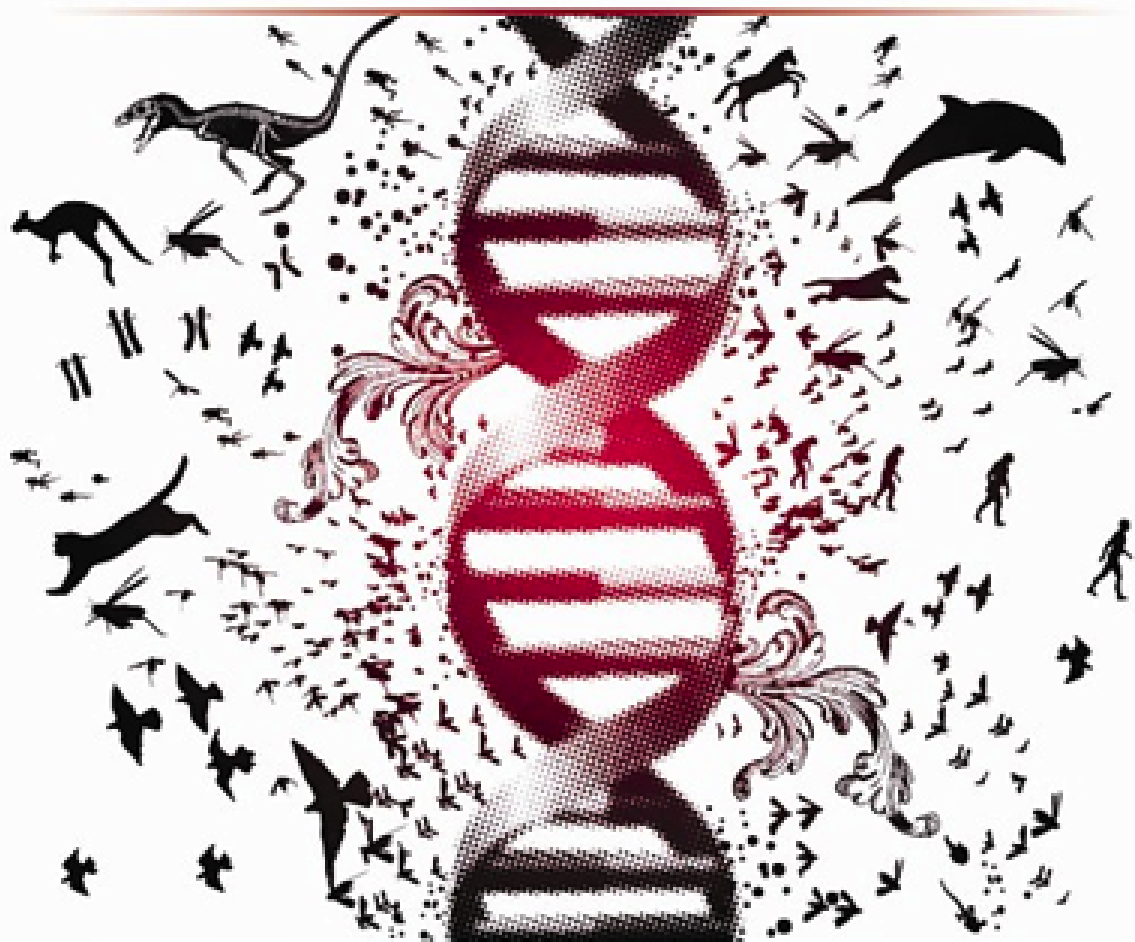


فرگشت و ژنتیک

نویسنده: بهنام محمدپناه



فرگشت و ژنتیک

نویسنده: بهنام محمد پناه

سرشناسه	: محمدپناه، بهنام ۱۳۵۴
عنوان و نام پدیدآور	: فرگشت و ژنتیک / نویسنده بهنام محمدپناه
مشخصات ناشر	: تهران: آمه، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	: ۱۱۲ ص. مصور(بخشی رنگی)
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۶۰۶۱-۷۰-۵
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: تکامل (زیست شناسی)
موضوع	: ژنتیک
رده بندی کنگره	: QH ۳۶۶/۲/ م۳ف۴ ۱۳۸۹
رده بندی دیویی	: ۷۶۹۶/۸۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۰۵۱۷۲۲

توجه: کلیه حقوق مادی و معنوی کتاب فرگشت و ژنتیک متعلق به آقای بهنام محمدپناه می باشد و هر گونه برداشت و استفاده از مطالب یا تصاویر منوط به کسب اجازه و موافقت صاحب اثر می باشد. این کتاب به زودی چاپ و در اختیار علاقمندان قرار خواهد گرفت. برای اطلاعات بیشتر می توانید با پست الکترونیک behnamzadeh@yahoo.com مکاتبه کنید.

پیشگفتار	۵
فصل اول : داروین و نظریه انتخاب طبیعی	۷
فصل دوم : فرگشت جهان ؛ از انفجار بزرگ تا امروز	۱۷
..... آغاز حیات بر روی سیاره زمین	۲۰
..... دوران پرکامبرین (پیش از حیات)	۲۵
..... دوران پالئوزیک (دیرینه زیستی)	۲۹
..... دوره کامبرین	۲۹
..... دوره اردووسین	۲۹
..... دوره سیلورین	۳۰
..... دوره دوونین	۳۱
..... دوره کربونیفر	۳۲
..... دوره پرمین	۳۳
..... دوران مزوزوئیک (میانه زیستی)	۳۶
..... دوره تریاس	۴۶
..... دوره ژوراسیک	۴۷
..... دوره کرتاسه	۴۹
..... دوران سنوزوئیک (نو زیستی)	۵۱
..... دوره ترشیاری	۵۲
..... دوره کواترنری	۵۸
..... فصل سوم : ژنتیک	۱۷
..... تقسیم میتوزی	۷۴
..... تقسیم میوزی	۷۵
..... لقاح و تولید مثل	۷۶
..... تقسیم میوزی	۷۵
..... بیماری‌های ژنتیکی	۷۸
..... آلل، فنوتیپ، ژنوتیپ	۷۹
..... کروموزوم، DNA، ژن	۸۲

۸۴	..... تولید پروتئین در سلول
۸۸	..... جهش نقطه‌ای
۹۰	..... مضاعف‌سازی DNA
۹۱	..... جهش قطعه‌ای
۹۴	..... شبیه‌سازی
۹۶	..... سلول‌های بنیادی
۹۸	..... مهندسی ژنتیک
۹۹	..... تکثیر ژن به روش کلونی
۱۰۰	..... ویروس‌های مفید
۱۰۲	..... ژن درمانی
۱۰۳	..... حیوانات و گیاهان تراریخته
۱۰۴	..... تکثیر ژن به روش PCR
۱۰۷	..... فصل چهارم : پرسش و پاسخ
۱۱۲	..... برخی از منابع

ضمیمه : پوستر درخت زندگی

پیشگفتار

آیا حقیقت دارد که یک سری سلول‌های ریز به خودی خود در دریا پدید آمدند و بعد تبدیل به ماهی، خزنده و در نهایت انسان شدند؟ مگر می‌شود انسان با باکتری و گیاه و پرنده فامیل باشد؟ آیا درست است که انسان و میمون و شامپانزه از یک خانواده مشترک هستند؟ این حرف‌ها و ادعاها بر اساس چه مدارکی و اساساً برای چه هدف و منظوری بیان می‌شوند؟

پاسخ به این سوالات و نیز پرسش‌های پیاپی که ذهن شنوندگان و خوانندگان نظریه داروین را به خود مشغول می‌دارد، نیاز به پیش زمینه‌هایی دارد. ما در این کتاب تلاش کرده‌ایم به طور بسیار خلاصه به این موارد بپردازیم و گرچه ادعای کامل بودن نداریم، اما تلاش خود را کرده‌ایم و امیدواریم کسانی که این پرسش‌ها نیز در ذهن آنها وجود دارد، با خواندن این کتاب تا حدودی به جواب قانع‌کننده‌ای برسند.

پیش از آغاز بهتر است این جمله کلیدی و مهم نظریه را به خاطر بسپارید: طبیعت به هیچ عنوان دنبال تکامل دادن موجودات نیست، بلکه تنها موجوداتی قادر به زنده ماندن و تکثیر هستند که همزیستی بیشتری با این تغییرات را کسب کرده باشند.

