

علم از در بچه سینما

نابغه‌ای برای تمام دوران‌ها

فیلمی درباره زندگی آلبرت اینشتین



عبدالرضا ناصر مقدسی متخصص مغز و اعصاب

● شبکه نشنال‌جنوگرافیک دست به تولید سلسله‌ای از سریال‌ها با عنوان کلی «نابغه» زده است که هر بخش ۱۰ قسمتی از آن به یکی از نوابغ بزرگ جهان اختصاص پیدا می‌کند. تا به‌حال سه بخش ۱۰ قسمتی از این کانال پخش شده است. بخش اول، به زندگی‌نامه فیزیک‌دان بزرگ آلبرت اینشتین می‌پردازد. من در این سلسله یادداشت‌ها بنا دارم که به شرح و معرفی آن دسته از فیلم‌های علمی-تخیلی بپردازم که تم و موضوعی فضایی داشته و درعین‌حال نوعی پیوستگی بین انسان و کیهان را از طریق این پیوستگی به نمایش بگذارد. سریال «نابغه» اما فیلمی درباره زندگی اینشتین، تحولات عادی زندگی او و افکار بسیار عمیقش درباره کیهان است. ازاین‌رو شاید در نگاه اول چندان ارتباطی با این یادداشت‌ها نداشته باشد. در این سریال متوجه می‌شویم که اینشتین نیز یک انسان است با تمام ضعف‌ها و قوت‌هایش. وقتی روابط او را با همسر اولش میلوا مارچ می‌بینیم، اینکه به چه راحتی او را نادیده می‌گیرد و از بیان سهم او در یافته‌های علمی‌اش سر باز می‌زند، خشم و نفرت سر تا پای وجود ما را پر می‌کند. ما دوست داریم که قهرمانانمان از هر ضعف و ایرادی مبرا باشند. اما واقعیت بسیار تلخ‌تر از خواسته‌های ماست. می‌بینیم که اینشتین با وجود متاهل‌بودنش چگونه با زن‌های زیادی رابطه داشته و چگونه فرزندان خود را نادیده می‌گرفته است. درعین‌حال متوجه می‌شویم که او انسانی مهربان و با حس تعهدی عمیق نسبت به انسانیت است. همچنین می‌بینیم که اینشتین با وجود آن‌همه کشفیات بزرگ و دوران‌ساز چگونه تا آخر عمر در برابر قبول مکانیک کوانتوم مقاومت کرده و بخش بزرگی از عمرش را به‌دنبال نظریه وحدت نیروها تلف می‌کند؛ نظریه‌ای که هیچ‌گاه به انتها نمی‌رسد. ملغمه‌ای متناقض که معرف بسیاری از نوابغ و انسان‌های بزرگ تاریخ است. سریال نابغه هم حس تحسین ما را نسبت به این دانشمند بزرگ برمی‌انگیزد و هم حس نفرت‌مان را. همین ارزش این سریال را ده‌چندان می‌کند. در آخر هر تصمیم‌گیری درباره این دانشمند بزرگ بسیار سخت می‌شود، مگر اینکه دستاوردهای علمی و فکری او را از شخصیتش جدا کنیم؛ کاری که متأسفانه باید در مورد اکثر دانشمندان انجام دهیم. اما دستاوردهای او تحسین بسیاری را برمی‌انگیزد. همین دو سال پیش بود که جایزه نوبل به سه فیزیک‌دان برجسته‌ای اعط شد که اولین شواهد را درباره امواج گرانشی ارائه دادند (امواج گرانشی، امواجی هستند که توسط میدان گرانش به‌وجود می‌آیند). از نظر تئوریک وجود این امواج مدت‌ها پیش توسط اینشتین در نظریه نسبیت عامش پیش‌بینی شده بود. کشف این سه فیزیک‌دان که سهم شد همه یک‌بار دیگر در برابر نبوغ بسیار اینشتین سر فرود آوریم (گفتنی است، نوبل فیزیک ۲۰۱۷ مشترکا به رابرت وایس، فیزیک‌دان دانشگاه ام‌آی‌تی، تری باریش و کیپ تورن از مؤسسه فناوری کالیفرنیا یا کلکت تعلقی گرفت).

