده عصبی<sup>۳</sup> نوعی مولکول شیمیایی کوچک است که از یک نورون آزاد می‌شود، به نورونی دیگر برخورد می‌کند و با اتصال خود به آن، سیگنالی را از نورون اول به نورون دوم القا می‌کند.

## ● القای این سیگنال چگونه شروع می‌شود؟

انتقال‌دهنده عصبی نخست به گیرنده‌هایی که روی نورون دوم، یعنی نورون پس‌سیناپسی وجود دارند، متصل می‌شود و سیگنال ایجاد می‌کند.

## ● انتقال‌دهنده عصبی از جنس چه ماده‌ای است؟

یکی از انتقال‌دهنده‌های عصبی سیناپس‌ها گلوتامات است. گیرنده‌های گلوتامات تحریک و باعث انتقال عصبی می‌شوند. بنابراین، گلوتاماکه از پایانه نورون اول آزاد می‌شود، به گیرنده‌های نورون پس‌سیناپسی متصل می‌شود. این گیرنده‌ها سپس سیگنال را القا می‌کنند و سبب تحریک نورون پس‌سیناپسی می‌شوند.

## ● آیا انتقال‌دهنده‌های عصبی دیگر یا گیرنده‌های دیگری هم روی نورون‌ها

## وجود دارند؟

گیرنده‌های گلوتامات فقط به گلوتامات پاسخ می‌دهند. از سوی دیگر، انواع بسیاری از انتقال‌دهنده‌های عصبی موجود است. مثلاً مهم‌ترین انتقال‌دهنده عصبی بازدارنده، مولکولی است به نام «گاما آمینوبوتیریک اسید» یا به اختصار «گابا»<sup>۴</sup>. «گابا» نیز مانند گلوتامات گیرنده‌های خاص خود را دارد که به آن‌ها متصل می‌شود و تحریک‌پذیری نورون را کاهش می‌دهد، یعنی در واقع، از تحریک نورون جلوگیری می‌کند.

## ● این تحریک و ایجاد سیگنال چگونه بر عملکرد نورون تأثیر می‌گذارد؟

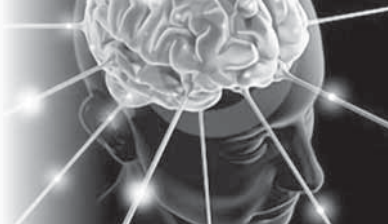
این اثر با مهار عملکرد پروتئین‌ها روی می‌دهد و فسفریلاسیون پروتئین‌ها یکی از فراگیرترین سازوکارهای تنظیم عملکرد پروتئین‌هاست. در این فرایند، آنزیم‌هایی به نام پروتئین کیناز با استفاده از ATP ساختار پروتئین را تغییر می‌دهند. به این ترتیب که یک فسفات از ATP می‌گیرند و آن را به باقی‌مانده‌های امینواسیدهایی مانند سیرین و تیروزین در پروتئین‌ها می‌افزایند. افزوده شدن گروه فسفات به پروتئین‌ها بار منفی ایجاد می‌کند که بر ساختار پروتئین و در نتیجه بر عملکرد آن‌ها اثر می‌گذارد، یعنی

## آن‌ها را تنظیم می‌کند.

این فرایند فراگیر است، یعنی روی بسیاری از پروتئین‌ها انجام می‌شود و در عین حال برگشت‌پذیر هم هست، یعنی فسفات برداشتنی است. آنزیم‌هایی وجود دارند به نام پروتئین فسفاتاز که فسفات را از پروتئین‌ها جدا می‌کنند و آن را به حالت قبل بازمی‌گردانند. بنابراین، اگر مثلاً افزودن فسفات یا فسفریلاسیون آنزیم یا کانالی را فعال می‌کند، فسفر برداری یا دفسفریلاسیون عمل عکس آن را انجام می‌دهد، یعنی آنزیم یا کانال را غیرفعال می‌کند.

## ● آیا این فرایندها با کار حافظه هم ارتباطی دارند؟

رابطه مستقیمی بین فسفریلاسیون و حافظه مشاهده نشده است؛ اما فسفریلاسیون پروتئین‌ها در بسیاری از سیستم‌ها با حافظه و یادگیری همبستگی‌هایی دارد. فسفریلاسیون برخی پروتئین‌ها باعث افزایش توان انتقال از سیناپس‌ها و ایجاد ارتباط بیشتر بین نورون‌ها می‌شود؛ اما در واقع، این موضوع برای همه پروتئین‌ها مصداق ندارد. برخی دیگر از پروتئین‌ها با فسفر برداری سبب افزایش ارتباط بین نورون‌ها می‌شوند. بنابراین، بستگی به نوع پروتئین دارد.



از سوی دیگر می‌دانیم که پروتئین CREB<sup>۵</sup> فعال‌کننده رونویسی ژن‌هاست و سیستم‌های یادگیری و حافظه به بیان ژن‌های جدید و ترجمه پروتئین‌های جدید نیاز دارند. در این سیستم‌ها یکی از راه‌های تنظیم ژن‌ها از طریق CREB است. بنابراین، فسفریلاسیون پروتئین‌ها CREB را فعال می‌کند و فعال شدن CREB به نوبه خود بیان ژن را افزایش می‌دهد. این ژن‌ها ممکن است برای نگهداری حافظه، به ویژه حافظه درازمدت اهمیت داشته باشند.

### ● آیا می‌توان ادعا کرد که نورون‌ها مرکز عملکرد مغزند؟

اساس کار ارتباط میان نورون‌هاست. در مغز ما تریلون‌ها نورون وجود دارد. ارتباط بین این نورون‌ها باعث احساس و تفکر، یا به طور خلاصه، هوشیاری می‌شود. ارتباط بین نورون‌ها برای پردازش اطلاعات اهمیت دارد. اما ارتباط‌های سیناپسی بین نورون‌های مغز ما دائماً در حال تغییرند و همین تغییرات، یا آن‌طور که ما می‌گوییم، «نرمش‌پذیری سیناپس‌ها» یا تغییر ارتباط است که سبب یادگیری یا حافظه یا هرگونه پاسخی به محیط می‌شود و اطلاعاتی را که می‌گیریم، پردازش می‌کند.

وقتی گلی را می‌بویید، اطلاعات بویایی از گُل به بینی شما می‌روند. نورون‌هایی که به قشر بویایی شما می‌روند، آن اطلاعات را از بینی به مغز منتقل می‌کنند. در همان حال، چشم‌های شما گُل را می‌بینند، شبکیه چشم شما تحریک می‌شود و به قشر بینایی اطلاع می‌دهد

### ● هر نورون چند ارتباط سیناپسی برقرار می‌کند؟

گفتم که در مغز ما تریلون‌ها نورون وجود دارد. هر نورون می‌تواند تا هزار ارتباط مختلف برقرار کند، بنابراین تریلون‌ها تریلون ارتباط سیناپسی داریم که دائماً در تغییرند

### ● پس نرمش‌پذیری سیناپس‌ها باید اهمیت فوق‌العاده داشته باشد؟

نرمش‌پذیری سیناپس‌ها برای یادگیری مغزی که نرمش‌پذیری داشته باشد یا در

تغییر باشد، لازم است. پس برای پردازش اطلاعات و به دست آوردن دانش جدید، نیاز است که ارتباط‌های جدیدی تشکیل شود. مثلاً، وقتی گلی را می‌بویید، اطلاعات بویایی از گُل به بینی شما می‌روند. نورون‌هایی که به قشر بویایی شما می‌روند، آن اطلاعات را از بینی به مغز منتقل می‌کنند. در همان حال، چشم‌های شما گُل را می‌بینند، شبکیه چشم شما تحریک می‌شود و به قشر بینایی اطلاع می‌دهد.

بنابراین، اطلاعات مختلف به‌طور هم‌زمان به مناطق مختلف مغز می‌رسند. زمان رسیدن در این جا بسیار اهمیت پیدا می‌کند. پس اگر شما دارید یک گُل را می‌بینید و در همان حال هم آن را بو می‌کنید، این دو حس و درک با هم وابسته می‌شوند و در واقع مدار جدیدی در مغز شما به‌وجود می‌آورند. بسیار معتقدند «وقتی که نورون‌ها را با هم روشن می‌کنیم، بین آن‌ها یک مدار ایجاد می‌شود». بنابراین روشن شدن هم‌زمان نورون‌های قشر بویایی و قشر بینایی سبب ایجاد مداری بین این دو می‌شود، این مدار در ارتباط‌های سیناپسی تغییر ایجاد می‌کند و شبکه‌ای نورونی که یاد و خاطره گُل است، در مغز شما شکل می‌گیرد.

### ● آیا مفهومی که شرح دادید، جدید است؟

نه. این مفهوم نسبتاً قدیمی است. سانتیاگو رامون کاخال<sup>۶</sup> یکی از پیشگامان علوم اعصاب و آناتومی اعصاب در سال‌های آخر قرن نوزدهم و سال‌های دهه نخست قرن بیستم بسیاری از مفاهیمی را که امروزه در ذهن داریم، پیشنهاد کرده است. او یک نابغه واقعی بود و مفاهیم سیناپس و تغییر ارتباط‌های سیناپسی را ارائه کرد. این مفاهیم نقش مهمی در کارکرد مغز دارند. سپس در سال‌های دهه ۱۹۵۰ هب<sup>۷</sup> این اندیشه را مطرح کرد که ما با روشن کردن هم‌زمان نورون‌ها در مغز خود، مدار ایجاد می‌کنیم. یعنی ورودی‌های هم‌زمان به دورن نورون‌ها باعث تقویت سیناپس‌ها می‌شوند، در حالی که ورودی‌های ناهم‌زمان در واقع باعث تضعیف سیناپس‌ها می‌شوند.

نه، این اندیشه‌ها جدید نیستند، بلکه پیشینه طولانی دارند و مربوط به آغاز و میانه قرن بیستم‌اند.

### ● آیا همین ارتباط نورون‌ها با یکدیگر است که باعث ایجاد حافظه می‌شود؟

بیشتر دانشمندان علوم اعصاب باور دارند که برای کدگذاری حافظه درون مغز، لازم است شبکه ایجاد شود، شبکه‌ای از جنس نورون که وقتی می‌خواهیم چیزی را به‌خاطر بیاوریم، آن را احضار کنیم. تصور بر این است که وقتی داریم چیزی می‌آموزیم، در واقع در حال ایجاد شبکه جدیدی در بین میلیون‌ها نورون هستیم.

بنابراین، هنگام یادگیری ارتباط‌هایی اختصاصی بین نورون‌های خاصی به‌وجود می‌آید که در عین حال بازدارنده ارتباط بین نورون‌های دیگرند. مسیره‌های نورونی بدین ترتیب شکل می‌گیرند.

ما به کشف و درک انواع دستگاه‌های مولکولی تقویت‌کننده یا تضعیف‌کننده این ارتباط‌ها، علاقه‌مندیم. می‌خواهیم بدانیم چگونه نورون‌ها در نقاط اتصالی که سیناپس نام دارند، در تراز مولکولی با هم ارتباط سیناپسی برقرار و آن را تقویت می‌کنند و به عکس، چگونه سیناپس‌ها تضعیف می‌شوند. بنابراین، در این جا با تنظیمی در سویه سر و کار داریم. ما هنگام یادگیری، در مغز خود برخی ارتباط‌های سیناپسی را تقویت و در همان حال ارتباط بین مجموعه خاصی از نورون‌ها را تضعیف می‌کنیم.

### ● آیا این ارتباط‌ها پایدار می‌مانند؟

این شبکه نورونی که یادگیری را به دنبال دارد، باید پایدار باشد و تا چند دقیقه، چند روز، چند هفته یا حتی چند سال دوام بیاورد. بی‌گمان ما از کودکی خود، از ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ یا ۶۰ سال پیش چیزهایی به یاد می‌آوریم. پس باید سازوکاری پایدار در ایجاد این شبکه‌ها یا ارتباط‌های تقویت‌شده سیناپسی وجود داشته باشد.

یکی از معماها این است که این ارتباط‌ها چگونه شکل می‌گیرند و چگونه در این مدت پایدار می‌مانند؟ این معماها، معماهایی بزرگانند که به احتمال زیاد تا ۲۰ سال آینده هم حل نخواهند شد. اما اکنون داریم

به برخی سازوکارهای نگهداری این گونه ارتباطها که تا چند روز، چند هفته دوام می‌آورند، نزدیک می‌شویم.

## ● ممکن است چند مورد از کارهایی را که در این زمینه انجام شده، شرح دهید؟

برای بررسی تغییرهای پایدار ارتباطهای سیناپسی در بلندمدت چند سیستم مدل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بسیاری از پژوهشگران بر منطقه‌ای کوچک از مغز که در حافظه و یادگیری اهمیت بسیار زیاد دارد و هیپوکامپ نامیده می‌شود، متمرکز شده‌اند. اهمیت فعالیت هیپوکامپ در حافظه و یادگیری در افرادی که به علت‌هایی مانند سکته‌های مغزی یا حوادث آن‌را از دست داده‌اند، نشان داده شده است. سال‌هاست که این افراد تحت بررسی هستند. آنان اساساً حافظه کوتاه‌مدت ندارند. افرادی که کارکرد هیپوکامپ آنان متوقف شده است، همه چیزها را تا لحظه حادثه به یاد می‌آورند، اما از یادگیری جدید ناتوان‌اند. ما روی هیپوکامپ متمرکز شده‌ایم و می‌کوشیم به ویژگی‌های انتقال‌های سیناپسی ماندگار و بلندمدت بیشتر پی‌ببریم؛ دو پدیده را روی هیپوکامپ بررسی می‌کنیم: یکی تقویت بلندمدت و دیگری تضعیف بلندمدت. هرگاه نورونی را تحریک کنیم و در همان حالت فعالیت نورون دیگری را اندازه بگیریم، در واقع می‌توانیم انتقال سیناپسی را اندازه بگیریم. اگر تحریکی کوتاه ولی با فرکانس بالا به یک نورون وارد کنیم و پس از آن فعالیت نورون دوم را اندازه بگیریم، انتقال سیناپسی را اندازه گرفته‌ایم. این نوع تحریک کوتاه ولی با فرکانس بالا «تقویت بلندمدت» نام دارد؛ چون این تحریک در واقع باعث ارتباط بین نورون‌ها می‌شود، آن‌ها را تقویت می‌کند و می‌تواند روزها یا هفته‌ها در جانور باقی بماند. بنابراین، به همین روش، فقط چند ثانیه تحریک می‌تواند به‌طور کامل سیناپس را به سیناپسی توانا تر تبدیل کند. ما سعی می‌کنیم رویدادهای مولکولی سیناپس‌ها را بیشتر بشناسیم.

می‌دانیم که انتقال سیناپسی طی چند مرحله انجام می‌شود. نخست، پتانسیل

عمل وارد پایانه نورون پیش سیناپسی می‌شود و ترشح انتقال‌دهنده‌های عصبی را از پایانه نورون افزایش می‌دهد. سپس انتقال‌دهنده‌های عصبی در فضای سیناپسی منتشر می‌شوند و به گیرنده‌های نورون پس سیناپسی می‌رسند. این گیرنده‌ها سیگنال انتقال‌دهنده عصبی را القا می‌کنند و آن‌را به نورون دوم هدایت می‌کنند.

تقویت این فرایند به چند روش انجام می‌شود، که یکی از آن‌ها افزایش آزاد شدن انتقال‌دهنده‌های عصبی است. اگر کاری کنیم که مقدار بیشتری انتقال‌دهنده عصبی آزاد شود، پاسخ شدیدتری را در نورون پس سیناپسی خواهیم داشت.

روش دیگر، دستکاری و تغییر دادن عملکرد گیرنده‌هاست، به گونه‌ای که حساسیت گیرنده‌ها به انتقال‌دهنده عصبی افزایش یابد. به این روش نیز مقدار مشخصی از انتقال‌دهنده‌های عصبی پاسخ شدیدتری ایجاد خواهند کرد. امروزه بسیاری از پژوهشگران روی این دو روش کار می‌کنند. اما یک سؤال در این‌جا پیش می‌آید: «کدام فرایند را می‌توان تنظیم کرد: آزاد شدن انتقال‌دهنده‌های عصبی طی تقویت بلندمدت، یا حساسیت گیرنده‌ها؟»

یکی از مواردی که ما در آزمایشگاه روی آن تمرکز کرده‌ایم، گیرنده‌ها هستند چون گیرنده‌ها نقاط تأثیر انتقال‌دهنده‌های عصبی‌اند، انتقال‌دهنده‌های عصبی باید

برای هدایت سیگنال به گیرنده‌های خود متصل شوند. بنابراین، اگر بتوانیم چگونگی تنظیم گیرنده‌ها را درک کنیم، چگونگی تنظیم انتقال سیناپسی را درک کرده‌ایم.

## ● آیا منظور تان گیرنده‌های گلوتامات است؟

بله، ما روی گیرنده‌های گلوتامات متمرکز شده‌ایم. تقویت بلندمدت در سیناپس‌های تحریکی بسیار خوب بررسی شده است. نمی‌خواهم بگویم که این عمل در سیناپس‌های بازدارنده روی نمی‌دهد، بلکه می‌خواهم بگویم نرمش‌پذیری

سیناپس‌های تحریکی از دیگر سیناپس‌ها بیشتر است؛ بسیار خوب تنظیم می‌شوند و البته گیرنده‌های گلوتامات پاسخ را در سیناپس‌های تحریکی میانجی‌گری می‌کند. به این علت روی آن‌ها متمرکز شده‌ایم.

چیزی که از اول مورد توجه ما بوده است، سازوکار تنظیم عملکرد گیرنده‌هاست و مثلاً چگونه هر یک از این گیرنده‌ها تنظیم می‌شوند؛ چگونه می‌توان گیرنده‌ها را به گونه‌ای تنظیم کرد که به انتقال‌دهنده‌های عصبی حساسیت بیشتر نشان دهند. ولی راه دیگر بررسی عملکرد گیرنده‌ها چگونه عملکرد گیرنده‌ها در سلول است. خوب می‌دانیم که بسیاری از گیرنده‌ها در سیناپس‌ها متمرکزند و بنابراین، تمرکز آن‌ها در پایانه‌های عصبی‌ای که گلوتامات آزاد می‌کنند، بسیار زیاد است.

آن‌چه اکنون می‌دانیم، آن است که افزایش یا کاهش تعداد گیرنده‌ها در سیناپس‌ها که ظرف چند دقیقه روی می‌دهد، فرایندی بسیار بویاست. بی‌گمان اگر تعداد گیرنده‌های یک سیناپس افزایش یابد، کارایی انتقال سیگنال هم افزایش می‌یابد. بدین ترتیب می‌توان ارتباط‌های سیناپسی را

می‌خواهیم بدانیم چگونه نورون‌ها در نقاط اتصالی که سیناپس نام دارند، در تراز مولکولی با هم ارتباط سیناپسی برقرار و آن را تقویت می‌کنند و به عکس، چگونه سیناپس‌ها تضعیف می‌شوند

تغییر داد. هم‌چنین با تنظیم تعداد پیوندهای سیناپسی می‌توان انتقال سیناپسی را کاهش یا افزایش داد.

## ● آیا تغییراتی شیمیایی تغییردهنده هم در گیرنده‌ها روی می‌دهند؟

برای تنظیم عملکرد گیرنده‌ها چند ساز و کار وجود دارد. یکی از آن‌ها فسفریلاسیون پروتئین‌هاست که قبلاً درباره‌اش صحبت کردم. خود گیرنده‌های گلوتامات فسفریله می‌شوند و فسفریلاسیون گیرنده‌ها بر عملکرد آن‌ها اثر می‌گذارد. مثلاً، فسفریلاسیون ممکن است فعالیت آن‌ها را تقویت کند و

بنابراین، وقتی که گیرنده فسفریله شد، بهتر به گلو تامات واکنش نشان می‌دهد و بنابراین، پاسخ بزرگ‌تری در سیناپس به وجود می‌آید. فسفریلاسیون فعالیت گیرنده‌ها را در سیناپس‌ها تنظیم می‌کند. فسفریله کردن این گیرنده در بسیاری موارد پایداری گیرنده را در سیناپس افزایش می‌دهد. در این صورت تعداد بیشتری گیرنده در سیناپس داریم. بنابراین، دو روش برای تنظیم هر سیناپس وجود دارد. اما اکنون نسبت به تشکیل فیزیکی سیناپس‌های جدیدی که با ساختارهای جدید در سیناپس‌ها به‌جود می‌آیند، علاقه فراوانی وجود دارد. سیناپس‌های تحریکی ساختاری یگانه دارند، برآمدگی‌هایی کوچک دارند که از نورون بیرون زده‌اند و «خار سیناپسی» نامیده می‌شوند. این برآمدگی‌های کوچک بسیار پویا هستند. می‌توانند در اطراف جابه‌جا شوند؛ از دندریت‌ها بیرون بزنند یا منقبض شوند و به درون آن‌ها فرو روند. افراد بسیاری در حال بررسی این خارهای دندریتی‌اند تا درک کنند که این خارهای دندریتی چگونه به‌وجود می‌آیند و چگونه تنظیم می‌شوند. مثلاً، اکنون علاقه زیادی به این وجود

یکی از مواردی که ما در آزمایشگاه روی آن تمرکز کرده‌ایم، گیرنده‌ها هستند چون گیرنده‌ها نقاط تأثیر انتقال‌دهنده‌های عصبی‌اند، انتقال‌دهنده‌های عصبی باید برای هدایت سیگنال به گیرنده‌های خود متصل شوند. بنابراین، اگر بتوانیم چگونگی تنظیم گیرنده‌ها را درک کنیم، چگونگی تنظیم انتقال سیناپسی را درک کرده‌ایم

دارد که چگونه طی القای تقویت بلندمدت خارهای جدیدی سر بیرون می‌آورند و سیناپس‌های جدیدی تشکیل می‌شود. به این روش که جوانه زدن خارها می‌نامیم، نه فقط سیناپس‌های موجود را با تغییر تعداد گیرنده‌ها یا تغییر عمل تغییر می‌دهیم، بلکه از لحاظ فیزیکی نیز سیناپس‌های جدیدی خواهیم داشت.

## ● یا این باعث تغییرات ساختاری

## پروتئین‌ها هم می‌شوند؟

به این نتیجه رسیده‌ایم که گیرنده‌های گلو تامات طی تقویت بلندمدت فسفریله می‌شوند و این فسفریلاسیون فعالیت آن‌ها را تنظیم می‌کند. احتمالاً افزایش مولکول‌های فسفات به نحوی بر ساختار یا پیکربندی گیرنده‌ها اثر می‌گذارد و باعث تغییر خصوصیات فیزیکی آن می‌شود.

این گیرنده‌ها در واقع کانال‌هایی یونی هستند؛ وقتی به گلو تامات متصل می‌شوند، مجرا یا کانال آن‌ها در عرض غشا باز می‌شود و یون‌ها از آن عبور می‌کنند. اکنون دریافته‌ایم که وقتی گیرنده‌ها فسفریله می‌شوند، تعداد یون‌هایی که در هر ثانیه از آن عبور می‌کنند، افزایش می‌یابد و بنابراین، پاسخ بزرگ‌تری ایجاد می‌شود. به این نتیجه رسیده‌ایم که فسفریلاسیون باعث تغییر ساختار و پیکربندی گیرنده‌ها می‌شود.

## ● آیا این تغییر ساختار بر فعالیت کانال‌های یونی اثر می‌گذارد؟

بله؛ وقتی که گیرنده‌ای فسفریله می‌شود، تعداد یون‌هایی که در هر ثانیه از کانال آن گذر می‌کنند، افزایش می‌یابد.

بنابراین، تعداد بیشتری انتقال‌دهنده

عصبی به گیرنده متصل

می‌شوند و در واقع جریان بیشتری از یون‌ها از غشا گذر می‌کنند.

## ● دفسفریلاسیون چه اثرهایی دارد؟

تقویت بلندمدت یکی از فرایندهای افزایش‌دهنده ارتباط میان نورون‌هاست، اما فرایند دیگری هم وجود دارد که مخالف آن است و «تضعیف بلندمدت»

نامیده می‌شود و تضعیف بلندمدت ارتباط بین نورون‌ها کاهش می‌یابد و این اصولاً در مقیاس مولکولی در جهت مخالف تقویت بلندمدت است. بنابراین، به‌جای داشتن کیناز که گیرنده‌ها را فسفریله می‌کند، پروتئین فسفاتازها را داریم که گیرنده را دفسفریله می‌کند.

گفتم که فسفریلاسیون گیرنده باعث تقویت فعالیت آن می‌شود، اما طی تضعیف

بلندمدت باقی‌مانده‌های فسفریله شده روی گیرنده‌ها دفسفریله می‌شوند و عکس این فرایند روی می‌دهد که در واقع بازدارنده فعالیت گیرنده‌هاست.

## ● و این چه اثری بر حافظه می‌گذارد؟

در ساده‌ترین سطح می‌توان تضعیف بلندمدت را فراموشی نامید، چون در واقع طی آن ارتباط نورون‌ها قطع می‌شود. اما من تصور می‌کنم که این پندار بیش از حد ساده‌انگارانه است. برای حک و نقش کردن مدارهای نورونی هم به تقویت سیناپس‌ها نیاز داریم و هم به تضعیف آن‌ها. این هر دو، نقش مثبتی در تعیین مسیری نورونی که حافظه را رمز می‌کند، دارند. ولی البته اگر بخواهید آن حافظه یا آن مدار نورونی را پاک کنید، باید اتصال آن نورون‌ها را قطع کنید و بنابراین، به این روش می‌توانید تضعیف بلندمدت و دفسفریلاسیون گیرنده‌ها را «فراموشی» بنامیم.

## ● اجازه دهید بازگردیم به کینازها و فسفاتازها...

پروتئین کینازها آنزیم‌هایی‌اند که در همه جای همه نوع سلول یافت می‌شوند. اما در نورون‌ها فعالیت بسیار زیادی دارند. این آنزیم‌ها که هم از انرژی ATP استفاده می‌کنند و هم ATP را به عنوان پیش‌ماده قرار می‌دهند، از ATP یک مولکول فسفات جدا می‌کنند و آن را به پروتئینی می‌افزایند. در مورد گیرنده‌ها، این کینازها مولکول‌های فسفات را به گیرنده متصل می‌کنند و ساختار و عملکرد آن را تغییر می‌دهند.

پروتئین فسفاتازها هم آنزیم‌هایی هستند که در همه جای همه نوع سلول یافت می‌شوند؛ در بسیاری از انواع سلول‌ها حضور دارند، اما در نورون‌ها مغز فعالیت بسیار دارند. این آنزیم‌ها به جدا کردن فسفات از پروتئین‌ها کمک می‌کند. بنابراین، وقتی کینازها پروتئینی را فسفریله می‌کنند، فسفاتازها عکس این فرایند را انجام می‌دهند و از طریق واکنشی هیدرولیتیک فسفات را جدا می‌کنند و پروتئین را به حالت اول بازمی‌گردانند.

فسفریلاسیون پروتئین‌ها به توازن بین فعالیت کینازها و فسفاتازها بستگی دارد. هر

کدام فعال تر باشد، واکنش را به سود خود تغییر می‌دهد. یعنی اگر فعالیت کینازها بیشتر باشد، پروتئین‌های فسفریله شده بیشترند و به عکس. اگر فسفاتازها فعال تر باشد، تعداد پروتئین‌های دفسفریله شده و فسفریله نشده بیشتر خواهد بود.

### ● کانال‌های کلسیم چه وظیفه‌ای دارند؟

کلسیم در فرایند تقویت بلندمدت نقش تنظیم‌کننده دارد. ورود کلسیم به نورون سیناپسی آغازگر القای سیگنال است که در نهایت تقویت سیناپس را در پی دارد. این مسیر القای سیگنال که کلسیم آغاز می‌کند، در ۲۰ سال اخیر مورد مطالعه قرار گرفته است و لذا اکنون درباره آن زیاد می‌دانیم. می‌دانیم که کلسیم چگونه این نقش را در القای تقویت بلندمدت ایفا می‌کند. یکی از اولین نقش‌های آن فعال کردن نوعی پروتئین کیناز به نام «کیناز ۲ وابسته به کلسیم کالمودولین» یا «CaMKII» است. بنابراین، کلسیم بدین ترتیب باعث فعال کردن کینازهایی می‌شود که گیرنده‌ها را فسفریله و فعالیت آن‌ها را تقویت می‌کنند.

### ● چگونه می‌توان سازوکار مولکولی تقویت بلندمدت را به یادگیری و حافظه در دنیای واقعی مرتبط کرد؟

این که تقویت بلندمدت در یادگیری و حافظه درگیر است، سؤال بسیار بزرگی است. ما در واقع در حال بررسی ساز و کار اساسی سلولی مغز هستیم. این سازوکار بسیار پر جاذبه است، اما ارتباط دادن مستقیم آن به یادگیری و حافظه بسیار دشوار است. پژوهشگران خواهند توانست همبستگی یادگیری و حافظه را با تقویت بلندمدت مرتبط کنند.

روشی که بسیاری از ما به کار گرفته‌ایم، کوشش برای تقسیم تقویت بلندمدت در تراز مولکولی، تغییر دادن این سیستم مولکولی و سپس مطرح کردن این پرسش است: «آیا این تغییر در یادگیری و حافظه مؤثر است؟» البته راهی که ما رفته‌ایم اکنون در ژنتیک موش مورد استفاده است. می‌توانیم رفتار موش و یادگیری آن را بررسی کنیم و از مزایای زیست‌شناسی مولکولی بهره‌مند شویم. می‌توانیم از نظر ژنی موش‌ها را طوری

تغییر دهیم تا چیزی را که «موش طراحی شده» می‌نامیم، به دست آوریم و در بعضی از ژن‌های آن که تصور می‌کنیم در این مسیر دخالت دارند، جهش ایجاد کنیم. یکی از روش‌های قدیمی بررسی این موضوع، خارج کردن ژن CaMKII است که درباره‌اش صحبت کردیم. می‌دانیم که این کیناز برای تقویت بلندمدت لازم است و بنابراین هدف ما پاک کردن آن در موش و تولید موشی که CaMKII ندارد و سپس به دست آوردن پاسخ به این پرسش بود: «آیا آن جانور هنوز تقویت بلندمدت هم دارد؟» معلوم شده است که چنین موشی تقویت بلندمدت ندارد.

دوم، بررسی توانایی یادگیری و حافظه در این جانوران اهمیت دارد. معلوم شده است که این موش‌ها حافظه و توانایی یادگیری بسیار ضعیفی دارند.

ما اکنون در حال بررسی دقیق‌تر این موش‌ها هستیم و جهش‌های دقیق‌تری روی آن‌ها ایجاد می‌کنیم. مثلاً، در یکی از پژوهش‌های اخیر در ژن گیرنده گلوتمات جهش ایجاد کرده‌ایم، به طوری که دیگر نتواند در محل‌هایی که معمولاً طی تقویت بلندمدت فسفریله می‌شوند، فسفریله شود.

بدین ترتیب موشی ساخته‌ایم که کاملاً عادی است، زن‌های عادی برای گیرنده‌ها دارد، اما این ژن گیرنده در این جایگاه دیگر نمی‌تواند فسفریله شود. اکنون ما در حال بررسی رفتار آن‌ها هستیم و معلوم شده است که این موش‌ها به خوبی یاد می‌گیرند، اما با سرعت فراموش می‌کنند. اگر آن‌ها را طوری

تربیت کنیم تا کاری خاص انجام دهند، تا دو تا چهار ساعت به یاد می‌آورند، اما پس از حدود هشت ساعت شروع می‌کنند به فراموش کردن آن کار. جانوران جهش نیافته می‌توانند تا چند روز کار خود را انجام دهند. بنابراین، در اینجا هم معلوم می‌شود که فسفریلاسیون برای تقویت بلندمدت بسیار لازم است و دریافته‌ایم که جهش این جایگاه‌های فسفریلاسیون از تقویت بلندمدت در این موش‌های جهش یافته جلوگیری

می‌کند. اما بر رفتار، یادگیری و حافظه هم تأثیر می‌گذارد. یکی از روش‌های درک چگونگی تنظیم گیرنده‌ها، بررسی چگونگی فسفریله شدن گیرنده‌هاست. اما همان‌طور که قبلاً گفتیم، ما می‌دانستیم که می‌توان تعداد گیرنده‌های موجود در سیناپس‌ها را تغییر داد. قابل توجه است که این گیرنده‌ها در دست در منطقه خاصی از نورون متمرکز شده‌اند و پرسش این است که: «این گیرنده از کجا می‌داند که باید کجا برود و وقتی که به مقصد می‌رسد، چه چیزی آن را در نقطه ارتباط ثابت نگه می‌دارد؟»

ما سعی کرده‌ایم دیگر تولیدات ژنی را هم شناسایی کنیم؛ پروتئین‌های دیگری که به طور فیزیکی به گیرنده‌ها متصل می‌شوند یا با آن‌ها میانکنش دارند. این مولکول‌ها ممکن است مثلاً راهنمایی پروتئین‌های ساختاری در خارج از جسم سلولی، یعنی در جایی که ساخته و بار دیگر فعال می‌شوند، نقش مهم داشته باشند. آن‌ها وقتی که به سیناپس می‌رسند، به گیرنده متصل می‌شوند و به ثابت ماندن سیناپس کمک می‌کنند.

بنابراین، ما برای شناسایی پروتئین‌هایی که به گیرنده‌ها متصل می‌شوند، تلاش‌هایی

سیناپس‌های تحریکی ساختاری یگانه دارند، برآمدگی‌هایی کوچک دارند که از نورون بیرون زده‌اند و «خار سیناپسی» نامیده می‌شوند. این برآمدگی‌های کوچک بسیار پویا هستند. می‌توانند در اطراف جابه‌جا شوند؛ از دندریت‌ها بیرون بزنند یا منقبض شوند و به درون آن‌ها فرو روند

کرده‌ایم. چند نوع پروتئین را که به طور اختصاصی به گیرنده‌ها متصل می‌شوند، استخراج کرده‌ایم که یکی از آن‌ها «پروتئین میانکش‌کننده گلوتمات» یا GRIP<sup>۸</sup> است. اکنون فکر می‌کنیم که این پروتئین باعث افزایش صدور گیرنده‌ها به درون دندریت و سیناپس می‌شود و بنابراین، GRIP نقشی مثبت دارد و در واقع تزریق گیرنده‌ها را به درون سیناپس افزایش می‌دهد و موجب افزایش یا تقویت انتقال سیناپسی می‌شود.

پروتئین‌های دیگری را هم یافته‌ایم که بر خلاف GRIP عمل می‌کنند، مثلاً نوعی پروتئین به نام PICK1 که قبلاً شناسایی شده است، و فکر می‌کنیم که اثر معکوس دارد. این پروتئین در واقع برداشتن گیرنده‌ها را از سیناپس‌ها افزایش می‌دهد. بنابراین، فکر می‌کنیم که پروتئین PICK1 وقتی که به گیرنده متصل می‌شود، به برداشته شدن آن گیرنده از آن سیناپس کمک می‌کند. بنابراین، نقش منفی PICK1 کاهش تعداد گیرنده‌ها در سیناپس‌ها و کاهش کارایی انتقال سیناپسی است.

### ● چه لزومی دارد که گیرنده‌ها برداشته شوند؟

یکی از اثرهای تقویت بلندمدت افزودن گیرنده‌ها به سیناپس‌ها، افزایش انتقال است. فکر می‌کنیم که طی تضعیف بلندمدت باید خلاف این روی بدهد، یعنی کاهش گیرنده و کاهش انتقال سیناپسی. ما فکر می‌کنیم که PICK1 نقشی فعال در تضعیف بلندمدت دارد و طی آن به

فسفریلاسیون پروتئین‌ها به توازن بین فعالیت کینازها و فسفاتازها بستگی دارد. هر کدام فعال‌تر باشد، واکنش را به سود خود تغییر می‌دهد. یعنی اگر فعالیت کینازها بیشتر باشد، پروتئین‌ها فسفریله شده بیشترند و به عکس. اگر فسفاتازها فعال‌تر باشد، تعداد پروتئین‌های دفسفریله شده و فسفریله نشده بیشتر خواهد بود

گیرنده‌ها متصل می‌شود، آن‌ها را به درون سلول باز می‌گرداند و بنابراین، تعداد گیرنده‌ها را در محل سیناپس کاهش می‌دهد.

### ● آیا می‌توان دهه ۱۹۹۰ را دهه مغز نامید؟

من فکر می‌کنم که دهه ۱۹۹۰ در واقع دهه علوم اعصاب بود، اما تصور من بر این است که در آن زمان فقط نوک قله یک کوه یخ آشکار شد. ما راه درازی را به‌ویژه برای تحلیل مولکولی عمل سیناپس‌ها پیموده‌ایم. اما من واقعاً فکر می‌کنم که هنوز در آغاز راه جدیدی برای درک کارکرد مغز هستیم. منظورم این است که مغز اندامی بسیار پیچیده است و اگر چه اندکی از طرز کار

سیناپس‌ها آگاه هستیم، درباره فرایندهای پیچیده‌تر دیگر مغز بسیار کم می‌دانیم و من فکر می‌کنم که باید قرن بیستم را قرن مغز بدانیم، ما در این قرن توانستیم در علوم اعصاب، درک عملکردهای پیچیده‌تر مغز به پیش برویم و کار را در زمینه‌هایی که «تراز سیستمی» می‌نامیم و نیز در زمینه‌ای مانند هوشیاری، شروع کنیم. هدف نهایی علوم اعصاب درک هوشیاری است و باید دید که در یک‌صدسال آینده چه روی خواهد داد.

### ● فکر می‌کنید چه فنون جدیدی اثرهای بزرگی را در این زمینه در پی خواهند داشت؟

مغز با سیکنال‌های الکتریکی کار می‌کند. بنابراین، برای اندازه‌گیری عملکرد نورون‌ها باید فعالیت الکتریکی آن‌ها را اندازه بگیریم. روش نسبتاً جدیدی وجود دارد که آن را «پنج کل‌مپینگ»<sup>۱</sup> می‌نامیم. در این روش الکترودی از میان پیپتی شیشه‌ای را به غشای سلول متصل می‌کنیم تا میزان الکتریسته‌ای را که از درون به بیرون سلول به جریان می‌افتد، اندازه بگیریم. با این روش می‌توانیم انتقال سیناپسی را بین نورون‌ها ثبت کنیم و اندازه بگیریم. مثلاً، وقتی که انتقال سیناپسی روی می‌دهد، می‌توانید تغییرات کوچک پتانسیل غشا را در طول نورون اندازه بگیرید.