نظریه تکامل یا صحیح‌تر بگوییم فرگشت^۱، توضیح می‌دهد که چگونه نسل همه موجودات از باکتری گرفته تا گیاه و انسان، همواره به دلیل جهش‌های ژنتیکی در حال تغییر و تحول هستند و این تغییرات گرچه بسیار جزئی و ناملموس هستند، اما در طول زمان طولانی (مثلاً دویست میلیون)، به تغییرات اساسی تبدیل می‌شوند و موجودی متفاوت را پدید می‌آورند. اشتباه بسیاری از منکران نظریه فرگشت این است که تصور می‌کنند این نظریه ادعا می‌کند موجودات تک‌سلولی بر اثر اتفاقات عجیب تبدیل به ماهی شده‌اند، بعد باله آنها تبدیل به دست و پا شده و حیوان از آب بیرون آمده و روی خشکی شروع به خزیدن یا راه رفتن کرده است!

۱- بنیان انگلیسی نظریه تکامل، آن را Evolution Theory می‌گفتند. این عبارت چند دهه پیش به هنگام ترجمه به فارسی به اشتباه گفته شد: نظریه تکامل. در حالی که تکامل ترجمه درست و دقیق کلمه Evolution نیست. ریشه لغت تکامل از عربی است، ولی خود عرب‌زبانان در این مورد از کلمه تطوّر (به مفهوم تغییر و تحول) استفاده می‌کنند. شاید یکی از دلایل بدفهمی رایج فارسی‌زبانان نسبت به این نظریه همین واژه اشتباه تکامل باشد. فرگشت، عبارت صحیح و درست‌تری است که برای ترجمه این عبارت ارائه گردیده است. این کلمه از ترکیب دو جزء فر (پیشوند رو به جلو) + گشت (گردیدن و دگرگون شدن) تشکیل شده است. ما نیز از این واژه حمایت کرده و در سراسر کتاب از عبارت فرگشت به جای تکامل استفاده نموده‌ایم.

اگر می‌خواهید جواب پرسش‌های خود را در مورد نظریه فرگشت بیابید، کتاب حاضر را از اول تا به آخر و به طور کامل بخوانید. مطالب این کتاب در چهار فصل نوشته شده‌اند. در فصل اول به سفرهای داروین و نظریه انتخاب طبیعی او خواهیم پرداخت. اینکه او پایه و اساس نظریه خود را چگونه بنیان گذاشت و جواب چه سؤالاتی را توسط مخالفان مطرح شده بود، پاسخ داد و نیز گذشت زمان و اکتشافات دانشمندان به برخی دیگر از سؤالات جواب دادند و به تقویت و تکمیل نظریه داروین کمک کردند.

در فصل دوم چگونگی پیدایش کائنات و سیاره زمین را از زمان انفجار بزرگ تا زمان حاضر به اختصار توضیح می‌دهیم. به چه شکل موجودات تک سلولی از اتم‌های ساده به وجود آمدند و چه زمان طولانی صرف شد تا آنها به صورت موجودات کنونی درآیند. در بخش پایانی این فصل به گونه مختلف انسان‌ها خواهیم پرداخت. نسل انسان چه تغییراتی یافت و چگونه انسان‌های هوشمند کنونی از انسان‌نماها و موجوداتی که با جد شامپانزه‌ها مشترک بودند، به وجود آمدند.

فصل سوم کتاب به بحث علم ژنتیک اختصاص دارد. در این فصل سفری خواهیم داشت به درون سلول و کارکرد اجزای آن را بررسی می‌کنیم. سپس به هسته سلول و رمزهای مخفی شده درون آن می‌پردازیم. اینکه چگونه سلول‌ها با ترجمه این کدها و رمزها، ظاهر و عملکرد متفاوت از خود نشان می‌دهند و بر اساس آن اعضای مختلف جاندار به وجود می‌آیند و کار می‌کنند. فهم اینکه با تغییر در این کدها چگونه می‌توان به محصولات متفاوت سلولی دست یافت یا عملکرد سلول را تغییر داد و در نهایت موجودی با ویژگی‌های عجیب تولید کرد. البته از آنجا که ژنتیک، علم نوپا و جدیدی است، دانشمندان و مهندسان این رشته هنوز در ابتدای راه هستند. درمان بیماری‌های ژنتیکی نظیر سرطان و ساخت داروهای ژنتیکی، تولید محصولات کشاورزی اصلاح شده ژنتیکی، اصلاح ژنتیکی نسل حیوانات اهلی نظیر گاو و گوسفند و همانند سازی آنها، ساخت تجهیزات کشف و نیز تلاش برای زنده کردن نسل جاندارانی که منقرض شده‌اند، تنها بخشی از موفقیت‌های دانشمندان ژنتیک در سالیان اخیر بوده است.

فصل چهارم و پایانی این کتاب نیز اختصاص دارد به پاسخ به سؤالات و شبهاتی که در مورد نظریه فرگشت مطرح شده است. اینکه مخالفان این نظریه چه بهانه‌هایی را مطرح کرده و می‌کنند و به چه ابزار و دلایلی متوسل می‌شوند تا ادعای خود مبنی سست بودن نظریه فرگشت را به اثبات برسانند و صد البته تاکنون موفق نشده‌اند!

چنانچه نظر، پیشنهاد، انتقاد و یا پرسشی درباره محتویات این کتاب داشتید، آن را به پست الکترونیک اینجانب behnamzadeh@yahoo.com ارسال بفرمایید. خوشحال خواهیم شد از نظرات و پیشنهادات شما عزیزان بهره‌مند شوم.

بهنام محمد پناه : بهار ۱۳۸۹

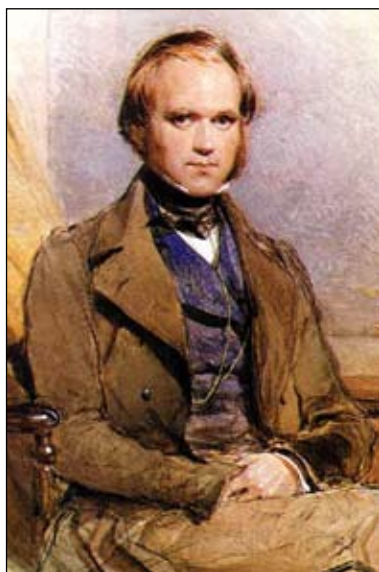
فصل اول

داروین و نظریهٔ انتخاب طبیعی

فرگشت طبیعت شاخهٔ وسیعی از علم زیست‌شناسی است که در آن چگونگی پیدایش موجودات مختلف و تغییر و تحولات صورت گرفته در آنها را توضیح می‌دهد.

در نگاه اول شاید پذیرفتن این موضوع که همهٔ موجودات از جد مشترکی به وجود آمده‌اند، محال و غیرقابل‌باور به نظر برسد، همچنان که اگر به فردی ناآگاه از فن‌آوری‌های روز دنیا بگوییم که می‌توان با مقداری سیم، خازن و دیود با افرادی در فاصلهٔ صدها کیلومتری ارتباط برقرار نمود، موضوع در ابتدا برایش غیر قابل‌باور است، اما اگر او را به تدریج با سیر تحول وسایل الکترونیکی مانند تلفن، کامپیوتر و اینترنت آشنا سازیم، درک این موضوع برایش آسان می‌شود.

تا اواسط قرن ۱۹ میلادی، عموم مردم بر این باور بودند که زمین و تمام موجودات زنده به شکل ناگهانی به وجود آمده‌اند. این نظر ریشه در باورهای دینی مردم داشت. آنان چنین می‌پنداشتند که همهٔ موجودات (گیاهان و جانوران) به طور جداگانه و طی تنها شش روز خلق شده‌اند. البته در آن زمان برخی دانشمندان به این فکر افتاده بودند که حیوانات دارای ویژگی‌های یکسانی هستند و احتمالاً به نوعی با یکدیگر ارتباط



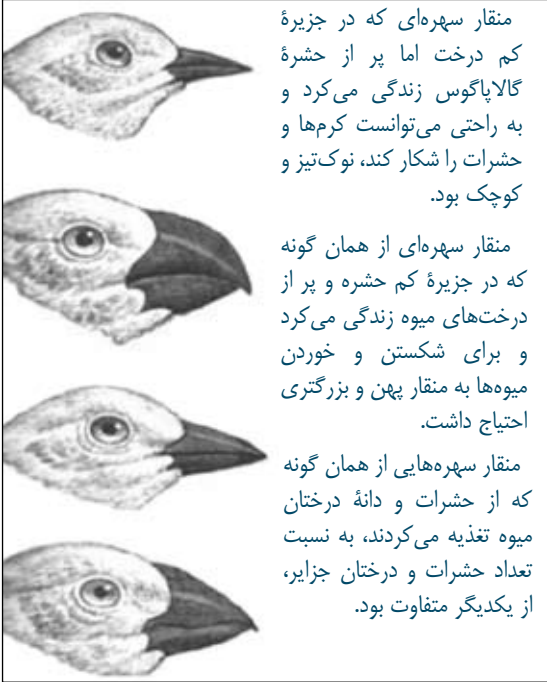
چارلز داروین، مردی که با اعلام نظریهٔ انتخاب طبیعی، جهان را تکان داد