درباره اینشتین و دستاوردهایش بسیار گفته‌اند و خواهند گفت. اما سریال «نابغه» به شهود اینشتین و آن آزمایش‌های معروف ذهنی او رخنه می‌کند. ما ناگهان وارد ذهن

اینشتین می‌شویم. سوار بر ذره‌های نور در کیهان سفر می‌کنیم. نسبیت در اعماق وجودمان می‌شیند و می‌توانیم با یک شهود درونی ورای استدلال‌های علمی و

منطقی به درک جهان نائل شویم؛ تخیلی که اگرچه مبنايي علمی دارد اما راه را برای گسترده‌کردن علم و ورود شهود به آن باز می‌کند. چیزی که از سوسی دیگر در هنر به‌ویژه سینما با آن امکانات عظیمش ادامه می‌یابد. به‌جد معتقدم که چیزی به غیر از سینما نمی‌توانست به این خوبی به ذهن اینشتین رسوخ کرده و محتوای شهود او را به تصویر بکشد. به زبان دیگر باید گفت که سینما با رهیافت ویژه‌اش سبب شده که سریال «نابغه» درک ما را از زندگی و افکار آلبرت اینشتین ارتقا ببخشد. ما درباره نقش سینما در درک‌مان از امتداد کیهان در انسان سخن می‌گوییم. از لحاظ علمی یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌ها در این زمینه با نظریه نسبیت اینشتین حاصل شده است. وقتی سینما انسانی را سوار بر ذره‌های نور به نمایش می‌گذارد ما می‌توانیم به‌صورت شهودی این امتداد را مشاهده کنیم. این‌گونه راه برای کشف راه‌های دیگر برقراری این امتداد نیز مهیا می‌شود. نمونه‌ای از این موضوع در یادداشت هفته بعد شرح داده خواهد داد. تا آن زمان از همه دعوت می‌کنم که این سریال جذاب را مشاهده کنند.



سیده‌فحی حسینی‌نصر *

فرومون‌ها حساس هستند. آمولت یک سگ از نظر حس بویایی بسیار غنی‌تر از بسیاری از جانوران است. آمولت عروس دریایی اگرچه بسیار ساده است؛ اما در هر حال وجود دارد. سؤال جالبی که اینجا پیش می‌آید، این است که چقدر مفهوم آمولت می‌تواند با مفهوم آگاهی معادل فرض شود؟ برای پاسخ به این پرسش باید درباره تکامل تبارزایشی پدیده آگاهی کاوش کنیم. مفهوم آمولت که از سوی اوکسکول مطرح شده؛ حتی می‌تواند به موجودات زنده تک‌سلولی نیز بسط داده شود؛ موجوداتی که سیگنال‌های شیمیایی و قابل لمس را از محیط خود دریافت کرده و اغلب به نور حساس‌اند. جالب است که بداندیش و پژوهش یاکوب فون اوکسکول الهام‌بخش کردار لورنز – متخصص رفتارشناسی جانوران می‌توان از نوع معناشناختی که شمار آورد. درهرصورت نه‌تنها از پیشگامان نشانه‌شناسی زیستی؛ بلکه پیشرو در رفتارشناسی جانوران دانست.