### ● درون پیپت پچ کلامپ چه ماده‌ای وجود دارد؟

وقتی از روش پچ کلامپ استفاده می‌کنیم، در واقع نورون‌ها یا برشی از مغز را زیر میکروسکوپ قرار می‌دهیم و آن را مشاهده و با حرکت داد این پیپت شیشه‌ای یا الکتروود با ابزارهای بسیار ریز در حد میکرو آن را دستکاری می‌کنیم. درون پیپت محلولی بسیار شبیه محلول درون سلولی وجود دارد و نوع یون‌ها و غلظت آن‌ها مانند مایع درون سلولی است. سپس با میکرومانیپولاتور الکتروود شیشه‌ای را در سطح سلول لمس می‌کنیم. سپس مکشی به درون الکتروود ایجاد می‌کنیم تا سوراخی در سلول ایجاد کنیم. این کار سبب اتصال

محلول درون پیپت و الکتروود و محلول درون سلول می‌شود. بدین ترتیب می‌توانیم جریان الکتریکی درون سلول را ثبت می‌کنیم.

### ● چه تکنیک‌های مهم دیگری برای این کار سراغ دارید؟

در دهه‌های اخیر تکنیک‌های تصویرسازی پیشرفت‌های زیادی کرده‌اند. یکی از بهترین روش‌هایی که امروزه کاربرد دارند، تکنیک تصویربرداری از سلول زنده» یا «تصویربرداری با دور آهسته» است. به این طریق می‌توانیم گیرنده‌های درون سلول را به صورت مجازی ببینیم. برای این کار معمولاً از عروس دریایی استفاده می‌کنیم که پروتئین‌های آن فلوئورسان‌اند، یعنی نور تولید می‌کنند. این پروتئین‌ها را به گیرنده‌ها متصل می‌کنیم و سپس گیرنده تغییر یافته را در نورون فعال می‌کنیم. نورون از این گیرنده‌ها به صورت طبیعی استفاده می‌کند، اما اکنون این گیرنده به رنگ سبز درآمده است. بدین وسیله می‌توان گیرنده را همان‌طور که در سلول ساخته و به درون دندریت ارسال می‌شود و جزئی از سیناپس می‌شود، مشاهده کرد.

این‌طور می‌توانیم در واقع حرکت گیرنده را از سلول به سیناپس در به‌طور زنده تماشا کنیم و همان‌طور که گفتم، گیرنده‌ها ممکن است مورد آندوسیتوز قرار گیرند و می‌توانیم خروج گیرنده‌ها را از سیناپس‌ها و بازگشت آن‌ها را به درون سلول تماشا کنیم. این‌گونه پویایی گیرنده‌ها را در نورون‌ها خواهیم دید. مدت‌ها بود که تصور می‌کردیم گیرنده‌ها ایستا هستند و فقط به مدت چند روز دوام می‌یابند؛ اما اکنون می‌دانیم که دائماً در حال حرکت‌اند. مرتب در چرخه‌ای یک دقیقه‌ای از سیناپس خارج و به آن وارد می‌شوند.

### ● چگونه می‌توان این را در برش مغز مشاهده کرد؟

برای این کار از دو نوع ماده استفاده می‌کنیم، یکی برش‌های مغز و دیگری محیط کشت نورون‌های مغزی. برای بررسی واقعی ویژگی‌های این شبکه در مغز اتصال‌های طبیعی درون مغز از برش‌های مغزی استفاده می‌کنیم. بنابراین، برشی از مغز تهیه می‌کنیم و همه ارتباط‌های عادی بین نورون‌های آن

را نکه می‌داریم و می‌توانیم فعالیت‌های این شبکه را در این برش ثبت کنیم.

اگر به علتی می‌خواهیم نورونی را به تنهایی بررسی کنیم، مغز را برمی‌داریم، سلول‌های آن را جدا می‌کنیم و در شرایط ارتباط کم در دیش کشت می‌دهیم. در این حالت بسیار آسان می‌توان از آن‌ها تصویربرداری و حاصل را مشاهده کرد؛ چون جدا از سلول‌های دیگرند.

به عکس، برای بررسی تقویت و تضعیف بلندمدت در برش‌ها از برش‌هایی استفاده می‌کنیم که ارتباط‌های طبیعی بین نورون‌های آن را نکه داشته‌ایم.

### ● مهم‌ترین پرسش‌هایی که به شما انگیزه می‌دهند، کدام‌اند؟

یکی از مهم‌ترین پرسش‌هایی که هنوز بی‌پاسخ مانده‌اند، چگونگی انتقال مولکول‌ها در سیناپس‌هاست که برای درک تغییرات بلندمدت لازم است. برخی از اصول اساسی چگونگی تغییر انتقال سیناپسی، انعطاف‌پذیری آن، چگونگی تغییر ساختار گیرنده‌ها و آزاد شدن انتقال‌دهنده‌های عصبی برای تقویت سیناپس‌اند. اما این تقویت چگونه روزها، هفته‌ها یا سال‌ها باقی می‌ماند؟ می‌دانیم که این گیرنده‌ها، خود پروتئین‌هایی‌اند که تغییر یافته‌اند و فقط چند روز پایدار می‌مانند. بنابراین در واقع مرتب روگشت انجام می‌دهند یا بازسازی می‌شوند؛ یعنی تحلیل می‌روند، تجزیه می‌شوند و گیرنده‌های جدیدی جای آن‌ها را می‌گیرد. اما به گونه‌ای آن سیناپس هنوز قوی است و با آن‌که آن گیرنده کاملاً جایگزین شده است، سیناپس هنوز تقویت شده است. بنابراین، ممکن است نوعی فرایند خودجودانگی دست در کار باشد.

بنابراین، یکی از مهم‌ترین پرسش‌ها این است: چگونه با وجود آن‌که این گیرنده‌ها جایگزین می‌شوند، در مدتی چنین طولانی تقویت شده باقی می‌مانند؟

### ● دوست دارید معلمان چه چیزهایی را بیشتر بدانند؟

هر چه بیشتر درباره چگونگی کار سیناپس و چگونگی تغییر آن بیشتر بدانیم، به طرز کار مغز بیشتر پی می‌بریم. البته این

به فرایندهای مغزی بسیاری، از جمله بیماری‌ها ارتباط دارد. بسیاری از بیماری‌های عصبی به علت تجزیه این سیستم‌ها به وجود می‌آیند و واضح است که گیرنده‌های گلوتامات در بسیاری بیماری‌ها دخیل‌اند. سکتۀ مغزی یکی از مثال‌های قدیمی

است. در این عارضه گیرنده‌های گلوتامات در آسیب‌های عصبی مغزی مانند صرع و بیماری‌های مختلف دیگر، مانند بیماری لوگرینگ<sup>۱</sup> و بیماری ALS نقش کلیدی دارند. گیرنده‌های گلوتامات نقش مهمی در این بیماری‌ها دارند. بنابراین، تصور می‌کنم که اگر چگونگی تنظیم گیرنده‌ها را بفهمیم، دیدگاه بهتری از این بیماری‌ها خواهیم داشت.

بی‌گمان حافظه یکی از مسائل همه ماست، مخصوصاً وقتی پا به سن می‌گذاریم. بنابراین، اگر به چگونگی حافظه و آموختن در تراز مولکولی پی ببریم، خواهیم توانست در آن‌ها دخالت کنیم. امیدوارم در طول زندگی من راه مداخله در آن‌ها هموار شود و چیزی که ارتقای شناخت می‌نامیم، یعنی ارتقای حافظه و برای من البته ارتقای ارتباط سیناپسی مغز است، گسترش یابد.

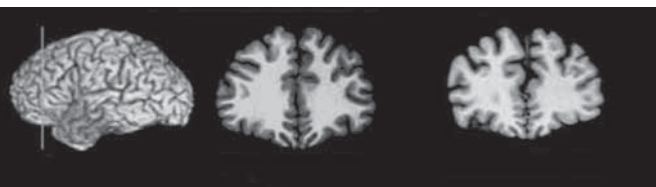
### ● چه ملاحظات اخلاقی‌ای در این موارد وجود دارد؟

در همه این بررسی‌ها از مدل‌های جانوری استفاده می‌شود و این موضوع کلید فهم عملکرد مغز است. اگر می‌توانستیم از باکتری‌ها یا مخمرها استفاده کنیم، بهتر می‌بود. چون آسان‌تر می‌توان روی آن‌ها کار کرد. شکی نیست که مخمرها و باکتری‌ها دستگاه عصبی ندارند و بنابراین، برای بررسی عملکرد مغز به جانوران احتیاج داریم. من تصور می‌کنم که این نوع مطالعات نقش مهمی در گسترش درمان بسیاری از بیماران عصبی دارد و بدون کار روی جانوران، این پژوهش‌ها تعطیل می‌شوند.

### ● آیا راه دیگری برای این کار وجود ندارد؟

موشی ساخته‌ایم که کاملاً عادی است، ژن‌های عادی برای گیرنده‌ها دارد، اما این ژن گیرنده در این جایگاه دیگر نمی‌تواند فسفریله شود. اکنون ما در حال بررسی رفتار آن‌ها هستیم و معلوم شده است که این موش‌ها به خوبی یاد می‌گیرند، اما با سرعت فراموش می‌کنند

یکی از دشواری‌ها، کار با بافت عصبی و عموماً نورون‌هاست. تهیه لاین‌های سلولی مشکل است و بنابراین، این مانع بزرگی بر سر راه ماست و مجبوریم بافت‌های جانوری را به‌طور مستقیم به کار بگیریم. دوست داریم بتوانیم لاین‌های سلولی‌ای را داشته باشیم تا بتوانیم از آن‌ها استفاده کنیم. اما تا حالا معمولاً در بررسی کمپلمان‌های «طبیعی» مولکولی که در نورون‌ها بیان می‌شوند، چنین نبوده است؛ اگر چه اغلب از لاین‌های سلولی



برای بررسی کانال‌های مولکولی خاص، مثلاً در موارد استخراج شده، استفاده می‌کنیم.

### پی‌نوشت

1. Richard Huganir, PhD.
2. Howard Hughes Medical Institute
3. neurotransmitter
4. GABA
5. cAMP Response Element-Binding
6. CREB عامل رونویسی سلول است که به برخی از توالی‌های DNA به نام CRE (عناصر پاسخ cAMP) متصل می‌شود و باعث افزایش یا کاهش رونویسی ژن‌های فرودست می‌شود. از ژن‌هایی که رونویسی آن به وسیله CREB تنظیم می‌شود، ژن c-fos، ژن نوروتروفین BDNF (عامل نوروتروفیک مغز)، تیروزین هیدروکسیلاز و بسیاری از نوروپپتیدها (مانند سوماتوستاتین، انکفالین، VGF و هورمون آزادکننده کورتیکوتروپین هستند).
6. Santiago Ramo'n y Cajal
7. D.O.Hebb
8. glutamate receptor interacting protein
9. patch clamping
10. Lou Gehrig's Disease

منبع  
<http://www.learner.org/courses/biology/units/neuro/experts/huganir.html>

# 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.

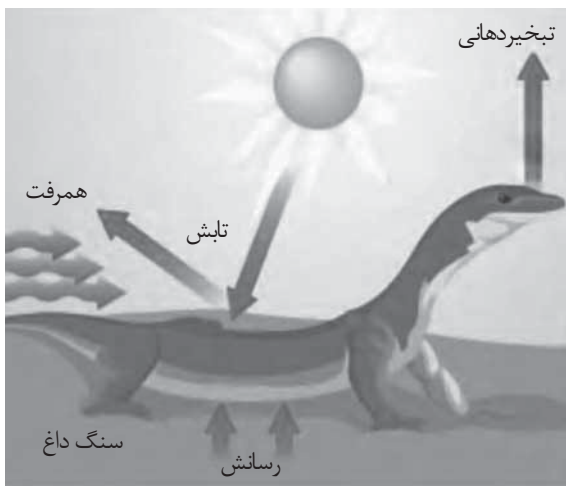
کلیدواژه‌ها: تنظیم دما، خونگرم، خونسرد، چربی قهوه‌ای.

## 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

## 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 فیزیکی رسانش، همرفت، 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 (همرفت)، تنفس (تبخیر) یا امواج الکترومغناطیسی (تابش) جابه‌جا می‌شود.

## خونگرم بودن امکان تجمع بعضی جانوران را در زیستگاه‌هایی به وجود 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 نتیجه تکامل آنزیم‌ها، به‌طور مکرر آنزیم‌هایی بوده که دمای بهینه برای عملکرد آن‌ها، بازتابی از زیستگاه جانور است. مثلاً دمای بهینه آنزیمی گوارشی در ماهی قزل‌آلا ممکن است  $10^{\circ}\text{C}$  باشد، در حالی که این دما برای آنزیم مشابه در بدن انسان، در  $37^{\circ}\text{C}$  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.



## 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.

براساس این که گرمای بدن جانوران از فرایندهای داخلی و یا از محیط بیرون باشد، آن‌ها را در دو دسته خونگرم و خونسرد قرار می‌دهند. خونسردها اکثر گرمای بدن را از محیط بیرون و نه از سوخت‌وساز درونی به دست می‌آورند (شکل ۲).



شکل ۲. 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 سوخت و ساز آن‌ها پایین است و عایق‌بندی ضعیفی دارند. به‌طور کلی خزندگان، دوزیستان، ماهی‌ها و بی‌مهرگان خونسردند؛ گرچه تعداد کمی از خزندگان، حشرات و ماهی‌ها می‌توانند دمای درونی بدنشان را افزایش دهند. خونسردها تمایل دارند که در محیط اطراف به جست‌وجو بپردازند تا جایی را پیدا کنند که تنش‌های گرمایی یا سرمایی برای بدن آن‌ها در حداقل باشد.

پرنندگان و پستانداران خونگرم نامیده می‌شوند؛ زیرا گرمای بدنشان را از فرایندهای سلولی به دست می‌آورند. منبع پایدار گرمای درونی این امکان را برای خونگرم‌ها فراهم می‌کند که برخلاف نوسان‌های 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 می‌شود و دمای درونی بالاتر می‌ماند. خونگرم بودن به جانوران امکان می‌دهد که دمای درونی پایدار داشته باشند، بنابراین عملکرد فرایندهای بیوشیمی و دستگاه عصبی

در سطوح پایدار و بالا انجام می‌گیرند. خونگرم بودن امکان تجمع بعضی جانوران را در زیستگاه‌هایی به‌وجود آورده است که خونسردها نمی‌توانند در آنجا زندگی کنند.

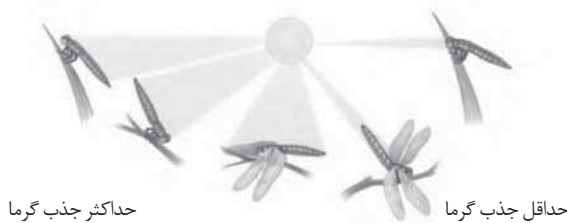
راه دیگر گروه‌بندی جانوران براساس ثابت بودن و یا متغیر بودن دمای بدن است. گرچه اکثر خونگرم‌ها، هومتوترم<sup>۱</sup> (دمای بدن نسبتاً ثابتی دارند) و اکثر خونسردها هتروتروم<sup>۲</sup> (دمای بدن متغیر دارند)، استثناهای زیادی وجود دارد. دمای بدن بعضی خونگرم‌ها فصلی (مثلاً در زمستان خوابی) و بعضی روزانه تغییر می‌کند. مثلاً بعضی پرنندگان (مانند مرغ شه‌دخوار) 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 دست رفته از سطح نسبتاً زیاد بدنشان را تولید کنند. مرغ‌های شه‌دخوار باید بیشتر 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 پرنندگان وقتی در حال تغذیه نیستند، سریعاً انرژی خود را از دست می‌دهند و نرخ سوخت و ساز آن‌ها به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. مرغ‌های شه‌دخوار در شب وارد وضعیت خواب ماندگی می‌شوند و دمای بدن آن‌ها به سمت دمای محیط خنک‌تر اطراف تمایل می‌یابد. بعضی خفاش‌ها نیز برای نگهداری انرژی، چنین وضعیت خواب‌مانندی دارند. بعضی خونسردها می‌توانند دمای نسبتاً ثابتی داشته باشند. در بین این‌ها گروهی از خزندگان وجود دارند که 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 خونسردها می‌توانند دمای نسبتاً ثابتی داشته باشند. در بین این‌ها گروهی از خزندگان وجود دارند که 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

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 بیشتری دارند. برعکس، خونگرم‌ها در محیط‌های معتدل تا سرد مزیت انتخابی و فراوانی بیشتری دارند. نرخ سوخت و ساز و عایق‌بندی بالا این امکان را به خونگرم‌ها می‌دهد که حتی نواحی قطبی را به اشغال خود درآورند (خرس‌های قطبی). در واقع سیستم‌های کارآمد گردش خون پرنندگان و پستانداران، سازش‌هایی در جهت خونگرمی و نرخ سوخت و ساز بالاست.

## تنظیم دما در بی مهرگان



شکل ۳. به دست آوردن گرما در حشرات. وضعیت بدن سنجاقک مناسب با جذب حداکثری یا حداقلی گرماست.

است بالاتر از سطح زمین نگه می‌دارند تا جذب گرما از زمین را به حداقل برسانند. بعضی کرم‌های پروانه و جیرجیرک‌های زمینی با هر دو عامل باد و خورشید می‌چرخند تا در گرمای تابشی به دست آمده و گرمای همرفتی از دست داده، تفاوت ایجاد کنند. بعضی سوسک‌های بیابانی حفار می‌توانند از هزاران منفذ ریزی که در کوتیکول دارند، موم به بیرون تراوش کنند. این جوانه‌های

**حشرات مناطق معتدل با فرا رسیدن زمستان با کاهش محتوای آب در بافت‌های بدنشان از یخ زدن در امان می‌مانند**

مومی مانع آبیگری می‌شوند و نیز سد بیرونی در برابر خورشید بیابان‌اند. رنگ، اثر معنی‌داری بر تنظیم دما دارد، زیرا ۵۰٪ انرژی تابشی خورشید در طیف مرئی است. سطح سیاه در مقایسه با سطح سفید انرژی تابشی کمتری را بازتاب می‌دهد. بنابراین بسیاری از سوسک‌های سیاه در اوایل روز فعال‌ترند، زیرا انرژی تابشی بیشتری را جذب می‌کنند و سریع گرم می‌شوند. برعکس، سوسک‌های سفید در زمان‌های داغ‌تر روز فعالیت بیشتری دارند، زیرا انرژی کم‌تری جذب می‌کنند. مثال‌های گفته شده درباره تنظیم دما

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

در بی‌مهرگان، سرنخ‌هایی برای چگونگی تکامل تنظیم دما در مهره‌داران می‌دهد. تنظیم دما از نوع خونگرمی در حشرات فعال، ظاهراً به این سبب تکامل یافت که تحرک، گرمای سوخت و سازی کافی برای ایجاد رویکردهای تنظیم دما تولید کرد. سوخت و ساز حرکتی افزایش یافته، به خوبی می‌تواند مقدم بر تکامل تنظیم دما در مهره‌داران باشد.

### تنظیم دما در ماهی‌ها

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

همان‌طور که اشاره شد، دمای محیط در محدودسازی پراکنش جانوران و کنترل واکنش‌های سوخت و سازی نقش بحرانی دارد. اکثر بی‌مهرگان نرخ سوخت و ساز نسبتاً پایین دارند و مکانیسم تنظیم دما ندارند، بنابراین دمای بدن 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 شناسایی نشده است و یا این‌که شاید اصلاً وجود نداشته باشد. آن‌چه جانورشناسان می‌دانند این است که بسیاری از بندپایان مانند حشرات، خرچنگ‌ها و خرچنگ نعل اسبی، می‌توانند تفاوت‌های دمایی را حس کنند. مثلاً ساس‌های جانوران خونگرم می‌توانند «گرمای غذای نزدیک» را حس کنند و خود را روی میزبان مهره‌دار بیندازند. بندپایان زیادی سازوکارهای منحصر به فردی برای بقا در حدود افراطی دما دارند. مثلاً حشرات مناطق معتدل با فرا رسیدن زمستان با کاهش محتوای آب در بافت‌های بدنشان از یخ زدن در امان می‌مانند. بعضی حشرات می‌توانند گلیسرول یا گلیکوپروتئین‌هایی تولید کنند که نقش ضد انجماد دارند. بعضی شب‌پرها و زنبورها با انقباض‌های لرزشی ماهیچه‌های پروازی سینه‌ای، خود را قبل از پرواز گرم می‌کنند. بسیاری از حشرات پروازکننده بزرگ، ساز و کاری برای ممانعت از گرم شدن زیاد در طول پرواز دارند: خون در سراسر ماهیچه‌های پروازی حرکت می‌کند و گرما را از سینه به شکم حمل می‌کند تا در آن‌جا از شش این گرمای اضافی خلاص شوند. بعضی جیرجیرک‌ها که در بیابان زندگی می‌کنند، دسته‌ای مکانیسم خنک‌کننده تبخیری دارند که مستقل از آن چیزی است که مهره‌داران به کار می‌برند. این جیرجیرک‌ها وقتی در معرض خطر 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 سوخت و ساز نسبتاً پایینی دارند و مکانیسم 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 حشراتی که آفتاب می‌گیرند، تأثیر بگذارد. مثلاً سنجاقک‌ها و پروانه‌هایی که روی تکیه‌گاه نشسته‌اند، می‌توانند با متناسب‌سازی ژست بدن، مقدار گرمای تابشی را که به دست می‌آورند، تنظیم کنند (شکل ۳).

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

## تنظیم دما در دوزیستان و خزندگان

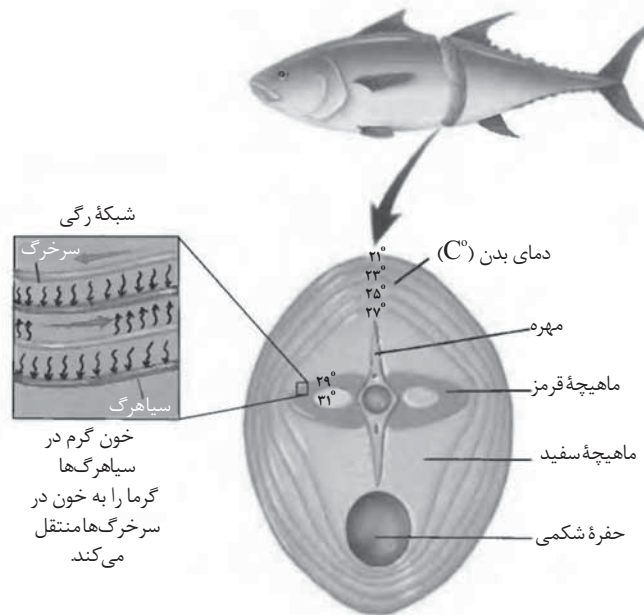
جانورانی مانند دوزیستان و خزندگان که محیط اطرافشان بیشتر هواسـت تا آب با تغییرات دمایی قابل توجه فصلی و شبانه‌روزی مواجه‌اند. اکثر این جانوران خونسرد، گرما را از محیط به دست می‌آورند و دمای بدنشان با دمای محیط بیرون تغییر می‌کند. اکثر دوزیستان در کنترل دمای بدن مشکل دارند، زیرا گرمای سوخت‌وسازی ناچیزی 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 دامنه 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 لایه مرطوبی است که نقش سیستم خنک‌کننده 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 سردکننده تبخیری کمک می‌کند. پوست خزندگان، بیشتر خشک است تا مرطوب، در نتیجه اتلاف

گرما از طریق سیستم سردکننده تبخیری، یعنی پوست کاهش می‌یابد. هم‌چنین قفسه سینه خزندگان که قابلیت انبساط دارد به آن‌ها امکان می‌دهد که تهویه 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 تنظیمی 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 تشریح 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 مهره‌دارانند 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 درجه سانتیگراد حفظ می‌کند. سازوکارهای خنک‌کننده متفاوتی مانع از گرم شدن بیش از حد پرندگان می‌شود. پرندگان برای کاهش گرما، خنک‌کننده تبخیری غدد عرقی و یا تنفس تند ندارند. بعضی پرندگان کیسه‌ای با رگ‌بندی زیاد (کیسه گلویی) 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. پررها به خصوص کرک‌ها، عایقی عالی برای کاهش اتلاف گرما از پوست‌اند (شکل ۵ الف).



**شکل ۴.** تنظیم دما در ماهی‌های بزرگ فعال. در ماهی تون 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 قرمز رنگ شنا بیشتر است.

در آب‌های بیش از اندازه سرد زندگی می‌کنند، در خونشان ماده ضد یخ دارند. پلی‌الکل‌ها (مانند سوربیتول، گلیسرول) یا پیتیدهای محلول در آب و گلیکوپیتیدها، دمای انجماد پلاسماي 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 تون باله آبی و کوسه سفید بزرگ، رگ‌های خونی بزرگی دقیقاً در زیر پوست دارند. انشعاب رگ‌ها خون را به ماهیچه‌های قدرتمند، عمیق و قرمز شنا می‌برد. در آن جا رگ‌های کوچک‌تر، شبکه مبدل گرمایی با جریان متضاد تشکیل می‌دهند. گرمایی که این ماهیچه‌های قرمز تولید می‌کنند، به هدر نمی‌رود؛ زیرا گرما در این شبکه رگی از خون سیاهرگی در حال خروج از شبکه به خون سرخرگی سردی منتقل می‌شود که از سطح بدن وارد شبکه شده است. این آرایه 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.

زندگی می‌کنند، مثلاً خرگوش بزرگ آمریکایی ساز و کارهایی برای خلاص شدن بدن از گرمای اضافی دارند (گوش‌های بزرگ، شکل ۶). پوست ضخیم و لایه ضخیمی از چربی که درست زیر پوست قرار دارد به جانوران دریازی مانند فک‌ها و وال‌ها کمک می‌کند تا دمای بدن در محدوده ۳۶ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد باقی بماند. در دم و باله‌های شنا که لایه ضخیم چربی وجود ندارد، سیستمی از سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها با جریان متضاد برای به حداقل رساندن اتلاف گرما کمک می‌کند.

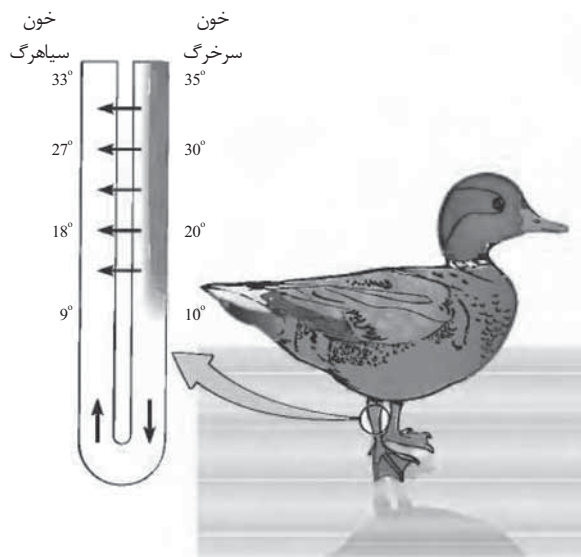
پرندگان و پستانداران نیز از ساز و کارهای رفتاری برای تطبیق با تغییرات دمای محیط بیرون استفاده می‌کنند. همانند خونسردها آفتاب می‌گیرند و یا این‌که به سایه پناه می‌برند.



شکل ۵. عایق‌بندی و تبادل گرمایی جریان متضاد. (الف) لایه ضخیم کرک‌ها این پنگوئن را گرم نگه می‌دارند. پوششی از پرهای کوتاه و سوزن مانند، هوا را به دام می‌اندازد.



شکل ۶. 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.



شکل ۵. (ب) مبدل گرمایی جریان متضاد در پاهای پرند. بعضی پرندگی‌های آبی 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 کردن خون سردتر در سیاهرگ‌ها هدایت می‌کنند؛ بنابراین گرما دوباره به بدن می‌رود و از طریق پاها که با سطح سرد در تماس‌اند، هدر نمی‌رود.

گونه‌های آبی که گرما را از طریق پاها از دست می‌دهند، در آن‌جا برای کاهش اتلاف گرما، رگ‌های محیطی مبادله‌کننده گرمایی با جریان متضاد دارند (شکل ۵ب).

پستاندارانی 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

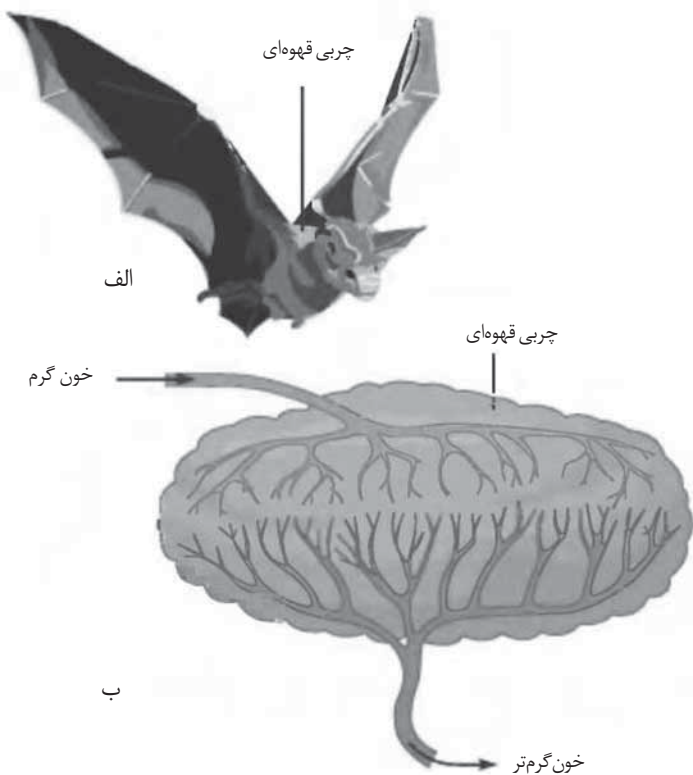
**بعضی از پیشرفته‌ترین ساز و کارهای تنظیمی که در پستانداران یافت می‌شوند، ابتدا در خزندگان دیده شده‌اند**

جانوران بسیاری برای گرم ماندن به دور هم جمع می‌شوند و ازدحام می‌کنند. بعضی‌ها برای حفاظت در برابر دمای زیاد به نقب‌های زیرزمینی می‌روند. مهاجرت به اقلیم‌های گرم و زمستان خوابی، پرندگان و پستانداران زیادی را برای گذران ماه‌های ناملایم و دشوار زمستان، 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 پستانداران می‌توانند با انقباض عضلانی، آنزیم‌های پمپ ATP‌آزی، اکسیداسیون اسیدهای چرب در چربی قهوه‌ای و فرایندهای سوخت و سازی دیگر، گرما تولید کنند. هر وقت که سلول

**پرندگان و پستانداران 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**



**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 زمستان خوابی تا حد نرخ مورد نیاز برای عملکرد قلب و تنفس کم می‌شود. پستانداران با ساختن ذخایر چربی و رشد پشم‌های زمستانه برای زمستان خوابی 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, MacGraw-Hill, 2001.

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 منحصربه‌فردی در تولید گرما با استفاده از آنزیم‌های اختصاصی دارند که منشأ تکامل آن‌ها قدیمی است: آنزیم‌های پمپ ATP از 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 از 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 نوزاد پستانداران، پستانداران ساکن اقلیم‌های سرد پستاندارانی است که زمستان خوابی دارند

گرما نامیده می‌شود.

چربی قهوه‌ای نوع تخصص‌یافتهٔ چربی در نوزاد پستانداران، پستانداران ساکن اقلیم‌های سرد و پستاندارانی است که زمستان خوابی 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 سلول‌های 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 تخصص‌یافته‌ای 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 سرد شدن و گرم شدن بدن می‌انجامند و به این وسیله دمای بدن را کنترل می‌کنند. گیرنده‌های نورونی تخصص‌یافته‌ای 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، زمستان خوابی دارند (خفاش‌ها، موش خرما، کوهی، سنجاب راه‌راه).

# نرمش پذیری فتوتیپی گیاهان

## هاجر بخشی پور

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن  
دانشجوی دکتری سیستماتیک گیاهی واحد علوم و تحقیقات تهران

### مقدمه

توانایی یک ژنوتیپ مشخص برای بروز فنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های متفاوت را نرمش‌پذیری فتوتیپی<sup>۱</sup> می‌نامند. همهٔ موجودات زنده می‌توانند تکوین، فیزیولوژی و تاریخچه زندگی خود را تغییر دهند و این تغییر و تحول بستگی به شرایط محیطی دارد. ژنوتیپ‌ها، جمعیت‌ها و گونه‌ها واکنش‌های محیطی متفاوتی نشان می‌دهند. نرمش‌پذیری فتوتیپی تکوینی و فیزیولوژیک در گیاهان خشکی، جلبک‌ها، بی‌مهرگان دریایی، حشرات، ماهی‌ها، دوزیستان، خزندگان و پستانداران کوچک در اوایل سال ۱۹۹۰ گزارش شد (۳). اخیراً نرمش‌پذیری برای ساختار، بیوشیمی و فعالیت متابولیک نوعی گل‌سنگ نیز گزارش شده است. بررسی نرمش‌پذیری گیاهان منجر به نتایج بسیار جالبی شده و اثرهای قابل ملاحظهٔ محیط را بر رشد تکوین نشان داده است. بررسی‌های اولیهٔ نرمش‌پذیری گیاهان، بیشتر بر توصیف سادهٔ ریخت‌شناسی، مانند اندازهٔ گیاه، تعداد انشعاب‌ها و طول میان‌گره‌ها متمرکز بود. برخی بررسی‌های اولیه مستقیماً جوانب عملکردی نرمش‌پذیری، مانند اختصاص نسبی بافت‌های تمایز یافته گیاه یا سرعت‌های همانندسازی را نیز شامل می‌شده است، اما بررسی‌های اخیر روی جوانبی از نرمش‌پذیری که مستقیماً با عملکرد و تولیدمثل گیاهان در محیط ارتباط دارند، متمرکز است و از این‌رو هم اهمیت اکولوژیک دارد و هم اهمیت تکاملی (۱).

کلیدواژه‌ها: نرمش‌پذیری فتوتیپی گیاهان، نرمش‌پذیری ریختی، نرمش‌پذیری تکوینی، نرمش‌پذیری عملکردی، نرمش‌پذیری تاریخچهٔ زندگی.

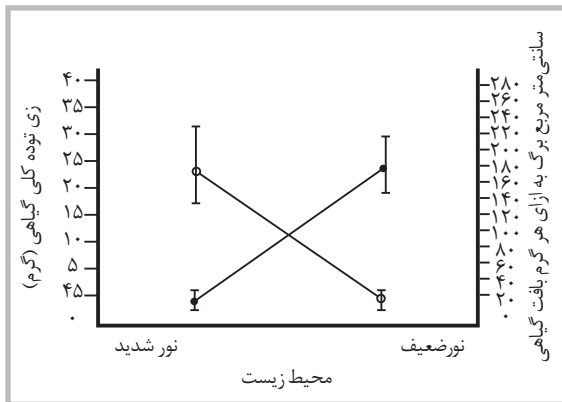
### انواع نرمش‌پذیری

#### ● نرمش‌پذیری صفات عملکردی

صفات غالباً عملکرد پیچیده‌ای را برای دریافت منابع در الگوی مناسبی از نرمش‌پذیری نشان می‌دهند؛ مانند افزایش تخصیص زی‌توده به ریشه‌ها در خاک‌های فقیر، یا سطح برگ بزرگ‌تر نسبت به زی‌تودهٔ گیاه در نور کم. بعضی از این تنظیمات، عملاً کاهش‌های احتمالی رشد و زی‌تودهٔ گیاهی را که تحت محدودیت منابع اتفاق می‌افتد، جبران می‌کنند. این نوع نرمش‌پذیری عملکردی سبب می‌شود که یک ژنوتیپ مشخصی به‌طور موفقیت‌آمیزی در شرایط مختلف رشد و تولیدمثل کند. واکنش‌های نرمش‌پذیری کوتاه و بلندمدت به توانایی گونه‌ها در اشغال رویشگاه‌های متنوع و متغیر در طبیعت کمک می‌کنند (۳).

#### ● نرمش‌پذیری ریختی

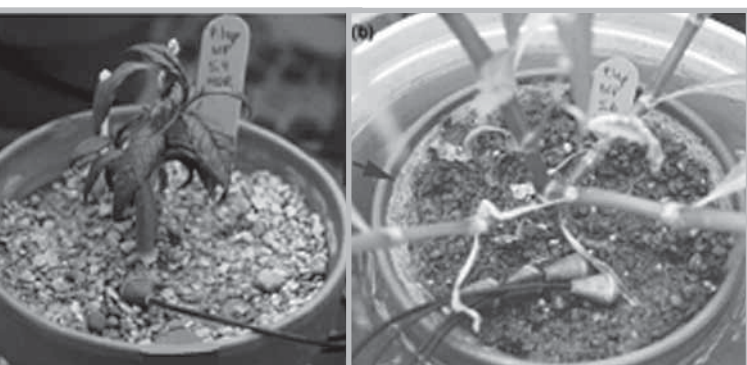
برخی از صفات ریختی گیاهان، مانند اندازه و ساختار گیاه نیز نرمش‌پذیرند؛ یک مثال اکولوژیک مهم، اندازهٔ برگ‌هایی است که در شرایط نوری مختلف تولید می‌شوند. معلوم شده است که تعداد برگ‌هایی که تولید می‌شوند با کاهش میزان نور موجود، کاهش می‌یابند. یک واکنش سازشی دیگر نسبت به نور کم این است که اندازهٔ برگ‌ها برای افزایش سطح برگ و جذب نور بیشتر، بزرگ‌تر می‌شود (۴). در برخی گونه‌های گیاهان سایه‌پسند و آفتاب‌پسند، علاوه بر



شکل ۱. متوسط میزان واکنش ۲۵ ژنوتیپ از گیاه *Polygonum*

*lapathifolium* که در شدت نور ۲۰٪ و ۱۰۰٪ رشد کرده‌اند، بررسی شده است. گیاهانی که در نور پایین رشد کرده‌اند، زی‌تودهٔ کلی کمتر اما سطح فتوسنتزی بزرگ‌تری را تولید کرده‌اند. در حالی که گیاهانی که در نور شدید رشد کرده‌اند، عکس این حالت را نشان می‌دهند.

اندازهٔ برگ، ضخامت برگ نیز در واکنش به تغییر شدت نور متفاوت است. مثلاً در یک ژنوتیپ مشخص از دو جمعیت گونهٔ *Polygonum persicaria* که در شدت نورهای مختلفی قرار داشتند، ضخامت برگ متفاوت بوده است. جمعیت‌هایی که در نوری بسیار کم قرار گرفته بودند، برگ‌های نازک‌تری نسبت به جمعیت‌هایی داشتند که در معرض شدت نور شدید بوده‌اند (۳).