دارند، اما هیچ کدام دلایل و شواهدی برای اثبات ادعای خود نداشتند و نمی‌توانستند به قاطعیت نظرات خود را در جوامع علمی ابراز کنند تا اینکه در سال ۱۸۳۱ میلادی، جوانی به نام چارلز داروین که در آن زمان دانشجوی رشتهٔ طبیعت‌شناسی دانشگاه کمبریج انگلستان بود، تصمیم گرفت همراه یک کشتی نقشه‌برداری به دور دنیا سفر کند. کشتی آنها ابتدا در سواحل برزیل لنگر انداخت. در این مدت داروین توانست در جنگل‌های وسیع آمازون به تحقیق دربارهٔ انواع حشرات و گیاهان بپردازد. چهار سال بعد کشتی آنها وارد جزایر ناشناختهٔ گالاپاگوس (در غرب کشور اکوادور کنونی) شد. داروین در آنجا موجوداتی را دید که تا آن زمان در هیچ کجای دنیا مشاهده نشده بودند. مارمولک‌های خاردار ایگوانا، مرغ‌های ماهیخوار با پاهای آبی رنگ و لاک‌پشته‌های عظیم‌الجثه تنها بخشی از موجودات عجیب ساکن در آن جزایر بودند.



داروین در این مجمع‌الجزایر متوجه شد لاک‌پشته‌هایی که ساکن جزایر پرآب هستند با لاک‌پشته‌هایی که در جزایر کم‌آب زندگی می‌کنند، تفاوت دارد. او همچنین مشاهده کرد که منقار سهره‌هایی که در جزایر پر از درخت‌های میوه زندگی می‌کنند، با منقار سهره‌هایی که در جزایر کم درخت مجاور ساکن هستند، تفاوت اندکی دارد. در اینجا بود که سؤال مهمی در ذهن داروین جوان جوانه زد: آیا با توسعه این اختلاف‌های به ظاهر کوچک که در میان جانوران یک گونه در جزایر مختلف وجود دارند، احتمال دارد که پس از طی هزاران یا میلیون‌ها سال، به تغییر گونه جاندار منجر گردند؟

این پرسش و پرسش‌های دیگر که مدام در ذهن داروین پدید می‌آمدند، خواب و خوراک را از او گرفتند. کشتی آنها پس از ترک گالاپاگوس، عرض اقیانوس اطلس را طی کرد و به استرالیا رسید.



منقار سهره‌ای که در جزیره کم درخت اما پر از حشره گالاپاگوس زندگی می‌کرد و به راحتی می‌توانست کرم‌ها و حشرات را شکار کند، نوک تیز و کوچک بود.

منقار سهره‌ای از همان گونه که در جزیره کم حشره و پر از درخت‌های میوه زندگی می‌کرد و برای شکستن و خوردن میوه‌ها به منقار پهن و بزرگتری احتیاج داشت.

منقار سهره‌هایی از همان گونه که از حشرات و دانه درختان میوه تغذیه می‌کردند، به نسبت تعداد حشرات و درختان جزایر، از یکدیگر متفاوت بود.

داروین در آنجا نیز موجوداتی متفاوت با آنچه تا پیشتر دیده بود، مشاهده کرد.

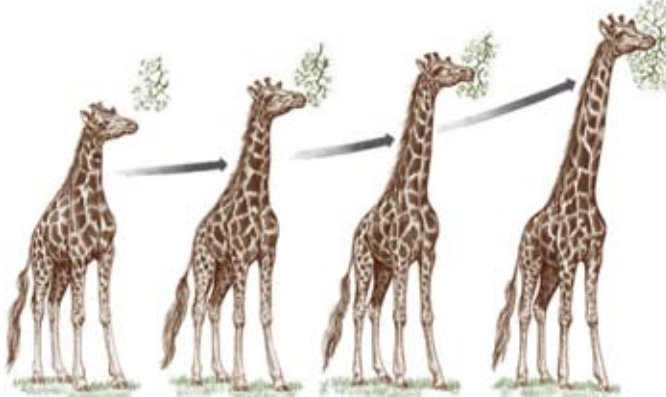
اما به راستی دلیل این همه تنوع چه بود؟ موجودات یک گونه نیز چرا با یکدیگر تفاوت دارند؟ داروین پس از بازگشت از سفر، به تحقیقات خود ادامه داد و ۲۰ سال از عمرش را برای یافتن پاسخ قانع‌کننده سؤالاتش صرف کرد و سرانجام به پاسخ رسید: **انتخاب طبیعی.**

بر اساس این نظریه: نسل همه موجودات به دلایلی تغییر می‌کند، اما تنها موجوداتی زنده می‌مانند و می‌توانند به تولید مثل خود ادامه دهند که تغییرات آنها با تغییرات محیط طبیعت سازگار باشند.

اما نسل موجودات به چه دلیلی تغییر می‌کند؟ در آن زمان، محکمترین دلیل را شخصی فرانسوی به نام لامارک ارائه کرده بود. او معتقد بود که صفات اکتسابی جانداران به نسل‌های بعدی منتقل می‌شود و اگر یک جاندار از اندام بدن خود بیشتر استفاده کند، آن اندام بزرگ و کارآمد می‌شود و برعکس اگر عضوی به کار نیفتد، کوچک شده و به مرور زمان تحلیل می‌رود. او برای توضیح فرضیه خود همیشه از مثال زرافه‌ها استفاده می‌کرد.



ژان بابتیست لامارک



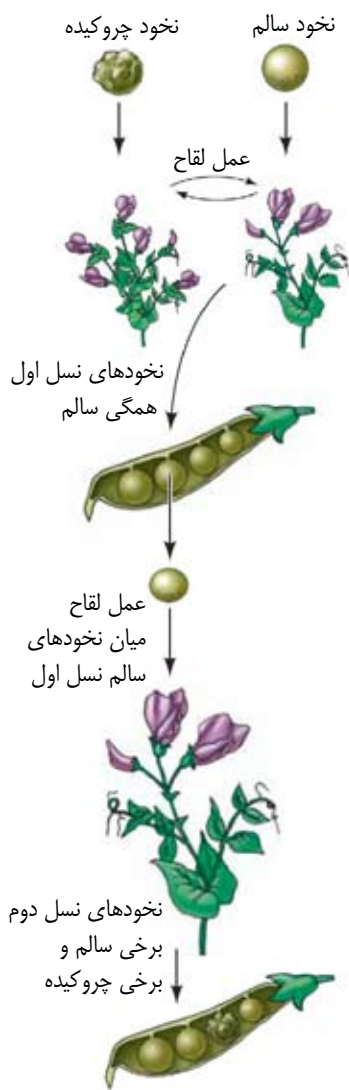
فرضیه استعمال و عدم استعمال اندام‌ها و ارثی بودن صفات اکتسابی لامارک

لامارک معتقد بود که گردن زرافه‌ها به دلیل تلاش آنها برای خوردن شاخ و برگ درختان بلند، هر بار کمی بلندتر شده و این صفت به مرور به نسل‌های بعدی منتقل شده است. با این حال گذشت زمان، اشتباه بودن فرضیه لامارک را ثابت کرد!

چندی بعد دانشمندان با آزمایش روی مگس‌های سرکه متوجه شدند که با کور کردن مگس‌ها، بچه‌های آنها حتی تا ۶۰ نسل بعد هم کور متولد نمی‌شوند و یا موش‌هایی که دُم آنها بریده می‌شود، تا چند نسل بعد هم فرزندان آنها با دُم‌های معمولی به دنیا می‌آیند. مخالفان این نظریه حتی سؤالات عجیب ولی قابل تأملی هم مطرح می‌کردند: چرا با وجود آنکه پسران یهودیان و مسلمانان ختنه می‌شوند، اما نسل آنها ختنه به دنیا نمی‌آیند؟!



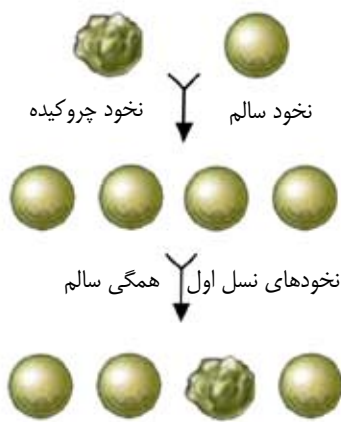
گریگور مندل (پدر علم ژنتیک)، کشیشی که نادانسته کمک شایانی به خداناپوران کرد!