آمیب‌ها، کپک‌های مخاطی و اسفنج‌ها

آمیب‌ها، یوکاریوت‌هایی با توانایی تغییر شکل خود هستند. درست مثل بقیه یوکاریوت‌ها دارای هسته سلولی و اندامک‌اند. غالباً آمیب‌ها باکتری‌ها را می‌بلعند. بیش از ۹۰۰ گونه کپک مخاطی در نقاط مختلفی از دنیا وجود دارد. کپک‌های مخاطی به وفور در جنگل‌های بارانی به چشم می‌خورند. دلیل این امر نیز کمک شایانی است که به بازپافت مواد مغذی می‌کنند. مطالعه کپک‌های مخاطی بسیار جالب است؛ زیرا بررسی آنها به ما کمک می‌کند بفهمیم موجودات چندسلولی از کجا نشئت گرفته‌اند. همان‌طور که می‌دانیم، کپک‌های مخاطی برخلاف نام کمره‌کننده‌شان جزء قارچ‌ها به حساب نمی‌آیند و آغازی محسوب می‌شوند. در شرایط عادی هر سلول به طور مستقل برای جست‌وجوی غذا به این طرف و آن طرف می‌رود و اگر چیزی پیدا کرد، آن را با عمل بیگانه‌خواری (کشیدن شکار به سمت خود و هضم آن) می‌بلعد. این در حالی است که اگر غذا کمیاب باشد، سیگنال‌های شیمیایی معرف درد و اندوه را به بیرون می‌فرستد. آنکه بر اثر دریافت این سیگنال‌ها سلول‌ها گرد هم می‌آیند و توده سلولی شروع به خزیدن می‌کند و باریکه‌ای ساقه‌مانند را به وجود می‌آورد. سپس آرام‌آرام اندام گردی به نام هاگزا از ساقه کنون می‌یابد. درون هاگزا هاگ‌ها با تقسیم جنسی به وجود می‌آیند. در این هنگام اگر جانوری، مثلاً یک موش از آنجا در حال عبور باشد، هاگ‌ها به بدن آن چسبیده و به این ترتیب شانس انتقال کپک‌ها را به جایی که غذا فراوان‌تر باشد، افزایش می‌دهد. بنابراین طبق آنچه در بالا گفته شد، کپک‌های مخاطی می‌توانند نماینده حلقه‌های کم‌شده بین تک‌سلولی‌ها و پرسلولی‌ها باشند. نوع‌دوستی و همکاری‌ای که در پاسخ به همنوع برای نجات از گرسنگی و انتقال زن، با تشکیل ساقه و هاگ‌ها ایجاد شد، جالب توجه است. البته باید این واقعیت را نیز به خاطر داشته باشیم‌که هماهنگی این رفتار همکارانه کپک‌های مخاطی به چشم‌اندازی ۳۶۰ درجه از محیط اطرافشان دارند.

اسفنج‌ها نیز مرز بین موجودات تک سلولی و پرسلولی‌اند؛ اما آنها برخلاف کپک‌ها در آن سوسی طیف قرار گرفته‌اند. به‌طور طبیعی سلول‌های اسفنج در اجتماعات چندسلولی با هم زندگی می‌کنند و غذایشان را از آب می‌بالایند. اگر یک اسفنج زنده را با فشار از پارچه‌ای بسیار نازک عبور دهیم، می‌توانیم سلول‌های آن را از هم جدا کنیم. سلول‌های جداشده می‌توانند برای مدتی به‌طور مستقل زندگی کنند، اما اگر تعداد زیادی از آنها در نزدیکی هم نگه داشته شوند، به آرامی به یکدیگر پیوسته و اسفنج جدیدی را تشکیل می‌دهند. این پیوستگی نیز به وسیله سیگنال‌های شیمیایی اتفاق می‌افتد. در پی این آزمایش، اگر کسی دواسفنج زنده از دو



مطالعه کپک‌های مخاطی بسیار جالب است، زیرا بررسی آنها به ما کمک می‌کند بفهمیم موجودات چندسلولی از کجا نشئت گرفته‌اند

تکامل آگاهی

آیا ماده و ذهن از هم جدا هستند؟

گونه متفاوت برداشته و سلول‌ها را از طریق پارچه نازکی عبور دهد و سپس تمام سلول‌های جداشده از دو گونه اسفنج را با هم مخلوط کند. اتفاق جالبی می‌افتد؛ سلول‌های دو گونه اسفنج یک بار دیگر خود را بازاریابی کرده و به این ترتیب دو گونه منظم می‌شوند. کپک‌های مخاطی و اسفنج‌ها به ما سرخ‌ی از پیدایش موجودات زنده چندسلولی که تکامل آنها تقریباً ۶۰۰ میلیون سال پیش آغاز شد، می‌دهند. با نگاه‌کردن به کپک‌های مخاطی و اسفنج‌هاست که می‌توانیم تصور کنیم این اتفاق چگونه رخ داده است. برخی از موجودات زنده تک سلولی می‌بایست احتمال بیشتری را برای زنده‌ماندن از طریق زندگی کلونی‌وار تجربه کرده باشند. در نتیجه، به همکاری و تقسیم کار آنها زمانی که به صورت کلونی می‌زیستند (به‌جای زندگی تک‌سلولی) از سوی نیروهای «انتخاب طبیعی» پادشاه شده است. این انتخاب باعث شکل‌گیری اجتماع سلولی و تکامل مکانیسم‌هایی برای تمایز سلول‌ها شد. تقسیم کار بین جوامع سلولی (به‌عنوان مثال تمایز) از طریق سیگنال‌های شیمیایی که روی رونویسی اطلاعات ژنتیکی و سنز پروتئین‌ها اثر می‌توانند شنا کنند. حرکت آنها با کمک سیستم عصبی تمام ویژگی‌های ژنوم کلونی را داشت؛ اما به محض اینکه یک سلول برای نقش ویژه‌اش در اقتصاد کلونی اختصاصی عمل می‌کرد، بخشی از اطلاعات بلوکه می‌شد. این به این معنی است که در عملکرد آن سلول خاص تعریف نشده بود. درحالی‌که موجودات زنده چندسلولی تکامل یافتند، زبان شیمیایی ارتباط بین سلولی بسیار پیچیده‌تر و بازترعریف شد.