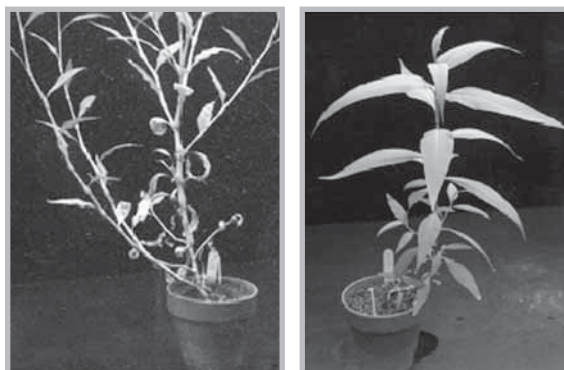


شکل ۱. تفاوت فتوتیپی میان دو گیاه *Polygonum lapathifolium* که یکی (راست) در خاک خشک و دیگری (چپ) در خاک غرقابی رویش یافته‌اند. تفاوت قابل ملاحظه‌ای در سیستم ریشه‌ای این دو مشاهده می‌شود. گیاهان غرقابی علاوه بر افزایش زی‌توده ریشه، شبکه مترامی از ریشه‌های بسیار نازک در سطح خاک، که اکسیژن در آن‌جا در دسترس است، تولید می‌کنند. تشکیل چنین سیستم ریشه‌های سطحی و مترامی، مکانیسمی برای تحمل غرقاب است.

### ● نرمش‌پذیری تک‌بینی

گیاهان از طریق نرمش‌پذیری تک‌بینی نیز به محیط واکنش نشان می‌دهند. علاوه بر ویژگی‌های ریختی، ویژگی‌های آناتومیک، مانند رگبندی برگ‌ها، مقدار اسکلرانسیم و ساختار گرهک‌های ریشه‌های غلات همزیست نیز ممکن است در محیط‌های مختلف متفاوت باشند. نرمش‌پذیری آناتومیک سبب می‌شود که نور بیشتری به سمت گیاه گسیل شود و گیاه بتواند فتوتیپ‌هایی را برای حفظ عملکرد خود در شرایط تنش بروز دهد. برای مثال، نرمش‌پذیری ضخامت

نرمش‌پذیری عملکردی سبب می‌شود که یک ژنوتیپ مشخص به‌طور موفقیت‌آمیزی در شرایط مختلف رشد و تولیدمثل کند



شکل ۲. گیاهان در نور کم برگ‌های نازک، بزرگ و انشعابات کم (راست)؛ اما در نور شدید برگ‌های ضخیم، کوچک و با انشعابات بیشتر تولید می‌کنند (چپ).

در ارتباط با اندازه گیاه، می‌توان گفت وقتی گیاه در معرض محرک‌های مکانیکی قرار می‌گیرد، نرمش‌پذیری فتوتیپی از خود نشان می‌دهد. دو گیاه علفی *Arabidopsis thaliana* که ژنوتیپ مشابهی دارند، در واکنش به باد، بارش یا حشرات، نرمش‌پذیری سازشی بروز می‌دهند (۲).



شکل ۳. ژنوتیپ مشابه دو گیاه علفی فتوتیپ‌های متفاوت بروز داده‌اند. گیاه سمت راست در معرض محرک مکانیکی نبوده، اما گیاه سمت چپ در معرض این نوع محرک قرار داشته است.

همین نوع نرمش‌پذیری ریختی در سیستم‌های ریشه‌ای هم اتفاق می‌افتد. در کم‌آبی یا کمبود مواد غذایی، قطر ریشه گیاهان ممکن است کاهش، اما در عین حال طول ریشه و سطح جذب آن افزایش یابد. سیستم ریشه‌های گیاهان سیلابی یکی از چند نوع تنظیم نرمش‌پذیری سازشی را نشان می‌دهد: تولید سیستم‌های ریشه‌های سطحی بسیار زیاد که در حد فاصل خاک و هوا قرار دارند، تشکیل یافت آنرا نسیم می‌دهند تا اکسیژن بتواند به بخش‌های غوطه‌ور گیاه انتقال یابد. نرمش‌پذیری ریختی در اندام‌های گیاه نسبت به صفات آناتومیک ممکن است انعکاس‌دهنده تغییرات نرمش‌پذیری باشد (۳ و ۴).

لایه هیپودرم ذخیره‌کننده آب در برگ درخت *Metrosideros polymorpha* که بومی هاوایی است، به غالبیت آن‌ها کمک می‌کند. این گیاه طیف وسیعی از رویشگاه‌ها را که از نظر میزان آب و رطوبت موجود متفاوت‌اند، اشغال می‌کند. این نوع نرمش‌پذیری صفات آناتومیک، اهمیت تاکسونومیک نیز دارد.

ساختار گیاه ممکن است در واکنش به محیط متفاوت باشد. سایه می‌تواند با تأثیر بر پیدایش و سرنوشت مریستم، ساختار گیاهان علفی را تغییر دهد. هم‌چنین، اندازه و ساختار اندام‌های گیاهی نیز تحت تأثیر سایه قرار می‌گیرند (۵). نرمش‌پذیری تک‌بینی ممکن است محدود به مراحل اولیه چرخه زندگی باشد، یا زمان آن در ژنوتیپ‌ها یا گونه‌های مختلف متفاوت باشد. انجام واکنش‌های نرمش‌پذیر مناسب عملکردی نسبت به تغییر محیط می‌تواند شدیداً تحت تأثیر تنظیم زمانی قرار گیرد. برای مثال، گیاه *Polygonum persicaria* در

واکنش به سیلاب، سریعاً سیستم‌های ریشه‌های خود را در لایه‌های سطحی خاک آرایش می‌دهد و گیاه *Polygonum cespitosum* نیز حالت مشابهی را نشان می‌دهند؛ اما واکنش‌های نرمش‌پذیری بسیار کند و با کاهش معنی‌دار زی‌توده گیاه همراه است (۳).



ب

الف



ج

شکل ۴. گیاه *Polygonum persicaria* یکساله و همه‌جا گستر است که در طیف وسیعی از رویشگاه‌هایی که به‌طور طبیعی تخریب شده‌اند، مانند مکان‌های غنی از مواد غذایی (الف)، سواحل ماسه‌ای فقیر از مواد غذایی با منافذ پر آب (ب) و رویشگاه نیمه مرطوب یا متوسط سایه (ج) می‌روید. این گونه نرمش‌پذیری فتوتیپی بسیار بالایی برای صفات عملکردی و بر خورداری از شایستگی در واکنش به نور، رطوبت و مواد غذایی از خود نشان می‌دهد.

### ● نرمش‌پذیری تاریخچه زندگی

محققین پس از پیشرفت مطالعات نرمش‌پذیری و اثرهای

در برخی گونه‌های گیاهان سایه‌پسند و آفتاب‌پسند، علاوه بر اندازه برگ، ضخامت برگ نیز در واکنش به تغییر شدت نور متفاوت است

مشخص آن روی رشد گیاه، دریافتند که ویژگی تاریخچه زندگی مانند ظهور جنسیت و سیستم تولیدمثلی، بخش زایشی و فنولوژی ممکن است در واکنش به محیط متفاوت باشند. برای مثال، نسبت گل‌های پرچم‌دار و گل‌های دو جنسی در یک گونه *Solanum* یک پایه بررسی شده و معلوم شده است که این نسبت بستگی به وضعیت منابع گیاهی دارد.

یک یافته جالب دیگر مربوط به گیاهانی است که به‌طور طبیعی خودناسازگارند. این گیاهان می‌توانند حالتی از خودباروری را در واکنش به سن گل و عدم تکوین میوه نشان دهند. این نرمش‌پذیری برای خودناسازگاری نتیجه استراتژی خود تأخیری است و زمانی به کار گرفته می‌شود که درگرفتی با شکست مواجه می‌شود.

تنظیم زمانی نرمش‌پذیری تولیدمثلی و موارد مربوط به آن در چندین گونه علفی بررسی شده است. این تغییرات مستقیماً بر شایستگی گیاه و سپس بر پایایی جمعیت و واکنش به انتخاب طبیعی تأثیر گذار می‌گذارند. مثلاً، گیاهان *Mimulus* ابتدا در شرایط نامساعد گل می‌دهند، در حالی که گیاهانی در شرایط مساعد هستند، گل‌دهی را به تأخیر می‌اندازند و زی‌توده بیشتری برای رشد رویشی اختصاص می‌دهند. یک آزمایش انتخابی ثابت کرده است که این الگوهای تنشی تولیدمثلی، در دو نوع محیط به دو شکل مختلف عمل می‌کنند:

- در محیط‌های فقیر: گیاهان چرخه زندگی کوتاه‌تری دارند و گل‌های اولیه‌ای که تولید می‌کنند، بسیار اهمیت دارند.
- در محیط‌های غنی: گل‌ها عمر بلندتری دارند، بخش بیشتری را به رشد رویشی اختصاص می‌دهند و به دنبال آن تأخیر گلدهی با حداکثر شایستگی همراه است (۳).

### ● انتقال نرمش‌پذیری به نسل بعد

گیاهان نه فقط برای تنظیم فتوتیپ خود، بلکه برای تغییر فتوتیپ‌های فرزندان نیز نسبت به شرایط محیطی واکنش نشان می‌دهند و در کیفیت و کمیت ذخیره دانه، ساختار یا بیوشیمی پوشش دانه و بافت‌های میوه تغییر به‌وجود می‌آورند.

ساختار، تکوین و ریخت فرزندان به‌طور مشخص تحت تأثیر محیط والدی قرار می‌گیرد. برخی از گونه‌ها، تا زمانی که کیفیت و کمیت بافت‌های جنینی و اندوسپرم حفظ می‌شود، با تغییر ساختار یا ضخامت پوشش دانه یا پریکارپ نسبت به شرایط استرسی رشد واکنش نشان می‌دهند، چراکه تعیین‌کننده اندازه نهال‌اند.

فرزندان گیاهان محروم از مواد غذایی می‌توانند زی‌توده ریشه را نسبت به فرزندان نهال گیاهانی که به آن‌ها مواد غذایی خورنده شده است، افزایش دهند. فرزندان گیاهان محروم از نور نیز می‌توانند نسبت به فرزندان گیاهانی که به‌طور ژنتیک و یکسان در نور شدید رشد می‌کنند، وسعت ریشه را نسبت به شاخه کاهش دهند.

این نوع نرمش‌پذیری مشخص الگوهای رشد نهال را تغییر می‌دهد و بدین ترتیب اجازه می‌دهد که فرزندان در موارد بحرانی عملکرد مناسبی داشته باشند، مانند ظرفیت جذب ریشه حتی اگر زی‌توده اولیه نهال توسط محرومیت منبع مادری کاهش یابد. فرزندان نهال گیاهان *Polygonum* محروم از ماده غذایی، ریشه‌های باریک‌تری تولید می‌کنند به‌طوری که با سرعت به طرف پایین درون خاک توسعه می‌یابند. در نتیجه سیستم‌های ریشه‌ای که وجود دارد، به بلندی سیستم ریشه‌ای در نهال‌هایی است که از گیاهان غنی از ماده غذایی به‌وجود آمده‌اند، علی‌رغم این که جرم آن‌ها کمتر است (۴).

در سال ۱۹۹۹ Agrawal و همکاران ثابت کردند که گیاهان مادری *Raphanus* که توسط علفخواران حشره مورد حمله قرار گرفتند، نهال‌هایی را تولید کردند که غلظت بالای از ترکیبات شیمیایی دفاعی به علاوه تراکم زیادی از کرک‌های بازدارنده تغذیه‌ای را دارا بودند (۳).



## مکانیسم‌های هورمونی نرمش‌پذیری

نقش هورمون‌های گیاهی در دریافت و پذیرش علائم محیطی و هدایت آن‌ها در واکنش‌های نرمش‌پذیری مشخص به مقدار زیادی روشن است. اثرهای هورمون‌های گیاهی روی تکوین پیچیده است، زیرا یک ماده و غلظت آن می‌تواند صفات مختلفی را به روش‌هایی تحت تأثیر قرار دهد که نه تنها به سلول و بافت آن مربوط می‌شود، بلکه به سن گیاه و شرایط محیطی نیز ارتباط دارد. جمعیت هم در تولید درون‌زا و هم در حساسیت به هورمون‌های رشد که ممکن است کمک به الگوهای متفاوت واکنش نرمش‌پذیر کند، متفاوت است. مثلاً تفاوت‌هایی که در جمعیت‌های کوهستانی گونه *Stellaria langipes* در تولید اتیلن و حساسیت به آن وجود دارد، می‌تواند بر ایجاد یک عادت یا فرم رویشی متراکم در شرایط دشوار تأثیر بگذارد. مطالعات بیشتر جمعیت اکولوژیک مشخص ممکن است اطلاعات با ارزشی درباره مکانیسم‌های مربوط و مؤثر در واکنش‌های نرمش‌پذیری را ارائه دهد.

## تأثیر نرمش‌پذیری بر روابط متقابل گونه‌ها

قارچ‌های همزیست اندوفیت نیز ممکن است بر نرمش‌پذیری فتوتیپی گیاهان میزبان، در واکنش به مواد غذایی خاک اثر بگذارند. آلودگی میکوریزی ممکن است واکنش‌های گیاه را به افزایش فسفر خاک تغییر دهد.

گیاهان معمولاً با بسیاری از موجودات به‌طور همزمان تعامل یا تأثیر متقابل دارند؛ جانوران مختلفی که حشرات تا پرندگان و پستانداران برای آن‌ها گرده‌افشانی انجام می‌دهند و علفخوارانی از سم‌داران بزرگ تا ساس‌های کوچک، مگس یا سوسک آن‌ها را مورد حمله قرار می‌دهند. گیاهان ممکن است به انواع مختلفی از پاتوژن‌های میکروسکوپی آلوده شوند. در چنین مواردی تغییر فتوتیپی گیاه، می‌تواند غیرمستقیم روابط متقابل را تحت تأثیر قرار دهد و بدین ترتیب روابط متقابلی که گیاه با گونه‌های دیگر دارد، حفظ می‌شود. پستانداران علفخوار سبب تولید واکنش‌های دفاعی گیاهان می‌شوند و این بر حشرات اثر منفی می‌گذارد. برخی از بررسی‌ها ثابت کرده‌اند که بسیاری از حشرات علفخوار قادر به تفکیک کردن گیاهان آسیب‌دیده از غیر آسیب‌دیده هستند.

شرایط آب و هوایی نیز بر روابط گونه‌های گیاهی و جانوری که همزمان با آن‌ها رشد و زندگی می‌کنند، تأثیر می‌گذارد. هرچند واکنش موجودات نسبت به این تغییرات متفاوت است. مثلاً افزایش سطح  $CO_2$  اتمسفر، تعادل C/N گیاه را به هم می‌زند و کیفیت غذایی را برای اکثر علفخواران کاهش می‌دهد، دفاع‌های شیمیایی گیاه تحت تأثیر تغییر  $CO_2$  محیط قرار می‌گیرد و علفخواران نسبت به این موارد واکنش نشان می‌دهند.

دمای گرم‌تر نیز بر روابط متقابل گیاه با علفخواران تأثیر می‌گذارد. اگر آسیبی که توسط علفخواران ایجاد می‌شود، توانایی گیاهان را برای پاسخ دادن به فشارهای محیطی محدود کند، عملکرد گیاه در مجموعه‌ای از تغییرات پر تنش آب و هوایی کاهش چشمگیری نشان

می‌دهد. پس فشارهای انتخابی همزمان بر جمعیت‌های گیاهی توسط علفخواری و محیط می‌تواند پیش‌بینی شود و این مورد بسیار رایج است. گیاهان ممکن است یا علفخواری را از طریق تولید بخش‌های کم‌هزینه و میزان رشد سریع تحمل کنند و یا از علفخواری توسط برخی از سیستم‌ها اجتناب کنند.

تغییر محیطی ایجاد شده به‌وسیله علفخواران می‌تواند تنوع را کاهش یا افزایش دهد، اما داده‌های زیست‌شناختی حاکی از آن‌اند که افزایش تنوع شایع و متداول است. ناهمگنی، ساختاری را در جمعیت‌ها ایجاد می‌کند که مانع از یک محیط هتروژن می‌شود. علفخواران بر تنوع جامعه با ایجاد آشفتگی تأثیر می‌گذارند. در اکوسیستم‌های دریایی بسیاری از علفخواران سطوح صخره‌ای و سخت را پاکسازی می‌کنند یا رسوبات کف را مختل می‌کنند. اکوسیستم‌های خشکی تحت تأثیر آشفتگی‌های ایجاد شده توسط علفخواران مثل ایجاد سوراخ، حفاری، غوطه خوردن در گل است. آشفتگی‌های متعادل تأثیرات متفاوت بسته به موقعیت فضایی دقیق یا فرم یا عوامل محیطی متنوع دارند (۶).

## اگر نرمش‌پذیری خوب است، پس چرا محدود و اندک

است؟

معمولاً محیط رشد گیاهان هتروژن است و گیاهان باید بتوانند به این شرایط نامطلوب محیطی عادت کنند، یا از آن بگریزند. نرمش‌پذیری فتوتیپی مفهومی است برای غلبه بر این نایک‌نواختی محیط زیست. گسترش گونه‌ها در محیط زیست در مواردی به توانایی واکنش‌های نرمش‌پذیر نسبت به محیط بستگی دارد. علاوه بر این، نرمش‌پذیری فتوتیپی سبب تنوع فتوتیپی می‌شود که ممکن است واگرایی سازشی را تقویت کند. واکنش‌های نرمش‌پذیری گیاهان

در کم‌آبی یا کمبود مواد غذایی، قطر ریشه گیاهان ممکن است کاهش، اما در عین حال طول ریشه و سطح جذب آن افزایش یابد

نسبت به محیط‌های متفاوت، بارها تحت عنوان ناسازگاری گزارش شده است؛ در حالی که همیشه این‌طور نیست. نرمش‌پذیری در گونه‌ها و جمعیت‌های مختلف متفاوت است. نرمش‌پذیری نسبت به محیط، نتیجه خالص واکنش‌های فعال و پنهان است. ممکن است نرمش‌پذیری یک صفت بالقوه زیاد، اما نرمش‌پذیری بالفعل به علت محدودیت منابع یا تنش‌های محیطی اندک باشد. علاوه بر آن، اکثر صفات فتوتیپی طی دوره رشد گیاه به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. این پدیده دریافت تکوینی نامیده می‌شود. بنابراین برای تخمین درست‌تر نرمش‌پذیری فتوتیپی باید تغییر فتوتیپی را نسبت به سن و اندازه در نظر گرفت.

## انواع معرفها در رنگ آمیزی مضاعف

### علی اکبری

کارشناس ارشد زیست‌شناسی گیاهی (سلولی - تکوینی)  
دبیر زیست‌شناسی شهرستان ابهر

#### اشاره

برای بررسی بافت‌های اندام‌های گیاهی بعد از تهیه برش از نمونه‌ها لازم است آن‌ها را رنگ آمیزی کنند. برای رنگ آمیزی مقاطع گیاهی از دو روش رنگ آمیزی ساده یا مضاعف استفاده می‌شود. روش متداول و دقیق، رنگ آمیزی مضاعف است. در این روش برای رنگ آمیزی مقاطع گیاهی از دو نوع رنگ مختلف استفاده می‌شود که هر کدام از آن‌ها دیواره سلولی گروه خاصی از بافت‌ها را رنگ آمیزی می‌کند. به‌طور معمول در این روش برای رنگ آمیزی بافت‌هایی که دیواره سلولی سلولزی دارند، از رنگ کارمن زاجی و بافت‌هایی که دیواره‌های چوبی، چوب پنبه‌ای و کوتینی دارند از رنگ سبز متیل یا آبی متیل استفاده می‌کنند. در این مقاله علاوه بر شرح روش تهیه و استفاده از رنگ‌های فوق به معرفی رنگ‌هایی پیردازیم که می‌توانند جانشین رنگ‌های مذکور شوند. ذکر این نکته لازم است که در همه این روش‌ها باید مراحل آماده‌سازی مقاطع (قرار دادن در آب ژاول ۱٪، شست‌وشو، اسید استیک ۵٪ و شست‌وشو) اجرا شود.

کلیدواژه‌ها: رنگ آمیزی مقاطع گیاهی، کارمن، سبزی، بد، فوشین، بیسمارک

### الف - معرف‌های مورد استفاده برای

#### مطالعه بافت‌های سلولزی

#### ۱. کارمن زاجی

#### روش تهیه

چهار گرم زاج آمونیاکی (زاج سفید) را در ۱۰۰ سی‌سی آب حل کنید، به‌طوری که محلول اشباع تهیه شود و سپس یک گرم پودر کارمن اضافه کنید و هم بزنید. محلول حاصل را حدود ۳۰ دقیقه بجوشانید و سپس ۱۲ ساعت بی‌حرکت در محیط تاریک و دمای آزمایشگاه نگهداری و بعد صاف کنید. برای جلوگیری از کپک زدن محلول به آن دو بلور فنل اضافه کنید (به علت سمی بودن فنل از دست زدن به آن خودداری کنید). اضافه محلول را در ظرف کدر ذخیره کنید.

در واقع در طبیعت نرمش‌پذیری به علت هزینه‌ها و محدودیت‌های آن اغلب کم‌تر از آنچه انتظار می‌رود، مشاهده می‌شود. هزینه‌های نرمش‌پذیری عبارت‌اند از:

- هزینه‌های حفظ مکانیسم‌های نرمش‌پذیری،
- هزینه‌های تولید صفات نرمش‌پذیر القایی،
- هزینه‌های کسب اطلاعات،
- بی‌ثباتی تکوینی صفات فتوتیپی محیطی،

هزینه‌های ژنتیک از طریق پیوستگی، پلی‌تروپی یا اپی‌ستازی. نرمش‌پذیری فتوتیپی به علت ارزش سازگاری‌اش، ممکن است کامل نباشد، بلکه به صورت تدریجی، در نتیجه ارتباط ژنتیک با دیگر ویژگی‌هایی که تحت انتخاب قرار دارند، تکامل یابد. عقیده بر این است که گیاهان در شرایط طبیعی با چندین عامل اکولوژیک به‌طور همزمان سروکار دارند، اما نرمش‌پذیری فتوتیپی در اکثر بررسی‌هایی که برای بررسی و اکنش‌های فنوتیپیک گیاهان انجام می‌شود، بر یک عامل غیر زنده، متمرکز است. نرمش‌پذیری نسبت به یک عامل می‌تواند تحت تأثیر دیگر عامل‌های زنده و غیر زنده‌ای قرار گیرد که همزمان در محیط‌های چند متغیره و پیچیده حضور دارند. عامل‌های محیطی دیگر منجر به کاهش بروز نرمش‌پذیری فتوتیپی می‌شوند (۶).

گیاهان نه فقط برای تنظیم فنوتیپ خود، بلکه برای تغییر فنوتیپ‌های فرزندان نیز نسبت به شرایط محیطی واکنش نشان می‌دهند و در کیفیت و کمیت ذخیره دانه، ساختار یا بیوشیمی پوشش دانه و بافت‌های میوه تغییر به‌وجود می‌آورند

#### پی‌نوشت

1. Phenotypic Plasticity

#### منابع

1. Borges, R.M., 2009. Phenotypic plasticity and longevity in plants and animals: cause and effect? J.Biosci. 34(4), October 2009, 605-611.
2. Pigliucci, M., 2005. Evolution of phenotypic plasticity: Where are going now? Trends in Ecology and Evolution Vol.20 No.9 September 2005.
3. Sultan, S.E., 2000. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. December 2000, Vol.5 No. 12.
4. Sultan, S.E., 2003. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. Evolution & Development 5:1, 25-33.
5. Sultan, S.E., 2004. Promising directions in plant phenotypic plasticity. Perspectives in plant Ecology, Evolution and Systematics, Vol.6/4, pp. 227-233.
6. Valladares, F., et al. 2007. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. Nee phytologist (2007) 176: 749-763

## روش استفاده

مقاطع گیاهی را ۱۵ دقیقه در این محلول قرار دهید. این رنگ‌بافت‌های سلولزی (پارانشسیم، کلانشسیم، آبکشی و فیبرهای سلولزی) را به رنگ قرمز ارغوانی درمی‌آورد.

## انواع رنگ کارمن:

دو نوع رنگ کارمن وجود دارد:

**الف - کارمن آله:** مقدار کارمن آن کم است، الکل ندارد و برای رنگ کردن مقاطعی استفاده می‌شود که قبلاً درون فیکساتور قرار داده شده‌اند.

**ب - کارمن پیکرو:** این رنگ برای رنگ کردن مقاطع تازه به کار می‌رود، یعنی بافت‌هایی که قبلاً در فیکساتور قرار داده نشده باشد. مدت نگهداری مقاطع در محلول رنگ نیم ساعت یا بیشتر است.

## ۲. قهوه‌ای بیسمارک

### روش تهیه

یک گرم پودر رنگ قهوه‌ای بیسمارک را در ۱۰۰ سی‌سی الکل ۸۰ درجه حل کنید.

## روش استفاده

مقاطع گیاهی را نیم تا یک دقیقه در این محلول قرار دهید. این رنگ بافت‌های سلولزی (پارانشسیم، کلانشسیم، آبکش و فیبرهای سلولزی) را به رنگ قهوه‌ای در می‌آورد.

### قرمز کنگو

### روش تهیه

یک گرم پودر قرمز کنگو را در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر حل نمایید.

## روش استفاده

مقاطع گیاهی را ۱۵ دقیقه در این محلول قرار دهید سپس نمونه‌ها را با آب مقطر شست‌وشو داده و بعد در الکل ۹۰ درجه شست‌وشو دهید. این رنگ بافت‌های سلولزی (پارانشسیم، کلانشسیم، آبکشی و فیبرهای سلولزی) را به رنگ قرمز نارنجی

درمی‌آورد.

## ب- معرف‌های مورد استفاده برای

### بررسی بافت‌های چوبی، چوب پنبه‌ای

### و کوتینی

### ۱. سبز متیل

### روش تهیه

یک گرم پودر سبز متیل را در ۲۰ سی‌سی الکل ۸۰ درجه حل کنید و سپس حجم آن را به وسیله آب مقطر به ۱۰۰ سی‌سی برسانید.

## روش استفاده

مقاطع گیاهی را ۳۰ ثانیه در این محلول قرار دهید. این رنگ بافت‌های چوبی (اسکلرانشسیم، آوند چوبی)، چوب پنبه‌ای و کوتینی را به رنگ آبی درمی‌آورد.

### ۲. آبی متیل

### روش تهیه

نیم گرم پودر آبی متیل را در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر حل کنید و سپس حجم آن را به یک لیتر برسانید.

## روش استفاده

مقاطع گیاهی را ۳۰ ثانیه در این محلول قرار دهید. این رنگ بافت‌های چوبی (اسکلرانشسیم، آوند چوبی)، چوب پنبه‌ای و کوتینی را به رنگ آبی درمی‌آورد.

### ۳. فلوروگلووسین

### روش تهیه

دو گرم پودر فلوروگلووسین را در ۱۰۰ سی‌سی الکل ۹۰ درجه حل کنید.

## روش استفاده

ابتدا مقاطع گیاهی را در اسید کلریدریک قرار دهید و پس از شست‌وشوی کافی با آب مقطر آن‌ها را در محول ۲ درصد فلوروگلووسین قرار دهید. در موقع بررسی باید یک قطره اسید کلریدریک اضافه کنید

تا بافت‌های چوبی (اسکلرانشسیم، آوند چوبی)، چوب پنبه‌ای و کوتینی را به رنگ قرمز تیره درآورد.

## روش تهیه اسید کلریدریک

۱۸ میلی‌لیتر اسید کلریدریک تجاری را در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق کنید. (احتیاط: ابتدا آب مقطر را در ظرف بریزید و سپس آرام از کناره ظرف اسید را اضافه کنید)

### ۴. سبزید

### روش تهیه

یک گرم سبزید را در ۱۰۰ الکل ۷۰ درجه حل کنید.

## روش استفاده

مقاطع گیاهی را ۳۰ ثانیه در این محلول قرار دهید. این رنگ بافت‌های چوبی (اسکلرانشسیم، آوند چوبی)، چوب پنبه‌ای و کوتینی را به رنگ سبز درمی‌آورد.

### ۵. فوشین بازی

### روش تهیه

یک گرم پودر فوشین بازی را در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر حل کنید.

## روش استفاده

مقاطع گیاهی را یک دقیقه در این محلول قرار دهید. این رنگ بافت‌های چوبی (اسکلرانشسیم، آوند چوبی)، چوب پنبه‌ای و کوتینی را به رنگ قرمز درمی‌آورد.

### منابع

۱. سیدمظفری، فریده دخت. (۱۳۷۰) آزمایشگاه ریخت‌شناسی و تشریح گیاهی. انتشارات دانشگاه پیام نور.
۲. صدوقی، ژاله. (۱۳۷۲) جزوه آزمایشگاه تشریح و مورفولوژی گیاهی. انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران.
۳. قهرمان، احمد (۱۳۷۳) گیاه‌شناسی پایه جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.
۴. مجد، احمد. (۱۳۷۰) یاخته گیاهی (ساخت و کار). مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

# چگونه miRNAها باعث مقاومت به شوری و خشکی در گیاهان می شوند؟

زهرا سلیمان نژاد  
دبیر زیست‌شناسی نکا

## چکیده

در چند سال اخیر فاکتورهای که در سیگنالینگ اسید آسبیزیک نقش داشتند، عناصر وابسته به متابولیسم RNA تشخیص داده شده‌اند و بعضی از این فاکتورها مربوط به بیوسنتز miRNAها هستند. miRNAها، RNAهای ۲۴-۲۰ نوکلئوتیدی هستند که تنظیم‌کننده‌های مهم بیان ژن در سطح پس از رونویسی، به وسیلهٔ مهار بیان mRNA در موجودات یوکاریوت‌اند.

کلید واژه‌ها: miRNA، خاموشی ژن، تنش شوری.

## مقدمه

mRNA، ملکولی است تک‌رشته‌ای که به‌عنوان الگو برای پروتئین‌سازی استفاده می‌شود. تشکیل مولکول RNA دورشته‌ای بیان ژن را در بسیاری از موجودات زنده از جمله گیاهان، حشرات، کرم‌ها، قارچ‌ها و پستانداران مهار می‌کند و فرایندهای مهمی نظیر رشد و نمو، تکوین، رفتار و مقاومت به تنش را تنظیم می‌کند. خاموشی ژن در گیاهان در دو سطح رونویسی و پس از رونویسی اتفاق می‌افتد. خاموشی در سطح رونویسی در اثر متیلاسیون پروموتورژن و پس از رونویسی با مداخله در ساختار mRNA، تخریب و توقف بیان آن رخ می‌دهد. باتوجه به این‌که مکانیسم مداخله در ساختار mRNA در خاموشی ژن به‌طور اختصاصی، موفق و وراثت‌پذیر است، می‌تواند به عنوان ابزار توانمندی در اصلاح گیاهان به کار رود و از کاربردهای مهم آن در کشاورزی می‌توان به امکان ایجاد وراثت‌های جدید گیاهان زراعی، مقاومت به ویروس‌ها و بالا بودن کیفیت غذایی اشاره کرد.

گیاهان می‌توانند با مکانیسم‌های گوناگون در سطوح مختلف فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مراحل مولکولی از عهدهٔ شرایط نامناسب برآیند. به‌عنوان مثال، تنظیم پس از رونویسی برای مقابله با شرایط شوری و خشکی نقش دارد. در چند سال اخیر، استراتژی‌های گوناگون کاربردی برای تشخیص فاکتورهای درگیر در استرس خشکی مطرح شد. بیشتر توجه به تعیین ترکیبات سلولی درگیر در سیگنالینگ اسید آسبیزیک (ABA) بود. ثابت شد که این هورمون در پاسخ به استرس شوری و خشکی نقش دارد (زو همکاران ۲۰۰۲، سکی و همکاران ۲۰۰۷). بنابراین کشف فاکتور پاسخ‌دهنده به ABA می‌توانست مکانیسم سلولی درگیر در سیگنالینگ استرس و یا سازش با آن را مشخص کند. در تعیین تفاوت ژنتیک درگیر در پاسخ به ABA، ناگهان تعدادی فاکتور مربوط به متابولیسم RNA را پیشنهاد دادند. براساس یافته‌های آن‌ها پیشنهاد شد، در پاسخ سلولی گیاه در برابر کمبود آب یا شوری ترکیباتی مانند مولکول RNA، با تنظیم پس از رونویسی نقش دارند.

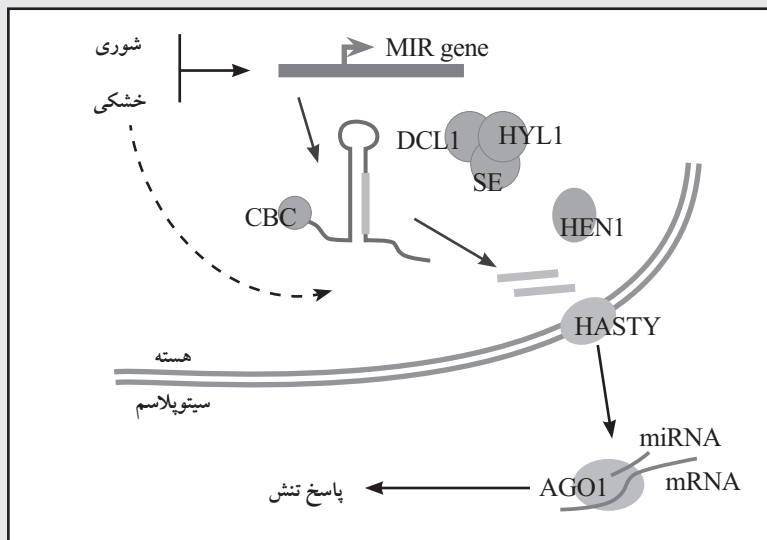
## متابولیسم RNA مرتبط با استرس‌های شوری و خشکی

بررسی جهش‌یافته‌ها نشان داد که miRNAها در پاسخ به استرس نقش فعالی دارند. جهش‌یافته در ژن SAD<sup>۱</sup>، افزایش حساسیت به ABA و مقاومت به خشکی را نشان می‌دهد (زایانگ و همکاران ۲۰۰۱). ژن SAD<sup>۱</sup>، یک پروتئین شبه Sm را کد می‌کند که در اسپلایسینگ و تجزیهٔ RNA دخالت دارد. در آرابیدوپسیس نیز جهش یافتهٔ abh<sup>۱</sup> حساسیت زیاد به ABA، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش پژمردگی را طی تیمار خشکی نشان داد (هیوگاوکس و همکاران ۲۰۰۱). ژن ABH<sup>۱</sup>، یک

پروتئین متصل‌شونده به cap mRNA را کد می‌کند. زایانگ و همکاران جهش یافتهٔ fiery<sup>۲</sup> را شناسایی کردند که مقاومت زیادی به تنش شوری را نشان می‌دهد. ژن FTERY<sup>۲</sup> یک پروتئین را کد می‌کند که شامل دو دُمین اولیهٔ اتصال به RNA دو رشته‌ای و یک تنظیم‌کنندهٔ منفی پاسخ به تنش است. GRPV نیز یکی از هشت عضو خانوادهٔ پروتئین‌های باند شونده به RNA و غنی از گلایسین در آرابیدوپسیس است که با استرس شوری بیان آن کاهش می‌یابد. پروتئین‌هایی که در قسمت بالا مثال زده شد به‌وسیلهٔ دُمین اتصال خود می‌توانند مولکول RNA را شناسایی کنند که این امر پایداری

## مکانیسم عمل میکرو RNAها

در گیاهان miRNAها مولکول‌های ۲۰-۲۴ نوکلئوتیدی‌اند که تنظیم پس از



رونویسی ژن‌ها را در سراسر ناحیهٔ مکمل جفت شدن بازها رونوشت هدف، هدایت می‌کنند. جفت شدن بازهای miRNA درون کمپلکس‌های پیچیدهٔ چند پروتئینی بزرگ، به نام RISK<sup>۲</sup> رخ می‌دهد. در نتیجهٔ ممانعت از بیان، به وسیله یکی از دو مکانیسم معمول انجام می‌شود. mRNA می‌تواند با شکست‌های بیشتر تجزیه شود و یا این که متناوباً شناسایی miRNA می‌تواند منجر به ممانعت از ترجمهٔ mRNA شود. قبل از این که HYL1 برای تولید miRNA به کار گرفته شود، یک رونوشت RNA از پیش‌ساز miRNA که دارای ساختار سنجاق سری است، به وسیله DAWDLE شناسایی می‌شود (یو و همکاران ۲۰۰۸) و سپس DAWDLE، این پیش‌ساز را در اختیار یک کمپلکس پروتئینی شامل DCL1، SE<sup>۱</sup> و HYL1 قرار می‌دهد. این کمپلکس پروتئینی پیش‌ساز miRNA را برای تولید RNAهای کوچک دو رشته‌ای ۲۰-۲۴ نوکلئوتیدی که شامل miRNA و توالی‌های مکمل آن است، را پردازش می‌کند. miRNA، دو نوکلئوتید از انتهای ۳ هر رشته را رها می‌کند (دانگ و همکاران ۲۰۰۸). سپس متیل HEN1<sup>۴</sup> انتهای ۳ هر دو رشته را قبل از انتقال miRNA دو رشته‌ای از هسته تغییر می‌دهد، این عمل را از مسیر Ran-GTP و با واسطهٔ HASTY (کمپلکس منفذ هسته‌ای) انجام می‌دهد (پارک و همکاران ۲۰۰۵، و یو و همکاران ۲۰۰۵). هر رشته miRNA یک RISC محتوی آرگونوات<sup>۹</sup> (AGO ۱) را به کار می‌گیرد و AGO1، miRNA را به سمت mRNAهای هدف هدایت می‌کند. شناسایی هدف از طریق جفت شدن بازها صورت می‌گیرد (واچرت ۲۰۰۸). mRNA می‌تواند با فعالیت اندوربینونکلئازی AGO1 که به وسیله miRNA هدایت می‌شود، بریده شود و شکستن RNA از موقعیت ۱۰ و ۱۱، از انتهای ۵ که مکمل با همان موقعیت‌ها در miRNA است صورت می‌گیرد و این امر موجب توقف بیان ژن هدف می‌شود (شکل ۱). سؤالی که مطرح می‌شود این است که جهش یافته hyl1 چگونه افزایش حساسیت

دیگری از خانواده miRNA است که مسئول تنش خشکی است. ژائو و کالابواتور ۲۰۰۸، نشان دادند که دو عضو از خانواده miR169 در آرآیدوپسیس، به نام های a,c miR169 وجود دارد که در تیمار شوری و خشکی سرکوب می‌شود، در نتیجه فراوانی mRNA هدف آن (NFYA5) که کدکننده زیر واحد هسته‌ای فاکتور رونویسی Y است، افزایش می‌یابد و نتیجه این افزایش پاسخ گیاهان به شرایط تنش است (لی و همکاران ۲۰۰۸).