مندل، کشیشی مسیحی بود که در کشور اتریش کنونی زندگی می‌کرد و در اوقات فراغت در باغچه صومعه به پرورش گل و نخود فرنگی مشغول بود. او در حین کار متوجه نکته عجیبی شد. وقتی یک نخود فرنگی سالم و گرد را با نخود فرنگی چروکیده لقاح می‌داد، محصول نخودها همگی سالم بودند اما وقتی این نخودهای سالم را با هم لقاح می‌داد، بعضی نخودها سالم و برخی چروکیده تولید می‌شدند! او این آزمایش را روی گل‌ها نیز انجام داد. وقتی دو گل صورتی و سفید با هم لقاح می‌داد، همه گل‌های نسل اول صورتی بودند، اما وقتی این گل‌ها را دوباره لقاح می‌داد، گل‌های صورتی و سفید به وجود می‌آمدند!

اما به راستی دلیل این رویدادهای عجیب چه بود؟ مندل بدون آنکه دلیل این موضوع را بفهمد، از دنیا رفت، اما دانشمندان راهش را ادامه دادند و به راز انتقال وراثتی رمزهای ژنتیکی توسط سلول‌های جنسی دست یافتند.

به احتمال یک چهارم، نخودهای نسل دوم چروکیده می‌شود



در زمان داروین همچنین وجود موجودات یک گونه در جزایر و نیز قاره‌های دور از هم پرسش مهمی بود و البته کسی پاسخ قانع‌کننده‌ای برای این موضوع نداشت. اینکه حیوانات و گیاهانی هم در قاره آفریقا و آسیا زندگی می‌کنند در حالی که هم نوع آنها (البته همراه با تفاوت‌هایی) صدها کیلومتر آن سوی اقیانوس اطلس در قاره آمریکا زندگی می‌کنند؟ این موجودات چه زمانی و توسط چه کسانی به آنجا منتقل شده‌اند؟ رسیدن به جواب این سؤال، بیش از پنجاه سال طول کشید. زمین‌شناسان در اواخر قرن ۱۹ میلادی با کمک وسایل اندازه‌گیری دقیق، متوجه شدند که پوسته زمین از صفحاتی تکه‌تکه تشکیل شده است و به خاطر حرکت جریان مذاب زیر پوسته دائماً در حال حرکت و جابجایی هستند. البته سرعت حرکت این

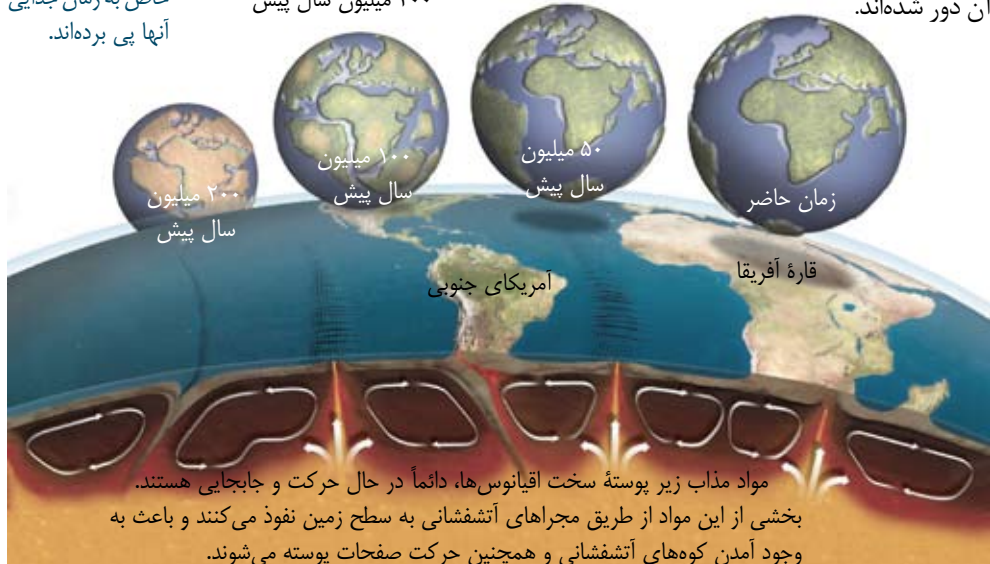


میلیون‌ها سال پس از جدا شدن قاره‌های آمریکای جنوبی و آفریقا از یکدیگر، دانشمندان با کشف فسیل دایناسورها و ماهی‌های یک گونه خاص به زمان جدایی آنها پی برده‌اند.

بخشی از قاره پانگه‌آ در ۲۰۰ میلیون سال پیش

صفحات به قدری کند و در حد چند میلی‌متر در سال است و به همین دلیل کسی متوجه آن نمی‌شود. وقوع زمین‌لرزه‌ها و نیز پیدایش کوه‌ها به دلیل برخورد این صفحات یا گسل‌ها به یکدیگر است.

شکل ساختاری قاره‌ها (از جمله قاره آفریقا و آمریکای جنوبی) و کشف فسیل جانوران یک گونه منقرض شده در سواحل این قاره‌ها مشخص می‌کند که میلیون‌ها سال پیش قاره‌ها به هم متصل بودند و به مرور بر اثر جابجایی صفحات زمین، جابجا شده و از هم دور یا به هم نزدیک شده‌اند. برای مثال طی تحقیقات زمین‌شناسان، شبه جزیره هندوستان و جزیره استرالیا حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش به شرق قاره آفریقا متصل بودند و به مرور از آن دور شده‌اند.



مواد مذاب زیر پوسته سخت اقیانوس‌ها، دائماً در حال حرکت و جابجایی هستند. بخشی از این مواد از طریق مجراهای آتشفشانی به سطح زمین نفوذ می‌کنند و باعث به وجود آمدن کوه‌های آتشفشانی و همچنین حرکت صفحات پوسته می‌شوند.

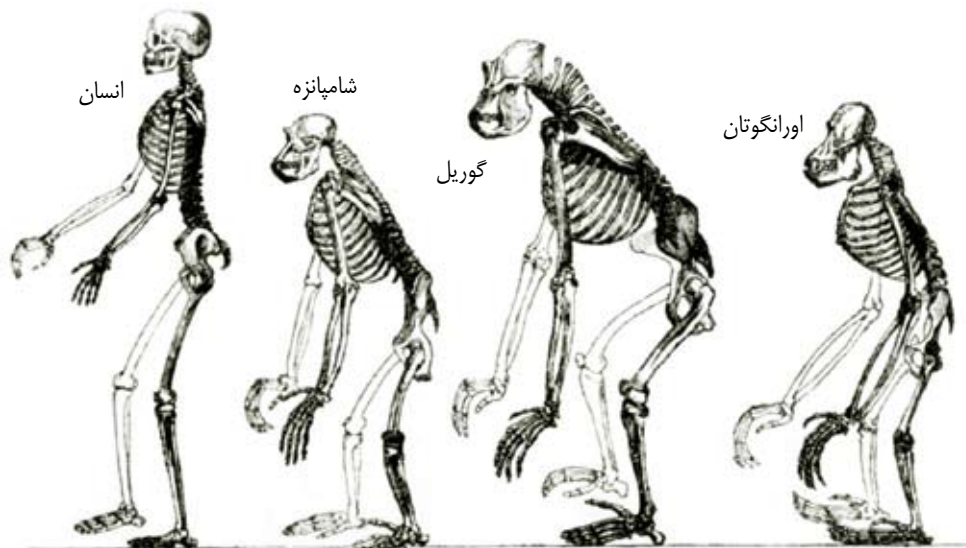
داروین گرچه به نظریه خود ایمان داشت، اما به خاطر نگرانی از عکس‌العمل مردم عادی و نیز مذهب‌پویان تا سال‌ها ایده‌هایش را تنها با برخی دانشمندان و دوستان معتمد خود در میان می‌گذاشت و علی‌رغم تشویق‌های آنها تمایلی به انتشار عمومی نظریاتش نداشت. او نگران بود که با انتشار این نظریه که خلاف نوشته‌های کتاب‌های عهد عتیق (تورات) و عهد جدید (انجیل) بود و پیدایش ناگهانی موجودات را نفی می‌کرد، باعث ایجاد شورش و بلوای عمومی شود، اما در سال ۱۸۵۸ میلادی، داروین نامه‌ای را از یک طبیعت‌شناس به نام راسل والاس دریافت کرد که در آسیای جنوب شرقی زندگی می‌کرد. والاس در این نامه، تحقیقات مستقل و یافته‌های شخصی خود را در مورد انتخاب طبیعی برای داروین فرستاده بود. داروین پس از