جهان، آن‌گونه‌که یک عروس دریایی می‌بیند

همه عروس‌های دریایی مثل هم نیستند؛ برخی از گونه‌ها نسبت به بقیه از سیستم ادراک بسیار توسعه‌یافته‌تری برخوردارند. عروس‌های دریایی می‌توانند شنا کنند. حرکت آنها با کمک سیستم عصبی ابتدایی انجام می‌شود. عروس دریایی شبکه پرانگده‌ای از عصب‌های قرارگرفته در اپیدرم به نام «شبکه عصبی» را به کار می‌برد. یک عروس دریایی محرک‌های مختلف ازجمله تماس دیگر جانوران را از طریق شبکه عصبی شناسایی می‌کند. سپس سیگنال‌ها را از طریق شبکه عصبی و حلقه عصبی به حاشیه چتر که در لبه بدن آن قرار گرفته، به دیگر سلول‌ها منتقل می‌کند. برخی از عروس‌های دریایی چشم ساده دارند؛ اندامکی حساس به نور که تصویری را شکل نمی‌دهد؛ اما می‌تواند نور را شناسایی کرده و برای تعیین جهت بالا یا پایین و پاسخ‌دهی به تابش نور خورشید بر سطح آب به کار رود. چشمی که از آن یاد شد، اغلب یک چشمی با رنگدانه است که تعدادی سلول دارد. گونه‌های مشخصی از عروس دریایی، مثل عروس‌های دریایی جعبه‌ای، در مقایسه با همتایان خود بینایی پیشرفته‌تری دارند. عروس دریایی جعبه‌ای دارای ۲۴ چشم است. همین ویژگی ظاهراً آنها را به معدود موجوداتی تبدیل کرده که چشم‌اندازی ۳۶۰ درجه از محیط اطرافشان دارند.

مغز هشت‌پا

جان زاکری یانگ (John Zachary Young)، جانورشناس و نوروفیزیولوژیست انگلیسی، یکی از تأثیرگذارترین زیست‌شناسان قرن بیستم به شمار می‌رود. او در اوایل سال ۱۹۶۰ سخنرانی‌ای در امپریال کالج علم و فناوری لندن به انجمن واژ ارائه کرد. بانک در این سخنرانی درباره تحقیقاتش بر روی قشر بینایی هشت‌پا صحبت کرد. چشم هشت‌پا بسیار شبیه به چشم انسان، دارای عدسی و شبکیه است. این تشابه، مثالی درخو توجّه از تکامل هم‌گراست (تکامل ساختارهای مشابه در جانداران غیرخوشاوند به علت زندگی در شرایط محیطی یکسان). نیای مشترک انسان و