به ABA را نشان می‌دهد؟ پیشنهاد درست این است گیاهانی که عاری از miRNA هستند و یا کاهش در میزان miRNA دارند نتایج متأثر از افزایش حساسیت به ABA را نشان می‌دهند، اگر چنین باشد انتظار می‌رود که جهش در ژن های کدکننده دیگر فاکتورهای تولیدکننده miRNA نظیر DCL1، SE، HEN1، و HASTY نیز فنوتیپی مشابه جهش یافته hyl1 را نشان دهند که این جهش یافته‌ها نیز افزایش حساسیت به ABA را داشتند (زانگ و همکاران ۲۰۰۸).

**گیاهان می‌توانند با مکانیسم‌های گوناگون در سطوح مختلف فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مراحل مولکولی از عهدهٔ شرایط نامناسب برآیند**

**نتیجه**

با miRNAهای شناخته شده فقط نیمی از معمای پاسخ گیاهان به استرس کشف شد. چندین مطالعهٔ تجمع زیاد miRNA را تحت شرایط معین نشان می‌دهد. ارتباط miRNA در تنظیم، به وسیلهٔ فعالیت آن‌ها بر mRNAهای هدف معین می‌شود. تنوع زیاد در mRNA هدف miRNAها در موجودات خاصی شناسایی شده است، نشان‌دهنده این موضوع است که تنظیم بیان ژن به کمک miRNAها، قادر است تأثیر

در بررسی miRNAهایی که در پاسخ به استرس‌ها درگیرند، miR159 موجب افزایش پاسخ به ABA اضافی می‌شود، اما در کنترل جوانه‌زنی بذرنقش ندارد (ریس و چو ۲۰۰۷). بررسی‌های دیگر همچنین نقش miR396 را در تنظیم ژن‌های هدف و رشد برگ نشان داد (لیو و همکاران ۲۰۰۹a). آن‌ها گیاهان تراریخت را تولید کردند که دارای فنوتیپ برگ‌های باریک بودند این امر به علت کاهش در تعداد سلول هاست. به علاوه این گیاهان مقاومت بیشتری به خشکی داشتند، که این پدیده احتمالاً به علت تراکم اندک سلول‌های روزنه است. miR396 این عمل را از طریق mRNAهای هدف که کدکنندهٔ فاکتور رونویسی GRF<sup>۱۰</sup> (تنظیم‌کنندهٔ رشد و نمو گیاه) است، انجام می‌دهد (لیو و همکاران ۲۰۰۹a). miR169 مثال

**مقدمه**

هورمون‌های LH و FSH هیپوفیزی نقش اصلی را در تنظیم اعمال بیضه‌ها به عهده دارند و تجربه نشان داده است که حداکثر ترشح هورمون‌های LH و FSH تنها زمانی حاصل می‌شود که GnRH به صورت جریانی ضربانی ترشح می‌شود. ترشح یکنواخت GnRH که به برقراری غلظت‌های زیاد و دائمی آن منجر و باعث غیرحساس شدن سلول‌های هدف (هیپوفیزپیشین) و کاهش ترشح هورمون‌های LH و FSH می‌شود.

بررسی عصاره هیپوفیز نشان داده است که LH نقش اولیه را برعهده دارد. هورمون LH به‌طور اختصاصی سلول‌های بینابینی بیضه را برای تولید تستوسترون تحریک می‌کند و به همین علت به آن هورمون محرک سلول‌های بینابینی (ICSH) گفته می‌شود. این سلول‌ها منبع تولید تستوسترون در جنس نر هستند و با به‌کارگیری آنزیم‌هایی که بخشی از مسیرهای سنتزاستروئید را کاتالیز می‌کنند، کلسترول را به آندروژن تبدیل می‌کنند. ۶۰ ثانیه بعد از اتصال LH به گیرنده میزان cAMP داخل سلولی افزایش می‌یابد که افزایش cAMP از طریق فعال کردن یک پروتئین کیناز به فسفریلاسیون پروتئین‌های داخلی سلولی می‌شود، در نهایت با جابه‌جایی و به حرکت درآمدن پیش مولکول‌های استروئیدی ساخته شدن پرگنولون از کلسترول تحریک می‌شود و بعد از ۲۰ الی ۳۰ دقیقه در میزان تستوسترون افزایش قابل توجهی مشاهده می‌شود. LH سلول لایدیدگ را تحریک می‌کند، احتمالاً از عرض غشای پایه انتشار می‌یابد و می‌تواند به سلول‌های سرتولی وارد شود. سلول‌های سرتولی تراکم بالایی از گیرنده‌های آندروژنی را دارند. غلظت موضعی بالای تستوسترون (۵۰ تا ۱۰۰ برابر غلظت پلاسما) برای تکمیل مراحل بعدی اسپرمتوژنز ضروری است. اخیراً مشخص شده است که پرولاکتین عمل تحریکی هورمون LH را روی سلول‌های بینابینی تسهیل می‌کند. گیرنده‌های پرولاکتین در سلول‌های لیدیگ وجود دارد. پرولاکتین تعداد گیرنده‌های LH را افزایش می‌دهد و برای اثر تحریک تولید آندروژن سینرژیک بر LH دارد.

**کلیدواژه‌ها:** LH, FSH, GnRH, ICSH, هورمون محرک سلول‌های بینابینی، کلسترول، سلول‌های لیدیگ، سرتولی، پرولاکتین

# عوامل مؤثر بر اسپرما توژنز

زیادی در عملکرد سلول به‌وسیله تعدیل در سطوح پروتئین‌هایی با فعالیت‌های مختلف برای حفظ هومئوستازی سلول داشته باشد. هم‌چنین miR<sup>396c</sup> در برنج به‌عنوان یک تنظیم‌کننده منفی ژن GRF و پروتئین‌های تنظیمی دیگر عمل می‌کند و یک حد واسط

**گیاهان در گیاهان miRNAها مولکول‌های ۲۰-۲۴ نوکلئوتیدی‌اند که تنظیم پس از رونویسی ژن‌ها را در سراسر ناحیه مکمل جفت شدن بازها در رونوشت هدف، هدایت می‌کنند**

در پاسخ گیاهان به تنش شوری و قلیاست یعنی افزایش بیان miR<sup>396c</sup>، مقاومت به شوری و قلیا را کاهش می‌دهد.

**پی‌نوشت**

1. microRNA
2. Supersensitive to ABA and drought 1
3. ABA hypersensitive 1
4. HYPOPLASTIC LEAVES 1
5. RNA-induced Silencing Complex
6. DICER-LIKE 1
7. SERRATE
8. HUA-ENHANCER 1
9. ARGONAUT 1
10. Growth regulating factor
11. Over-express

**منابع**

۱. یاسایی، ابوالفضل، miRNA و روند تداخل RNA، رشد آموزش زیست‌شناسی، شماره ۷۷ (زمستان ۱۳۸۸).
2. <http://www.iran-eng.com/showthread.php/156473>.
3. ALEJANDRA A. COVARRUBIAS & JOSÉ L. REYES (2010). Post-transcriptional gene regulation of salinity and drought responses by plant microRNAs. Plant, Cell and Environment. 33:481-489.
4. Peng Gao• Xi Bai• Liang Yang• Dekang Lv• Yong Li• Hua Cai• Wei Ji• Dianjing Guo• Yanming Zhu (2010). Over-expression of osa-MIR396c decreases salt and alkali stresstolerance. Planta. 231:991-1001.

منابع متن مقاله، از منبع شماره ۳ نقل شده‌اند.

## اثر FSH

برای حفظ روند اسپرماتوژنز فقط حضور هورمون LH کافی نیست، بلکه هورمون محرک فولیکول (FSH) نیز لازم است. سلول‌های سرتولی اولین مکان در بیضه هستند که به FSH پاسخ می‌دهند. FSH باعث تولید تعدادی از فاکتورهای رشد و فاکتورهای دیگر از سلول‌های سرتولی می‌شود. این فاکتورها سلول‌های اسپرم و عمل اسپرم‌سازی را محافظت می‌کنند و به‌طور چشمگیری تعداد سلول‌های اسپرماتوگونی، اسپرماتوسیت‌ها و اسپرماتیدها را در بیضه افزایش می‌دهند. بنابراین، FSH به‌طور مستقیم روی سلول‌های اسپرماتوگونی تأثیر نمی‌گذارد. اگرچه این هورمون نقش مستقیمی در راه‌اندازی و تکمیل فرآیند اسپرماتوژنز ندارد، اما در غیاب آن این روند متوقف می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که FSH و تستوسترون در مراحل نهایی اسپرمیوژنز در موش‌های صحرایی دارای فعالیت تشدیدکننده هستند. بدون حضور FSH فرآیند اسپرماتوژنز متوقف می‌شود و در این شرایط نه تنها برای بازگرداندن میزان اسپرم به حد طبیعی لازم است، بلکه برای حفظ باروری موجود نیز نیاز است.

## عوامل دیگر

تستوسترون برای رشد و تقسیم سلول‌ها زاینده ضروری است. بدون تستوسترون اسپرماتوژنز در مرحله اسپرماتوسیت اولیه متوقف می‌شود. تستوسترون از جداسازی زودرس اسپرماتیدهایی که نزدیک مرحله انتهایی خود هستند، از سلول سرتولی جلوگیری می‌کند. این اثر از طریق تحریک ترشح مولکولی چسبیده مانند N کادهیرین‌ها<sup>۲</sup> توسط سلول‌های سرتولی اعمال می‌شود. در طول تقسیم میوز تستوسترون از مرگ سلولی جلوگیری می‌کند.

هورمون رشد، خصوصاً تقسیم اولیه اسپرماتوگونی‌ها را تحریک می‌کند و این هورمون در تحریک رشد اندام‌هایی مانند مجرای ولف، غده پروستات و آلت تناسلی نقش دارد. هورمون رشد در پاسخ به GnRH آزاد می‌شود و تولید فاکتورهای رشد شبه انسولینی (LGF-1) را در بیضه تحریک می‌کند. این فاکتور رشد برای اسپرماتوژنز مهم است هم‌چنین

در جریان بلوغ هورمون رشد برای بلوغ اسپرم واجب است. ویتامین‌های A، E و C عوامل اجازه‌دهنده در مراحل اولیه اسپرماتوژنز هستند. ویتامین‌های A، E برای نگهداری اپیتلیوم ژرمینال نقش مهمی را در تنظیم درون بیضه‌ای بازی می‌کنند. فقدان ویتامین A در موش باعث پیدایش اختلالاتی در عمل تولیدمثل جانور می‌شود به طوری که در موش نر سبب وقفه در عمل اسپرماتوژنز می‌شود. مدارک فراوانی در مورد اهمیت ویتامین A در اسپرماتوژنز وجود دارد که امکان

دارد مکانیسم آن از طریق افزایش سنتز محصولات ترشحي مثل ترانسفرین باشد. فقدان ویتامین E در برخی پستانداران مانند رت موجب عقیم شدن حیوان می‌شود. یعنی جانور نر بیضه کوچک (آتروفی) شده دارد و تولید سلول‌های جنسی نر آن متوقف می‌شود. از این رو این ویتامین را عامل ضدنازایی<sup>۳</sup> موش نیز نامیده‌اند. به نظر می‌آید که ویتامین C در عمل بیوسنتز هورمون‌های استروئیدی مؤثر باشد.

## سنتز و ترشح تستوسترون

هورمون‌های بیضه‌ای توسط سلول‌های لایدیگ و در فضای میان بافتی ساخته می‌شوند. تجربه نشان می‌دهد که تقریباً همه آنزیم ۳- بتاهیدروکسی استروئید هیدروژناز بیضه‌ای که کاتالیز واکنش کلیدی در سنتز تستوسترون را به‌عهده دارد، در سلول‌های لایدیگ متراکم شده است. اگر چه تجربه نشان می‌دهد که هورمون LH موجب القای سنتز آنزیم‌های مهم در سنتز استروئید، از جمله ۳- بتاهیدروکسی استروئید و ۵- آلفا رودوکتاز می‌شود. با وجود این، به نظر می‌رسد که اثر اصلی این هورمون در مراحل اول سنتز تستوسترون یعنی در واکنش تبدیل

شدن کلسترول به پرگنولون بروز می‌کند و مولکول‌های کلسترول ماده اولیه سنتز کلیه هورمون‌های استروئیدی، از جمله استروئیدی‌های غدد جنسی نر و ماده است. واکنش جدا شدن زنجیره جانبی کلسترول و کاهش تعداد کربن‌های آن از ۲۷ به ۱۹، مرحله اصلی در تنظیم سرعت سنتز این استروئیدهاست. واکنش‌های تبدیل کلسترول به پرگنولون در غدد فوق کلیوی، تخمدان‌ها و بیضه‌ها به‌طور یک‌سان انجام می‌پذیرد با این تفاوت که این واکنش‌ها در غدد فوق کلیوی تحت تأثیر تنظیم‌کننده هورمون ACTH هیپوفیزی است در حالی که در غدد جنسی هورمون LH هیپوفیزی عامل محرک آن‌هاست.

کلسترول که سوپرسترای اصلی برای تولید هورمون‌های استروئیدی از جمله آندوژن‌هاست خود از دو منبع مشتق می‌شود. گردش خود که توسط آن LDL به گیرنده‌های ویژه روی سلول‌های بینابینی متصل شده که منبعی برای تولید کلسترول می‌شود و یا این که استیل کو آنزیم A توسط ۳-هیدروکسی-۳-متیل گلووتاریل کو آنزیم A رد- و رکتاز (HMGCOAR) به موالونات تبدیل می‌شود که این مرحله کلیدی برای بیوسنتز کلسترول است. تستوسترون می‌تواند از طریق پروژسترون و اندرواستندیول نیز سنتز شود. کلسترول می‌تواند از دو مسیر  $\Delta_4$ ،  $\Delta_5$  به تستوسترون تبدیل شود.

تبدیل کلسترول به تستوسترون مستلزم مراحل است که توسط اکسیدازها که به‌طور عمده به خانواده سیتوکروم  $P_{450}$  تعلق دارند تسریع می‌شود.

مسیری که در آن پرگنولون به پروژستون تبدیل می‌شود به نام مسیر  $\Delta_4$  و مسیری که در آن پرگنولون به ۱۷-آلفا هیدروکسی پرگنولون تبدیل می‌شود به نام مسیر  $\Delta_5$  معروف است. در مسیر  $\Delta_4$  که به مسیر پروژسترون معروف است، در نتیجه اکسیداسیون حلقه A پرگنولون و عمل کمپلکس  $\beta$ -HSD ۳ و ۴ و ایزومراز، پرگنولون به پروژسترون تبدیل می‌شود. سپس پروژسترون تحت تأثیر اندازه آنزیم‌ها به تستوسترون مبدل می‌شود. لازم به توضیح است که کلیه این مراحل در شبکه آندوپلاسمی صاف سلول لایدیگ انجام می‌شوند.

در مسیر  $\Delta_5$  در اثر هیدروکسیله شدن پرگنولون، ۱۷-آلفا هیدروکسی پرگنولون به وجود می‌آید. این ماده توسط آنزیم ۱۷ و ۲ لیباز به دی هیدرواپی آندروسترون مبدل می‌شود. سپس این ماده توسط آنزیم ۱۷-بتا هیدروکسی استروئید هیدروژناز به اندرواستندیول تبدیل می‌شود.

### مکانیسم عمل تستوسترون

تستوسترون آزاد همانند دیگر هورمون‌های استروئیدی پس از عبور از غشای سلول‌های هدف وارد سیتوپلاسم سلول می‌شود. در سیتوپلاسم اکثر سلول‌های هدف آنزیم ۵-آلفا ردوکتاز وجود دارد که تستوسترون را به DHT مبدل می‌کند. بافت‌های هدف را می‌توان بر حسب این که تحت تأثیر تستوسترون یا DHT قرار می‌گیرند، به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول بافت‌هایی که بیشتر تحت تأثیر DHT قرار می‌گیرند (این بافت‌ها حاوی بیشترین فعالیت آنزیم ۵-آلفا ردوکتازند)، مانند غده پروستات، کیسه منی، آلت تناسلی، و پوست آن. گروه دوم بافت‌هایی که به‌ویژه تحت تأثیر تستوسترون قرار می‌گیرند، مانند مجاری ولفیان در دوران ربوانی، سلول‌های اسپرماتوگونیای، عضلات، استخوان‌ها و کلیه.

دی هیدروتستوسترون در سیتوزول پروستات به گیرنده آندروژنی داخل سلول با میل ترکیبی بالا باند شده کمپلکس گیرنده دی هیدروتستوسترون را تشکیل می‌دهد که بسیار پایدارتر از کمپلکس گیرنده تستوسترون است. کمپلکس به داخل هسته مهاجرت می‌کند و پس از برخورد به کروموزوم‌های درون هسته منجر به افزایش تولید mRNA می‌شود و mRNA سبب سنتز پروتئین می‌شود که در نهایت باعث می‌شود که رشد تمایز سلولی انجام پذیرد.

تستوسترون سنتز پروتئین‌ها را در اندام‌های فرعی جنس مرد تقویت می‌کند و تجربه نشان می‌دهد که این عمل تستوسترون معمولاً با

•••••  
تستوسترون سنتز پروتئین‌ها را در اندام‌های فرعی جنس مرد تقویت می‌کند و تجربه نشان می‌دهد که این عمل تستوسترون معمولاً با افزایش تراکم اسیدهای ریبونوکلیک مانند mRAN و tRNA همراه است

•••••

•••••  
تستوسترون را می‌توان نوعی پروهورمون دانست، زیرا پس از سنتز و ترشح توسط بیضه‌ها در بافت‌های هدف به هورمون‌های بسیار فعال مانند دی هیدروتستوسترون و آندروستاندیول مبدل می‌شود

•••••





# گیاه رازیانه

## زهرایابی

کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی

دبیر زیست‌شناسی آموزش و پرورش ناحیه ۳ قم

## آشنایی با ویژگی‌های اکولوژیک و خواص دارویی

نارسایی کلیه، آنمی همولیتیک، تشنج و... را ندارد.

➤ عصاره برگ‌های آن باعث کاهش فشار خون می‌شود.

➤ دارای اثرهای استروژنی در افزایش ترشح شیر، پربودهای زودرس، سهولت در تولد و افزایش میل جنسی است. قطره و شربت شیرافزای رازیانه موجود است.

➤ جوشانده رازیانه و عصاره برگ آن شهرت باستانی در تقویت دید چشم دارد و به صورت موضعی برای درمان ورم ملتحمه و التهاب پلک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

➤ فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد التهابی و ضد سرطانی دارد که احتمالاً به آنتول آن نسبت داده می‌شود.

➤ بازکننده گرفتگی‌ها، انسداد مجاری سینه، کبد، طحال، کلیه و مثانه است.

➤ در درمان التهاب مؤثر است.

➤ میوه رازیانه اثر نیرودهنده، مقوی معده، اشتها آور، ضد اسپاسم و بادشکن دارد.

➤ میوه واسانس آن به علت وجود آنتول، موجب ترشح شیره‌های گوارشی و کیفیت هضم و رفع سوءهاضمه می‌شود.

ضد چروک، صابون‌ها، نرم‌کننده‌ها و لوسیون تقویت مو استفاده می‌شود.

در همه اندام‌های آن مجراهایی وجود دارد که روغن‌های ضروری تولید می‌کنند و ترکیب عمده آن آنتول<sup>۲</sup> است که در صنعت غذایی و عطرسازی استفاده می‌شود. ساختار شیمیایی آنتول مشابه دوپامین است که به‌طور طبیعی در بدن ساخته می‌شود. از جمله اثرهای دوپامین شل کردن عضلات روده باریک است که توضیح‌دهنده تأثیر مفید رازیانه است.

### شرایط مناسب رویش گیاه

رازیانه گیاهی مدیترانه‌ای است و در طول رویش به هوای گرم و آفتاب کافی نیاز دارد. بذر رازیانه در دمای ۶ تا ۸ درجه سانتیگراد



گیاه رازیانه با نام علمی *Foeniculum vulgare* متعلق به خانواده چتریان<sup>۱</sup> است. این گیاه بومی جنوب اروپا، آسیای میانه و مناطق مدیترانه‌ای است و به عنوان سبزی و ادویه استفاده می‌شود. در مناطق مختلف ایران نیز مورد استفاده دارویی و خوراکی قرار می‌گیرد.

رازیانه گیاهی علفی، معطر، افراشته و پایا، به ارتفاع یک تا دو متر، چند ساله و به ندرت یک‌ساله است. ساقه این گیاه استوانه‌ای شکل و به رنگ سبز روشن است. برگ‌ها سبز تیره، متناوب، ظریف و دارای بریدگی‌های کم و بیش عمیق هستند. گل‌های کوچک و زرد رنگ رازیانه در انتهای ساقه‌های اصلی و فرعی به صورت مجتمع در چتر مرکب قرار دارند. ریشه این گیاه غده‌ای، دوکی شکل، مستقیم و به رنگ سفید مات است. میوه آن به طول ۶ تا



*Foeniculum vulgare Mill*

### پی‌نوشت

1. Apiacea= Umbelliferae
2. anethole

### منابع

۱. امید بیگی، رضا. رازیانه. نشریه ترویجی، وزارت جهاد کشاورزی. معاونت ترویج و نظام بهره‌برداری. ۱۳۸۲.
۲. زرگری، علی. گیاهان دارویی. چاپ پنجم. جلد دوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۰. صفحات ۳۳۰-۳۳۳
۳. سفیدکن. فاطمه. بررسی کمی و کیفی رازیانه در مراحل مختلف رشد، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. شماره ۱۰، ۱۳۸۰، صفحات ۱۰۴-۸۵.
۴. مدرس‌نژاد، ویدا. معتمدی، بتول و اسدی‌پور، مرجان. مقایسه اثر مصرف خوراکی رازیانه و مفنمیک اسید در تسکین درد دیسمنوره اولیه. دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان. جلد پنجم. شماره ۱. ۱۳۸۵. صفحات ۱-۶.
5. Albert- Puleo M. Fennel and anise as estrogenic agents. J Ethnopharmacol 1980. 2(4): 337-44.
6. Lawrance PM. Merbenyl syrup. Med J. 1985. 142: 579-80.

می‌روید. خاک‌های لومی رسی با مواد و عناصر غذایی و ترکیبات هوموسی کافی برای رویش این گیاه مناسب‌اند. بهترین زمان برای آبیاری، ابتدای رویش گیاه، مرحله تشکیل ساقه و هم‌چنین مرحله نمو گل‌هاست.

### خواص دارویی رازیانه

➤ عصاره رازیانه همانند شربت گریپ‌واتر در بهبود دردهای کولیک نوزادان (دردهای گوارشی) مؤثر است.

➤ تأثیر عصاره و اسانس رازیانه بر دیسمنوره اولیه (دردهای قاعدگی بدون پاتولوژی لگنی) مشابه اثر درمانی مفنمیک اسید است و عوارض دارویی مفنمیک اسید از جمله اختلالات گوارشی، اسهال، خونریزی گوارشی،

۱۰ و به عرض ۲ تا ۳ میلی‌متر است. دو انتهای میوه باریک و رنگ آن سبز یا قهوه‌ای روشن است. بذر رازیانه ۲ تا ۳ ساله از قوه رویشی مناسبی برخوردار است و ۱۴ تا ۲۰ روز پس از کاشت سبز می‌شود.

قسمت‌های مورد استفاده آن ریشه، برگ و میوه است. میوه رازیانه علاوه بر داشتن ۱۰ تا ۱۲ درصد ماده روغنی، کمی هم ماده قندی موسیلاژ و اسانس دارد و دارای اثرهای فنیلی است که عامل اصلی خاصیت دارویی آن محسوب می‌شوند. ترکیبات شاخص آن ترانس آنتول، لیمونن و فنچون‌اند. میوه گیاه رازیانه بهترین اندام برای استخراج ترانس آنتول است. اسانس آن در ساخت داروها، مواد آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. در تهیه کرم‌های

# هلیکوباکتری پیلوری و مسمومیت‌های غذایی

محبوبه صوفی

کارشناس ارشد میکروبیولوژی  
دبیر زیست‌شناسی منطقه ۱۳ تهران

## مقدمه

در سال‌های پایانی قرن نوزدهم، انواعی اسپریل در معده برخی از جانوران شناسایی شد و به زودی مشابه آن‌ها را در معده انسان نیز مشاهده کردند که سبب ایجاد زخم معده و سرطان می‌شوند. هرگاه این بیماران تحت معالجه با دز بالایی از ترکیبات بیسموتی با خاصیت ضد میکروبی قرار می‌گرفتند، تعدادی از این افراد که باکتری را در معده خود داشتند، علائم کلینیکی بروز نمی‌دادند. تا سال ۱۹۸۰ که مارشال و وارن<sup>۱</sup>، آزمایش‌هایی در این رابطه انجام دادند. آنان این باکتری‌های اسپریل<sup>۲</sup> را جداسازی کردند و کشت دادند. این باکتری‌ها که شبیه به کمپیلوباکترها<sup>۳</sup> بودند، مانند آن‌ها نامگذاری شدند و سپس به گاستریت کمپیلوباکتر تغییر نام دادند و چون از ناحیه پیلور استخراج شده بودند، کمپیلوباکتر پیلوری نامیده شدند. این باکتری‌ها به علت تفاوتی که با کمپیلوباکترها دارند، در سال ۱۹۸۹ به هلیکوباکتر تغییر نام دادند و اکنون هم به همین نام معروفاند. ثابت شده است که این باکتری‌ها سبب تولید گاستریت مزمن و پیشرفته و تولید سرطان نیز می‌شود. دو دانشمند ذکر شده در سال ۲۰۰۵ در پزشکی و فیزیولوژی جایزه نوبل را کسب کردند(۱).

کلید واژه‌ها: هلیکوباکترها، ه. پیلوری، زخم معده، سرطان معده.

## طبقه‌بندی

فرمانرو: Bacteria

رده: Epsilon, proteobacteria

راسته: Campilobacterales

تیره: Helicobacteraceae

سرده: Helicobacter

گونه: *H. Pylori*

## ریخت‌شناسی

این باکتری‌ها، باکتری‌هایی گرم منفی با طول ۲-۴ μm و عرض ۱-۱.۵ μm معمولاً اسپریل هستند، ولی گاه به شکل میله‌ای هم دیده می‌شوند. وقتی در محیط کشت به مدت طولانی نگهداری شوند و یا با آنتی‌بیوتیک معالجه شوند، شکل کوكسی پیدا می‌کنند. دارای چندین تازّه در یک قطب‌اند و نوک تازّه‌ها دکمه مانند است و به‌طور فعال متحرک هستند. میکروآتروفیل‌اند و در محیطی که دارای اکسیژن با غلظت ۲٪-۵٪ باشد، رشد می‌کنند و به ۵٪-۱۰٪ رطوبت زیاد نیاز دارند.

رشد آن‌ها در دمای ۳۴-۴۰ انجام می‌شود. این باکتری‌ها در pH

کم‌تر از ۴ زنده می‌مانند، اما رشد آن‌ها معمولاً در ۸-۵.۵ pH است. همچنین احتیاج به محیط کشت پیچیده شامل بتاسیکلودکسترین، ایزویتال و چارکول دارند(۱).

این باکتری‌ها فقط در شرایطی که آمینواسیدهای آرژنین، هیستیدین، لوسین، ایزولوسین، متیونین، والین و فنیل آلانین در محیط موجود باشند، قادر به رشدند.

معمولاً محیط کشت آن‌ها شامل محیط اسکیرو همراه با وانکومایسین، پلی میکسین و تری‌متوپریم و محیط شکلات آگار است. کلنی آن شفاف ۲ میلی‌متر است(۶).

این باکتری‌ها در برخورد با شرایط استرس مانند، استرس اکسیداتیو، هلیکوباکتر ترکیبات کلیدی متعددی را از مقاومت‌های ضد استرسی اکسیداتیو بیان می‌کند. همانند کاهش استر سوپراکسید، از طریق کوفاکتورهای آهن، سوپر اکسیددسموتاز، کاتالاز و الکیل هیدروپراکسیدرودکتاز، به علاوه تیرو دوکسین مربوط به ردوکتاز و تیول پراکسیداز را نیز تولید می‌کند(۱).

## ژنتیک هلیکوباکتر

در این باکتری میزان  $C + G = 74\% - 75\%$  است. این باکتری دارای یک یا چند پلازمید است و به نظر نمی‌رسد که ژن مقاومت به

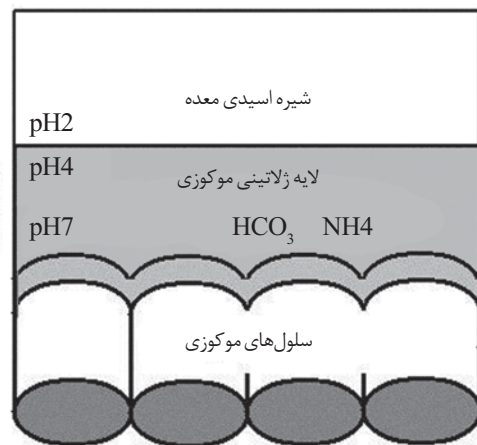
آنتی‌بیوتیک داشته باشد.

ژن بیماری‌زا در برخی از آن‌ها در ژن کلونینگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان تشکیل کلنی آن در محیط بسیار کم است. دارای هتروژنی<sup>۲</sup> است که با بازآرایی RNA انجام‌پذیر است و سبب سازگاری با شرایط معده میزبان و عدم پاسخ به سیستم ایمنی می‌شود. ژنی که سبب بیماری‌زایی در این باکتری می‌شود، Cag Pai است.

### متابولیسم نیتروژن

آمینو اسید و اوره بزرگ‌ترین منابع نیتروژنی در محیط معده هستند. اهمیت آمینواسیدها در متابولیسم نیتروژن و نقش آن در سیستم مقاومت به اسید است. هلیکوباکتر می‌تواند انواع منابع آمین‌دار را اتولیز کند. روش‌های دیگر که در سنتز آمونیوم نقش دارند، می‌توانند بسته به شرایط محیطی روش خود را تغییر دهند. از مهم‌ترین روش‌های تولید آمونیوم فعالیت آنزیم اوره آز است که در متابولیسم نیتروژن عمل می‌کند و باعث مقاومت به اسید و ویرولاسی می‌شود. تخمین زده می‌شود که بیش از ۱۰٪ پروتئین این باکتری از اوره آز تشکیل شده است (۱) (شکل ۱).

اوره آز



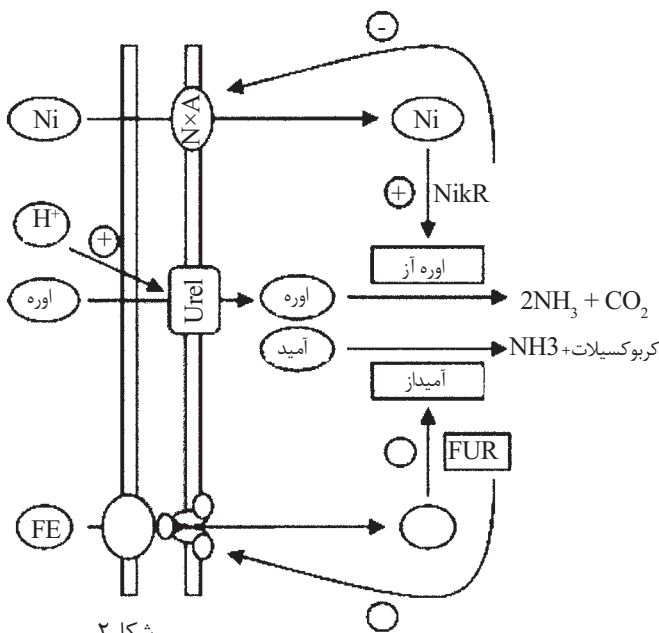
شکل ۱

### متابولیسم آهن و یون‌های فلزی مهم

از بافت‌های آسیب‌دیده کمپلکس آهن آزاد می‌شود. هم‌چنین آهن از ماده غذایی رقیق شده توسط پیپسین<sup>۳</sup> گرفته می‌شود. در حالت اسیدی معده، میزان حلالیت آهن افزایش ولی میزان کمپلکس آهن با پروتئین کاهش پیدا می‌کند. در ژنوم هلیکوباکتر ۱۱ پروتئین وجود دارد که درگیر انتقال آهن هستند. هلیکوباکتر باعث فعالیت فرس ردوکتاز<sup>۴</sup> می‌شود که آهن فریک را به آهن فرو تبدیل می‌کند. کاهش آهن غیر هم قابل جذب، به وسیله کاهش اسید معده و اسید

آسکوربیک در مایع معده است.

از دیگر فلزات مؤثر بر فعالیت هلیکوباکتر می‌توان از مس نام برد که نقش مهمی به عنوان کوفاکتور در انتقال الکترون اکسیداز و هیدروکسیلاز نقش دارد. کبالت به‌عنوان کوفاکتور در آنزیم آرژیناز و در متابولیسم نیتروژن نقش دارد. هم‌چنین در پاسخ ایمنی به هلیکوباکتر نقش دارد زیرا به آن حساس است و در درمان غیرآنتی‌بیوتیکی عفونت از آن استفاده می‌شود. نیکل نیز به عنوان کوفاکتور در مرکز آنزیم اوره آز قرار می‌گیرد (۱) (شکل ۲).



شکل ۲

### انواع هلیکوباکتر

هلیکوباکترها به دو گروه بزرگ تقسیم می‌شوند:

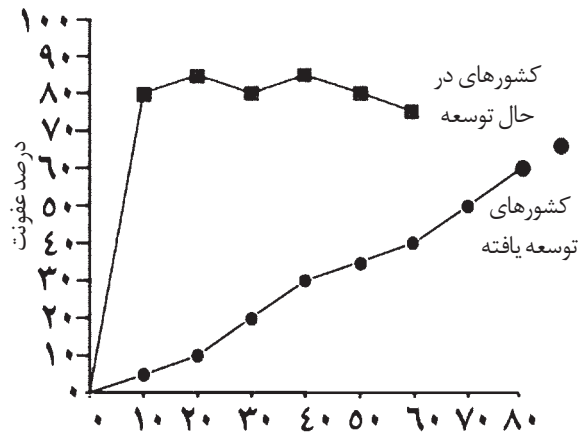
- *H.gastric*
- *H.entrohepatic*

نوع اول دارای تعداد زیادی گونه است که اکثر آن‌ها بر بافت مخاطی معده و تخریب آن و تغییر pH معده مؤثر هستند. انواع گونه‌ها در جانوران مختلف تولید بیماری می‌کنند. نوع دوم معمولاً در روده باریک، روده بزرگ و کیسه صفرا آلودگی ایجاد می‌کند و سبب التهاب مزمن و تکثیر بافت اپی‌تلیال می‌شود که منجر به نئوپلازی<sup>۵</sup> و بیماری‌های کبدی و صفراوی می‌شود. در این نمونه نوع مهم آن *H.hepaticus* است (۱).

### اپیدمیولوژی

در کشورهای صنعتی عفونت هلیکوباکتر بسیار اندک است و میزان آن در کودکان به کندی افزایش پیدا می‌کند. میزان بالغین مبتلا به آن در کشورهای غربی کمتر از ۵٪ در سال است. بهبود

بهداشت و شرایط زندگی، میزان ابتلا را در کودکان کاهش می‌دهد. معمولاً عفونت‌های جدید در کودکان اتفاق می‌افتد (شکل ۳).



شکل ۳ سن (سال)

به شکل کوکوتید در مدت طولانی در آب زنده بماند. شکل کوکوتید باکتری نقش مهمی در انتقال باکتری به انسان دارد. با استفاده از روش فلوسایتومتری تعداد سلول‌های زنده در آب تعیین می‌شود. همچنین ثابت شده است که می‌تواند با مخمر رابطه همزیستی داشته باشد و از تنش‌های محیطی در امان بماند. این باکتری می‌تواند درون یک واکنش بزرگ درون مخمر، خشکی، گرما، تغییرات pH و غلظت‌های کلر را تحمل کند. این رابطه نقش مهمی در انتقال به انسان دارد. معمولاً هلیکوباکتر از طریق گلیکو کالیکس به سطح مخمر می‌چسبد و وارد سلول می‌شود.

آزاد شدن کاتالاز توسط باکتری سبب می‌شود تا از اثرهای سمی حاصل از تجزیه نوتروفیل‌ها مثل اسید چرب با زنجیره طولانی محافظت شود.

همچنین کاتالاز باکتری را از فاگوسیت شدن محافظت می‌کند (۷). در ضمن وجود فاز اولیه در این باکتری‌ها که بیشتر از میزبان خود مقاوم به اسید هستند، عامل دیگری در بیماری‌زایی است. تحقیقات نشان داده‌اند که خالی شدن سریع‌تر معده، سبب

باقی ماندن تعداد بیشتری باکتری و انتقال آن‌ها به روده و تکثیر آن‌ها در روده می‌شود. استفاده از آنتی‌اسید یا بلوک‌کننده‌های ترشح اسیدی، شانس باقی ماندن آن‌ها را در معده و بعد روده افزایش می‌دهد (۳).

در طی یک تحقیق مشخص شده است که میکروبی مانند سالمونلا در صورتی که به سطح گوشت چرخ کرده تلقیح شود در pH ۲٫۶ از بین می‌رود، ولی می‌تواند در pH ۳٫۳۲ زنده بماند. همچنین در تخم‌مرغ پخته شده و نیز در منابع غذایی با پروتئین بالا و چربی کم زنده می‌ماند. این موارد نشان می‌دهد که چرا بیماری از راه دهان به ۱۰<sup>۵</sup> سلول نیاز دارد، ولی این میزان برای مواد غذایی آلوده به ۱۰<sup>۵</sup>-۱۰<sup>۶</sup> سلول می‌رسد. در مورد اشرشیاکلی<sup>۸</sup> این میزان کم‌تر است و به تغییرات سیگمافاکتور و کد شدن آن توسط ژن rpos بستگی دارد. این ژن می‌تواند گلوتامات را از محیط اسیدی

به درون سلول انتقال دهد و به وسیله گلوتامات دکربوکسیلاز به ۷-آمینو بوتیریک اسید تبدیل کند این آمینو اسید اثر بافری دارد که سبب هموستازی می‌شود. برای این آزمایش گوشت چرخ کرده را در محیط اسیدی و ۳۷ درجه قرار دادند. پس از ۲ ساعت مقداری از مایع را جدا و تعداد باکتری‌های زنده را تعیین کردند. میزان زنده ماندن برای گونه‌های حساس به اسید و

.....  
**آمینو اسید و اوره بزرگ‌ترین منابع نیتروژنی در محیط معده هستند. اهمیت آمینواسیدها در متابولیسم نیتروژن و نقش آن در سیستم مقاومت به اسید است**  
 .....

.....  
**در کشورهای صنعتی عفونت هلیکوباکتر بسیار اندک است و میزان آن در کودکان به کندی افزایش پیدا می‌کند**  
 .....