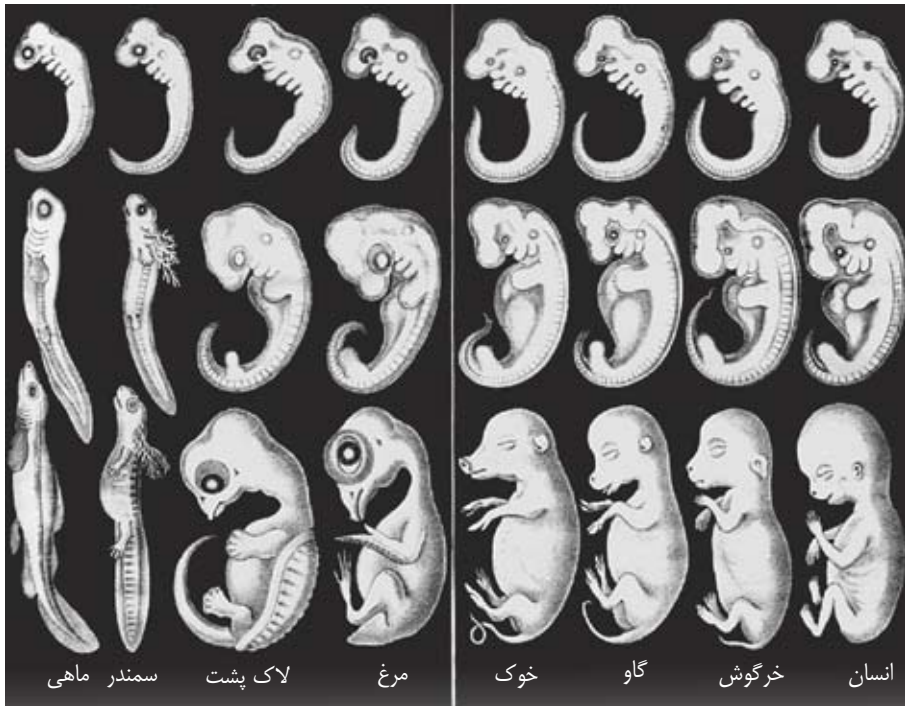
آلفرد راسل والاس؛ طبیعت‌شناس بریتانیایی که هم‌زمان با داروین به فرآیند انتخاب طبیعی دست یافت.

خواندن این نامه، تردیدها را کنار گذاشت و به سرعت مقاله‌ای تهیه کرد و همراه با نامه‌ی والاس برای انجمن علمی انگلستان فرستاد. دوستان داروین در جلسه انجمن شهادت دادند که وی سال‌ها جلوتر از والاس بر روی این نظریه تحقیق کرده است و می‌بایست نظریه انتخاب طبیعی به نام وی ثبت شود. پس از این جلسه، داروین دست بکار شد و کتاب مهم خود را به نام *پیرامون اصل انواع بر اساس انتخاب طبیعی* به رشته تحریر درآورد. این کتاب بعدها به *اصل انواع* مشهور شد.

خلاصه نظریه انتخاب طبیعی داروین به این شکل است: "هر موجودی (جانور یا گیاه)، فرزندان زیادی



مقایسه استخوان‌بندی خانواده کپی بزرگ؛ از نقاشی‌های کتاب جایگاه انسان در طبیعت نوشته توماس هاکسلی (مدافع نظریه داروین)؛ ترسیم شده در سال ۱۸۶۳ میلادی



مقایسه رشد جنینی حیوانات مختلف و نیز انسان: برگرفته از کتاب فرگشت نژاد انسان نوشته ارنست هکل جنین‌شناس آلمانی در سال ۱۸۷۴ میلادی؛ در مراحل نخست تشخیص اینکه جنین مربوط به چه حیوانی است، مشکل است اما به مرور شکل و شمایل آنها ظاهر می‌شود.

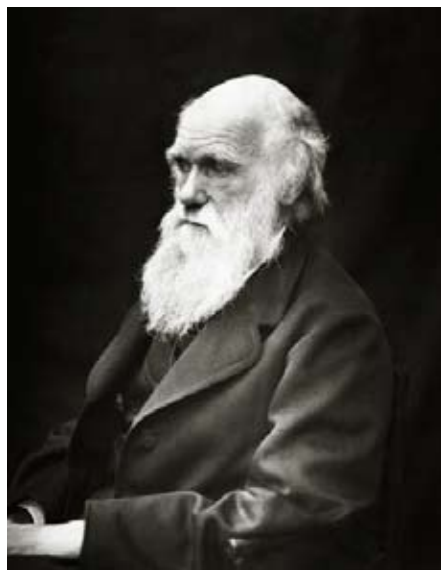
تولید می‌کند. بسیاری از این فرزندان به دلایل طبیعی مانند کمبود غذا یا شکار توسط دیگران از بین می‌روند. تعدادی هم که باقی مانده‌اند، به شرطی قادر به ادامه حیات و ازدیاد نسل می‌شوند که تغییرات به وجود آمده در ساختار بدن آنها با تغییرات محیط طبیعی سازگار باشد.

توجه به این نکته ضروری است که در انتخاب طبیعی، لزوماً نسل قویترین یا پیشرفته‌ترین موجودات باقی نمی‌ماند، بلکه تنها سازگارترین‌ها باقی می‌مانند و بقیه به جبر انتخاب طبیعت از بین می‌روند و نسل آنها منقرض می‌شود. همچنانکه روزی دایناسورها جهان را در غبضه خود داشتند، اما به دلایل طبیعی نسل آنها منقرض شد و تنها جانوران سازگار با آن شرایط طبیعی مانند پستانداران کوچک، ماهی‌ها و حشرات باقی ماندند. بیایید یک مثال معمولی برای توضیح این نظریه برایتان بزنم: در یک گله بز کوهی، برخی از فرزندان صاحب پاهای قوی‌تر و برخی صاحب موهای بیشتری می‌شوند. (دلیل این امر جهش ژنتیکی است که در فصل بعدی توضیح داده خواهد شد). در شرایط معمولی، بزهایی که پاهای قوی‌تر دارند و سریع‌تر از بقیه می‌توانند از دست گرگ‌ها و شغال‌ها فرار کنند، شانس بقای بیشتری دارند و به این ترتیب نسل بزهای تیزپا افزایش می‌یابد، اما اگر شرایط محیط طبیعی ناگهان تغییر کند؛ مثلاً دوره یخبندان برسد و هوا به شدت سرد شود، در اینصورت دیگر پاهای قوی و سرعت فرار بالا کمک چندانی به آنها نمی‌کند و تنها بزهایی که موهای بیشتری داشته باشند، می‌توانند سرمای زیاد را تحمل کنند. بنابراین نسل بزهای

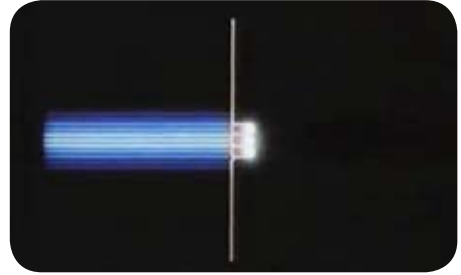
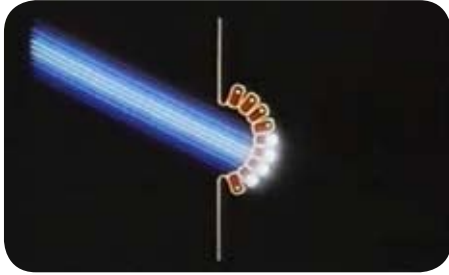
پرمو افزایش خواهد یافت. بیایید این مطلب را با تغییر منقار سهره‌های جزایر گالاپاگوس توضیح دهیم. طی صدها هزار سال، وقتی جزایر به هم چسبیده گالاپاگوس از هم جدا شدند، سهره‌های یک گونه در جزایر مختلف پخش شدند. در این میان به دلایل طبیعی در تعدادی از این جزایر، حشرات و کرم‌ها کم شدند. بنابراین جوجه‌هایی توانستند به بقای خود ادامه دهند که به دلیل تغییرات بدنی (جهش ژنتیکی) صاحب منقارهای بزرگتری شده بودند و می‌توانستند میوه‌های کوچک درختان را بشکنند و از دانه‌های آنها تغذیه کنند، اما جوجه‌هایی که منقار کوچک‌تر داشتند، نتوانستند زنده بمانند و به مرور از تعداد آنها کاسته شد تا اینکه نسل منقار کوچک‌های این جزایر از بین رفت و منقار بزرگ‌ها به صورت نوع غالب درآمدند. شاید در نگاه اول تغییراتی مانند افزایش موی بُزها یا بزرگ شدن منقار برخی پرندگان، بسیار جزئی و ساده به نظر برسند، ولی اگر طی میلیون‌ها سال، هزاران تغییر و تحول کوچک مانند اینها جمع شوند، آن وقت شاهد فرگشت کلی در جاندار و به وجود آمدن موجودی دیگر خواهیم شد.