هشت‌پا دارای هیچ چشمی نبود. بانک آزمایش‌های میکروسکوپی بر روی برش‌های بسیار نازک مغز هشت‌پا را با آزمایش‌هایی که هشت‌پا تا چه میزان قادر به یادگیری است و نیز آزمایش‌های قبلی ترکیب کرده بود. پروفسور یانگ در مطالعات بافت‌شناسی در آزمایشگاه، آرایش دندریت‌ها و آکسون‌ها را در قشر بینایی هشت‌پا به چشم می‌توانست ببیند. مطالعات بافت‌شناسی یادشده با آزمایشات رفتاری کامل‌تر شد. در این آزمایش‌ها یا به هشت‌پا برای حمله پاداش داده می‌شد یا به وسیله یک شوک الکتریکی ملایم تنبیه صورت می‌گرفت. اگر به هشت‌پا پاداش داده می‌شد، زمانی که دوباره همان الگوی مشابه به جانور ارائه می‌شد به حمله خود ادامه می‌داد؛ زمانی که همان الگوی خاص به هشت‌پا ارائه می‌شد اگر تنبیه صورت می‌گرفت، عقب‌نشینی می‌کرد. یانگ این رفتار را با وجود مدار عصبی بازخورد، زمانی که مسیر حمله را در زمان تنبیه جانور بلوکه می‌کند مسلم می‌دانست. زمانی که سیگنال متعاقباً از سلول مادر بزرگ چهره عبور کرد تنها مسیری که باقی می‌ماند مسیر عقب‌نشینی بود. در واقع هشت‌پا یاد گرفته بود در برابر پاداش و تنبیه چگونه عمل کند. («سلول مادر بزرگ» نامی است که یک زیست‌عصب‌شناس از سر طنز برای بیان این مفهوم به کار گرفته است. مغز برای ارائه و نمایش هر شیء، از جمله مادر بزرگ هر فرد، از سلول مجزایی استفاده می‌کند. این اصطلاح به صورت یک عبارت اختصاراً برای نمایاندن همه استدلال‌های عملی علیه فرضیه مربوط به رمزشدن یک به یک اشیا درآمده است.)

توانایی ذهنی میمون‌ها

ولفگانگ کهلر (Wolfgang Kohler) در سال ۱۸۸۷ م، در استونی که آن زمان بخشی از امپراتوری روسیه بود به دنیا آمد. کهلر نقش بسیار مهمی در توسعه روان‌شناسی گشتالت ایفا کرد. روان‌شناسی گشتالت دیدی جامع و کل‌نگر نسبت به پدیده‌های روان‌شناختی دارد. نکته بسیار مهمی که توسط روان‌شناسان گشتالتی مطرح شده این است: «کل، چیزی متفاوت از مجموعه بخش‌های تشکیل‌دهنده است». برای مثال اگر تمام اجزای یک اتومبیل به صورت سرهم‌نشده در گاراژ خانه شما وجود داشته باشند؛ این اجزا با اتومبیل سرهم‌بندی‌شده متفاوت است. در حقیقت رابطه بین اجزای اتومبیل که در گاراژ به شکل سرهم‌بندی نشده قرار دارند، شفاف نیست. کهلر در زمان رژیم نازی، علیه اخراج استادان یهودی از دانشگاه‌ها اعتراض کرد. همچنین نسبت به یک نظامی استاده‌ها پیش از شروع کلاس نیز موضع گرفت. در سال ۱۹۳۵ او کشور را به مقصد ایالات متحده آمریکا ترک کرد. این در حالی بود که دانشگاه پنسیلوانیا به وی کرسی استادی پیشنهاد کرده بود. او در آنجا به مدت ۲۰ سال به تدریس و پژوهش پرداخت. مطابق با یکی از نظرسنجی‌های نشریه روان‌شناسی عمومی که در سال ۲۰۰۲ منتشر شد، کهلر یکی از ۵۰ دانشمند برتر که بیشترین اثرات را بر قرن بیستم داشته‌اند، معرفی شد. کتاب کهلر با عنوان ذهنیت میمون‌ها (The Mentality of Apes, 1917)، نقطه‌عطفی در مطالعه رفتار آتماست. بیشتر آزمایش‌های کهلر روی میمون‌ها، توانایی‌های حل مسئله آنها را نشان می‌داد. با وجود این، تعدادی از آزمایش‌های او به اهمیت زبان‌های بسیار پیشرفته انسان اشاره می‌کند. زبان که به ما این توانایی را می‌دهد چیزهایی را که خارج از میدان دید ما هستند نیز بتوانیم تصور کنیم. کهلر قسمی را برای شامپانزه، طوری ترتیب داد که میمون می‌توانست موز غیر قابل دسترسی را در بیرون قفس ببیند یا چوبی را در داخل قفس. اما هر دوی آنها را نه، شامپانزه می‌توانست این مسئله را حل کند و در استفاده از چوب برای به‌دست‌آوردن موز ناتوان بود. در حالی که وقتی قفس به نحوی بازاریابی شد که شامپانزه توانست هر دوی آنها را هم‌زمان با هم ببیند، فورا از چوب برای کشیدن موز به داخل قفس استفاده کرد. این در حالی است که انسان در حل این مسئله مشکلی ندارد. کهلر بر این باور بود که این توانایی زبانی پیشرفته‌اش به بسیار پیشرفته‌تر از زبان هر جانور دیگری است که به ما امکان تصویرسازی اشیای خارج از میدان دید را در ذهن‌مان می‌دهد. وقتی دو انسان درباره مفهومی انتزاعی مکالمه می‌کنند، در واقع آنها آن مفهوم را نمی‌بینند، نمی‌شنوند یا احساس نمی‌کنند. با وجود این تا زمانی که آنها در حال صحبت درباره آن مفهوم در فضای بین کپک‌های معلق هستند، اگرچه به این خوندن و نوشتن به ما این امکان را می‌دهد درباره چیزهایی که کاملاً در خارج از میدان ادراک ما وجود دارند فکر کنیم. نشانه‌گذاری ریاضی یکی از زبان‌های به غایت پیچیده انسان است. این زبان به ما اجازه می‌دهد تا هستی چیزهای فراتر از قوه ادراک‌مان را تعریف یا دستکاری کنیم. علاوه بر این برای فهم بهتر آگاهی آنها، ذرات بنیادی و موج‌های الکترومغناطیسی سوکار دارد. همه اینها از طریق حواس معمولی ما قابل درک نیستند بلکه تنها از طریق ذهن ما قابل درک‌اند. همچنین زبان کامپیوتر که ربطی به حواس ندارد، بنابراین به طور کلی می‌توانیم نتیجه بگیریم هیچ تعریف مشخصی از کامپیوتر وجود ندارد که به در آن اتفاق نظر داشته باشند. آنچه اهمیت دارد این است «فلان چیز بودن چه جور چیزی است»؛ باید تلاش کنیم تا بفهمیم کامپیوتر بودن، آمیب‌بودن، اسفنج‌بودن، موش‌بودن، مورچه‌بودن، شامپانزه‌بودن یا انسان‌بودن چه جور چیزی است، به عنوان مثال اگر چیزی باشد که نوزادبودن آن‌گونه باشد، در این صورت آن چیز آگاهی دارد؛ در غیر این صورت ندارد. علاوه بر این برای فهم بهتر آگاهی راهی نداریم تا سیر تکاملی آن را از ساده‌ترین موجودات زنده تا پیچیده‌ترین‌شان بررسی کنیم.