### انتقال و منابع عفونت

هلیکوباکتر دارای طیف باریکی از میزبان‌هاست که تقریباً منحصر به انسان و بعضی از پریمات‌هاست و به طور نایاب از حیوانات دست‌آموز جدا شده است. عفونت می‌تواند به‌طور

مستقیم از انسان به انسان، از طریق دهان یا مدفوع انتقال پیدا کند و اخیراً از پلاک‌های دندانی و بزاق و مواد حاصل از رفلکس معده نیز جدا شده است. این باکتری می‌تواند در میان دندانپزشکان، یا پرستاران منتقل شود. همچنین جویدن غذا توسط والدین خطری برای انتقال این باکتری به کودکان است.

در کودکانی که در مناطق پرجمعیت و بیرون از خانواده به سر می‌برند (مانند مهدکودک‌ها)، میزان این بیماری بیشتر است ولی در بالغین جمعیت تأثیر چندانی ندارد. این باکتری از آب هم به دست آمده است. فقط یک گزارش وجود دارد، که توانسته‌اند کشت هلیکوباکتر را از آب به دست آورند. ولی این ممکن است حاصل آلودگی آب با فاضلاب باشد. این باکتری به میزان کم در غذاهایی که دوباره فریز می‌شوند وجود دارد (۱).

### عوامل دیگری که در پاتوژنز نقش دارند

هلیکوباکتر در محیط آبی بقای بسیار طولانی دارد و می‌تواند

نمونه‌های در کشت اسیدی مقایسه شدند (جدول ۱) (۲).  
در جدول ۲ میزان ماده غذایی و باکتری‌های باقی مانده در pH اسیدی مقایسه شده است. افزایش میزان ماده سبب افزایش تعداد

را به وجود می‌آورد که راه‌های عفونی شدن لوله گوارش و کبد و صفرا را گسترش می‌دهد و شرایطی را ایجاد می‌کند که سبب زخم معده می‌شود (۱).

جدول ۱

پاتوژن	ماندگاری	درصد مقاومت به اسید
S.flexneri M25-	۹۵/۲۵	۲۸/۰۳
S.typhimurium	۶۲/۸۶	<۰/۰۰۱
E.coli 0157:H7	۴۳/۵۵	<۰/۰۰۹
C.jejuni 81116	۱/۹۹	<۰/۰۰۱
V.cholerae	۰/۲۰	<۰/۰۰۱

باکتری‌های زنده می‌شود. باکتری‌های حساس به اسید در pH ۴ و ۵ و ۶ سنجیده می‌شوند. باکتری‌هایی که در rpos موتان بودند، فقط pH ۴ را تحمل می‌کنند.

هلیکوباکتر پیلوری اپی تلیوم معده را مورد تهاجم قرار نمی‌دهد، ولی عمدتاً در درون لایه مخاطی باقی می‌ماند و وجود آن را با سنجش پادتن اختصاصی می‌توان تشخیص داد. علاوه بر آن پروتئین شوک حرارتی باکتری با بافت‌های میزبان واکنش تقاطعی دارد، خود ایمنی به وجود می‌آورد و فاکتورهای محلولی را آزاد می‌کنند که جذب بافت‌ها می‌شوند و سلول‌های التهابی را فعال می‌کند و پاسخ التهابی به سلول‌های اپی تلیال آسیب می‌زند و هموستازی گاسترین-اسید را بر هم می‌زند (۶). این پاسخ التهابی سبب تجمع سلول‌های پلی مورف چند هسته‌ای

ولی باکتری‌هایی ویبریو و کمپیلو در pH ۶ باقی می‌مانند. تأثیر pH محیط کشت با افزایش میزان ماده ارتباط دارد. هر چقدر میزان مواد بیشتر باشد، سبب افزایش زنده ماندن سالمونلا می‌شود. اگر مواد همراه با چربی باشند، این ارگانیزم‌ها در چربی‌های هیدروفوب به دام می‌افتند و از اثرهای اسیدی حفظ می‌شوند. ولی کمپیلوباکتر و ویبریو از این راه محافظت نمی‌شوند (۵ و ۲).

در طی یک تحقیق مشخص شده است که میکروبی مانند سالمونلا در صورتی که به سطح گوشت چرخ کرده تلقیح شود در pH ۲,۶ از بین می‌رود، ولی می‌تواند در pH ۳,۳۲ زنده بماند

جدول ۲

S.typhimurium SL1344(pACYC184)		ماندگاری
Amt(g)	pH پیش از تیمار	
۰/۱	۲/۵۰	۳۲/۰۷
۰/۵	۲/۷۰	۸۲/۴۷
۱/۰	۲/۸۳	۸۶/۳۷

و تک‌هسته‌ای درون سلول‌های آلوده می‌شود. در این حالت تخریب اپی تلیوم رایج است و آتروفی غده ممکن است اتفاق بیفتد.

پاتوژنز کلنی دار شدن هلیکوباکتر به تنهایی بیماری‌زا نیست. بلکه حالتی



اگرچه کلونیزه شدن در معده سبب القای گاستریت در سلولها می‌شود، ولی تخمین زده می‌شود که مبتلایان به هلیکوباکتر ۱۰٪ - ۲۰٪ افزایش ریسک در بیماری زخم معده دارند و ۱٪ - ۲۰٪ ریسک سرطان در آنان وجود دارد. میزان ریسک بستگی به انواع باکتری‌ها و میزبان و فاکتورهای محیطی دارد که سبب شدت گاستریت می‌شود.

مطالعات مربوط به فاز حاد عفونت در افراد داوطلب سالم نشان داده است که نشانه‌هایی از تهوع و برگشت غذا در بخش فوقانی لوله گوارش دیده می‌شود. در این حالت معمولاً زخم دیده نمی‌شود. این بیماری ممکن است در هر سنی بروز کند (۱).

.....  
**مطالعات مربوط به فاز حاد عفونت در افراد داوطلب سالم نشان داده است که نشانه‌هایی از تهوع و برگشت غذا در بخش فوقانی لوله گوارش دیده می‌شود. در این حالت معمولاً زخم دیده نمی‌شود. این بیماری ممکن است در هر سنی بروز کند**  
 .....

اثری در پیشگیری ندارند.

این واکسن‌ها را با استفاده از آنزیم اوره‌آز، یانوکسین‌های باکتری اشرشیاکلی، یا ویبریو کلرا می‌سازند. این واکسن‌ها قادر به تحریک سیستم ایمنی سلولی هستند (۱).

.....  
**از عواقب گاستریت مزمن سطحی این است که امکان دارد به صورت گاستریت مزمن آتروفیک درآید و شواهد نشان می‌دهد که به ده‌ها سال وقت نیاز است**  
 .....

پی‌نوشت

1. Marshall & Warren
2. Hetrogen
3. Pepsin
4. Ferric reductase
5. Neoplastic
6. Focuses
7. Clonization factor
8. Escherichia coli
9. Gastric adenocarcinoma

منابع

1. Vliet, Ernst; Johannes G Kusters, Pathogenesis of Helicobacter pylori Infection; Clin. Microbiol. Rev. 2006 July; 19(3):449-4901
- 2.cott R. Waterman and P.L.C. Small Acid-Sensitive Enteric Pathogens Are Protected from Killing under Extremely Acidic Conditions of pH 2.5 when They Are Inoculated onto Certain Solid Food Source Appl Environ Microbiol. 1998 October; 64(10):3882-3886.
3. Jaheon Koo, <sup>1\*</sup> Douglas L. Marshall, <sup>1\*</sup> and Angelo DePaola <sup>2</sup> Antacid Increases Survival of Vibrio vulnificus and Vibrio vulnificus Phage in a Gastrointestinal Model Appl Environ Microbiol. 2001 July; 67(7):2895-2902
4. www.emi-food borne
5. center for bisease control and prevention-2005-campylobacter infection

۶- فریدون ملک‌زاده؛ میکروب‌شناسی؛ انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۸۳، چاپ چهارم

۷- فریبا نورعلی‌آهاری، بررسی چگونگی انتقال هلیکوباکتر به انسان، دانشکده علوم دانشگاه تهران، ۱۳۷۴؛ پایان‌نامه

بررسی دوقلوهای همسان مطابقت در وضعیت هلیکوباکتر را نشان می‌دهد. صرف‌نظر از این که در یک محل و یا جداگانه پرورش پیدا کرده باشند، ولی در دوقلوهای غیرهمسان این‌طور نیست. حدس می‌زنند بعضی از افراد مستعد کلنی شدن هلیکوباکتر هستند. این فرضیه با افزایش این بیماری در کشورهای در حال توسعه و در سن جوانی و این که در بعضی از افراد هرگز مزمن نمی‌شود، تأیید می‌شود. گاستریت مزمن وقتی اتفاق می‌افتد که بین میزان ترشح اسید و گسترش گاستریت ارتباطی وجود دارد. اسید اثری بر رشد باکتری ندارد و باکتری در نقاطی که ترشح اسید کم‌تر است، رشد می‌کند.

### نقش باکتری در سرطان معده

از عواقب گاستریت مزمن سطحی این است که امکان دارد به صورت گاستریت مزمن آتروفیک درآید و شواهد نشان می‌دهد که به ده‌ها سال وقت نیاز است. زیرا خطر شناخته شده‌ای برای پیدایش آدنوکارسینومای معده<sup>۹</sup> است. در ضمن این عفونت با سرطان معده وضعیت اپیدمیولوژیک مشترک دارد. مانند وضعیت اجتماعی و اقتصادی. در بومیان و مهاجران و در تجمع‌های فامیلی بیشتر دیده می‌شود.

### درمان و واکسن

آنچه در درمان اهمیت دارد، ریشه‌کنی باکتری است که در مخاط معده جایگزین شده‌اند و باید در جریان درمان بلافاصله پس از کامل

# بیونیک

ترجمه و تدوین: اباذر اسماعیلی

مدرس مرکز تربیت معلم حضرت معصومه (س) شهر قم  
کارشناس ارشد علوم جانوری

اشاره

امروزه، چشم‌انداز بسیار درخشانی که از کاربرد علم بیونیک در برابر چشمان آدمی قرار گرفته است، بیانگر جایگاه استراتژیک آن در پزشکی-درمانی، اقتصادی، صنعتی و حتی نظامی است. لذا بهتر است که مراکز علمی کشور عزیزمان بیش از پیش به این علم توجه کنند و حتی معرفی و آگاهی دادن در مورد آن در برنامه‌های درسی و کتاب‌های درسی دوره متوسطه مد نظر قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: بیونیک، الهام‌گیری از طبیعت، سیبرنیتیک، زیست‌ساختار.

## مقدمه

از زمینه‌های علمی پیشرو و مفید در عصر حاضر نانو تکنولوژی<sup>۱</sup>، بیونیک<sup>۲</sup> و فناوری اطلاعات و ارتباطات<sup>۳</sup> هستند که به نظر می‌رسد در این میان، علم بیونیک سابقه بیشتر داشته باشد. از زمان پیدایش زندگی روی کره زمین طی میلیون‌ها سال ساختارها و عملکردهای زیست‌شناختی جانداران از جمله گیاهان و جانوران، بهینه شده‌اند. این الگوها که در زمان‌های بسیار طولانی به وقوع پیوسته‌اند، با توجه به عقل و منطق به کار رفته در آن‌ها، بسیار مفید و کارآمد هستند. از آن‌جا که به‌ویژه امروزه، توجه به داشتن عملکرد مناسب، بهینه‌سازی و بهبود کیفیت، همه از موارد ضروری در طراحی و مهندسی هستند، تعجب‌آور نیست که انسان معمولاً ساختارهای زیست‌شناختی را تحسین کند، اغلب از آن‌ها الهام بگیرد و از این الهام‌گیری برای مهندسی، برنامه‌ریزی امور و هموار کردن مشکلات خویش استفاده کند. در سال‌های اخیر و با پیشرفت علوم از جمله زیست‌شناسی، گستره علوم بسیار وسیع شده و شاخه‌های تخصصی و متنوعی در آن‌ها ایجاد شده است. در مواردی گسترش این شاخه‌ها به حدی بوده است که حوزه‌های آن‌ها حتی با یکدیگر هم‌پوشانی ایجاد کرده‌اند، به‌ویژه در حوزه‌های کاربردی به مباحث مشترکی رسیده‌اند و علوم بین‌رشته‌ای را ایجاد کرده‌اند. این علوم رابطی یا بین‌رشته‌ای از نیمه دوم قرن بیستم پا به عرصه حضور گذاشتند و شرایط مناسبی برای تداخل اندیشه‌ها و تخصص‌ها و پیشرفت پژوهش‌ها فراهم آوردند. بیونیک نمونه‌ای از این علوم بین‌رشته‌ای است که با تداخل اندیشه‌های زیست‌شناسان و مهندسان پیشرفت‌های چشمگیری در عرصه علم به دست آورده و منجر به بهبود زندگی انسان و صنایع بشری شده است.

موجود داشته باشد و طرحی مناسب برای رسیدن به هدف ارائه کند. در طبیعت، ساختارهای زیستی اغلب چند عملکردی هستند، لذا الگوداری از آن‌ها به‌عنوان یکی از راهکارهای نوین حل مسئله در رشته‌ها و علوم مختلف مورد توجه است. واژه بیونیک را برای اولین بار جک ای استیل<sup>۴</sup> در سال ۱۹۶۰ در مقاله‌ای که در مورد بیونیک در همایش نیروی هوایی داتیون اوهایو<sup>۵</sup> ارائه کرد، به کار برد. او بیونیک را علم سیستم‌هایی می‌داند که شالوده آن‌ها سیستم‌های زنده است، خصوصیات سیستم‌های زنده را دارد و یا به سیستم‌هایی زنده شباهت دارد.

بیونیک در ابتدا برگرفته از دو واژه Biology و Electronic بود، ولی امروزه بیونیک را شاخه‌ای از علوم می‌دانند که حاصل اختلاط زیست‌شناسی و تکنیک است. البته، برخی دیگر ریشه این لغت را یونانی و برگرفته از Bion می‌دانند و Bionic را از این نظر به معنای شبه‌زنده تعبیر می‌کنند.

اهمیت بیونیک به بین‌رشته‌ای بودن آن است. محققان طرح‌های زیست‌شناخت را از طبیعت می‌گیرند و از آن‌ها برای حل مشکلات مهندسی در علوم مختلف سود می‌جویند. به‌طور کلی، مهندس کسی است که توانایی استخراج عملکرد بیشینه با هزینه کمینه را از امکانات



به‌طور کلی امروزه بیونیک را علم الگوبرداری، الهام‌گیری و استخراج راه‌حل‌های خلاق و نوآورانه از طبیعت می‌دانند. این راه‌تازه‌ای است که به موضوع‌های مشترک بین موجودات زنده و ماشین منجر شده و از طریق گردآوری پژوهش‌های زیست‌شناسان، روانشناسان، ریاضیدانان، مهندسان و غیره شکل می‌گیرد. بیونیک محدود به رشته خاصی نیست، بلکه برای دامنه گسترده‌ای از مسائل در رشته‌های مختلف قابلیت اجرا دارد. بیونیک ساختار و رفتار مکانیسم‌های موجودات زنده را به‌طور علمی و به‌نحوی بررسی می‌کند که اصول کشف شده را بتوان در سیستم‌های دست‌ساز انسانی استفاده و به‌وسیله آن مشکلات مختلفی را حل کرد.

در دهه‌های اخیر، گرایش زیادی به تقلید از طبیعت پدید آمده، بسیاری طرح‌ها از طبیعت برگرفته شده‌اند و برای پیشرفت صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. این الهام‌گیری‌ها، اندیشه‌ها، خطوط تولید و حتی استراتژی بازاریابی را تغییر می‌دهد، به همین علت امروزه شرکت‌ها به الگوهای مشابه طبیعت اهمیت می‌دهند و بدین‌وسیله کالاهای جدیدی به مشتریان عرضه می‌کنند. اهمیت این موضوع از آن‌جاست که طرح‌های گرفته‌شده از طبیعت دقیقاً ظرفیت پاسخگویی به نیازهای گوناگون انسانی را دارند و در نهایت به شکل‌گیری نگاه‌های نو در طراحی کمک می‌کنند.

گروهی از متخصصان علوم مختلف، بیونیک را به‌طور ویژه علم استفاده از نتایج تکامل زیستی می‌دانند. آنان بر این عقیده‌اند که وظیفه پژوهشگران بیونیک بررسی فرایندها و ساختارهای زیستی و سنتز مواد، برای طراحی در آینده است. بیونیک بر این واقعیت استوار است که تکامل به‌طور مداوم در طبیعت در حال انجام است و تکنولوژی‌های حیاتی، بهترین حالت و نظم ممکن را دارند و به همین علت لازم است برای تکنولوژی‌های مدرن از حالت‌های تکاملی حیات الگوبرداری کرد و از آن‌ها الهام گرفت.

متخصصان دیگر بیونیک را هنر به کار گرفتن دانش سیستم‌های زنده برای حل مسائل فناورانه می‌دانند و هدف از علم بیونیک را تولید ماشین‌ها و مواد پیچیده‌تر با تقلید از طبیعت تعریف می‌کنند. آنان معتقدند که طبیعت بدون ایجاد آلودگی محصولات تولید می‌کند که از لحاظ کاری بسیار بهتر از تولیدات دست‌انسان عمل می‌کنند. برای مثال، در مقیاس برابر، استخوان سخت‌تر از فولاد است. چرا؟ قسمتی از پاسخ به این سؤال به‌فرم مهندسی عالی آن مربوط می‌شود؛ ولی علت‌های کلیدی‌تر آن که دقیق‌تر است، در تراز مولکولی مشاهده می‌شوند. گیت<sup>۶</sup> در این زمینه می‌گوید موفقیت موجودات زنده، به طراحی و تقارن کوچک‌ترین اجزای آن‌ها مربوط می‌شود.

علاوه بر آن‌چه که بیان شد، بیونیک را در ارتباط با مسایل و راهکارهای متنوعی که دارد، تعریف کرده‌اند. مثلاً، عده‌ای بیونیک را کاربرد اصول زیستی برای مطالعه و طراحی سیستم‌های مهندسی

## اهمیت بیونیک به بین‌رشته‌ای بودن آن است. محققان طرح‌های زیست‌شناخت را از طبیعت می‌گیرند و از آن‌ها برای حل مشکلات مهندسی در علوم مختلف سود می‌جویند

به‌ویژه سیستم‌های الکترونیک می‌دانند. طبق تعریف جانین بنیوس<sup>۷</sup> نویسنده کتاب تقلید زیستی<sup>۸</sup>، بیونیک علم مطالعه مدل‌های طبیعت و الهام‌گیری از این طرح‌ها و فرایندها برای رفع مشکلات انسانی است. در گذشته نیز انسان همواره برای الهام گرفتن به جهان زنده پیرامون خود نگریده است. یکی از بهترین طرح‌های شناخته‌شده از لئوناردو داوینچی (۱۴۵۲-۱۵۱۹) است. او طرحی از یک ماشین پرنده براساس ساختار بدن یک خفاش رسم کرده است. البته هنوز هم عده‌ای معتقدند که ساخت هواپیمایی که لئوناردو طراحی کرده، غیرممکن است (شکل ۱).



شکل ۱. مدلی که لئوناردو داوینچی با الهام از بال پرنده‌گان برای هواپیما طراحی کرد

بعد از لئوناردو داوینچی دو متخصص آناتومی به نام‌های کارل کارمن<sup>۹</sup> و هارمن ون مایر<sup>۱۰</sup> مدلی ویژه از لگن خاصره انسان در دو سیستم داخلی و خارجی تهیه کرده بودند که با یکدیگر مقاومت در برابر استرس‌های فشار و نیروهای کششی را تضمین می‌کرد. از نمونه‌های دیگر نیز می‌توان کارهای ایگو اتریچ و آگنازیو<sup>۱۱</sup> را نام برد. آن‌ها اولین هواپیمایی بی‌موتور سبک را با کپی‌سازی از دانه‌های بازدانگان ساختند که به‌وسیله باد منتقل می‌شدند و می‌توانستند فاصله‌های قابل ملاحظه‌ای را بپیمایند.

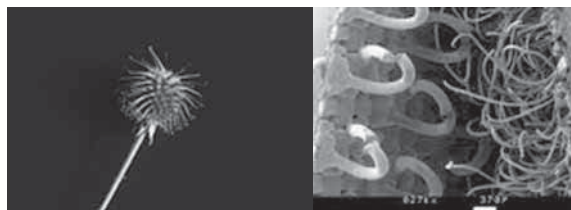
در سال ۱۸۹۰، چهارصد سال بعد از لئوناردو داوینچی، ماشین

## به طور کلی امروزه بیونیک را علم الگوبرداری، الهام‌گیری و استخراج راه‌حل‌های خلاق و نوآورانه از طبیعت می‌دانند

پرنده‌ای با طرح دایوینچی تهیه شد، با این تفاوت که این ماشین پرنده دارای موتور بود و به جای این که بال‌ها را به حرکت درآورند، از ملخ استفاده می‌کردند.

در سال ۱۸۸۹، او تو لیلینتال<sup>۱۲</sup> (۱۸۴۹-۱۸۹۶) یکی از پیش‌کسوتان پرواز، کتابی در مورد پرواز منتشر کرد و گلایدی نیز تحت عنوان گلایدی لیلینتال با الگوگیری از بال‌های پرندگان ساخت و آن را مرغ-کبوتر<sup>۱۳</sup> نامید. اخیراً یکی از دانشجویان دکتری دانشگاه تورنتوی کانادا نمونه‌ای از نخستین هواپیمایی که لئوناردو دایوینچی طراحی کرده بود ساخت و با آن ۱۴۵ متر پرواز کرد. در این هواپیما بال‌ها حول محوری نوسان می‌کنند، اما دوران نمی‌کنند. به این ترتیب وی رویای لئوناردو دایوینچی، نقاش و نابغه بزرگ عصر رنسانس را به واقعیت تبدیل کرد. بال‌های این هواپیما فقط با نیروی انسان و از طریق پدال زدن پرواز می‌کند. در ساخت این هواپیما از مواد فناورانه‌ای از جمله فیبرهای کربنی استفاده شده است. البته این هواپیما که «سنوبرد» یا پرنده برفی نام‌گذاری شده بال‌هایی به طول ۳۲ متر، به اندازه بال‌های هواپیمای بوئینگ ۷۳۷ دارد اما وزن آن فقط ۴۳ کیلوگرم است.

تا امروز الگوبرداری‌های زیادی از طبیعت انجام شده است. در سال ۱۹۲۷ مهندس سویسی به نام جنورج د مسترال<sup>۱۴</sup> متوجه شد که علت چسبیدن گیاه زردینه<sup>۱۵</sup> به پوستین او، قلاب‌های کوچکی است که جوانه‌های گیاه را پوشانده‌اند. او هشت سال وقت صرف کرد تا ولکرو را مشابه قلاب‌های این گیاه، ابداع کند.



امروزه معلوم شده است که از دولفین که با نیروی عضلانی کم می‌تواند به سرعت در آب حرکت کند، الگوبرداری کنند و نوعی زیردریایی با چنین خاصیتی بسازند. با الهام گرفتن از پوست دولفین نیز لباسی برای غواصان ساخته شده است که اصطکاک بدن شناگر و آب را به حداقل می‌رساند. همچنین ساخت رادار با توجه به سیستم

راداری خفاش‌ها مثال دیگری از بیونیک است.

باید بین مفهوم الهام‌گیری و مفهوم کپی‌سازی از طبیعت به طور ساده، فرق قائل شد. نکته مهم در این علم این است که تقلید جزء به جزء از طبیعت کار ساده‌ای نیست، مثلاً الگوبرداری ماشین پرنده از خفاش، به نحوی که فاصله دو انتهای بال‌های گسترده خفاش کمتر از حدود نیم‌متر است، در حالی که باید به تناسب فاصله بین دو انتهای بال‌های ماشین پرنده ۳۲ متر باشد، کار سختی است و ناگزیر باید از روش‌های ویژه‌ای استفاده کرد. البته بسیاری از روش‌ها هم مؤثر نخواهند بود و نیاز به تحقیق و پژوهش مستمری خواهند داشت.

امروزه همه اختراعات بشر را می‌توان به نوعی بهره‌گرفته از مدل‌های زنده دانست. رایانه‌ها و روبات‌های دستیار که رفته‌رفته جای انسان را می‌گیرند، با توجه به مطالعه روی ساختارهای زیستی ساخته شده‌اند. اکنون از شبیه‌سازی زیستی برای ساخت و درمان بافت‌ها و اندام‌های از دست‌رفته نیز بهره می‌گیرند.

### بیومیمتیک

بیومیمتیک<sup>۱۶</sup> نام دیگری برای علم بیونیک است که به طور خلاصه به طراحی با الهام از طبیعت گفته می‌شود. درحقیقت اساس این علم مدل‌های طبیعی زیستی است که با مطالعه فیزیولوژی آن‌ها می‌توانیم سیستم‌های مدرن تکنولوژیک را بسازیم. درواقع بیومیمتیک مطالعه ساختار و عملکرد سیستم‌های زیستی به‌عنوان مدلی برای طراحی و مهندسی اجسام و مواد است.

### رابطه بیونیک و سیبرنتیک

بیونیک و سیبرنتیک با روش کار مشابه، ولی کار متضاد انجام می‌دهند. متخصص سیبرنتیک مدل‌سازی به‌منظور توضیح سیستم زنده به کار می‌برد و طرح‌هایی را برای آزمایش‌های زیستی از آن‌ها کسب می‌کند، اما متخصص بیونیک با اطلاعات حاصل از سیستم طبیعی و یا از نظرهای جدیدی که از مدل گرفته شده، یا از آن‌چه که درباره کارهای سیستم زنده آموخته است، ماشین می‌سازد.

بیونیک از مبدل‌ها، یا از گیرنده‌های طبیعی هم چیزهایی آموخته است؛ به طوری که حساسیت گیرنده‌های طبیعی یا گیرنده‌هایی که در بدن موجودات زنده یافت می‌شود، اغلب مایه شگفتی است. برای مثال، مار زنگی مکانیسم حس مادون قرمز بسیار حساسی دارد که در حفره بین سوراخ بینی و چشم او قرار دارد. این اندام به‌قدری حساس است که در برابر یک‌هزارم درجه تغییر دمای سطحی واکنش نشان می‌دهد و این مقدار برای مار از نظر این که وجود جانور دیگری را حس کند، کافی است. آشکارگرهای گرما در پوست آدمی فقط می‌تواند به یک‌دهم درجه تغییر دمایی پاسخ دهند. در یک سانتی‌متر مربع پوست کف دست انسان ۳ عدد گیرنده حساس به گرما وجود

دارد، درحالی که در همین اندازه از سطح در قسمت سر مار زنگی ۱۵۰۰۰ عدد گیرنده حساس به گرما وجود دارد. اما انسان با استفاده از این مکانیسم طبیعی، مکانیسم حسی مادون قرمزی ساخته‌اند که حساسیت آن صدهزار بار بیشتر از حس مادون قرمز مار زنگی است و از آن در جنگ جهانی دوم توسط آلمانی‌ها در تیراندازی به هنگام تاریکی شب استفاده می‌شده است.

### مثال‌هایی دیگر از بیونیک

از میوه فندقه بالدار درخت افرا در ساخت نوعی بالگرد الگوبرداری شده است، به این صورت که به‌طور طبیعی در درخت افرا، میوه دارای دو بال است که به‌صورت دوتایی و با زاویه‌ای خاص در مقابل هم نسبت به محور مشترک بین آن‌ها دیده می‌شود. این مجموعه پس از جدا شدن از گیاه مدتی در هوا می‌چرخد. در همین حال با جریان باد از این طرف به آن طرف می‌رود تا بالاخره بر زمین می‌افتد.

مثال دیگر، استعدادی است که بعضی جانوران در پیش‌بینی زمین‌لرزه دارند. بعضی جانوران چند ساعت پیش از وقوع زلزله شروع به بی‌تابی می‌کنند. تأیید این مسئله به سادگی امکان‌پذیر نیست، اما دو پژوهشگر ژاپنی برای پی‌بردن به اسرار نهفته در این پدیده آزمایش‌هایی روی گربه‌ماهی انجام داده‌اند.

گربه‌ماهی توسط گیرنده‌های حسی بسیار قوی در برابر تغییرات بسیار جزئی میدان الکتریکی پیرامون واکنش نشان می‌دهند و نیز در بعضی از ماهی‌ها گیرنده‌های بسیاری وجود دارد که بیشتر انرژی الکترومغناطیسی را حس می‌کنند. امروزه دانشمندان جهان به‌ویژه دانشمندان ژاپنی در حال کوشش برای ساخت دستگاه‌های پیش‌بینی‌کننده زلزله بر همین مبنا هستند.

### معماری در طبیعت

رفتار شگفت‌انگیز برخی جانوران به‌خصوص در رابطه با شکل و طریقه ساخت آشیانه می‌تواند راهنمای معماران و مهندسان در ساخت بناها و سازه‌های مختلف باشد.

کلیساهای سنگی ارمنستان و نیز غارهای بسیار بزرگ مسکونی مکشوف در گورمه ترکیه و ماترا در جنوب ایتالیا نیز از دیگر نمونه‌های تقلید انسان از طبیعت هستند. این بناها احتمالاً چیزی شبیه به لانه‌های بزرگ موربانه‌ها هستند که هزاران موربانه را در خود جای می‌دهند.

اخیراً طراحی منحصر به فردی برای معماری یک سازه عظیم به نام برج بیونیک صورت گرفته است. آن‌چه این برج را شگفت‌انگیز می‌کند، چیزی بیشتر از ارتفاع ۱۲۲۸ متری آن، یا اسکان ۱۰۰ هزار نفر در این بنای ۳۰۰ طبقه‌ای است. دو معمار اسپانیایی این سازه غول‌پیکر را براساس قوانین حاکم بر طبیعت طراحی کرده‌اند. این دو

### گروهی از متخصصان علوم مختلف، بیونیک را به‌طور ویژه علم استفاده از نتایج تکامل زیستی می‌دانند

معمار در ادامه پژوهش‌های خود در راستای آموختن از طبیعت در مسائلی چون انعطاف‌پذیری، قابلیت سازگاری با محیط، صرفه‌جویی در انرژی نمونه‌های سازه جدید به نام زیست‌ساختار<sup>۱۷</sup> را به گونه‌ای طراحی کرده‌اند که همه قسمت‌های آن ملهم از طبیعت باشد، چرا که آن‌ها اعتقاد دارند طبیعت پاسخ همه مشکلات را در خود دارد. اولین و مهم‌ترین نکته‌ای که در ساخت بنایی مرتفع باید به آن توجه شود، مقاومت آن در برابر باد و زلزله است. این دو نکته در برج بیونیک با ساخت پی‌های ملهم از ریشه درختان تنومند در نظر گرفته شده است. گونه‌ای آمفی‌بود<sup>۱۸</sup> که سخت‌پوست کوچکی است و درون بدن ژلاتینی نوعی آبدزدک دریایی زندگی می‌کند، در سریال علمی تخیلی «بیگانه» برای خلق هیولاهای فضایی الهام‌بخش بوده است. شاهدیم که برای خلق صحنه‌های جذاب و جالب در صنعت سینما از بازسازی جانداران مختلف واقعی و تخیلی استفاده‌های گسترده‌ای صورت می‌گیرد.

### بیونیک و مهندسی پزشکی

**قلب مصنوعی.** از اشکال ابتدایی قلب مصنوعی تا انواع پیشرفته آن که با ابعادی مناسب برای قرار گرفتن درون سینه و قابلیت پیوند شدن به بدن ساخته شده‌اند استفاده می‌شود.

**کلیساهای سنگی ارمنستان و نیز غارهای بسیار بزرگ مسکونی مکشوف در گورمه ترکیه و ماترا در جنوب ایتالیا نیز از دیگر نمونه‌های تقلید انسان از طبیعت هستند. این بناها احتمالاً چیزی شبیه به لانه‌های بزرگ موربانه‌ها هستند که هزاران موربانه را در خود جای می‌دهند.**

**دست و پاهای مصنوعی.** امروزه نه تنها مفاصل و دست و پاهای مصنوعی ساخته می‌شود، بلکه دانشمندان پلیمری را کشف کرده‌اند که می‌تواند امکان لمس و احساس سرما و گرما را فراهم کند. البته به‌نظر می‌رسد در حال حاضر کوچک‌ترین و قدرتمندترین دست بیونیک<sup>۱۹</sup> باشد. این اندام مصنوعی یک دست پلاستیکی سبک است

آزمایش خواهد شد، در ابعاد یک فنجان است و می‌تواند عملکردهای زیستی مختلف کلیه طبیعی را داشته باشند.

**حلزون مصنوعی دستگامی کوچک و دوقسمتی است که یک بخش آن به ساختار درونی گوش پیوند زده می‌شود و بخش دوم یک میکروفون بسیار کوچک است که به لاله گوش می‌چسبید**

#### پی‌نوشت

1. Nanotechnology
2. Bionic
3. ICT
4. J. E. Steel
5. Dayton Ohio
6. Gate
7. Janine Benyus, 1997
8. Biomimicry
9. Carl Carman
10. Harman Van Mayer
11. Igo Etrich & Ignazio
12. O. Lilienthal
13. Taube
14. George de Mestral
15. Cocklebur
16. Biomimetic
17. Bio Structure
18. Phronima
19. i-Limb
20. Luke Arm

#### منابع

1. www.chemlack.bolgfa.com
2. www.fekreno.org
3. www.biomimetic.org
4. www.brighthub.com
5. www.en.wikipedia.org
6. www.aftab.ir
7. www.bmem,mihanblog.com
8. www.denger 1. blogfa.com6-
9. www.eca.ir
10. www.eng.ui.ac.ir
11. www.ghalamonline.com
12. www.hamshahronline.ir
13. www.iranbmemag.com
14. www.mehrnews.com
15. www.mohandesi-pezeszki.blogfa.com
16. www.pmbs.ir
17. www.sciencedirect.com

که هر انگشت آن موتور جداگانه‌ای دارد و می‌تواند به‌طور مستقل در پاسخ به پیام‌های ارسالی از دو حسگر که روی پوست در جایی دیگر از بدن فرد قرار دارند، حرکت کنند. این دست دارای یک سیستم متوقف‌کننده است که از فشرده شدن بیش از اندازه اجسامی که در دست گرفته می‌شوند، ممانعت به‌عمل می‌آورد. چون از یک پوست سیلیکونی پوشیده شده است، برخی حتی آن را با دست واقعی اشتباه می‌گیرند. از آنجا که بعضی مصرف‌کنندگان به‌خصوص سربازان ظاهر مکانیکی و ترمیناتوری دست را ترجیح می‌دهند، این کمپانی اقدام به تولید دست‌هایی با پوشش شفاف کرده است. بازویی<sup>۲۰</sup> دیگر به مصرف‌کنندگان اجازه می‌دهد که با دیگران دست بدهند، کلید را در قفل بگردانند و حرکات دقیقی چون برداشتن یک دانه قهوه را انجام دهند. با وجود پیشرفت‌های زیاد در این وسایل، هنوز موانع زیادی برای رسیدن به اندام‌های مصنوعی آرمانی وجود دارد، مثلاً تهیه پروتز که مستقیماً با استخوان و اعصاب ارتباط برقرار کند و با بدن یکی شود و تنها تفاوت آن در جنس آن باشد، نیاز به پیشرفت بسیار بیشتری دارد.

### امروزه همه اختراعات بشر را می‌توان به‌نوعی بهره گرفته از مدل‌های زنده دانست

**حلزون مصنوعی گوش.** حلزون مصنوعی دستگامی کوچک و دوقسمتی است که یک بخش آن به ساختار درونی گوش پیوند زده می‌شود و بخش دوم یک میکروفون بسیار کوچک است که به لاله گوش می‌چسبید. این میکروفون کوچک امواج صوتی را از دنیای اطراف دریافت می‌کند و به حلزون مصنوعی می‌رساند. حلزون مصنوعی امواج صوتی را به تحریکات الکتریکی تبدیل می‌کند و سپس به اعصاب شنوایی می‌فرستد. بدین ترتیب نه تنها سر و صدای اطراف بلکه آواهای صوتی تشکیل‌دهنده کلمات نیز شنیده و درک می‌شوند. **اندام مصنوعی برای حفظ تعادل.** پژوهشگران اولین اندام مصنوعی قابل کاشت برای حفظ تعادل را برای افرادی که از سرگیجه، تهوع و عدم تعادل رنج می‌برند، ایجاد کرده‌اند.

**کلیه مصنوعی.** اخیراً محققان کلیه مصنوعی جدیدی ساخته‌اند که در آن یک واکنشگر زیستی تعبیه شده است و به این ترتیب این وسیله می‌تواند کنترل توازن سوخت و ساز و حجم آب بدن را در کسانی که کلیه‌هاشان از کار افتاده، به‌عهده بگیرد. این کلیه جدید دارای دو سکوی عملکردی است. در سکوی اول، از فیلترهای نانوی ویژه‌ای برای فیلتر کردن سموم متابولیک خون استفاده می‌شوند و در سکوی دوم در داخل یک راکتور زیستی، سلول‌های لوله‌ای کلیوی رشد داده می‌شوند و می‌توانند عملکرد کلیه را در موازنه‌الکترودها، متابولیت‌ها و آب تقلید کنند. این دستگاه که به‌زودی روی جانوران

# فیزیک پدیده‌های زیستی

محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر  
کارشناس گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

کم می‌شود. مثلاً اگر مساحت صفحات خازن نهایی  $0.10$  مساحت صفحات خازن اولیه باشد، ظرفیت نیز  $0.1$  ظرفیت اولیه می‌شود. به خاطر داریم  $V_p = (C_p/C_1)V_1$  می‌شود. بنابراین برای این خازن جدید  $V_p = 10V_1$  می‌شود. پس، وقتی که برانکار بیرون کشیده می‌شد، اختلاف پتانسیل به علت آن که بار روی خازن روی سطح صفحه کوچک‌تری جمع می‌شد، افزایش می‌یافت و این اختلاف پتانسیل لازم برای جرقه زدن را مهیا می‌کرد.

۲. چرا وقتی نسیم شدیدی در یک جنگل کاج می‌وزد، می‌توانید ترنم آوازی را از برگ‌ها بشنوید؟ این صداها که با وزش نامنظم نسیم شدید در رفت و آمدند، یکی از جنبه‌های آرامش‌بخش جنگل کاج در روزهای پاییزی است.