البته همان طور که در مقدمه کتاب گفتیم، انتخاب طبیعی به دنبال تکامل موجودات و پیشرفته کردن آنها نیست. انتخاب طبیعی تنها به موجوداتی اجازه زندگی و ازدیاد نسل می‌دهد که بتوانند با شرایط محیطی و تغییرات آن سازگارتر شوند. حال در این میان، ممکن است شرایط محیط طبیعی تغییر چندانی نکند، بنابراین موجودات نیز بدون تغییر خواهند ماند. برای مثال در دریای محصور خزر، شرایط محیطی از ۲۰۰ میلیون سال پیش تاکنون تغییر زیادی نکرده است و به همین دلیل نسل ماهی‌های شاخص این دریا (ماهی‌های خاویار) نیز تفاوت چشمگیری نکرده‌اند. البته شاید به زودی به دلیل صید بی‌رویه این ماهی‌ها توسط انسان‌ها و همچنین ورود فاضلاب‌های صنعتی به دریا شاهد انقراض این گونه نادر از موجودات باشیم که به فسیل‌های زنده طبیعت مشهورند!

با چاپ کتاب بعدی داروین به نام "نژاد انسان و انتخاب جنسیتی"، موج اعتراضات و مخالفت‌ها علیه وی آغاز شد. او در این کتاب به دلیل آنکه برخلاف نوشته‌های عهد عتیق (تورات)، خلقت ناگهانی نوع بشر را نیز زیر سؤال می‌برد و انسان را نیز نتیجه فرگشت موجوداتی می‌دانست که با اجداد شامپانزه‌ها و میمون‌ها ریشه مشترک داشتند، باعث عصبانیت شدید کلیسا شد. همچنین تعدادی از دانشمندان، ایده او را به باد تمسخر گرفتند و با طرح مسائل گوناگون سعی کردند وی را تحت فشار بگذارند تا نظریه خود را پس بگیرد، اما داروین بیست سال از عمرش را صرف کرده بود تا نظریه‌اش را به کامل‌ترین شکل ممکن ارائه دهد و بتواند به پرسش‌های احتمالی دیگران پاسخ دهد.

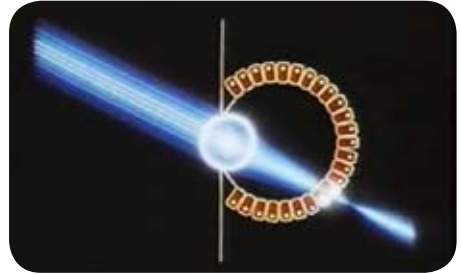
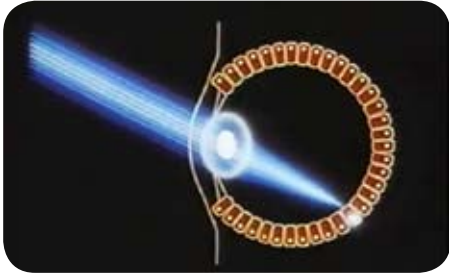


چارلز داروین، تا آخر عمر خود مشغول تحقیق بود. بسیاری او را بزرگترین نظریه‌پرداز تاریخ نامیده‌اند



۲- در برخی از جانداران بعدی، سلول‌های پوستی حالت مقعر به خود گرفتند و موجود قادر به تشخیص جهت نور نیز شد.

۱- در ابتدای پیدایش سلول‌های پوستی حساس به نور، موجود تنها می‌توانست روشنایی را از تاریکی تشخیص دهد ولی قادر به تشخیص جهت نور نبود.



۴- میلیون‌های سال بعد، موجودات صاحب چشم‌هایی شدند که به شکل دقیق، نور را بر روی سلول‌های حساس متمرکز می‌کرد و تصویر دقیقی از اشیاء را ارائه می‌داد. نسل موجوداتی که صاحب این نوع چشم شده بودند، به سرعت افزایش یافت.

۳- به مرور زمان، سلول‌های شفاف محافظ در ورودی این چشم ابتدایی اضافه شدند. طی نسل‌های متمادی و به مرور سلول‌ها بیشتر شدند و باعث شکست نور و تمرکز آن بر روی سلول‌های چشمی شدند. جانداران صاحب این چشم، شانس بیشتری برای کسب غذا و بقاء نسل کسب کردند.

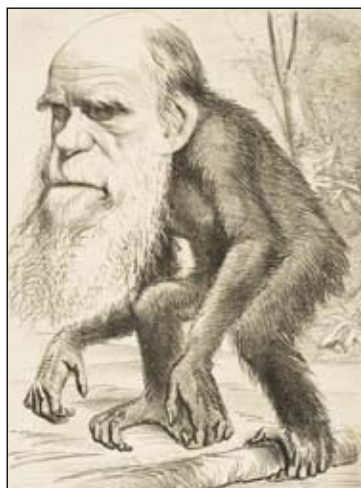
در آن زمان یکی از مهمترین پرسش‌های مطرح شده از سوی جامعه علمی این بود که آیا انتخاب طبیعی می‌تواند چگونگی پیشرفت چشم را توضیح دهد؟ آیا طبیعت تنها با انتخاب سازگارترین موجودات می‌تواند اندام پیچیده‌ای مانند چشم انسان را به وجود بیاورد؟

داروین در جواب این پرسش استدلال می‌کرد که چشم انسان حاصل فرگشت چشم موجوداتی است که پیش از ما می‌زیستند. طبق نظریه انتخاب طبیعی، در ابتدا تعداد معدودی از جانداران به دلایلی (جهش ژنتیکی) صاحب سلول‌های پوستی حساس به نور شدند. این سلول‌ها به آنها توانایی تشخیص تاریکی از روشنایی را می‌داد. شاید این موضوع چندان مهم نباشد، ولی همین امکان (که افراد نابینا در حسرت آن هستند!) کمک می‌کرد موجود مسیر خود را پیدا کند یا نزدیک شدن دشمن را تشخیص دهد. به مرور نسل این موجودات که صاحب چشم ابتدایی بودند، افزایش یافت. میلیون‌ها سال طول کشید تا در تعدادی از این موجودات، فرگشت‌های دیگری رخ دهد و سلول‌های حساس به نور در یک حفره کم عمق جمع شوند. این موجودات قادر به تشخیص جهت نور شدند و در نتیجه نسل آنها به خاطر دستیابی به این امکان، افزایش یافت. دوباره میلیون‌ها سال گذشت تا بخشی از همین موجودات، صاحب لایه‌ای از سلول‌های شفاف در جلوی چشمان ابتدایی خود شدند. این لایه شفاف از چشم محافظت می‌کرد و علاوه

بر آن، نورها را کمی خمیده می‌کرد تا جاندار یک تصویر هر چند تار از موانع سر راه خود ببیند. میلیون‌ها سال دیگر طی شد و این قسمت مخاطی سخت‌تر شد تا به نوعی لنز مناسب تبدیل گردید.

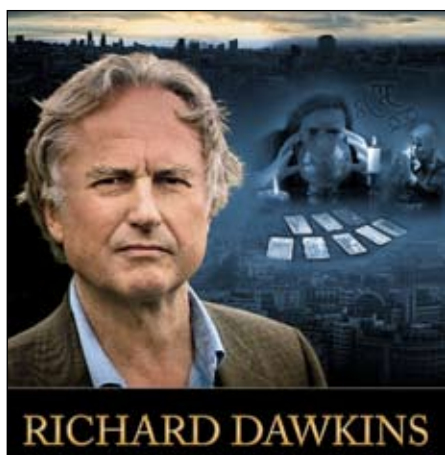
البته تمام این مراحل در سطوح متفاوت از پیچیدگی نیز در موجودات زنده امروزی نیز یافت می‌شوند. بعضی از موجودات مانند کرم‌ها که اصولاً فاقد چشم هستند و با کمک دیگر اندام حسی، مسیر حرکت را می‌یابند. کرم‌های پهن دریایی، صاحب یک حفره کوچک از سلول‌های حساس به نور هستند و با همین چشم ابتدایی می‌توانند سایه شکارچیان را تشخیص دهند و فرار کنند. حلزون‌ها با چشم نیمه پیشرفته خود تنها می‌توانند جهت نور را تشخیص دهند، اما از امکان دیدن اشیاء محروم هستند. دیگر موجودات دریایی و خشکی مانند اختاپوس‌ها و میمون‌ها هم با چشمان پیشرفته خود به وضوح قادر به دیدن اشیاء هستند.