Information Explosion, John Scales Avery, 2017

✳ کارشناس ارشد روان‌شناسی بالینی کارشناس زیست‌شناسی

انتخاب طبیعی

ثوابت و سیارات زیستی

نیروی متقابل انتخاب طبیعی و تنوع زیستی



عرفان خسروی دبیرینه‌شناس

● در هفته‌های گذشته دیدیم که نه‌تنها سیر تکامل جانداران از هیچ روند ثابتی پیروی نمی‌کند، بلکه هیچ گروهی از جانداران صفتی واقعاً ذاتی و غیرقابل تغییر ندارند. نه لزوماً روند تکامل اسب‌های پنج‌انگشتی و کوچک‌قامت نخستین به سمت اسب‌های تک‌انگشتی بزرگ‌تره برنامه‌ریزی شده بود، نه خزندگان آفریده شده بودند برای اینکه خونسرند باشند و روی زمین بچزند. اصل نخست در شناخت حیات این بود که موجودات زنده دائماً در حال تغییر و پیدایش تنوع جدید هستند.

با وجود میل به تغییر که می‌دانیم در سرشت همه جانداران وجود دارد، اما هنوز هم می‌بینیم که تغییر موجودات زنده اغلب نیازمند مدت‌زمانی طولانی است؛ برخی تغییرات خاص چندان ندارند که در کل حیات یک یا چندبار بیشتر رخ ندهادند و برخی تغییرات هرگز رخ ندهادند. هیچ موجود زنده‌ای صاحب چرخ یا فرستنده موج بلند نشده است، و پرواز تنها چهاربار (در حشرات، تروسورها، پرندگان و خفاش‌ها) تکامل یافته است. شاید دلیل پیدائشندن چیزی مثل چرخ در میان جانداران این باشد که پیش‌سازهای کالبدشناختی برای تکامل چرخ (از قبیل محور با قابلیت دورانی نامحدود) تکامل نیافته است؛ یعنی نوعی محدودیت ساختاری مانع تکامل چنین اندامی شده است، اما از آن مهم‌تر اینکه پسا (اندامی برای حرکت بدون نیاز به دوران نامحدود حول محوری ثابت) به پیش‌سازهای ساده‌تری (مفصل بدون نیاز به دوران نامحدود) نیاز داشته و زودتر تکامل یافته و نیاز به چرخ را مرفق‌رک کرده است. به عبارت دیگر، امکانات مکانیکی بدن جانوران بوده که مسیر تکامل را جهت داده و تغییرپذیری دائمی موجودات زنده به این معنی نیست که هر جاندری ممکن است فلورا به هر شکلی تغییر کند. اغلب تغییرات (جشش‌ها) چنان مصر و کشنده هستند که فورا حذف می‌شوند و تغییراتی که موجب رخ جاندار حاملشان نباشند، به ندرت رخ می‌دهند. گویی در برابر میل ذاتی به تغییر و دگرگونی، نیرویی دیگر ایستاده که مانع تغییر موجودات زنده می‌شود و با حذف اغلب تغییرات، سرعت تغییرپذیری جانداران را به‌شدت کم می‌کند.