پاسخ. وقتی نسیم از کنار استوانه‌ای باریک مثل یک برگ سوزنی کاج می‌گذرد، جریان هوا می‌خواهد گردبادهایی در طول آن به‌وجود آورد. گردبادهای ابتدا در یک طرف، سپس در طرف دیگر، و مجدداً در همان طرف تشکیل می‌شوند و این شکل‌گیری به همین ترتیب ادامه می‌یابد. تشکیل این گردبادهای فشار هوا را تغییر می‌دهد و

۱. غالباً یک مصدوم سوختگی در حالی مداوا می‌شود که روی برانکار در اتاقک سر بسته‌ای پر از هوای غنی شده با اکسیژن، دراز کشیده است. سابق بر این، وقتی جلسه مداوا تمام می‌شد، مستخدم بیمارستان برانکار و بیمار را از داخل اتاقک روی تخت چرخداری می‌کشید تا او را از اتاقک بیرون ببرد. ولی گاهی برانکار در انتهای مسیر، هنگامی که داشت از اتاقک خارج می‌شد، آتش می‌گرفت و بدیهی است هوایی که اکسیژن آن غنی شده است نیز به سادگی آتش می‌گرفت و این وضعیتی بسیار خطرناک بود. چه عاملی باعث آتش گرفتن برانکارها می‌شد؟

پاسخ. بررسی‌ها نشان دادند که گاه بر اثر حرکت بیمار جدایی باری بین پوست و روپوش بیمار و ملاقه روی برانکار رخ می‌داد. همچنین دریافتند که برانکار و بخشی از چارچوب فلزی اتاقک که در زیر برانکار قرار داشت، تشکیل یک خازن تخت را می‌دادند. وقتی برانکار از اتاقک بیرون آورده می‌شد، از سطح مشترک صفحه‌های برانکار و چارچوب کاسته می‌شد و بنابراین مساحت صفحه‌های خازن نیز کم می‌شد.



بنابراین قطاری از تغییرات فشار در طول استوانه راه می‌افتد و موجی صوتی موسوم به **آوای اتولوس** منتشر می‌شود. هرگاه شما در مسیر این امواج صوتی قرار گیرید، تغییرات فشار هوای ناشی از جریان‌های گردبادی را خواهید شنید. هرچه هوا سریع‌تر از کنار استوانه بگذرد، این تغییر فشار بیشتر رخ می‌دهد و در نتیجه بسامد صدا بیشتر می‌شود.

۳. در سبک نقاشی امپرسیونیسم، اشیاء و زمینه آن‌ها به‌جای جزئیات، صرفاً با شکل کلی خود نقاشی می‌شود. لکود

توجه کنید که در این دو وضعیت بار روی صفحه‌های خازن تغییر نمی‌کنند و فقط از مساحت صفحه‌های خازن مؤثر کاسته می‌شود. می‌دانیم  $q=CV$  است که در آن  $C$  ظرفیت خازن و  $V$  اختلاف پتانسیل دو سر خازن است. اگر  $C_1$  و  $V_1$  را به ترتیب ظرفیت و اختلاف پتانسیل اولیه، و  $C_p$  و  $V_p$  را به ترتیب ظرفیت و اختلاف پتانسیل نهایی بگیریم، خواهیم داشت:  $C_1 V_1 = C_p V_p$ . از طرفی می‌دانیم که ظرفیت خازن تخت برابر با  $\epsilon A/d$  است که  $A$  مساحت صفحه‌ها و  $d$  فاصله بین صفحه‌هاست. پس در وضعیت نهایی که مساحت مؤثر  $A$  صفحه‌ها کم شده است، ظرفیت خازن نهایی نیز

**مونه<sup>۱</sup> برای نقاشی‌های امپرسیونیستی خود از مناظر طبیعت مشهور است. با بالا رفتن سن مونه آثار او رنگ گرم‌تری از قرمز و زرد به خود گرفت و رنگ‌های دیگر طیف مرئی از آن‌ها حذف شدند. آیا این تغییر رنگ در آثار مونه می‌توانست دلایل فیزیکی یا فیزیولوژیکی داشته باشد؟**

**پاسخ:** بسیاری از نقاشان عصر امپرسیونیسم دارای نقایص بینایی بودند. برخی از آن‌ها نزدیک‌بین بودند و در نتیجه‌اشیایی را که نقاشی می‌کردند، مات و مبهم می‌دیدند که این از قضا برای سبک امپرسیونیستی مناسب بود. حتی برخی از آن‌ها بوم را در فاصله یک دست از خود می‌گرفتند تا بیرون از فاصله کانونی دیدشان قرار گیرد. اما برخی مثل **مونه** از بیماری آب مروارید رنج می‌بردند که مانع دید آن‌ها در فاصله بیش از چند متر می‌شد. احتمالاً **مونه** بیماری آب مروارید هسته‌ای<sup>۲</sup> داشت که بخش آبی طیف مرئی را حذف و بخش زرد-قرمز آن را حفظ می‌کند و همین موضوع سیطره رنگ زرد-قرمز را در آثار متأخر او توضیح می‌دهد. جالب آنکه وقتی او در اواخر عمر تحت عمل جراحی قرار گرفت و بیماریش بهبود یافت، از این آثار زرد-قرمز خود خشمگین شد و بر آن شد که آن‌ها را از بین ببرد یا مجدداً رنگ‌آمیزی کند.

**۴. گروه‌های فوریت‌های پزشکی برای توقف لرزش بطنی افرادی که دچار حمله قلبی شده‌اند، از دستگاه‌های دفع لرزش استفاده می‌کنند. اساس کار این دستگاه‌ها چیست؟**

**پاسخ.** در نوع قابل حمل این دستگاه‌ها یک باتری، خازنی را تا اختلاف پتانسیل بالایی باردار می‌کند و به این ترتیب خازن در زمانی کمتر از یک دقیقه مقدار زیادی انرژی ذخیره می‌کند. باتری کی اختلاف پتانسیل نسبتاً کمی را تأمین می‌کند، ولی با استفاده از یک مدار الکترونیکی این اختلاف پتانسیل بارها و بارها به خازن داده می‌شود تا اختلاف پتانسیل به مقدار زیادی افزایش یابد. صفحه‌های رابط "کفشک‌ها" روی قفسه سینه بیمار قرار داده می‌شود. وقتی کلید دستگاه زده شود، خازن بخشی از انرژی ذخیره شده خود را از طریق بدن بیمار، از یک کفشک به کفشک دیگر، منتقل می‌کند. مثلاً وقتی یک خازن  $70 \mu F$  در یک دستگاه رفع لرزش تا  $5000V$  باردار شود، طبق معادله  $U = \frac{1}{2} CV^2$  انرژی‌ای برابر  $875J$  در خازن ذخیره می‌شود. حدود  $200J$  از این انرژی از طریق بدن بیمار در حین یک تپ (پالس)  $2/0$  میلی‌ثانیه‌ای فرستاده می‌شود. توان این تپ با استفاده از معادله  $P=U/t$  برابر با  $100kW$  می‌شود که بسیار بزرگ‌تر از توان خود باتری است.

**۵. چرا وقتی سر شما زیر آب است، تصور می‌کنید صدای کسی که دور از شما و در سمت راست تان قرار دارد، از جهت مقابل گسیل شده است؟**

**پاسخ.** یک سرنخ که مغز شما برای تعیین جهت منبع صدا به

کار می‌گیرد، تأخیر زمانی بین رسیدن صدا به گوش نزدیک‌تر به منبع و گوش‌سی است که دورتر از منبع قرار دارد. مثلاً اگر منبع صدا مستقیماً در طرف راست شما باشد، تأخیر زمانی  $0/00058$  ثانیه است و تجربه قبلی به‌درستی به شما می‌گوید که چشمه در سمت راست و در زاویه  $90^\circ$  نسبت به جهت مقابل قرار دارد. با این همه، اگر شما و منبع صدا در آب فرو روید، میزان تأخیر زمانی تنها یک-چهارم تأخیر زمانی قبلی ( $0/00014$  ثانیه) خواهد بود، زیرا سرعت صوت در آب ۴ برابر سرعت صوت در هواست (پس صدا سریع‌تر از گوش نزدیک‌تر به گوش دیگر حرکت می‌کند). این تأخیر زمانی کوتاه‌تر و تجربه قبلی شما، این علامت اشتباه را می‌دهد که منبع در زاویه فقط  $13^\circ$  نسبت به جهت مقابل قرار دارد. البته ممکن است نتوانید این زاویه را به خوبی تعیین کنید، زیرا تأخیر زمانی از یک گوش به گوش دیگر، ممکن است بر اثر یک اثر اضافی برهم بخورد. صدا در آب راحت‌تر به گوش منتقل می‌شود تا در هوا. بنابراین، وقتی سر شما زیر آب قرار دارد، صدا نه تنها با عبور از آب، بلکه با عبور از سرتان به گوش دورتر می‌رسد. تأخیر زمانی برای این دو مسیر تا اندازه‌ای متفاوت است و این باعث می‌شود که سرنخ‌های متضادی در مورد جهت منبع صدا به شما برسد.

**۶. وقتی یک جانور می‌دود، پرش می‌کند، یا به شکار خود جنگ می‌اندازد، حرکت اندام‌هایش را می‌توان مثل حرکت یک ماشین مکانیکی پنداشت. استخوان‌های هر عضو نقش تیرهای صلبی را بازی می‌کنند که در مفصل‌ها لولا شده‌اند. ماهیچه‌ها و زردپی‌های جانور نقش موتورها و ریسمان‌هایی را دارند که تیرها را می‌کشند و بر آن‌ها گشتاور وارد می‌کنند. ملخ چگونه پاهایش را باز و بسته می‌کند؟ سمور چگونه آرواره‌اش را تکان می‌دهد؟ کانگورو چگونه جست‌وخیز می‌کند؟**

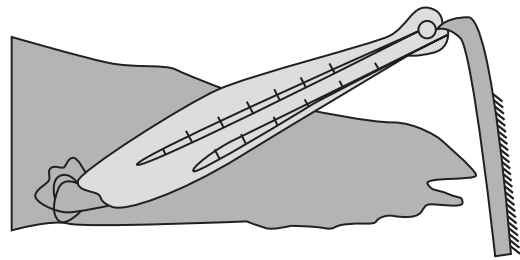
**پاسخ.** پای عقبی ملخ را در نظر بگیرید؛ این پا دراز است، و عضله‌های بازگن و تاکن آن هر دو به بازوی اهرمی متصل‌اند که بسیار کوتاه است. اگر عضله‌های پای ملخ از همان نوع عضله دو سر بازوی انسان با رشته‌های عضلانی موازی و دراز بود، حشره نمی‌توانست رشته‌هایی کافی را در فضای در دسترسش جای دهد. اینجا نوع عضله‌ها متفاوت است و رشته‌هایی کوتاه و مورت دارند. انتهای بیرونی هر یک از این رشته‌های کوتاه به استخوان بندی بیرونی و انتهای درونی آن‌ها به یک شاخه مرکزی متصل است. آرایش مورت رشته‌های کوتاه باعث می‌شود رشته‌های بسیاری در فضای موجود جای گیرند و بنابراین امکان می‌دهد که این نوع عضله، نیروی بسیار بزرگ‌تری از همین حجم عضلات موازی، وارد کند. یک اشکال این نوع عضله آن است که فقط در فاصله کوتاهی منقبض می‌شود؛ هر قدر انقباض بیشتر شود، شیب رشته‌ها بزرگ‌تر می‌شود و به همان اندازه کشش به جلو کم می‌شود. اما این نارسایی چندان جدی نیست، زیرا بازوی اهرم بسیار کوتاه است و نمی‌تواند زیاد حرکت کند.

را اعمال کند تا تعادل برقرار شود. اگر لولا قادر به تأمین این نیرو نباشد، آرواره به عقب حرکت می‌کند و در می‌رود. در اصل، عضله جونده است که این نیروی بزرگ لولایی را برعهده می‌گیرد و مانع در رفتگی آرواره می‌شود.

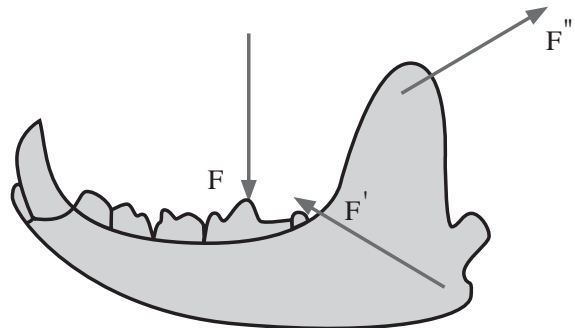
آرواره انسان نیز دارای عضلات گیجگاهی و جونده است. اما این عضلات به توانمندی عضلات گوشتخواران تکامل نیافته‌اند و زاویه‌شان به عقب و جلو به آن زیادی نیست. ما با خشونت که گوشتخواران یک استخوان را می‌جوند دندان‌هایمان را به کار نمی‌گیریم، و به چنان حفاظتی برای جلوگیری از آسیب بد لولای آرواره‌مان نیاز نداریم.

حرکت پرشی کانگوروها یک مثال تماشایی از نقش زردپی‌هاست. کانگورو وقتی می‌خواهد سریع حرکت کند قدم نمی‌زند، یا نمی‌دود، بلکه خیز برمی‌دارد و با پرش‌های متوالی راه می‌رود. رمز پرش کانگورو در زردپی آشیل پای اوست. کانگورو برای خیزش‌های بلندش تلاش عضلانی زیادی به کار نمی‌گیرد، بلکه او صرفاً مانند یک توپ پلاستیکی به بالا می‌جهد. زردپی آشیل کانگورو بسیار کلفت و کشسان است. عضلات پای او برای تأمین انرژی نخستین پرش او کافی است و وقتی کانگورو به زمین فرود می‌آید، قسمت اعظم انرژی جنبشی حرکت رو به پایین خود را به انرژی پتانسیل کشسانی، که در زردپی آشیل کش آمده‌اش ذخیره می‌شود، تبدیل می‌کند. برای پرش بعدی، کانگورو خیلی ساده از این انرژی پتانسیل ذخیره شده استفاده می‌کند. بنابراین، حرکت پرشی کانگورو همانند حرکت یک توپ پلاستیکی جهنده است (البته با این تفاوت که زردپی انرژی پتانسیل کشسانی را در حال کشیدگی ذخیره می‌کند، در حالی که توپ لاستیکی این انرژی را در حال فشرده شدن ذخیره می‌کند). لازم نیست عضلات کانگورو برای هر پرش انرژی تازه‌ای فراهم کند، بلکه باید صرفاً آن انرژی‌ای را که بر اثر اصطکاک از دست می‌رود، مهیا کند.

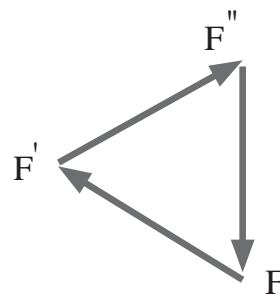
**۷. چگونه میکروموج‌ها غده‌های سرطانی را از بین می‌برند؟ چگونه می‌توان با استفاده از گرمانگاری به وجود یک غده سرطانی پی برد؟ چگونه می‌توان یک خال مادرزادی را از بین برد؟ چگونه می‌توان نوزادان مبتلا به زردی را علاج کرد؟**  
**پاسخ.** همه این‌ها کاربردهایی از امواج الکترومغناطیسی هستند. غده‌های سرطانی بر اثر گرمای حاصل از میکرو موج‌ها از بین می‌روند. مولکول‌های آب موجود در بافت‌های بدن گستره‌ای از بسامدهای میکروموجی را جذب می‌کنند. انرژی میکرو موج به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و دمای بافت را افزایش می‌دهد. انرژی میکروموج به ازای هر فوتون اندک است، بنابراین تعداد فوتون‌های مورد استفاده باید زیاد باشد تا شدت بیشتری حاصل شود. خطرها و مزایای گرمادرمانی میکروموج‌ها به از دید دمای حاصل از آن‌ها بستگی دارد. به علت ماهیت موجی میکروموج‌ها، ممکن است در سطوحی که میکروموج‌ها را بازمی‌تابانند (به‌ویژه در نزدیک استخوان‌ها) تداخل‌های سازنده ایجاد شود. وانگهی، چون استخوان‌ها خمیده هستند می‌توانند مانند



در بعضی جانوران، عضلات به صورتی خاص تکامل یافته‌اند که مفصل‌ها را استوار نگه دارند و آن‌ها را از تحمل کشش رها سازند. آرایش عضلات آرواره‌های گوشتخواران، بهترین مثال از این مورد است. مثلاً آرواره سمور که گوشتخوار کوچکی است شبیه حرف L است که گوشه این L به جمجمه لولا شده است. شکل زیر نیروهای وارد بر آرواره را هنگامی که سمور تکه‌ای استخوان یا گوشت را با دندان‌ها عقبی خود می‌جود، نشان می‌دهد (شاید سگ یا گربه‌ای را در حال این کار دیده باشید). نیروی  $F$  از یک استخوان که در راستای قائم و رو به پایین عمل می‌کند به دندان آسیای بزرگ وارد می‌شود. آرواره پایین با کشش ترکیبی دو عضله بالا کشیده می‌شود: عضله جونده که به‌طور مورب به بالا و جلو می‌کشد ( $F'$ ) و عضله گیجگاهی که به‌طور مورب به بالا و عقب می‌کشد ( $F''$ ).



همان‌طور که از شکل زیر پیداست، جمع برداری این سه نیرو صفر، و آرواره در حال تعادل است.



به عبارتی، لولا لازم نیست هیچ نیرویی وارد کند. ولی اگر عضله جونده از کار بیفتد، لولای آرواره باید یک نیروی واکنش بسیار بزرگ

آینه رفتار کنند و درست مثل یک آینه کروی، میکروموجها را متمرکز کنند و به اصطلاح موجب سوختگی استخوان شوند. امروزه از جنبه تخریبی میکروموجها صرفاً برای درمان سرطان استفاده می‌شود، زیرا به کمک آن می‌توان غده‌های سرطانی را بر اثر گرما از بین برد.

گرمانگاری نوعی کاربرد تابش فروسرخ در تشخیص پزشکی است. گسیل تابش فروسرخ به دما بستگی دارد. گرمانگاری می‌تواند تغییرات دمایی بسیار کوچک را که معرف شرایط پزشکی مختلفی، نظیر وجود غده‌های سرطانی و یا آشفته‌گی در گردش خون است آشکار کند.

یکی از کاربردهای نور مرئی، استفاده از جذب انتخابی در طول موج‌هایی خاص است. یک خال مادرزادی نور سبز را خیلی بیشتر از پوست معمولی جذب می‌کند. بنابراین این خال‌ها را در برخی موارد می‌توان با تاباندن نور سبز خالص شدید از بین برد. چون این خال‌ها نور سبز را بیشتر جذب می‌کنند، دمای سلول‌های آن‌ها بیشتر از سلول‌های معمولی افزایش می‌یابد. تاباندن پیاپی نور سبز سلول‌های خال را از بین می‌برد و آسیب مختصری به سلول‌های معمولی می‌زند. مثال دیگری از جذب انتخابی در جراحی و استفاده از نور لیزر در سوزاندن موضعی خاص است. لیزرها طول موج‌های بسیار خالصی گسیل می‌کنند که هنگام کانونی شدن بسیار شدید می‌شوند. نوع لیزر را طوری انتخاب می‌کنند که خون، نور گسیل شده از آن را به‌طور گزینشی جذب کند و بر اثر گرمای آن، بیش‌تر رگ‌ها را بسوزاند. گرمای حاصل از جذب این نور، بافت را تبخیر می‌کند. بنابراین با استفاده از تار نوری می‌توان لیزر را در عمل‌های جراحی مختلفی، از بُرش ساختارهای کوچک بدن در لوله‌های شیپوری رحم گرفته تا از بین بردن پلاکت‌ها در رگ‌های خونی به‌کار برد.

نوزادان، به‌ویژه نوزادان نارس، گاهی به زردی مبتلا می‌شوند که طی آن کبد رنگدانهٔ بیلی روبین را بیش از اندازه به درون خون جاری می‌کند. بیلی روبین بخشی از پسماند حاصل از کاهش تعداد گلبول‌های سرخ در بدن نوزاد است. با قرار دادن نوزاد در زیر نور مرئی، به‌ویژه ناحیهٔ بنفش طیف نور مرئی، بهبودی او تسریع می‌شود. معمولاً از لامپ فلورئوسان برای این منظور استفاده می‌شود، زیرا بسامدهایی که این لامپ گسیل می‌کند بالاتر از بسامد لامپ‌های معمولی است. چشم‌های نوزاد را در حین درمان کاملاً می‌بندند تا از پرتوهای فرابنفش ضعیفی که توسط لامپ‌های فلورئوسان گسیل می‌شود، مصون بمانند.

## ۸. چه چیزی صدای شُرشر جویبار و صدای فرو افتادن قطره‌های باران را در یک آبگیر به‌وجود می‌آورد؟

**پاسخ.** صدایی که از برخورد آب در جویبار، آبشار یا ریزش باران به‌وجود می‌آید، عمدتاً ناشی از دو ساز و کار است: این برخورد، خود باعث تغییر فشار در هوا می‌شود که به شکل امواج صوتی از محل برخورد دور می‌شوند؛ این صدا را به صورت تپ کوتاه پر سروصدایی می‌شنویم. همچنین این برخورد، غالباً هوا را به صورت حباب‌هایی

در آب گیر می‌اندازد که بر اثر نوسان حجم آن‌ها صدا تولید می‌شود. یعنی کم و زیاد شدن حجم حباب‌ها باعث تغییر فشار در آب و سپس هوا می‌شود. سرانجام حباب هوا در سطح آب از بین می‌رود و صدای شلپ‌شلپ خفیفی را به آن صدا اضافه می‌کنند.

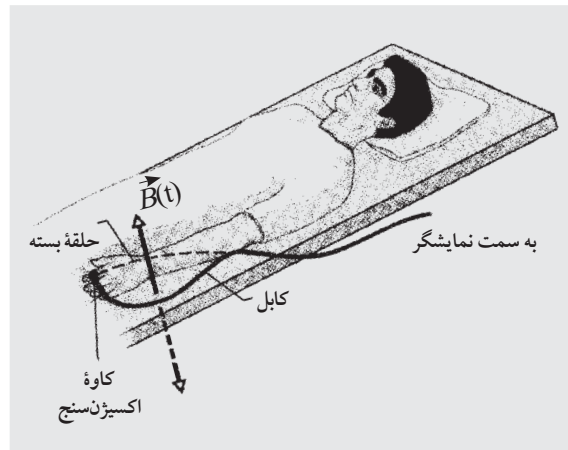
اگر قطرهٔ باران یا آبشار به سطح صلبی چون پیاده‌رو یا صخره برخورد کند، تنه‌ای صدای حاصل از برخورد را خواهید شنید، زیرا هیچ حبابی تولید نمی‌شود و یا گیر نمی‌افتد. دفعهٔ بعد که هنگام شروع ریزش باران در حوالی پیاده‌رو هستید، ببینید آیا می‌توانید صدای حاصل از برخوردهای اول (بر روی پیاده‌روی خشک) و برخوردهای بعدی روی چاله‌های آب جمع شده در پیاده‌رو را تشخیص دهید.

## ۹. بیماری که تحت تصویربرداری MRI قرار می‌گیرد در محفظه‌ای دراز می‌کشد که در آن یک میدان مغناطیسی ثابت قوی و یک میدان مغناطیسی متغیر سینوسی ضعیف قرار دارد. این میدان‌های مغناطیسی، به هیچ عنوان زبان آور نیستند. با این حال، در موارد اندکی، بیمار به دلیل اشتباه ساده‌ای که کارکنان در حین کار مرتکب شده‌اند دچار سوختگی شده است. میدان مغناطیسی چگونه می‌تواند در حین تصویربرداری MRI موجب سوختگی شود؟

**پاسخ.** طبیعتاً برای تصویربرداری لازم است که بیمار برای مدتی طولانی بی‌حرکت بماند. با این حال، هر بیماری نمی‌تواند بی‌حرکت دراز بکشد، که نمونهٔ آن بچه‌ای است که نمی‌تواند آرام و قرار گیرد. چون آرام کردن بایک داروی مسکن، بخصوص بیهوشی کامل، ممکن است خطرناک باشد، بیمار آرام شده را باید به دقت تحت نظر داشت، که این کار با یک اکسیژن سنج نبضی<sup>۳</sup> انجام می‌شود که وسیله‌ای است که سطح اکسیژن خون بیمار را اندازه می‌گیرد. این وسیله شامل کاوه‌ای است که به یکی از انگشتان بیمار متصل شده و دارای کابلی است که این کاوه را به نمایشگری واقع در بیرون MRI وصل می‌کند. متأسفانه گاهی اوقات کابل اکسیژن سنج توانسته با بازوی بیمار تماس پیدا کند که همین امر باعث سوختگی‌های شدیدی در بیمار شده است. دلیل آن قانون القای فارادی است که بیان می‌دارد بر اثر تغییر شار مغناطیسی، یک جریان القایی در مسیری بسته ایجاد می‌شود. اینجا تغییر شار مغناطیسی ناشی از میدان مغناطیسی سینوسی است که بیشتر معرفی کردیم. وقتی کابل اکسیژن سنج به بدن بیمار می‌خورد، این کابل و بخش پایینی باز و تشکیل حلقهٔ بسته‌ای را در میدان متغیر سینوسی  $B(t)$  می‌دهند که همان‌طور که گفتیم موجب ایجاد یک شار مغناطیسی می‌شود. این تغییر شار مغناطیسی، یک جریان القای به دور این حلقهٔ بسته ایجاد می‌کند. پوست بدن مقاومت الکتریکی بالایی دارد و این جریان، همانند هر مدار دیگری که شامل مقاومت باشد، انرژی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند. به این ترتیب، محل‌های تماس پوست با کابل دچار سوختگی شدیدی می‌شوند. امروزه کارکنان MRI آموزش دیده‌اند تا مواظب باشند کابل نمایشگر



در بیش از یک جا با بدن بیمار تماس نداشته باشد.



۱۱. انسان‌ها به ندرت از سقوط از ارتفاع زیاد جان سالم به در می‌برند، ولی ظاهراً گربه‌ها شانس بسیار بیشتری دارند. پژوهشی که در سال ۱۹۸۷ منتشر شد ۱۳۲ گربه را بررسی کرد که از ارتفاع‌های ۲ تا ۳۲ طبقه (۶ تا ۹۸ متر)، اغلب بر روی سطح‌های بتونی فرو افتادند. گربه‌ها در حدود ۹۰٪ موارد جان سالم به در بردند، و حدود ۶۰٪ آن‌ها حتی جراحی هم بر نداشتند. جالب آن‌که، میزان جراحت (از قبیل تعداد شکستگی‌های استخوان یا مرگ قطعی) در صورتی که سقوط از طبقه‌های بالاتر از هفتم یا هشتم بود، با افزایش ارتفاع کاهش می‌یافت (مثلاً گربه‌ای که طبقه سی و دوم سقوط کرده بود فقط آسیب کوچکی به قفسه سینه و یکی از دندان‌هایش وارد شده بود و پس از ۴۸ ساعت مراقبت، مرخص شد). چرا شانس زنده ماندن گربه در سقوط از ارتفاع بلندتر، بیش‌تر است؟

**پاسخ.** اگر گربه‌ای خواب‌آلود بر حسب اتفاق از لبه پنجره‌ای سقوط کند، به سرعت و به‌طور غریزی سمت‌گیری بدن خود را تغییر می‌دهد تا پاهایش زیر بدنش قرار گیرد. آنگاه گربه از انعطاف‌پذیری پاهای خود استفاده می‌کند تا ضربه ناشی از فرود آمدنش را کاهش دهد: این انعطاف‌پذیری، زمان فرود آمدن را طولانی و در نتیجه نیروی وارد بر گربه را کم می‌کند.

هنگام سقوط گربه، نیروی کشش هوا که رو به بالا بر گربه وارد می‌شود، افزایش می‌یابد. اگر سقوط از لبه پنجره تا کف اتاق باشد، نیروی کشش هوا خیلی بزرگ نمی‌شود. ولی اگر سقوط از ارتفاع بیشتری باشد، کشش هوا می‌تواند به اندازه کافی بزرگ باشد تا شتاب رو به پایین گربه را کم کند. در واقع، اگر سقوط از ارتفاع بیش از ۶ طبقه باشد، نیروی کشش هوا می‌تواند به اندازه‌ای بزرگ شود که نیروی گرانشی وارد بر گربه را خنثی کند. از آن پس، گربه بدون شتاب و با سرعت ثابتی موسوم به **سرعت حد** سقوط می‌کند.

گربه تا رسیدن به سرعت حد از شتابش هراسان است و پاهایش را برای فرود زیر بدنش نگه می‌دارد. (بدن شما نیز به شتاب بیشتر از سرعت حساس است)، ولی پس از رسیدن به سرعت حد، شتاب از بین می‌رود، و گربه تا حدی آسوده می‌شود، به‌طور غریزی پاهایش را به طرف بیرون باز می‌کند (که باعث افزایش نیروی کشش هوا می‌شود) تا سرانجام برای فرود آماده شود.

وقتی گربه پاهایش را به طرف بیرون باز می‌کند، نیروی کشش هوا، خود به خود افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت گربه کم می‌شود. هرچه سقوط از ارتفاع بلندتری باشد، این سرعت بیش‌تر کاهش می‌یابد. بنابراین گربه‌ای که مثلاً از طبقه دهم سقوط می‌کند با سرعتی فرود می‌آید که کم‌تر از سرعت گربه‌ای است که از طبقه پنجم سقوط کرده است و بنابراین شانس بیش‌تری برای فرار از جراحی جدی دارد.

۱۲. صدای سوت زدن انسان چگونه تولید می‌شود؟

**پاسخ.** صدای هر سوت به سه عامل بستگی دارد: ۱. جریان هوا

۱۰. وقتی دارید این جمله را می‌خوانید، ناحیه مشخصی از مغز شما فعال شده است. وقتی گلی را می‌بویید یا قلمی را به دست می‌گیرید ناحیه‌های دیگری در مغز شما فعال می‌شوند. یکی از بهترین راه‌ها برای تعیین این‌که کدام ناحیه از مغز فعال شده این است که میدان مغناطیسی حاصل از این فعال‌سازی را آشکار کنیم. یکی از ابزارهای جدید برای این کار مگنتوآنسفالوگرافی<sup>۴</sup> (MEG) است که نقشه‌ای از فعالیت مغزی را در حین انجام یک کار ثبت می‌کند. با این حال، هیچ ماده مغناطیسی‌ای در مغز وجود ندارد. پس، چگونه است که فعالیت مغز می‌تواند یک میدان مغناطیسی ایجاد کند؟

**پاسخ.** روش MEG روشی است که با آن میدان‌های مغناطیسی مغز انسان به هنگام انجام کاری مانند خواندن این جمله، ثبت می‌شود. این کار، بخشی از مغز از قبیل آن بخشی که عمل خواندن را پردازش می‌کند، فعال می‌کند و موجب ارسال تپ‌های (پالس‌های) الکتریکی ضعیفی در طول مسیرهای رسانای بین سلول‌های مغزی می‌شود. مانند هر جریان دیگری، هر پالس موجب ایجاد یک میدان مغناطیسی می‌شود.

میدان‌های مغناطیسی آشکار شده در MEG احتمالاً توسط پالس‌هایی بر دیواره شکن‌های واقع در سطح مغز ایجاد می‌شوند. یک محاسبه ساده نشان می‌دهد که شدت میدان مغناطیسی یک پالس نوعی در اطراف مغز از ابعاد  $10^{-11}$  T (PT) می‌شود. این میدان مغناطیسی بسیار کوچک است و اگر بخواهید آن را آشکارسازی کنید نمی‌توانید به سادگی قطب‌نمایی در نزدیکی مغز قرار دهید و امیدوار باشید که فعالیت مغز شما عقربه آن را حرکت دهد. به این منظور، به‌وسیله غایت حساسی به نام SQUID<sup>۵</sup> نیاز دارید که می‌تواند میدان‌های مغناطیسی حتی کوچک‌تر از ۱ PT را اندازه‌گیری کند. البته در آن صورت باید مراقب باشید که سایر چشمه‌های میدان مغناطیسی را در ناحیه آشکارسازی حذف کرده باشید.

## ناهید سادات جهان‌پور

کارشناس ارشد فیزیولوژی

دبیر آموزش و پرورش استان فارس

### بررسی عوامل مؤثر سوء تغذیه کودکان

**مقدمه و هدف:** یکی از مهم‌ترین بیماری‌های کودکان زیر ۵ سال در کشورهای در حال توسعه سوء تغذیه پروتئین-انرژی است. سوء تغذیه می‌تواند باعث تأخیر در رشد جسمی روانی شود. بیماری‌های ساده کودکی را مشکل و کودکان باهوش و مفید را به افرادی بیمار تبدیل می‌کنند و نهایتاً باعث افزایش میزان مرگ‌ومیر به‌خصوص در کودکان زیر ۵ سال هستند. با توجه به این که سوء تغذیه باعث کندی رشد می‌شود، بنابراین با پیش‌رشد می‌توان بروز سوء تغذیه را پیش‌گویی و از آن پیشگیری کرد. در این طرح تعیین میانگین وزن و قد کودکان بوشه‌ری در سن ۶ و ۱۲ ماهگی و تعیین میزان بروز سوء تغذیه هدف کلی است و اهداف جزئی بررسی تأثیر متغیرهای سن، جنس، رتبه تولد، شغل و تحصیلات پدر و مادر، رفتن به مهدکودک، طول مدت شیرخواری، سن شروع تغذیه تکمیلی، استفاده از شیشه و سرشیشه و بیماری‌های اخیر کودک روی وزن و قد کودک است.

**روش:** در این مطالعه توصیفی-تحلیلی تعداد ۲۰۳ کودک ۶ ماهه به‌طور تصادفی از میان کلیه کودکان ۶ ماهه مراجعه‌کننده به ۱۲ مرکز بهداشتی بوشهر انتخاب شوند. پس از تکمیل پرسش‌نامه توسط پژوهشگر و اندازه‌گیری وزن و قد کودک یک‌بار دیگر در سن ۱۲ ماهگی همین کودک مورد بررسی مجدد قرار گرفت. قد و وزن‌های گرفته شده براساس فرمول مک - لارنس با وزن و قد‌های استاندارد NCHS مقایسه شد. برای محاسبات آماری از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های Chi-Square، t-test استفاده شد.

**نتایج:** نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین وزن و قد پسران بیش‌تر از دختران است و میزان بروز سوء تغذیه در دختران بیش‌تر از پسران است. بین وزن و قد کودک و جنسیت او رابطه معنی‌دار آماری وجود دارد ( $P < 0/05$ ) سوء تغذیه شدید در دختران ۶ ماهه دیده نشد و نوع متوسط و خفیف به ترتیب ۱٪ و ۳/۱٪ بود و این اطلاعات برای سن ۱۲ ماهگی به ترتیب ۱٪ و ۱۴/۴٪ بود در پسران ۶ ماهه سوء تغذیه شدید و متوسط موجود نبود و ۷/۵٪ نوع خفیف دیده شد و در سن ۱۲ ماهگی به ترتیب ۲/۸٪ و ۸/۵٪ بود. هم‌چنین رابطه آماری معنی‌داری بین رشد کودک و عواملی مثل استفاده کودک از شیشه و سرشیشه، شغل مادر، رفتن به مهدکودک و بیماری‌های اخیر کودک دیده نشد. در صورتی که عواملی مثل جنس کودک، تحصیلات مادر، درآمد خانوار، طول مدت شیر مادرخواری و سن شروع تغذیه تکمیلی روی رشد کودک مؤثر بوده و فرمول آماری رابطه معنی‌داری را تأیید کرده است.

**نتیجه‌گیری:** میزان بروز سوء تغذیه در ۱۲ ماهگی بیش از ۶ ماهگی بوده است. این می‌تواند نقش تغذیه با شیر مادر و شروع به موقع و مناسب تغذیه تکمیلی را نشان دهد. میانگین قد و وزن در کودکان مادرانی با تحصیلات بالا مشخصاً بهتر بوده است.

با مانعی برخورد کند و به گردبادهایی تجزیه شود. ۲. گردبادهای باعث شوند فشار هوا به صورت دوره‌ای تغییر کند، تا یک موج صوتی گسیل شود که آن را بشنوید. یا خود گردبادهای یا تغییرات فشار ناشی از موج صوتی باید بازخوردی در جهت مخالف جریان هوا داشته باشد. ۳. اگر جریان هوا ناپایدار باشد (به‌راحتی منحرف شود یا تغییر کند) این بازخورد ناپایداری جریان را زیاد می‌کند که به افزایش تولید گردبادهای در اطراف مانع می‌انجامد. وقتی این فرایند تولید گردباد و بازخورد برقرار شود، صدای مداومی را خواهید شنید که همان سوت است.

اگر با دمیدن از میان لب‌های جمع‌شده خود سوت بزینید و صدایی را تولید کنید که به آن **صدای دهانه‌ای** گویند، گردبادهای وقتی تولید می‌شوند که هوا از روزه‌های میان لب‌های شما به زور خارج شود (گردبادهای از آن رو شکل می‌گیرند که سرعت جریان هوا در مرکز روزه سریع‌تر از جریان هوای نزدیک‌تر به لب‌های شماست). بخشی از امواج صوتی ناشی از گردبادهای از میان لب‌ها به درون دهان (یا بهتر بگوییم مجرای صوتی) بازمی‌گردند. بسامد این صدای بازگشتی به سرعت عبور گردبادهای بیرون لب‌ها و نیز به سرعت بستگی دارد که صدا از لب‌ها به داخل دهان وارد می‌شود. صدا می‌تواند در بسامدهای معینی که فرمت<sup>۷</sup> نامیده می‌شوند در مجرای صوتی تشدید شود. می‌توانید با تغییر شکل مجرای صوتی که بیش‌تر با جلو بردن زبان و یا عقب بردن آن صورت می‌گیرد، فرمت و در نتیجه بسامد صدا را تغییر دهید. همچنین می‌توانید با دمیدن محکم‌تر نیز بسامد صورت را تغییر دهید.

### ۱۳. چرا عنکبوت به تار خود نمی‌چسبد؟

**پاسخ.** در این مورد چند نظریه وجود دارد که یکی از همه متقن‌تر به نظر می‌رسد. پای برخی از عنکبوت‌ها یک ساز و کار جداکننده دارد. این ساز و کار باعث می‌شود که عنکبوت بتواند خیلی سریع خود را از تار چسبیده رها کند. هر پا به یک جفت قلاب خاردار و کشسان منتهی می‌شود که در راه رفتن به عنکبوت کمک می‌کند. این قلاب‌ها به سطح گیاهان می‌چسبند و به عنکبوت در راه رفتن روی این سطوح کمک می‌کند. قلاب‌ها روی رشته‌های چسبیده تار عنکبوت قرار می‌گیرند و به آن‌ها می‌چسبند. اما قلاب دیگری نیز در بخش انتهایی پا وجود دارد که با پرزهای خاردار و کشسان همکاری می‌کند تا پا را از رشته چسبیده جدا کند. این قلاب تار چسبیده را می‌گیرد و در جهت مخالف می‌کشد. با آزاد شدن این قلاب، قلاب‌های خاردار به حالت اول برمی‌گردند و با شدت تار را رها می‌کنند و با استفاده از این خاصیت فنری، پا آزاد می‌شود.