تأثیر نظریه داروین بر اندیشه و تفکر مذهبی، مهم‌تر از زمینه‌های علمی بود. در زمان داروین و سال‌ها پس از آن، مذهب‌یون کلیسا معتقد بودند که قبول نظریه فرگشت به اعتقادات مذهبی مردم ضربه می‌زند و آن را سست می‌کند. حتی از دیدگاه غیر مذهبی نیز این نظریه تغییر عمده‌ای در طرز تفکر بشر درباره دنیا به وجود آورد. با توجه بر نظریه انتخاب طبیعی، انسان دیگر خود را مرکز و کانون طبیعت و جهان تصور نمی‌کند، بلکه خود را گونه‌ای فرگشت یافته از حیوانات می‌داند و این احتمال را از نظر دور نمی‌دارد که



کاریکاتوری از داروین به شکل شامپانزه که مخالفانش پس از شکست در به چالش کشیدن نظریه انتخاب طبیعی از وی ترسیم کردند.

ممکن است در زمانی نه چندان دور مانند دایناسورها در اثر عوامل طبیعی (مانند برخورد یک شهاب سنگ بزرگ یا بیماری‌های فراگیر بدتر از ایدز) به کلی منقرض شود! با گذشت حدود ۱۵۰ سال، پایه‌ها و اصول نظریه داروین نه تنها سست نشده‌اند، بلکه با اکتشافات جدید و پیشرفت علمی همچون ژنتیک مستحکم‌تر از پیش گردیده است. امروزه اکثر دانشمندان مطرح دنیا نظریه داروین را پذیرفته‌اند و گرچه میان دیدگاه‌های آنها اختلاف‌های اندکی درباره چگونگی و مراحل فرگشت موجودات وجود دارد، اما همگی به قطعیت پایه‌های نظریه انقلابی داروین را پذیرفته‌اند و او را به سبب جرأت در ابراز عقایدش می‌ستایند.



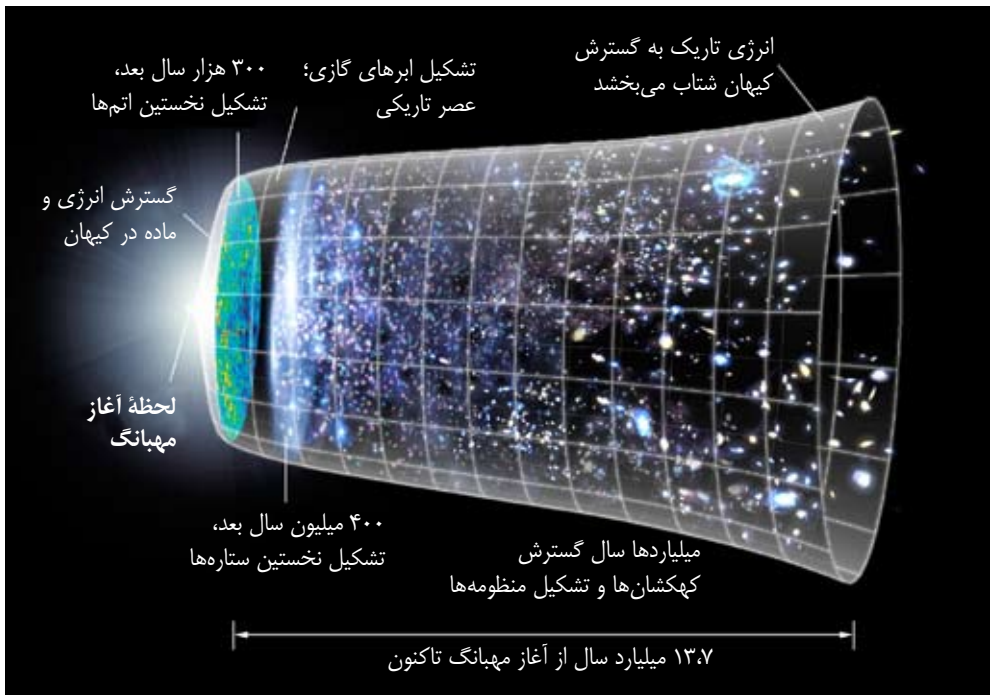
پروفسور ریچارد داوکینز (معروف به چارلز داروین معاصر)؛ جانور شناس و استاد برجسته دانشگاه آکسفورد از سرسخت‌ترین مدافعان نظریه فرگشت.

فصل دوم

فرگشت جهان؛ از انفجار بزرگ تا به امروز

جهان هستی چگونه و از چه زمانی پدید آمد؟ این سؤالی بود که تا مدت‌ها ذهن دانشمندان را به خود مشغول کرده بود. سرانجام با تلاش محققان و نیز یاری گرفتن از فن‌آوری‌های جدید مانند تلسکوپ‌های رادیویی و نیز تلسکوپ هابل، راز چگونگی تشکیل کیهان کشف شد. بر اساس این تحقیقات، ۱۳٫۷ میلیارد سال پیش کل کیهان خالی از هر ماده‌ای بود و تنها در یک نقطه بسیار کوچکی انرژی عظیم فوق‌تصوری نهفته بود. ناگهان این نقطه منفجر شد و انرژی عظیم آن به شکل مواد پایه کوارک و الکترون به فضای بیکران پرتاب شدند. دانشمندان لحظه انفجار بزرگ را مهبانگ (BigBang) نامیده‌اند. لازم به ذکر است که دانشمندان درباره چگونگی و یا عامل به وجود آورنده این انرژی عظیم هنوز اطلاعی ندارند.

به هر حال چند دقیقه بعد از مهبانگ، نخستین هسته اتم‌های سبک مانند هیدروژن و هلیوم تشکیل شدند، اما از آنجا که دمای محیط بسیار بالا (در حد میلیون‌ها درجه سانتیگراد) بود، الکترون‌ها نمی‌توانستند در مدار دور هسته دوام بیاورند و به ناچار از آن جدا می‌شدند. این شرایط تا ۳۰۰ هزار سال بعد ادامه داشت تا اینکه دما به حد کافی سرد شد و به چند هزار درجه سانتیگراد رسید. به این ترتیب



نخستین اتم‌های گازی تشکیل شدند. با گذشت میلیون‌ها سال، ابرهایی از اتم‌های گازی نزدیک هم تشکیل شدند. در این زمان، چون ستاره‌ای وجود نداشت، کل کیهان به شکل توده ابرهای سرد و تاریک در فضا معلق بودند.

۴۰۰ میلیون سال بعد، بخشی‌هایی از توده‌های گازی تحت تأثیر جاذبه، گرد هم آمدند و یک توده متراکم ایجاد کردند. به مرور مرکز این توده متراکم در اثر فشار، فشرده‌تر شد و طبق اصل ترمودینامیک، دمای آن تا حد زیادی بالا رفت. وقتی دمای مرکز توده به یک میلیون درجه سانتیگراد رسید، عمل گداخت هسته‌ای

بین اتم‌های هیدروژن برقرار شد. اتم‌های هیدروژن آن با یکدیگر ترکیب شدند و اتم‌های سنگین‌تر هلیوم به وجود آمد. طی عمل گداخت هسته‌ای، انرژی زیادی تولید شد که به داغ شدن بیشتر هسته توده انجامید. میلیون‌ها سال بعد این توده گازی، آنقدر گرما و انرژی داشت که بخشی به صورت فوتون‌های نوری تبدیل شدند و به این ترتیب، نخستین ستاره‌های کیهان متولد شدند.

میلیاردها سال پس از تولد ستاره‌ها، تعدادی از آنها در اثر جاذبه، گرد هم آمدند و شروع به چرخش به دور ستاره‌های مرکزی نمودند و به این شکل کهکشان‌ها نیز متولد شدند. تلسکوپ هابل (که مانند ماهواره‌ای خارج از جو به دور زمین می‌گردد)، تاکنون بیش از ۲۰۰ میلیارد کهکشان را شناسایی کرده است. هر کهکشان هم شامل میلیاردها ستاره است. برای مثال کهکشان راه شیری ۲۰۰ میلیارد ستاره دارد که خورشید ما همراه با منظومه‌اش، تنها نقطه بسیار کوچکی از آن محسوب می‌شوند!