این نیرویی محدودکننده انتخاب طبیعی نام دارد. معمولاً انتخاب طبیعی را تنها به عنوان جهت‌دهنده تکامل در نظر می‌گیرند، اما اثر بنیادی‌تر انتخاب طبیعی همین ایجاد محدودیت در تنوع است؛ مثلاً هر وقت جاندری طی تکامل دچار تغییر می‌شود، نتیجه می‌گیریم انتخاب طبیعی بوده که این تغییر را از میان هزاران جهش مختلف برگزیده و مسیر تکامل را جهت داده، اما دقت نمی‌کنیم که «تغییر نکردن» ظاهری موجودات زنده نیز محصول انتخاب طبیعی است. از آنجا که اغلب پدیده‌ها را می‌توان در فقدان آنها شناسایی کرد، می‌توانیم به سراغ نمونه‌هایی برویم که اثر انتخاب طبیعی بر اندام یا جاندری خاص کمرنگ شده است تا متوجه شویم در فقدان انتخاب طبیعی چه اتفاقی خواهد افتاد. گیوم بیه (Guillaume Billel) و همکارانش در سال ۲۰۱۲ در مقاله‌ای در نشریه پیشرفت‌های انجمن سلطنتی (ب: علوم زیستی) نتایج پژوهشی را منتشر کردند که حاصل بررسی ریخت‌شناسی مجاری نیم‌دایره‌ای در گوش تپیل‌های سه‌انگشتی بود. مجاری نیم‌دایره‌ای گوش، سه مجرای نیم‌حلقوی و عمود بر همدیگر (در محورهای x، y و z) در گوش میانی مهره‌داران و مسئول احساس تعادل هستند. احساس وضعیت و احساس مایع درون این مجاری به دست می‌آید و اختلال در عملکرد این مجاری، موجب احساس سرگیجه و به‌هم‌خوردن تعادل خواهد شد. بدون احساس تعادل هیچ مهره‌داری نمی‌تواند به درستی راه برود یا شنا کرده یا پرواز کند. اما تپیل‌ها به این دلیل که همیشه به صورت سروهه از شنا در درختان آویزان هستند، هیچ نیازی به این احساس تعادل ندارند. تپیل‌ها را از شاخه درخت آویزان نباشند، با سرعتی بسیار آهسته روی زمین می‌خزند؛ درست مثل کسی که به‌کلی احساس تعادل خود را از دست داده است. بیه و همکارانش با بررسی تپیل‌های سه‌انگشتی متوجه شدند ریخت‌شناسی مجاری نیم‌دایره در این پستانداران بسیار زیاد است، در مقایسه با تپیل‌ها، ریخت‌شناسی مجاری نیم‌دایره در گونه‌های دیگر وضعیتی محافظت‌شده داشته و میان افراد مختلف هر گونه شکل و اندازه‌ای بسیار دقیق و ثابت دارد. آنچه ریخت‌شناسی مجاری نیم‌دایره گوش تپیل‌ها را تغییر داده همان تپیل ذاتی جانداران به تفاوت است و آنچه ریخت‌شناسی همان مجاری را در سایر مهره‌داران ثابت نگاه داشته، نیروی محدودکننده انتخاب طبیعی است که در سایر مهره‌داران، کوچک‌ترین تغییری در شکل این مجاری را حذف کرده و باعث کاهش تنوع ظاهری این اندام حسی مهم شده است.