پی‌نوشت

1. Claude Monet
2. nuclear cataract
3. pulse oximeter
4. magnetoencephalography
5. Superconducting Quantum Interference Devices
6. orifice tone
7. format

## محمدرضا سیف

دبیر و سرگروه زیست‌شناسی شهرستان نهاوند  
کارشناس ارشد فیزیولوژی جانوری  
biologist-rif@yahoo.com

## بررسی تأثیر سموم ارگانوکلره بر پارامترهای خونی و عملکرد بیضه موش صحرایی



### چکیده

انسان برای جلوگیری از نابودی و از بین رفتن محصولات کشاورزی خود که با صرف هزینه به دست می‌آیند و همچنین به علت رشد جمعیت و محدودیت‌های موجود در تولید محصولات مختلف غذایی از روش‌های مختلفی برای کنترل و دفع آفات نباتی استفاده می‌کند که یکی از رایج‌ترین آن‌ها استفاده از سموم دفع آفات است.

با توجه به استفاده زیاد سم آندوسولفان توسط کشاورزان کشور و به علت مصرف این سم در محصولات جالیزی، به نظر می‌رسد که این سم به علت قرار گرفتن در بین سموم پرخطر کلره باعث تغییرات فیزیولوژیک در بخش‌های مختلف بدن، از جمله سلول‌های خونی و برخی متغیرهای تولیدمثلی می‌شود.

آندوسولفان به عنوان یک حشره‌کش و کرم‌کش ارگانوکلره استفاده وسیعی در کنترل حشرات دارد. این سم در انسان و جانوران از طریق خوراکی، استنشاقی و پوستی قابل جذب است. در این تحقیق اثر درازمدت آندوسولفان EC۳۵٪ روی فاکتورهای خونی، هورمون‌های جنسی و همچنین مورفولوژی اسپرم رت‌های نر بالغ بررسی شد. بدین منظور، ۴۰ عدد رت نر مورد آزمایش به پنج گروه تقسیم شدند. گروه کنترل هیچ ماده‌ای دریافت نکرد، گروه ششم محلول نمکی ۹٪ و گروه تجربی ۱، ۲ و ۳ به ترتیب آندوسولفان با دوز ۵، ۱۰، ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن هر سه روز یک بار به مدت ۲۱ روز از طریق گاوژ دریافت کردند. در پایان آزمایش‌ها، موش‌ها با کلروفورم بیهوش



## پژوهشگران: شهناز گگونانی

دبیر زیست‌شناسی شهرستان فریدونشهر،  
کارشناس ارشد علوم گیاهی  
شکوفه انتشاری: عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

## اثرهای متقابل سیلیکون و آلومینیوم بر پارامترهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه گاوزبان

### چکیده

استرس آلومینیومی عامل محدودکننده عملکرد گیاهان است. ترکیبات بسیاری به منظور کاهش اثرهای مخرب استرس‌ها استعمال شده است. در حال حاضر باید به نقش مؤثر سیلیکون بر استرس آلومینیومی توجه کرد. به منظور افزایش تولید برخی گیاهان دارویی، لازم است تا آزمایش‌هایی درباره آن‌ها انجام گیرد. با لحاظ این مسئله که زمین‌های اسیدی برای کشت گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرند، باید ظرفیت گیاهان دارویی را نسبت به استرس آلومینیومی بیازماییم. بدین منظور ما نقش سیلیکون را در متعادل‌سازی اثرهای مخرب آلومینیومی در یکی از گیاهان دارویی (*Borago officinalis*) که نقش مهمی در طب سنتی ایرانیان ایفا می‌کند، مورد بررسی قرار دادیم. گیاه مورد نظر را در شرایط گلخانه‌ای و به صورت هیدروپونیک کشت دادیم. محلول هوکلند با استعمال روزانه آب خالص و سه روز یک بار محلول غذایی اعمال شد. وقتی گیاهان به مرحله ۷ برگی رسیدند، تیمار سیلیکون (از  $(\text{Na}_2(\text{SiO}_3)_2)$  را با ۵ غلظت؛ ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار و پس از چند روز تیمار آلومینیوم (از  $(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$  را با ۴، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار آغاز کردیم. پس از آن اثر این دو عنصر را بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مانند: پراکسیداسیون چربی‌ها (مالون دالدئید و دیگر الدئیدها)، پرولین و ترکیبات فنلی، بررسی کردیم. نتایج نشان داد که آلومینیوم به‌طور اختصاصی مقدار مالون دالدئید، سایر الدئیدها، پرولین (اندام هوایی و ریشه) گیاه را با درجات متفاوتی افزایش داده است. همچنین این عنصر مقدار ترکیبات فنلی را کاهش داده است. سیلیکون با کاهش اثرهای مضر، افزایش پرولین (برگ و ریشه) و افزایش ترکیبات فنلی در غلظت‌های بالا، در مقایسه با گروه شاهد، مقاومت گیاه را به استرس آلومینیومی افزایش داده است. همچنین سیلیکون مقدار پراکسیداسیون چربی‌ها (مقدار مالون دالدئید و سایر الدئیدها) و ترکیبات فنلی را در غلظت‌های پایین کاهش داده است.

کلیدواژه‌ها: استرس آلومینیومی، سیلیکون.

شدند. خون‌گیری از قلب انجام گرفت و میزان فاکتورهای خونی و هورمون‌ها با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفتند، سپس موش‌ها کشته شدند و بیضه‌ها همراه اپیدیدیم خارج شده و خصوصیات مورفولوژیک اسپرم‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان داد که میزان WBC، مونوسیت‌ها، LH و FSH افزایش معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) داشت و RBC، لنفوسیت‌ها، پلاکت‌ها، تستوسترون، تعداد و حرکت اسپرم و وزن بیضه‌ها کاهش معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) نسبت به گروه کنترل داشتند. کاهش میزان تستوسترون و افزایش سطح LH و FSH سرم می‌تواند به علت تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم آندوسولفان بر سیستم آندوکروینی باشد.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که آندوسولفان در درازمدت اثرهای قابل ملاحظه‌ای بر فاکتورهای خونی دارد که می‌تواند باعث آسیب‌های جدی، کم‌خونی و حتی بیماری‌های مرتبط شود. هم‌چنین این سم اثرهای نامطلوبی بر دستگاه تولیدمثلی می‌گذارد و با تغییر در غلظت هورمون‌ها و تأثیر بر تعداد و فعالیت اسپرم‌ها سبب ناباروری می‌شود. علاوه بر این، تأثیر سموم شیمیایی به دوز و زمان تماس آن‌ها بستگی دارد. بنابراین، افزایش استفاده از آفت‌کش‌های ارگانوکلره در منازل و مزارع برای از بین بردن آفات، سلامت تولیدمثلی انسان و جانوران را به مخاطره می‌اندازد.

**کلیدواژه‌ها:** آندوسولفان، پارامترهای خونی، تستوسترون، LH، FSH، اسپرماتید.

## بررسی فلورستیک پوشش گیاهی کوه‌های دژکوه و الوند در شهرستان کهگیلویه

### گردآورنده: عزیز اکبری

استاد راهنما: دکتر عزیزاله جعفری  
مشاور: دکتر محمدرضا هادی

### چکیده

در این تحقیق فلور کوه‌های سه قله (الوند) و دژکوه در شهرستان کهگیلویه از استان کهگیلویه و بویراحمد مورد بررسی قرار گرفته است. مناطق مذکور مورد بررسی فلورستیک در ۱۵ و ۲۰ کیلومتری جنوب و غرب شهر سوق قرار گرفته‌اند. در ابتدا مناطق مورد بررسی را از نظر توپوگرافی، زمین‌شناختی، خاک‌شناختی، آب و هوا (اقلیم، بارش و دما) مورد بررسی قرار گرفته است. روش جمع‌آوری گیاهان مناطق مذکور روش مرسوم

مطالعات فلورستیک منطقه‌ای بوده است. نمونه‌های جمع‌آوری شده براساس روش‌های مرسوم تاکسونومی گیاهی و به کارگیری منابع لازم شناسایی شده و خانواده، سرده و گونه هر یک از آن‌ها تعیین شد. اسامی تاکسون‌های مناطق به صورت الفبایی و به ترتیب خانواده تنظیم شد. در این تحقیق ابتدا تیپ‌های گیاهی دو منطقه مورد مطالعه مشخص شد و در شش گروه *Ziziphus*، *Quercus.sp*، *Asragalus.sp*، *Amygdalus.sp* و *Pistacia sp* و تیپ‌های گیاهی گروه منفردها قرار گرفته‌اند. شکل زیستی هر یک از عناصر گیاهی مناطق با استفاده از روش Raunkier مشخص شد. این بررسی نشان داد که در مناطق دژکوه و سه قله (الوند) ۵۳ خانواده، ۱۴۷ سرده و ۱۸۸ گونه حضور دارند. اشکال زیستی گیاهان مناطق مورد بررسی شامل ۹٪ فانروفیت، ۸٪ ژئوفیت، ۴۲٪ همی کریپتوفیت، ۲٪ کامفیت و ۳۹٪ تروفیت‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** فلور، فلورستیک، فورماسیون، گونه اندمیک.

### مقدمه

استان کهگیلویه و بویراحمد به علت واقع شدن در میان فلات مرکزی و دشت‌های سواحل جنوبی کشور آب و هوای متنوع دارد و در نتیجه پوشش گیاهی آن نیز بسیار متنوع است. حدود ۸۰ درصد مساحت استان از ارتفاعات و تپه ماهورهای پرعراضه تشکیل شده است. شناخت منابع تجدیدشونده این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان با ارائه برنامه‌های مدون و علمی از سیر قهقراپی آن جلوگیری کرد و به تدریج با تغییر وضعیت موجود باعث افزایش کمی و کیفی تولید آن شد و در نهایت به استفاده بهینه از آن دست یافت. برای رسیدن به این امر شناخت عوامل مختلف در عرصه منابع طبیعی ضروری است. پرسش اصلی که در این تحقیق مطرح می‌شود، این است که چند گونه گیاهی در منطقه مورد مطالعه می‌رویند، این گونه‌ها کدام‌اند، رویش‌های گیاهی دارای چند فورماسیون و جامعه گیاهی هستند و این فورماسیون‌ها و جامعه‌ها کدام‌اند؟ اهدافی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند، شناسایی و معرفی گونه‌های گیاهی مناطق مورد مطالعه و همچنین با شناسایی گونه‌های گیاهی راه‌های حفاظت بیشتر و مدیریت صحیح را اعمال کرد و از جنبه‌های کاربردی گیاهان شناسایی شده می‌توان استفاده علمی کرد. بعضی از مناطق استان کهگیلویه و بویراحمد دژکوه و سه قله مورد مطالعه دقیق فلورستیک قرار نگرفته‌اند. با شناسایی گیاهان دژکوه و سه قله می‌توان نسبت به معرفی گونه‌های گیاهی این منطقه برای امر حفاظتی، مدیریتی و بهره‌برداری اصولی اقدام کرد.



دانشگاه تهران  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وابسته به  
دفتر انتشارات کمک آموزشی

## با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های رشد توسط دفتر انتشارات کمک آموزشی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شوند:

### مجله‌های دانش‌آموزی

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

**رشد کورک** (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه‌ی اول دوره‌ی دبستان)

**رشد نوآموز** (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره‌ی دبستان)

**رشد دانش‌آموز** (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم و پنجم دوره‌ی دبستان)

**رشد نوجوان** (برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)

**رشد جوان** (برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه و پیش‌دانشگاهی)

### مجله‌های بزرگسال عمومی

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

رشد آموزش ابتدایی ♦ رشد آموزش راهنمایی تحصیلی ♦ رشد تکنولوژی آموزشی ♦ رشد مدرسه فردا ♦ رشد مدیریت مدرسه ♦ رشد معلم

### مجله‌های بزرگسال و دانش‌آموزی اختصاصی

(به صورت فصلنامه و ۴ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

رشد برهان راهنمایی (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی) ♦ رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه) ♦ رشد آموزش قرآن ♦ رشد آموزش معارف اسلامی ♦ رشد آموزش زبان و ادب فارسی ♦ رشد آموزش هنر ♦ رشد مشاور مدرسه ♦ رشد آموزش تربیت بدنی ♦ رشد آموزش علوم اجتماعی ♦ رشد آموزش تاریخ ♦ رشد آموزش جغرافیا ♦ رشد آموزش زبان ♦ رشد آموزش ریاضی ♦ رشد آموزش فیزیک ♦ رشد آموزش شیمی ♦ رشد آموزش زیست‌شناسی ♦ رشد آموزش زمین‌شناسی ♦ رشد آموزش فنی و حرفه‌ای ♦ رشد آموزش پیش‌دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و اختصاصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران و کارکنان اجرایی مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شوند.

نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره‌ی ۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات کمک آموزشی.

♦ تلفن و نمابر: ۰۲۱ - ۸۸۳۰۱۴۷۸

## روش کار تحقیق

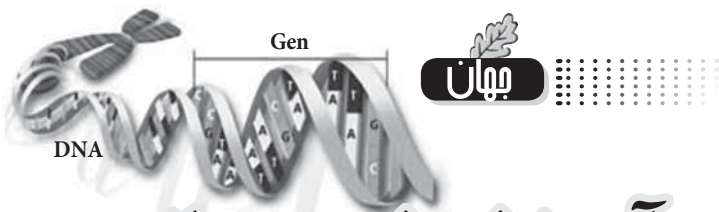
در این تحقیق جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی براساس روش پیمایشی در جهات مختلف صورت گرفت، به نحوی که سراسر منطقه مورد مطالعه مورد بررسی‌های مشاهده‌ای قرار گرفته و کلیه نمونه‌های گیاهی آن در حین گلدهی و میوه‌دهی جمع‌آوری و براساس روش‌های استاندارد، خشک و سپس بر روی مقوای مخصوص الصاق و در نهایت شناسایی و فهرست‌برداری شد. در حین جمع‌آوری اطلاعات نمونه، شامل آدرس دقیق محل جمع‌آوری ارتفاع از سطح دریا، طول و عرض محل جمع‌آوری، تاریخ جمع‌آوری، شیب و جهت شیب، نام محلی و مصادف و کاربردی محلی نمونه یادداشت‌برداری شد و پس از شناسایی کلیه نمونه‌ها فهرست فلوریستیک آن‌ها تهیه و گیاهان موجود در منطقه مورد بررسی‌های مختلف قرار گرفتند.

## نتایج

پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه به صورت پوشش علفی و جنگلی دیده می‌شود. ابتدا تیپ‌های گیاهی دو منطقه مورد مطالعه مشخص شد و در شش گروه *Amygdalus.sp* و *Pistacia sp*، *Ziziphus*، *Quercus.sp*، *Asragalus.sp* تیپ‌های گیاهی گروه منفردها قرار گرفته‌اند. در مناطق دژکوه و سه قله (الوند) ۵۳ خانواده، ۱۴۷ سرده و ۱۸۸ گونه حضور دارند. از تعداد ۱۴۷ سرده موجود در منطقه مورد مطالعه ۱۱۳ سرده به نهاندانگان دولپه‌ای و ۳۱ سرده به نهاندانگان تک‌لپه‌ای، یک سرده به بازدانگان و سه سرده به پتریدوفیت‌ها تعلق دارند. از تعداد ۱۸۶ گونه موجود در منطقه مورد مطالعه ۱۴۱ گونه به گیاهان نهاندانۀ دولپه‌ای، ۴۱ گونه به گیاهان تک‌لپه‌ای، سه گونه به پتریدوفیت‌ها و یک گونه به بازدانگان تعلق دارد. هم‌چنین در این بررسی ناحیه رویشی گونه‌های مختلف موجود در منطقه مشخص شده که بیشترین گونه‌ها به ناحیه رویشی ایران-تورانی (۶۳٪)، ایران - تورانی با مدیترانه‌ای با (۱۰٪)، ایران-تورانی با مدیترانه‌ای و اروپا - سیبری (۷٪)، ایران - تورانی با صحرا سندی (۶/۶٪)، جهان وطن (۳٪)، ایران - تورانی با صحرا عربین (۲،۴٪)، مدیترانه‌ای (۲٪)، چند ناحیه‌ای (۲٪)، هیرکانی (۱٪)، ایران-تورانی با اروپا-سیبری (۱٪) تعلق دارند.

پی‌نوشت

1. flora
2. floristic
3. formation
4. species endmic



# آموزش ژن درمانی به روش مسئله محور

ترجمه: مریم انصاری

کارشناس گروه زیست‌شناسی  
دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

## اشاره

آموزش ضمن خدمت معلمان معمولاً کلاس‌های آموزشی کوتاه‌مدت و فشرده‌ای را به یاد می‌آورد که اغلب پس از تغییر کلی کتاب‌های درسی و برای آشنایی دبیران هر درس با این تغییرات، برگزار می‌شوند. گاهی هم این آموزش‌ها شامل دوره‌های غیر حضوری است که در بیش‌تر آن‌ها کتاب‌هایی با موضوع‌های غیر تخصصی را مطالعه و در آزمون‌های آن‌ها شرکت کرده‌ایم. ممکن است که هر یک از ما در طول چند سال تدریس خود کلاس‌های عملی شامل تشریح اندام‌های جانوری، یا رنگ‌آمیزی بافت‌های گیاهی را هم گذرانده باشیم.

این مقاله تجربه‌ای از آموزش ضمن خدمت معلمان را ارائه می‌کند که طی آن یک دبیر زیست‌شناسی با شرکت در یک کار گروهی و همراه با متخصصان دانشگاهی، پژوهش علمی در زمینه تخصصی ژن درمانی را به‌طور عملی تجربه کرده و ضمن آن تجربه خود را در قالب یادگیری مسئله‌محور به کلاس درس منتقل کرده است. این کار علاوه بر دریافت گواهی‌نامه ضمن خدمت و ارتقای حرفه‌ای معلم، موجب شده است او و دانش‌آموزانش از طریق چالش با یک مسئله پژوهشی روزآمد به دانشی عمیق‌تر و کاربردی‌تر دست یابند.

## مقدمه

امروزه معلمان دبیرستان‌ها با تقاضاهای بسیاری مواجه‌اند. از آنان می‌خواهند دانش‌آموزان را در یادگیری عملی و پژوهش‌محور و هیجان‌ناشی از آخرین تحولات رشته‌های علمی درگیر کنند، مهارت‌های تفکر را در آنان پرورش دهند، روش‌های جدید آزمایشگاهی را به آنان بشناسانند، آن‌ها را به فهمی از علم مجهز کنند که بر زندگی‌شان اثر بگذارد تا به عنوان بزرگسال تصمیم‌های آگاهانه‌ای بگیرند. در عین حال معلمان باید استانداردهای آموزشی را نیز پوشش دهند. آیا این کارها آسان‌اند؟ واقعاً نه. اما اگر معلمان به دنبال پیشرفت حرفه‌ای باشند، می‌توانند در مواجهه با این چالش‌ها موفق باشند.

## برگ اشتراک مجله‌های رشد

نحوه اشتراک:

شما می‌توانید به دو صورت مشترک مجله شوید:

۱. واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت، شعبه سمراه آزمایش کد ۳۹۵، در وجه شرکت افست و تکمیل فرم اشتراک به همراه ثبت مشخصات فیش واریزی در سایت مجلات رشد به آدرس:

[www.roshdmag.ir](http://www.roshdmag.ir)

۲. ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شده اشتراک با پست سفارشی (کپی فیش را نزد خود نگه‌دارید)

◆ نام مجلات درخواستی:

.....

.....

◆ نام و نام خانوادگی: .....

◆ تاریخ تولد: .....

◆ میزان تحصیلات: .....

◆ تلفن: .....

◆ نشانی کامل پستی: .....

استان: ..... شهرستان: ..... خیابان: .....

شماره فیش: ..... مبلغ پرداختی: .....

پلاک: ..... شماره پستی: .....

.....

◆ در صورتی که قبلاً مشترک مجله بوده‌اید، شماره اشتراک خود را ذکر نمایید:

.....

امضاء:

● نشانی: تهران - صندوق پستی امور مشترکین: ۱۶۵۹۵/۱۱۱

● نشانی اینترنتی: [www.roshdmag.ir](http://www.roshdmag.ir)

● پست الکترونیک: [info@roshdmag.ir](mailto:info@roshdmag.ir)

● اشتراک مجله: ۰۲۱-۷۷۳۳۶۶۵۶-۷۷۳۳۵۱۱۰-۷۷۳۳۹۷۱۳-۱۴

◆ هزینه اشتراک یک‌ساله مجلات عمومی (۸ شماره): ۹۶۰۰۰ ریال

◆ هزینه اشتراک یک‌ساله مجلات تخصصی (۴ شماره): ۶۰۰۰۰ ریال

من در تعطیلات تابستانی دو سال پیاپی در برنامه تجربه پژوهش برای معلمان شرکت کردم. از طریق این برنامه به دانش عمیق تری از زیست‌شناسی مولکولی و وپروس‌شناسی دست یافتم و با جدیدترین روش‌های آزمایشگاهی بیش‌تر آشنا شدم؛ روش‌هایی که به دانش‌جویان مهارت‌های اساسی دانشگاهی را می‌آموزند، من تجربه پژوهشی تابستانی خود را از طریق واحد یادگیری ژن‌درمانی به روش مسئله‌محور به کلاس درس منتقل کردم.

**کلیدواژه‌ها: ژن‌درمانی، آموزش ضمن خدمت، مسئله‌محوری.**

### برنامه تجربه پژوهشی برای معلمان

بیشتر معلمان با شنیدن عبارت پیشرفت حرفه‌ای نشانه‌های تردید در چهره می‌آورند. اما پیشرفت حرفه‌ای پژوهش‌محور می‌تواند تجربه‌های جالب و دانش محتوایی ارزشمندی فراهم کند. در استانداردهای پیشرفت حرفه‌ای آمده است که تجربیات یادگیری معلمان علوم پایه باید آنان را در پژوهش‌های فعالانه در مورد پدیده‌های علمی، تفسیر نتایج آن‌ها، معنادار کردن یافته‌ها هماهنگ با فهم علمی رایج و پذیرفته‌شده، درگیر کند (NRC، ۱۹۹۶).

برنامه تجربه پژوهشی برای معلمان که بودجه آن را بنیاد ملی علوم (امریکا) تأمین می‌کند، از طریق تقویت همکاری بین مؤسسه‌های آموزش عالی و مدارس محلی پیشرفت حرفه‌ای معلمان مدارس و جامعه استادان را تسهیل و پژوهشگران را تشویق می‌کند تا همکاری دوطرفه پر ارزشی را با معلمان انجام دهند (NSF).<sup>۲</sup> اهداف بلندمدت همکاری ما که از طریق برنامه تجربه پژوهش برای معلمان پی‌ریزی شده است، تشویق پیشرفت و استفاده از روش‌ها و مواد آموزشی است. بدین منظور که معلمان دانش‌آموزان را برانگیزانند تا به مشاغل علمی و مهندسی توجه کنند و ارتباط بین معلمان دبیرستان و اساتید دانشگاه را توسعه یابد.

من طی برنامه پژوهش برای معلمان، ده ماه از سال معلم زیست‌شناسی دبیرستان و دو ماه از تابستان پژوهشگر بودم. پژوهش این برنامه درباره ژن‌درمانی بود و بر تروروپروس‌ها<sup>۴</sup> و لنتی‌وپروس‌هایی<sup>۴</sup> که واسطه انتقال ژن به سلول‌هایند و اثر اصلاح ژنتیک بر سرنوشت سلول‌های بنیادی جنینی و بزرگسالی متمرکز بود. در این برنامه من و یک دانشیار رشته مهندسی زیست‌پزشکی و یک نفر فارغ‌التحصیل این رشته با هم یک گروه همکاری تشکیل دادیم. نخستین هدف ما طرح‌ریزی محتوایی برای برانگیختن دانش‌آموزان دبیرستانی بود تا مفاهیم پایه‌ای ژن‌درمانی را یاد بگیرند، آن‌چه این فناوری می‌تواند و یا نمی‌تواند انجام دهد را درک کنند و اثر نهایی آن بر سلامتی را مورد بررسی قرار دهند. فناوری ژن‌درمانی تأثیر شگرفی بر پزشکی و جامعه داشته است.

ژن‌درمانی نمونه‌ای عالی است از این‌که چطور دانشمندان و مهندسان امروزی باید برای حل مسائل اصول چند رشته علمی (فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و مهندسی) را در هم بیاورند. علاوه بر آن شور و هیجانی که با ژن‌درمانی ایجاد می‌شود، می‌تواند توجه دانش‌آموزان بی‌علاقه را به مشاغل علمی و مهندسی برانگیزد.

اولین کارمن در این برنامه، آشنایی سریع با روش‌های زیست‌شناسی مولکولی و ژن‌درمانی بود. من روش‌های کشت سلول و طرح‌ریزی، محاسبات و تکنیک‌های مربوط را طی چند سنجش آزمایشگاهی آموختم. در نخستین تابستان من آزمایش‌هایی را اجرا کردم که کمک می‌کرد تا نشان دهم که نیمه عمر لنتی‌وپروس‌ها از خانواده خویشاوند آن‌ها، یعنی تروروپروس‌های سرطان‌زا بیش‌تر است. در تابستان سال بعد پژوهش‌های من بر ایجاد روش‌هایی برای تغییر ویژگی‌های ویروس‌ها به راه‌های تازه‌ای که انتظار می‌رود در مهندسی ویروس‌ها به‌عنوان یک هدف در آینده کاربرد داشته باشند و بر تغییر ژنتیکی انواع خاصی از سلول‌ها برای درمان بیماری‌ها یا کمک به ساخت اندام‌های مصنوعی متمرکز شد.

این تجربه‌های پژوهشی مرا وادار کرد تا دوباره بیاورم وقتی درباره مسئله‌ای دانش کمی دارم، چگونه آزمایش طراحی کنم. اکنون من طراحی آزمایش را بیش‌تر یک فرایند خلاقانه می‌دانم تا روشی گام به گام، آن‌طور که در کلاس درس آموزش می‌دهند. من دریافتم

**فناوری ژن‌درمانی تأثیر شگرفی بر پزشکی و جامعه داشته است. ژن‌درمانی نمونه‌ای عالی است از این‌که چطور دانشمندان و مهندسان امروزی باید برای حل مسائل اصول چند رشته علمی (فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و مهندسی) را در هم بیاورند**

باید به دانش‌آموزانم کمک کنم تا آنان بیش‌تر از روش علمی درباره فرایند علمی بیاموزند. من فهمیدم خبره شدن در یک موضوع جذاب مؤثرترین روش برای یاد گرفتن مفاهیم مهم و توانمند شدن در تعمیم این مفاهیم است.

### یادگیری مسئله‌محور در دبیرستان

من هرچه بیش‌تر با پژوهش آشنا می‌شدم، به این فکر می‌کردم چگونه آن‌چه را آموخته‌ام به شکلی کارآمد به کلاس درس خود منتقل کنم. مدتی پس از آغاز کار من دانشیار عضو گروه ما دیدگاه خود درباره اجرای یادگیری مسئله‌محور در دبیرستان را با من در میان گذاشت. او و همکارانش موفق شده بودند در روش یادگیری مسئله‌محور که معمولاً در دانشکده‌های پزشکی به کار می‌رود، برای استفاده در دوره‌های علوم و مهندسی تغییراتی ایجاد کنند. آنان

دریافته بودند که این روش با قرار دادن دانش‌آموزان در موقعیتی شبیه آن چه کارورزان در عمل با آن مواجه‌اند، روشی بسیار کارآمد است و به دانش‌آموزان می‌آموزد چگونه شبیه دانشمندان و مهندسان زیست پزشکی فکر کنند.

من قبلاً به یادگیری مسئله‌محور علاقه‌مند شده بودم و شرکت در برنامه پژوهشی فرصت آزمون آن را برایم فراهم کرد. تصمیم گرفتم از روش یادگیری بر مبنای کاوش‌گری مرکز IRIS استفاده کنم. در این روش به دانش‌آموزان مسئله‌ای عرضه می‌شود یا با چالشی مواجه می‌شوند و از آنان می‌خواهند خلاصه‌ای از روش مواجهه با چالش را براساس دانش خود از موضوع، تهیه کنند. وقتی دانش‌آموزان طرح خود را تهیه می‌کنند، روشی را که متخصصان برای مواجهه با چالش به کار می‌برند، یاد می‌گیرند. وقتی دانش‌آموزان به این بینش افزوده مجهز می‌شوند، طرح خود را بهبود می‌دهند و اجرای آن را دنبال می‌کنند.

دانش‌آموزان بعداً هنگامی که در حال دست‌وپنجه نرم کردن با چالش‌اند، در تمرین‌هایی که برای تعیین میزان یادگیری آنان درباره موضوع طراحی شده است شرکت می‌کنند. سرانجام، آنان دستاوردهای خود را درون کلاس درس و یا بیرون آن با دیگران در میان می‌گذارند. یک نکته کلیدی در موفقیت یادگیری مسئله‌محور این است که مسئله نباید به‌طور دقیق تعریف شود و پایان آن نیز باید باز باشد. به این ترتیب موقعیتی که دانشمندان و مهندسان در دنیای واقعی با آن مواجه‌اند، برای دانش‌آموزان ایجاد می‌شود.

**تمرین ژن‌درمانی مسئله‌محور**  
من واحد یادگیری مسئله‌محور «شما کدام ژن‌ها را با خود دارید؟» (شکل ۱) را طراحی کردم.

در این واحد یادگیری دانش‌آموزان با این چالش مواجه می‌شوند: فرض کنید که شما به یک بیماری دچار شده‌اید و فرصت شرکت در یک آزمون بالینی ژن‌درمانی را نیز دارید. باید تصمیم بگیرید که در این آزمون شرکت کنید یا نه. واحد یادگیری مسئله‌محور «شما چه ژن‌هایی دارید؟» شامل این مراحل است:

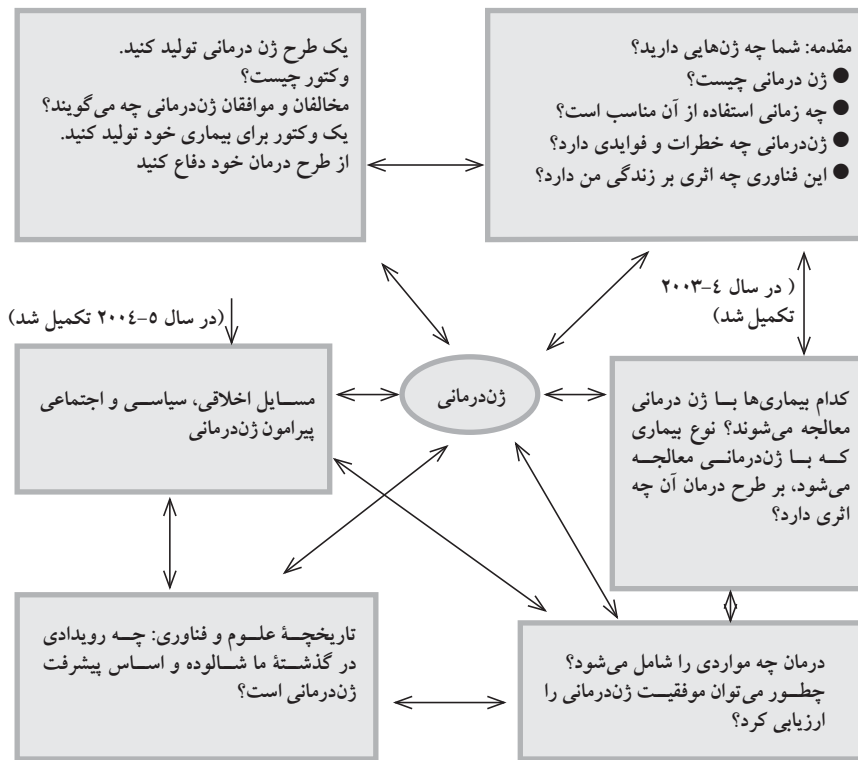
**برانگیختن:** مرحله‌ای که برای جلب توجه دانش‌آموزان طراحی می‌شود تا دانش قبلی آنان را فعال کند و علاقه به مطالعه بیش‌تر را برانگیزد. در این مرحله دانش‌آموزان به بخش‌هایی از مصاحبه با زن

جوانی که بیماری سیستیک فیبروزیز دارد، گوش می‌کنند و درباره پاسخ پرسش‌های زیر فکر می‌کنند:

● اگر شما جای او بودید یا اگر فرزند شما جای او بود، چه احساسی داشتید؟

● پیوند شش چه فایده‌ها و چه ضررهایی دارد؟

**چالش:** یک سناریو ایجاد و طی آن دانش‌آموزان را راهنمایی کنید تا درباره ژن‌درمانی بیاموزند و نسبت به یادگیری خود احساس مالکیت پیدا کنند و آگاهانه تصمیم‌گیری کنند. سناریو چنین است: فرض کنید شما جوانی شانزده ساله و مبتلا به بیماری ... (نام بیماری را بنویسید) هستید. این اواخر بیماری شما رو به وخامت گذاشته است و زمان زیادی را در مطب پزشک و یا بیمارستان گذرانده‌اید. شما از بیماری خسته‌اید و فقط می‌خواهید از جوانی خود بهره ببرید. اخیراً پزشک متخصص به شما پیشنهاد کرده است که ژن‌درمانی انجام دهید. شما نمی‌دانید ژن‌درمانی چیست و چطور عمل می‌کند.



شکل ۱: واحد یادگیری مسئله‌محور که برای آشنا کردن دانش‌آموزان دبیرستان با ژن‌درمانی طراحی شده است.

پزشک همچنان می‌گوید که شما خوش‌شانس‌اید، زیرا در این ماه بیمارستان آزمون نوع جدیدی از ژن‌درمانی مربوط به بیماری شما را آغاز می‌کند. البته این نوع ژن‌درمانی کاملاً آزمایشی است و هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد و پی‌آمدهای درمان آن نامشخص است. شما یک هفته فرصت دارید تا تصمیم بگیرید که در این مطالعه به عنوان بیمار شرکت کنید یا نه و پیش از تصمیم‌گیری باید راجع به موضوع تحقیق کنید.



**تولید اندیشه:** دانش‌آموزان به صورت گروهی و براساس دانش موجود خود و در نظر گرفتن سه پرسش زیر برای حل مسئله فعالیت می‌کنند:

● چه می‌دانید؟

● چه پرسش‌هایی دارید؟

● کدام پرسش‌هایتان به پژوهش بیش‌تر نیاز دارد؟

**ملاقات با متخصصان:** برای کمک به دانش‌آموزان در آغاز تحقیق، آنان دو فیلم ویدیویی را مرور می‌کنند که در آن متخصصان موضوع دیدگاه‌هایشان برای برخورد با چالش را ارائه و درباره نکات مهم مربوط به ژن‌درمانی و خطرات این روش در مقابل فایده‌های آن بحث کرده‌اند.

**پژوهش و بازبینی:** در این مرحله دانش‌آموزان پژوهشی انجام می‌دهند که به آنان کمک می‌کند با چالش پیش‌رویشان مقابله کنند. دانش‌آموزان پرسش‌هایی درباره بیماری‌ها و ژن‌درمانی تکمیل می‌کنند. دستور کار زیر نیز برایشان آماده می‌شود:

● پرسش‌هایی را که دارید؟ فهرست کنید.

● به همه پرسش‌ها پاسخ دهید.

● پاسخ‌های خود را با اعضای دیگر گروه در میان بگذارید و با پاسخ‌های ایشان مقایسه کنید.

**جرت خود را بیازمایید:** دانش‌آموزان در چالش کوچکی درگیر می‌شوند تا آن‌چه را که آموخته‌اند، ارزشیابی کنند. به آنان فهرستی از بیماری‌ها و وضعیت‌های پزشکی مثل سیستیک فیبروز، دیستروفی عضلانی و بیماری آلزایمر داده و از ایشان خواسته شد که آنهایی را که با ژن‌درمانی درمان می‌شوند را مشخص کنند.

● دانش‌آموزان پاسخ‌هایشان را با پاسخ‌های متخصصان مقایسه و درباره تفاوت پاسخ‌ها بحث می‌کنند.

● اگر لازم بود دانش‌آموزان پژوهش بیش‌تری انجام می‌دهند.

**به دیگران ارائه بدهید:** دانش‌آموزان در حضور دیگران راه‌حل‌هایشان را ارائه می‌دهند و از آن‌ها دفاع می‌کنند.

● هر یک از دانش‌آموزان با والدینش تصمیم می‌گیرد که به آزمایش بالینی بپیوندند یا نه.

● گروه‌های دانش‌آموزان در کلاس درس به توافق می‌رسند.

● گروه‌ها در مقابل کلاس از تصمیم خود دفاع می‌کنند.

هر یک از این مراحل را می‌توان با فعالیت‌های دیگری که در وب‌سایت مختلف ارائه شده‌اند جانشین کرد. برای مثال، دانش‌آموزان می‌توانند آزمایش‌های بالینی کنونی و اطلاعاتی درباره پژوهش‌های بالینی در ژن‌درمانی و پژوهش‌های دیگری درباره افراد داوطلب را در این نشانی بیابند:

<http://clinicaltrials.gov>

«مجموعه یادگیری درباره علم ژنتیک در نشانی:

[http://learn.genetics.utah.edu/content/therapy\\_tech/gene](http://learn.genetics.utah.edu/content/therapy_tech/gene)

و منبع ارزشمند بیماری‌های ژنتیک و ژن‌درمانی در این نشانی در دسترس است.

<http://ghr.nlm.nih.gov>.

نکته مهم این است که یادگیری مسئله‌محور را می‌توان برای دانش‌آموزانی با هر سن و هر سطح توانایی به کار برد، زیرا لازم نیست دانش‌آموزان مجموعه خاصی از حقایق را یاد بگیرند. علاوه

**یک نکته کلیدی در موفقیت یادگیری مسئله‌محور این است که مسئله نباید به‌طور دقیق تعریف شود و پایان آن نیز باید باز باشد. به این ترتیب موقعیتی که دانشمندان و مهندسان در دنیای واقعی با آن مواجه‌اند، برای دانش‌آموزان ایجاد می‌شود**

بر آن یادگیری مسئله‌محور دانش‌آموزان را تشویق می‌کند هنگام کار روی مسئله‌ها فرایندهای فکریشان را آشکار کنند. این یادگیری به دانش‌آموزان کمک می‌کند مهارت‌های حل مسئله خود را بهبود بخشند

حتی بنابر طبیعت خود دانش‌آموزان را در سطح مناسب با سن و میزان معلوماتشان درگیر می‌کند. من واحد یادگیری ژن‌درمانی مسئله‌محور را با اصلاح جزئی در کلاس‌هایی با سطح معمولی نیز به کار بردم و موفقیت زیادی به‌دست آوردم.

قبل از اجرای این واحد یادگیری در کلاس به دانش‌آموزان پیش‌آزمونی دادم و از ایشان پرسش‌های پایه‌ای مثل: «آیا می‌دانید ژن‌درمانی چیست؟» را پرسیدم. اگر آنان پاسخ مثبت می‌دادند از ایشان می‌خواستم تعریفی از ژن‌درمانی را ارائه کنند. از ۹۷ دانش‌آموز فقط ۳۵ نفر می‌دانستند ژن‌درمانی چیست و تعریف مناسبی ارائه می‌دادند. بعد از تکمیل واحد یادگیری مسئله‌محور، ۹۳ نفر از ۹۷ نفر دانش‌آموز توضیح بسیار خوبی درباره ژن‌درمانی ارائه کردند و توانستند بیماری‌هایی را نام ببرند که در حال حاضر ژن‌درمانی روشی برای درمان آن‌هاست.

پس از تجربه پژوهش برای معلمان، من از ژن‌درمانی و چگونگی انجام پژوهش‌های مربوط به آن در آزمایشگاه‌های دانشگاهی درک بهتری دارم و درک من از تکنیک‌های آزمایشگاهی و طراحی آزمایش ارتقا پیدا کرده است و یافته‌های جدید خود را به کلاس درس خود نیز برده‌ام. علاوه بر آن من اکنون با متخصصانی در تماس هستم که می‌توانم برای یافتن پاسخ پرسش‌های دانش‌آموزان هنگام درگیری با یک مسئله تازه و یافتن راه‌حل درست به آنان رجوع کنم.

پی‌نوشت

1. National Research Council (NRC). 1996. National science education standard.
2. NSF: National science foundation
3. retroviruses
4. lentiviruses

منبع

1. science. Nsta. Org/ enew sletter/ 2006-11/ tst 0512-29. pdf

# تدریس زیست‌شناسی به شیوه فعال فناورانه

ندا پریشانی

دبیر زیست‌شناسی خمینی شهر  
کارشناس ارشد برنامه‌ریزی

کلیدواژه‌ها: روش تدریس فعال فناورانه، آموزش زیست‌شناسی.

۱۵٪ به کمتر از ۴٪ کاهش یافت. اساس تئوری معلم در این روش، رویکرد یادگیری ساخت‌گرایی است. از آن‌جا که دانش نمی‌تواند به‌سادگی از معلم به فراگیران انتقال پیدا کند، لذا فراگیران باید در ساختن دانش درگیر شوند. آنان باید خود دانش خود را بسازند. محیط TEAL در جهت حمایت از تعامل اجتماعی، تشویق فراگیران به یادگیری فعال و علاقه‌مند کردن آنان و نیز ایجاد فضای کلاسی که پرورش‌دهنده و ایجادکننده اصلاح تصور است، طراحی شده است. در این رویکرد به فراگیران کمک می‌کنند تا تصور کنند، فرضیه بسازند و نگرش‌شان را در رابطه با مفاهیم، بهبود بخشند. این پیشرفت حاصل به‌کارگیری فناوری آموزشی، آزمایش و کسب تجربه است. یادگیری فعال اغلب حاصل تبادل اندیشه‌هاست و در پایان باعث ارتقای دانش افراد می‌شود.

بهبود فضای یادگیری، تجربیات فیزیکی (کاوشگری در آزمایشگاه)، دسترسی به وب و ورود به فضای واقعی و سه‌بعدی، زندگی واقعی بدون محدودیت را امکان‌پذیر می‌کند. باید متذکر شد که کلید تغییر در این روش انعطاف‌پذیری مدل از طریق شبیه‌سازی کاوشگرانه، بهبود فهم مفاهیم اصلی و متون علمی است.

این روش تدریس برای اولین بار در ایران در درس زیست‌شناسی به‌وسیله نویسنده این سطور اجرا شد. یک نمونه از مراحل تدریس به شیوه TEAL در رابطه با مبحث ساختار و عملکرد چشم که توسط پژوهشگر اجرا شد، به‌طور خلاصه بیان می‌شود:

«در ابتدا چند روز قبل از تشکیل کلاس درس سؤالات ارزشیابی آغازین را (مانند لایه‌های چشم را به‌ترتیب از خارج به داخل نام ببرید) با رایانامه (پست الکترونیک)، برای دانش‌آموزان ارسال و از دانش‌آموزان پاسخ دریافت کردیم. در صورتی که دانش‌آموزی نمره لازم را کسب نکرده بود پاسخ صحیح را همراه با راهنمایی‌های لازم به دانش‌آموز ارسال می‌کردیم (دانش‌آموزانی که امکان دسترسی به

ترکیب کردن روش‌های تدریس کاوشگری گروهی در آزمایشگاه، شبیه‌سازی (یا استفاده از فیلم، اینترنت، پویانمایی، با تصویرهای سه‌بعدی، بنا به ضرورت تدریس) و سخنرانی‌های کوتاه در موقعیت‌های مختلف (بنا به ضرورت) روش تدریس فعال فناورانه<sup>۱</sup> (TEAL) نامیده می‌شود. در این روش، که در آن کلاس و آزمایشگاه از هم جدا نیستند می‌توان با استفاده از رایانامه (پست الکترونیکی) برای هر دانش‌آموز با توجه به تفاوت‌های فردی آنان، تکالیف خاص تعیین کرد (بلچر، ۲۰۰۵). این روش تدریس در زمره روش‌های فعال تدریس است و اولین بار در انستیتو تکنولوژی ماساچوست<sup>۲</sup> در درس فیزیک توسط بلچر و همکاران اجرا شد (بلچر، ۲۰۰۱).

یکی از اهداف این روش جانشین کردن روش تدریس فعال به جای سخنرانی‌های طولانی مدت بود. در این روش فراگیران به تعداد

نه نفر، در گروه‌های سه‌نفری (یا بیشتر) دور یک میز می‌نشینند و برای هر گروه سه نفره یک رایانه همراه با وسایل آزمایش روی میزها قرار می‌گیرد. فراگیران با وسایل موجود روی میز آزمایش انجام می‌دهند و کاوشگری گروهی را در آزمایشگاه آغاز می‌کنند (بلچر، ۲۰۰۴). سپس آن‌چه را که با چشم دیده نمی‌شود (همانند جریان عصبی در سلول عصبی)، از طریق شبیه‌سازی، تصاویر، یا فیلم مشاهده می‌کنند و یا چنانچه نیازمند محاسبه، نمودار و اطلاعات بیشتر باشند، از رایانه استفاده می‌کنند.

دری و بلچر در پایان سال ۲۰۰۱ روش TEAL را برای ۱۸۰ دانش‌آموز و در پاییز ۲۰۰۳ برای ۶۰۰ دانش‌آموز اجرا کردند. پیشرفت گروهی که به روش TEAL آموزش دیده بودند، در فهم مفاهیم، به‌صورت شگرف و معناداری بیشتر از گروهی بود که به‌صورت سخنرانی آموزش دیده بودند، هم‌چنین در سال ۲۰۰۸ تحقیق دیگری، در درس‌های مختلف فیزیک انجام شد. طی این پژوهش، پس از استفاده از روش TEAL درصد مردودین به‌طور متوسط از

در این روش فراگیران به تعداد نه نفر، در گروه‌های سه‌نفری (یا بیشتر) دور یک میز می‌نشینند و برای هر گروه سه نفره یک رایانه همراه با وسایل آزمایش روی میزها قرار می‌گیرد



اینترنت را در خانه نداشتند، با همکاری کادر دبیرستان از امکانات دبیرستان استفاده می کردند.

دانش آموزان به جای حضور در کلاس درس، در آزمایشگاه حضور می یافتند. دانش آموزان از همان جلسه اول گروه بندی شدند، بدین گونه که به دور یک میز آزمایشگاه دانش آموزان به تعداد نه نفر، در گروه های سه نفری می نشستند. برای هر گروه یک رایانه وجود داشت. علاوه بر آن، وسایل آزمایش (مانند جعبه تشریح، مغز، یا چشم گاو، مولاژ و هر آن چه مورد نیاز بود) نیز روی میزها قرار داشت. معلم با سخنرانی کوتاه در رابطه با ساختار و عملکرد چشم، دانش آموزان را برمی انگیخت و سپس دانش آموزان با وسایل موجود روی میزها، کاوشگری را آغاز می کردند (مشاهده مولاژ چشم و شروع به تشریح چشم گاو توسط دانش آموزان).

معلم با سؤالات خود، از دانش آموزان، پیشروی صحیح آن ها را کنترل می کرد (مانند: چگونه تشخیص می دهید که چشم موجود در گروه شما چشم چپ است یا چشم راست؟) دانش آموزان می توانستند با سؤال کردن و راهنمایی گرفتن از معلم به کاوشگری خود عمق ببخشند. دانش آموزان از رایانه برای مشاهده پویانمایی یا فیلم و آن چه در آزمایشگاه با چشم دیده نمی شد، (همانند، مشاهده پویانمایی، یا فیلم عبور نور از قسمت های مختلف چشم و ایجاد تصویر وارونه در شبکیه چشم و نیز طرز ایجاد جریان عصبی در سلول های موجود در شبکیه چشم و انتقال پیام عصبی به مغز و مستقیم شدن تصویر در مغز) و یا دریافت اطلاعات بیشتر از رایانه استفاده می کردند. معلم از قبل پویانمایی فیلم و یا عکس های مربوط به بحث کلاسی را تهیه کرده بود و در صورت لزوم (قطع

علاقه دانش آموزان به کار با رایانه می تواند سبب شود که یادگیری با سرعت بیشتر صورت گیرد و نیز از آن جا که محور اصلی یادگیری، انگیزش یادگیرنده است، شبیه سازی و استفاده از رایانه می تواند با ایجاد حس کنجکاوی و تحریک چند حس، موفقیت هایی را برای فراگیران ایجاد کند، به عبارت دیگر، زمانی که طراحی آموزشی خوب باشد، در حیطه عاطفی نیز بهبود چشمگیری حاصل شود.

**محدودیت.** از محدودیت های این پژوهش می توان به قطع و وصل اینترنت، سرعت پایین اینترنت، پُرهزینه بودن این روش تدریس، نیاز به تعداد کم دانش آموز و کمبود دبیر آموزش دیده نام برد.

### روش تدریسی که بیشتر بتواند دانش آموزان را با مسائل عاطفی درگیر کند می تواند انگیزش بیشتری برای یادگیری ایجاد کند

اینترنت و یا نیاز به سخنرانی و بحث در کل کلاس و...) از Data Show جهت ارائه صحیح و وسیع تر مطالب استفاده می کرد.

در پایان جلسه ارزشیابی پایانی به صورت گروهی به عمل آمد (مانند: محل قرارگیری سلول های مخروطی را در شبکیه چشم را با ذکر دلیل بنویسید). و یا نحوه تطابق چشم یک نقاش را هنگامی که به یک منظره نگاه می کند و نیز هنگامی که آن منظره را رسم می کند. برای تعیین تکلیف در خانه از دانش آموزان خواسته می شد با استفاده از اینترنت در رابطه با سؤالات مطرح شده توسط معلم جست و جو کنند (مانند: همان طور که در تشریح چشم گاو مشاهده کردید، چشم انسان شش ماهیچه، اما چشم گاو هفت ماهیچه دارد، کار این ماهیچه اضافه در چشم گاو چیست؟ یا، تفاوت چشم گاو و چشم انسان در مشاهده انواع رنگ ها چیست و چرا؟) و پاسخ های خود را که شامل متن، پویانمایی، یا فیلم بود، برای معلم با پست الکترونیک ارسال کردند.

روش تدریسی که بیشتر بتواند دانش آموزان را با مسائل عاطفی درگیر کند می تواند انگیزش بیشتری برای یادگیری ایجاد کند.

#### پی نوشت

1. Technology Enabled Active Learning
2. Massachusetts Institute of Technology

#### منابع

1. Belcher, J. (2001). Studio Physics at MIT. *MIT Physics Annual*, 2001, 58-64.
2. Belcher, J. W. (2003). *Technology enabled active learning (TEAL). Icampus, The MIT Microsoft Alliance*. Retrieved on May 5, 2007, from <http://icampus.mit.edu/projects/TEAL/shtml>.
3. Belcher, J. (2004). Improving student understanding with TEAL. *The MIT Faculty Newsletter*, XVI (2), 1, 8-10.
4. Belcher, J. (2005). Technology Enabled Active Learning. Retrieved on May 5, 2007, Available in <http://icampus.mit.edu/projects/TEAL.shtml>.
5. Dourmashkin, P. (2008). Redesign of mechanics and Electromagnetism at MIT. *Course redesign work shop*. October, MIT.



# مدرسه روزنامه نگاری علمی

## راهنمای نوشتن برای فصل نامه رشد آموزش زیست شناسی

محمد کرام الدینی

### اشاره

در درس اول این مدرسه که در شماره قبل به چاپ رسید، پس از شرح مقدمه‌ای در معرفی جلد و جایگاه آن، به موضوع‌هایی مانند جایگاه نویسندگان مطالب مجله، جایگاه علم، شبه علم، چگونگی انتخاب موضوع، چگونگی آغاز به نوشتن و انواع قالب‌های نوشتاری پرداختیم. در این درس به زبان علم، شیوه نگارش و متن‌سازی فارسی می‌پردازیم و ویژگی‌های متون مطلوب را مرور می‌کنیم.

### زبان علم

می‌دانیم که یکی از واپسین گام‌های روش علمی ثبت نتایج و ارائه گزارش است به منظور آگاهی دیگران. آشکار است که علم بدون نوشتن و ثبت کردن و فقط با تکیه بر حافظه انسان بر جای نمی‌ماند و ماندگار نمی‌شود. علم به رسانه‌ای به نام زبان نوشتاری نیاز دارد و زبان نوشتاری نشیبه ما فارسی است.

آب‌ها و محیط زیست‌های دریایی که در نظر گرفته شده است که ubiquitous باشد توصیف می‌شود با اصطلاح وسیع یوتروفیکاسیون».

ملاحظه می‌کنید که یک‌بار خواندن جمله منظور نویسنده را به مخاطب منتقل نمی‌کند، بلکه به احتمال زیاد مخاطب پس از خواندن چنین جمله‌هایی، متن را رها می‌کند، به دنبال کار دیگری می‌رود و نویسنده را ناکام می‌گذارد. این جمله طولانی هیچ یک از ویژگی‌های نوشته مطلوب را ندارد؛ روان، گویا و شیوا نیست، دقت لازم در ترکیب واژگان آن صورت نگرفته، نویسنده واژه‌های بیگانه را عینا با شکل، الفبا و املا بیگانه آورده و به علاوه، با درج کلمات زاید در جمله مرتکب نوعی درازنویسی شده است. اکنون به جمله‌ای از کتابی که در سده ششم هجری قمری نوشته شده است، توجه کنید:

علم باید به شیوه‌ای نوشته شود تا فهمیدنی باشد. اگر نویسنده مطلب علمی دچار ثقل قلم شود، یا هنگام نوشتن کژتابی پیشه کند، آشکار است که هرگز آن طور که می‌خواسته، به مقصود، که همانا ارتباط با مخاطبان است، نمی‌رسد

زبان علم با زبان موضوع‌های دیگر تفاوت‌هایی دارد. مجموعه این تفاوت‌ها ویژگی‌های زبان علم را می‌سازند. زبان نوشتاری علمی مناسب زبانی است که هر واحد آن:

- روان و گویا باشد، به گونه‌ای که مخاطب پس از یک بار خواندن، بلافاصله به مفهوم پی ببرد.
- دقیق باشد، به طوری که مخاطب به جز آنچه نویسنده در ذهن داشته است، استنباط نکند.
- واژگانی داشته باشد آشنا و مأنوس برای مخاطب.
- از ترکیب کم‌ترین تعداد واژه‌ها پدید آمده باشد، به بیان دیگر، نویسنده آن از درازنویسی<sup>۱</sup> پرهیز کرده باشد. بنابراین علم باید به شیوه‌ای نوشته شود تا فهمیدنی باشد.
- اگر نویسنده مطلب علمی دچار ثقل قلم شود، یا هنگام نوشتن کژتابی پیشه کند، آشکار است که هرگز آن طور که می‌خواسته، به مقصود، که همانا ارتباط با مخاطبان است، نمی‌رسد. مثلاً جمله‌ای از یکی از نوشته‌هایی که به این مجله فرستاده شده، چنین است:

«مالیخولیا علتی است که اطبا در معالجت او فرو مانند، اگرچه امراض سوداوی همه مزمن است، لیکن مالیخولیا خاصیتی دارد به دیر زایل شدن...»<sup>۲</sup>.

مخاطب امروزی این جمله روان پس از هشتصد سال همه مقصود نویسنده را به روشنی درمی‌یابد. بنابراین، زبان فارسی زبانی تواناست و از واژگان که بگذریم، ظرفیت قابل توجهی برای انتقال مفاهیم علمی

«شاید تنها استرس مربوط به تکامل انسان بر روی

اثر بر نگارند  
اتفاق کردن نگارند  
آنها که آینه  
آزمایشات  
آزمایشها



### متن خام، متن پخته

ویراستار با تجربه معمولاً با نگاهی گذرا به هر نوشته، می تواند به آسانی دریابد که نویسنده آن در مهارت های نگارش چند مرده حلاج بوده است. او برای این کار به دنبال نشانه هایی می گردد که شاخص دست های خام و بی تجربه اند. دانستن چندتا از مهم ترین نشانه ها بی فایده نیست.

### ○ نشانه نخست: وجه یا عبارت وصفی

در یکی از مقاله هایی که برای چاپ به مجله ارسال شده، نوشته شده است: «...لام را زیر میکروسکوپ گذاشته، میکروسکوپ را تنظیم کرده و شیء را ببینید». ممکن است با خواندن این کلمات، نخست تصور کنیم که نویسنده این جمله در حال شرح دادن کارهای منسوب به سوم شخص مفرد غایب است و پیش خود فکر کنیم که نویسنده می خواسته است بگوید که شخصی لام را زیر میکروسکوپ گذاشته و میکروسکوپ را تنظیم کرده است. اما هنگامی که به فعل آخر جمله می رسیم، پس از مشاهده فعل «ببینید»، متوجه می شویم که با فعلی امری سر و کار داریم. در این حال ممکن است این پرسش برای مان پیش آید که چرا نویسنده ننوشته است «لام را زیر میکروسکوپ بگذارید، میکروسکوپ را تنظیم کنید و شیء را ببینید». بلکه از واژه های گذاشته و کرده استفاده کرده است؟

واقعیت این است که نمی توان از لحاظ دستور زبان فارسی ایرادی

اساسی به این جمله گرفت و آن را مذموم دانست، زیرا در دستور زبان فارسی چنین حالتی را «وجه یا حالت وصفی» می نامند و بسیاری از صاحبان سخن پارسی نیز در متون خود از آن استفاده کرده اند. مثلاً ابوالفضل بیهقی که پدر روزنامه نگاری فارسی می داندش، چنین نوشته است: «... مفسدی چند مردمان جلد با وی یار شده، کاروانها می زدند و دهها غارت می کردند».

ادیبان «عبارت وصفی» را به

حالتی از فعل اطلاق می کنند که موقعیت «صفت» پیدا کرده است و لذا مثل فعل وابسته به زمان نیست. وجه وصفی فعل است به صورت صفت که لزوماً با فاعل مطابقت نمی کند و همیشه مفرد است. مثال: در مقاله ای که برای چاپ برای ما فرستاده شده است، نویسنده به افراط از وجه وصفی استفاده کرده است. مثلاً نوشته است که «... بیمار به تدریج ناتوان و فرسوده شده و در اثر انقباضات شدید عضله قلب فوت می نماید» که بهتر می بود می نوشت: «... بیمار به تدریج ... ناتوان و فرسوده می شود و...» تا به زبان علمی امروز نزدیک تر شود. اشکال دیگر این جمله آن است که نویسنده پس از وجه وصفی، حرف

دارد. بیشتر نارسایی هایی که در نوشته های علمی می بینیم، در واقع به علت کم آشنایی نویسنده با زبان بروز می کنند. کافی است نویسنده متن علمی این زبان را خوب بشناسد تا بتواند از آن حداکثر استفاده را بکند.

### زبان و خط فارسی

می گویند که خط چهره مکتوب زبان است. بنابراین، سلامت خط و نگارش معرف سلامت زبان است. شوربختانه مدتی است که نگرانی کارشناسان نسبت به سلامت زبان فارسی رو به افزایش گذاشته است. چون در گذشته های دور معمولاً کسی دست به قلم نمی برد، مگر آن که آداب نوشتن را به خوبی بدانند. از این رو و نیز به علت این که هنوز زبان های بیگانه، به ویژه زبان انگلیسی هجوم خود را به زبان ما آغاز نکرده بودند، بیشتر نوشته های برجای مانده از پیشینیان شسته و رفته و کم نقص به نظر می رسند. در سال های اخیر، به ویژه پس از گسترش مدارس، دانشگاه ها و مخصوصاً در پی رواج رایانه، شمار کاربران زبان نوشتاری رو به افزایش گذاشته است و متأسفانه بسیار کسان که پیش از آموختن آداب نوشتن و با تکیه به زبان مادری محاوره ای و شفاهی خود تکه های صفحه کلید رایانه ها را می نوازند تا مفاهیمی را که در ذهن دارند، با دیگران در میان بگذارند. اینان مروج سبک های نوشتاری نادرست، سنگین و نامأنوس اند.

مجله رشد آموزش زیست شناسی نیز هم چون بسیاری از نشریات کشور، به ویژه نشریات آموزشی رشد خود را موظف به پاسداری از زبان فارسی و حفظ، تکامل و گسترش آن می داند. بنابراین، یکایک

نوشته های رسیده را علاوه بر جنبه های علمی و آموزشی، از لحاظ نگارشی نیز مورد بررسی قرار می دهد و نوشته های منتخب برای چاپ را پیش از انتشار مطابق با شیوه نامه مصوب ویرایش می کند، تا علاوه بر حفاظت از زبان فارسی، یکدستی نوشتاری مجله را نیز افزایش دهد.

### اهمیت نزدیکی زبان نوشتاری به زبان گفتاری

خواننده نوشته شما فردی

است که زبان فارسی را تا حد زیادی می داند و هر روز در خانه، کوچه و خیابان و محل کار به کمک آن گفت و گو می کند و خواندن متن های فارسی کار هر روزه اوست. از سوی دیگر، می گویند هر چه متن به زبان گفت و گو نزدیک تر باشد، روان تر، قابل فهم تر و بهتر است. مثلاً وقتی که خواننده نوشته شما می خواهد بگوید که «این روش مناسبی است»، نمی گوید که «این روش اجازه ندارد که نامناسب باشد». بنابراین شایسته است که متن ها را بدون شکستن به زبان گفت و گو نزدیک کنیم و از تکلف های بی مورد و درج اضافات در آن ها بپرهیزیم.

«و» را آورده است و بدین ترتیب نوعی وجه وصفی که آن را کاذب می‌خوانند، ساخته است. او برای آن که جمله‌اش را به وجه وصفی بنویسد، می‌بایست پس از وجه وصفی از «» استفاده می‌کرد: «... بیمار به تدریج ناتوان و فرسوده شده، در اثر انقباضات شدید...».

اکنون این پرسش پیش می‌آیند که چرا برخی به افراط وجه وصفی را به کار می‌برند؟ چنین به نظر می‌رسد که آنان این کار غیرضروری را در ظاهر به تقلید از نوشته‌های قدما و برای پرهیز از فعل‌های هم‌زمان و پی در پی انجام می‌دهند.

پرسش دیگر این است که اگر کاربرد عبارت وصفی در زبان فارسی مجاز است و در نوشته‌های قدما وجود دارد، پس چرا باید از کاربرد آن پرهیز کنیم؟

با توجه به این اصل که روان‌ترین و آسان‌ترین نوشته‌ها، نوشته‌هایی‌اند که به زبان گفتاری نزدیک‌ترند و با توجه به این که زبان امروز، به‌ویژه زبان گفتاری با ادبیات کلاسیک فاصله دارد، می‌توان ادعا کرد که ممکن است کاربرد برخی الگوهای کلاسیک نوشته‌ها ما را دشوار، سنگین و خسته‌کننده

بکند. بنابراین، توصیه شده است که تا آن‌جا که ممکن است، از گام برداشتن در این راه غیرضروری و ناهموار پرهیز کنیم. از همین‌روست که در کتاب‌های درسی فعلی زیست‌شناسی و در نوشته‌های مجله رشد آموزش زیست‌شناسی به عبارت وصفی بر نمی‌خوریم.

### ○ نشانه دوم: باشیدن

مشاهده می‌شود که برخی در بسیاری از نوشته‌های خود به جای «است» می‌نویسند «می‌باشد»، به جای «هستم» می‌نویسند «می‌باشم» و الخ. اگرچه در نوشته‌های پیشینیان نیز گاه فعل «باشیدن» به جای «بودن» به چشم می‌خورد، اما امروزه هرگز در زبان گفتاری از این فعل استفاده نمی‌کنند. لذا توصیه کرده‌اند که تا آنجا که ممکن است، از کاربرد فعل «باشیدن» به جای «بودن» خودداری کنیم. مثلاً، بهتر است به جای جمله «عصاره این گیاه که خوراکی می‌باشد، برای درمان ورم ملتحمه مورد استفاده می‌باشد.» بنویسیم «عصاره این گیاه خوراکی، برای درمان ورم ملتحمه مورد استفاده است.» توجه داشته باشیم که فعل «است» از «باشیدن» کوتاه‌تر، رساتر، گویاتر و زیباتر است.

### ○ نشانه سوم: نمودن

در زبان فارسی «نمودن» به معنی «نشان دادن» است. واژه‌های «نمایه»، «نمایش»، «نمونه» و بسیاری دیگر از این قبیل از این مصدر ساخته شده است و به کار می‌رود. اما مشاهده می‌کنیم که در متن‌های مختلف آن را به مفهوم «کردن» به کار می‌برند. مثلاً به جای «مشاهده

کرد»، می‌نویسند «مشاهده نمود».

کاربرد مصدر نمودن به جای کردن در متون فارسی به‌ویژه در دوره‌های صفویه و قاجار رو به فزونی گذاشت و این میراث که نمی‌توان آن را نادرست دانست، هم‌اکنون در بسیاری از متن‌های خام دست‌نویس‌های که به ما می‌رسند، به فراوانی به چشم می‌خورد. اگرچه این کار بیشتر برای جلوگیری از تکرار فعل کردن در جمله انجام می‌شود، می‌توان به آسانی از کاربرد آن پرهیز کرد تا با فعل «نمودن» به معنی «نشان دادن» اشتباه نشود؛ به علاوه، آن را به زبان گفتاری نزدیک‌تر کرد. یادمان باشد که در زبان گفتاری هرگز از فعل «نمودن» به جای «کردن» استفاده نمی‌کنیم و فراموش نکنیم که به نفع زبان فارسی نیست که برای جلوگیری از تکرار

فعل «کردن» در جمله، دست به دامان فعل «نمودن» شویم. مثلاً بهتر است به جای «پزشکان باید توجه نمایند»، بنویسیم «پزشکان باید توجه کنند».

### سرهم‌نویسی یا جدا نویسی

گاه هنگام نوشتن متن به وسواس دچار می‌شویم و در می‌مانیم که آیا «ینکه» درست است یا «این‌که»، بنویسیم «سلولها» یا «سلول‌ها».

گروهی معتقدند که باید استقلال کلمه را حفظ کرد و کلیه اجزای کلمه را سرهم نوشت، مانند «زیست‌شناسی» و «شیمی‌فیزیک». اما گروهی بزرگ معتقد به اصل جدانویسی‌اند. به باور آنان هر روش که شکل کلمه را حفظ کند و آن را تغییر ندهد، ارجح است و از نظر آموزشی و یادگیری هم مؤثرتر. آنان می‌گویند که مثلاً شکل کلمه مفرد «سلول» نباید در حالت جمع تغییر یابد و به صورت «سلولها» درآید. اصول جدانویسی این مجله که مطابق با دستور خط فارسی مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی‌اند، باختصار چنین‌اند.

● «این» و «آن» جدا از جزو کلمه پس از خود نوشته می‌شوند، مانند «از این‌رو»، مگر در «آنچه»، «آنکه»، «اینکه»، «اینجا» و «آنجا».

● «همین» و «همان» همواره جدا از کلمه پس از خود نوشته می‌شوند، مانند «همین‌جا»، «همان‌جا».

● «هیچ» همواره جدا از کلمه پس از خود نوشته می‌شود، مانند «هیچ‌یک».

● «چه» جدا از کلمه پس از خود نوشته می‌شود، مگر در «چرا»، «چگونه»، «چقدر» و «چطور»، اما همواره به کلمه پیش از خود می‌چسبد، مانند «آنچه»، «ماهچه».

● «را» در همه‌جا جدا از کلمه پیش از خود نوشته می‌شود، مگر در کلمه‌های «مرا» و «چرا».

● «که» جدا از کلمه پیش از خود نوشته می‌شود، مانند «چنان‌که»،

«آن که» (= آن کسی که)، مگر در «بلکه»، «آنکه» و «اینکه».

● «بی» همیشه جدا از کلمهٔ پس از خود نوشته می‌شود، مگر آنکه معنای آن دقیقاً مرکب از معنای اجزای آن نباشد، مانند «بیهوده»، «بیخود»، «بیراه»، «بیچاره» و «بیجا».

● «می» همواره جدا از کلمهٔ پس از خود نوشته می‌شود، مانند «می‌شود».

● «هم» همیشه جدا از کلمهٔ پس از خود نوشته می‌شود، مگر آن که کلمه بسیط‌گونه باشد، مانند «همدیگر»، «همین»، «همان»، «همچنین» و «همچنان»، یا جزء دوم تک‌هجایی باشد، مانند «همسنگ»، «همکار» و «همراه»؛ جزء دوم با مصوت «آ» شروع شود، مانند «همایش»، «هماورد» و «هماهنگ»؛ در صورتی که قبل از حرف

«آ» همزه در تلفظ ظاهر شود، «هم» جدا نوشته می‌شود، مانند هم‌آرمان. «هم» بر سر کلماتی که با «الف» یا «م» آغاز می‌شوند، جدا نوشته می‌شود، مانند «هم‌اسم» و «هم‌مرز».

● «تر» و «ترین» همواره جدا از کلمهٔ پیش از خود نوشته می‌شوند، مگر در «بهتر»، «مehتر»، «کهنتر»، «بیشتر» و «کمتر».

● «ها» (نشانهٔ جمع) در ترکیب با کلمات به صورت جدا نوشته می‌شود، مانند «سلول‌ها».

## ترکیبات

● این نوع کلمات مرکب حتماً باید پیوسته نوشته شوند:

○ کلمات مرکبی که از ترکیب با پسوند ساخته می‌شوند همیشه پیوسته نوشته می‌شوند، مگر هنگامی که:

■ حرف پایانی جزء اول با حرف آغازی جزء دوم یکسان باشد، مانند «نظام‌مند»؛

■ جزء اول آن‌ها عدد باشد، مانند «پنج‌گانه»؛

■ مرکب‌هایی که بسیط‌گونه‌اند، مانند «الفبا»، «آبشار»، «نیشکر»؛

■ جزء دوم با «آ» آغاز شود و تک‌هجایی باشد، مانند «گلاب»، «پساب»، «خوشا»؛

■ هرگاه کاهش یا افزایش واجی یا ابدال یا ادغام و مزج یا جابه‌جایی آوایی در داخل آن‌ها روی داده باشد، مانند «هشیار»؛

■ مرکبی که دست‌کم یک جزء آن کاربرد مستقل نداشته باشد، مانند «کهربا»؛

■ مرکب‌هایی که جدا نوشتن آن‌ها التباس یا ابهام معنایی ایجاد کند،

مانند «بهیار (به‌یار)»؛

■ کلمه‌های مرکبی که جزء دوم آن‌ها تک‌هجایی باشد و به صورت رسمی یا نیمه‌رسمی، جنبهٔ سازمانی و اداری و صنفی یافته باشد، مانند «کتابدار».

## این کلمات مرکب حتماً باید جدا نوشته شوند:

○ کلمات مرکبی که از ترکیب با پیشوند ساخته می‌شوند همیشه جدا نوشته می‌شوند، مگر مرکب‌هایی که با پیشوندهای «به»، «بی» و «هم»، با رعایت استثناهایی، ساخته می‌شوند.

■ ترکیب‌های اضافی (شامل موصوف و صفت، و مضاف و مضاف‌الیه)، مانند «شورای عالی»، «حاصل ضرب» و «سیب‌زمینی»؛

■ جزء دوم با «الف» آغاز شود، مانند «عقب‌افتادگی»؛

■ حرف پایانی جزء اول با حرف آغازی جزء دوم همانند یا هم‌مخرج باشد، مانند «آیین‌نامه» و «کم‌مصرف»؛

■ مرکب‌های اتباعی و نیز مرکب‌های متشکل از جزء مکرر، مانند «تک‌تک»؛

■ مصدر مرکب و فعل مرکب، مانند «سخن‌گفتن»؛

■ مرکب‌هایی که یک جزء آن‌ها کلمهٔ دخیل باشد، مانند «شیک‌پوش»؛

■ عبارت‌های عربی که شامل چند جزء باشند، مانند «مع‌ذک»؛

■ یک جزء از واژه‌های مرکب عدد باشد، مانند «هفت‌گنبد»؛

■ کلمه‌های مرکبی که جزء اول آن‌ها به «های غیرملفوظ» ختم شود (های غیرملفوظ در حکم حرف منفصل)، مانند «پایه‌دار»؛

■ کلمه با پیوسته‌نویسی، طولانی یا نامأنوس یا احیاناً پردندانه شود، مانند «عاقبت‌طلبی»؛

■ یک جزء کلمهٔ مرکب صفت مفعولی یا صفت فاعلی باشد، مانند «اخلال‌کننده»؛

■ یک جزء آن اسم خاص باشد، مانند «سعدی‌صفت»؛

■ «جزء آغازی یا پایانی آن بسامد زیاد باشد، مانند «نیک‌بخت»؛

■ هرگاه با پیوسته‌نویسی، اجزای ترکیب معلوم نشود و احیاناً ابهام معنایی پدید آید، مانند «پاک‌نام».

شایسته است که متن‌ها را بدون شکستن به زبان گفت‌وگو نزدیک کنیم و از تکلف‌های بی‌مورد و درج اضافات در آن‌ها بپرهیزیم

با توجه به این اصل که روان‌ترین و آسان‌ترین نوشته‌ها، نوشته‌هایی‌اند که به زبان گفتاری نزدیک‌ترند و با توجه به این که زبان امروز، به‌ویژه زبان گفتاری با ادبیات کلاسیک فاصله دارد، می‌توان ادعا کرد که ممکن است کاربرد برخی الگوهای کلاسیک نوشتهٔ ما را دشوار، سنگین و خسته‌کننده بکند

## چند اشتباه رایج

در نوشته‌هایی که برای چاپ و انتشار به مجله می‌رسد، معمولاً اشتباه‌هایی وجود دارد که باید از ارتکاب بدان‌ها پرهیز کرد. فهرست الفبایی برخی از این اشتباهات رایج و شکل‌های درست آن‌ها چنین است:

## ننویسیم/بنویسیم

آزمایشات ← آزمایش‌ها  
آمریکا ← آمریکا  
آن چه که ← آنچه  
انتخاژ کردن ← گرفتن  
اثر بر ← اثر در  
اثرات ← اثرها  
ارسال کردن ← فرستادن  
اطلاع حاصل کردن ← فهمیدن، اطلاع‌یافتن  
اکثرا ← غالباً، بیشتر  
امکان‌پذیر ← ممکن  
اینک ← اکنون  
با این وجود ← با وجود این  
بازدهی ← بازده  
باطلاق ← باتلاق، مرداب  
باغات ← باغ‌ها  
برخوردار بودن ← داشتن  
به بهانه ← به مناسبت  
به خاطر ← به سبب، به منظور  
به خود اختصاص دادن ← گرفتن  
به رشته تحریر کشیدن ← نوشتن  
به عمل آمدن ← شدن  
به عمل آوردن ← کردن  
به‌عنوان ← -

به مورد اجرا قرار دادن ← کردن، اجرا کردن  
به مورد اجرا گذاشتن ← کردن، اجرا کردن  
بهبودی ← بهبود  
پشت‌سر گذاشتن ← گذراندن  
ترا ← تو را  
تراوشات ← تراوش‌ها  
تنظیف (نوار زخم‌بندی) ← تنزیب  
جناق ← جناغ  
چیزی در حدود ← در حدود  
حضور به هم رساندن ← حاضر شدن  
خریداری کردن ← خریدن  
خطرات ← خطر‌ها  
در اثر ← بر اثر  
در جریان قرار دادن ← اطلاع دادن  
درب ← در  
دسترسی ← دسترس  
دستورات ← دستورها  
فرامین ← فرمان‌ها  
فرق داشتن از ← فرق داشتن با  
فرمایشات ← فرمایش‌ها  
قابل احتراز ← ناگزیر، ناچار  
قابل تحمل ← تحمل‌پذیر

### پی‌نوشت

۱. دکتر خاتلری (در کتاب دستور زبان فارسی، ص ۲۵۶) استفاده از کلمات غیرضروری را در جمله «درازنویسی نامیده است، مثلاً اگر به جای «فراموش شدن» بنویسیم «به فراموشی سپرده شدن» درازنویسی کرده‌ایم.
۲. نظامی عروضی سمرقندی، چهارمقاله، مقاله چهارم حکایت هفتم، ۲-۵۵۱ ه.ق.
۳. نقل از کتاب دستور خط فارسی مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی، ۳۰۰، www.persianacademy.ir
۴. نجفی ابوالحسن، غلط‌نویسیم، فرهنگ دشواری‌های زبان فارسی؛ مرکز نشر

دانشگاهی، چاپ پانزدهم، ۱۳۸۹



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
دفتر انتشارات کمک آموزشی

Ministry of Education  
Organization for Educational  
Research and Planning

Bureau for Educational  
Complementary  
Publications

Roshd Biological Education Vol.25.No.3-

Spring 2012-issn 1606-9153

Managing Editor: Mohammad Naseri  
Editor-In-Chief: Mohammad Karamudini  
Executive Director: Elaheh Alavi  
Art Director: Fariba Bandi

Editorial Board : Dr. Abbas Akhavan-Sepahi, Ali  
Al- e- Mohammad,  
Dr. Alireza Sari, Nezam Jalilian, Elaheh Alavi,  
Dr. Shahriar Gharibzadeh & Dr. Hossein Lari-Yazdi

P.O.Box 15875-6585  
www.roshdmag.ir  
zistshenasi@roshdmag.ir  
mohammad@karamudini.com