در مرکز اغلب کهکشان‌ها، توده بسیار متراکمی از مواد و انرژی در یک نقطه جمع شده‌اند که به آنها سیاهچاله مرکزی می‌گویند. ستاره‌ها به دلیل جرم و جاذبه زیاد این سیاهچاله‌ها است که حول مرکز کهکشان



تصویر گرفته شده توسط تلسکوپ هابل : خوشه‌ای از هزاران کهکشان در نقطه بسیار کوچکی از کیهان



خورشید
کهکشان راه‌شیری با ۲۰۰ میلیارد ستاره



کهکشان NGC 4414
فاصله از زمین : ۶۲ میلیون سال نوری
تعداد ستاره‌ها : بیش از ۳۰۰ میلیارد



می‌گردند. دانشمندان همچنین اطلاعات زیادی از ساختار سیاهچاله‌ها ندارند، فقط همین را می‌دانند که وقتی یک ستاره بسیار بزرگ می‌میرد، هسته آن در خود متلاشی می‌شود و تبدیل به نقطه‌ای اسرارآمیز با جاذبه فوق‌العاده می‌شود که می‌تواند همه چیزهای اطرافش (حتی نور) را به درون خود جذب کند.

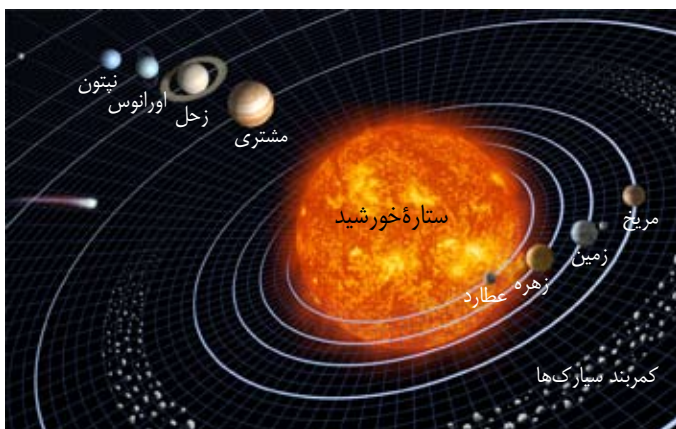
به هر حال، میلیارد‌ها سال پیش یکی از ستاره‌ها منفجر شد و گازها و غبار حاصل از انفجار ابرنواختری آن در فضا پخش شد. میلیون‌ها سال از آن انفجار گذشت تا اینکه

در ۴،۵ میلیارد سال پیش این توده‌های گازی و غبار عناصر دوباره گرد هم آمدند و ستاره خورشید و سیارات منظومه ما را پدید آوردند. خورشید ما جزو ستارگان متوسط کیهان محسوب می‌شود، با این حال اندازه آن بیش از یک میلیون برابر زمین است و به تنهایی ۹۹٫۸٪ جرم کل منظومه را دارا است.

طبق محاسبات دانشمندان، حدود ۴ میلیارد سال آینده و با اتمام سوخت، خورشید آماده مرگ می‌شود و در لحظات پیش از مرگ، تبدیل به غول سرخ بزرگی می‌شود و زمین و دیگر سیارات نزدیک را در خود می‌بلعد و تبدیل به خاکستر می‌کند. (نگران نباشید، هنوز تا ۴ میلیارد سال خیلی مانده است!)

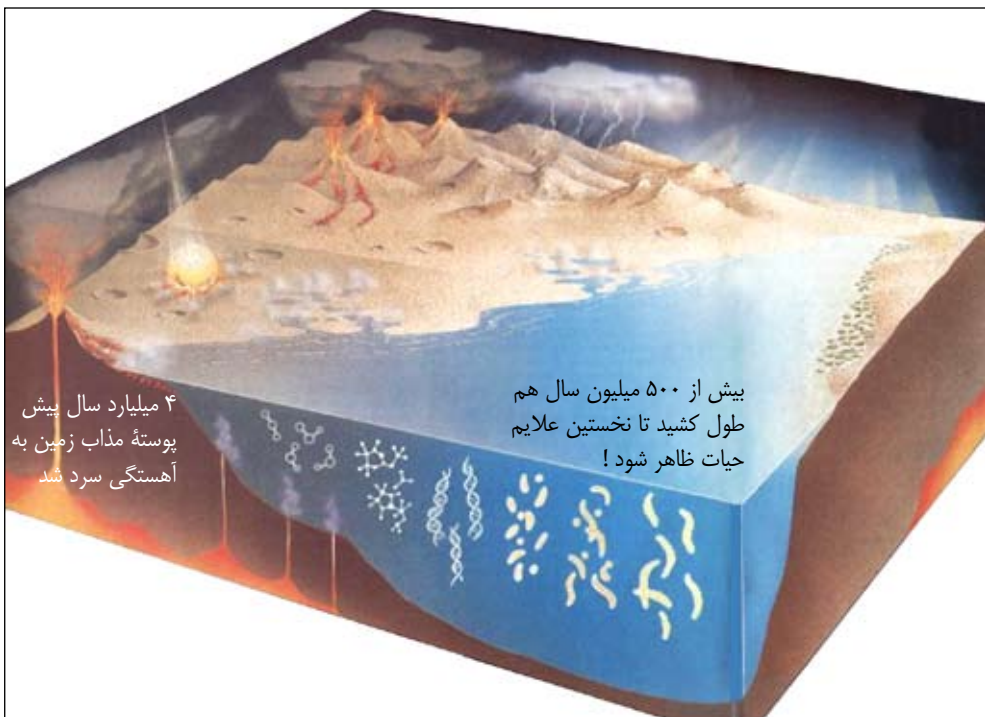
خورشید بیش از یک میلیون برابر زمین است. خود خورشید هم همراه با منظومه‌اش تنها یکی از ۲۰۰ میلیارد ستاره کهکشان

راه‌شیری است و تاکنون بیش از ۲۰۰ میلیارد کهکشان هم کشف شده‌اند. کافی است کمی محاسبه کنید تا بفهمید سیاره زمین با اینهمه عظمتش، در کیهان اصلاً عددی نیست، چیزی نزدیک به صفر مطلق!



آغاز حیات بر روی سیاره زمین

حیات بر روی زمین چگونه پدید آمد؟ ۴،۵ میلیارد سال پیش وقتی سیاره زمین از به هم پیوستن گرد و غبار اطراف ستاره خورشید شکل گرفت، تا مدت‌ها به شکل کره‌ای داغ و سوزان بود. ۵۰۰ میلیون سال طول کشید تا پوسته زمین سرد و جامد شود. سپس با افزایش بخار آب حاصل از گازهای آتشفشانی در جو زمین، باران‌های سیل‌آسا باریدن گرفت و میلیون‌ها سال بعد اقیانوس‌های سطح زمین را پر کردند. با بررسی فسیل‌های میکروسکوپی و نیز سنگ‌های آن دوره، مشخص شده است که اولین آثار حیات در حدود ۳،۵ میلیارد سال پیش آغاز شده است. البته دانش امروزی هنوز به آن اندازه پیشرفت نکرده است تا به قطعیت نحوه آغاز حیات را بیان کند، با این حال بعضی از دانشمندان فرضیات گوناگونی ارائه کرده‌اند. یکی از این فرضیه‌ها، مدل سوپ بنیادین نام دارد. بر اساس این فرضیه، اتمسفر اولیه زمین مملو از گازها دی اکسیدکربن، نیتروژن، آمونیاک، متان و مقدار قابل توجهی آب بود. احتمالاً در همین اتمسفر فاقد اکسیژن اولین مولکول‌های آلی به کمک تخلیه الکتریکی رعد و برق ابرها یا تابش‌های رادیواکتیو ساخته شده‌اند. این مولکول‌ها پس از فرود در اقیانوس‌ها، به یکدیگر وصل شده و زنجیره‌ای از مولکول‌های آلی بزرگتر مانند RNA، فسفولیپید(چربی) و پروتئین را به وجود آورده‌اند.

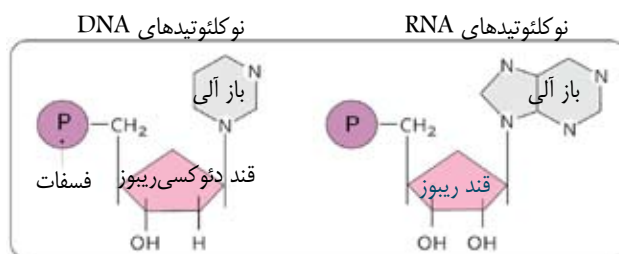
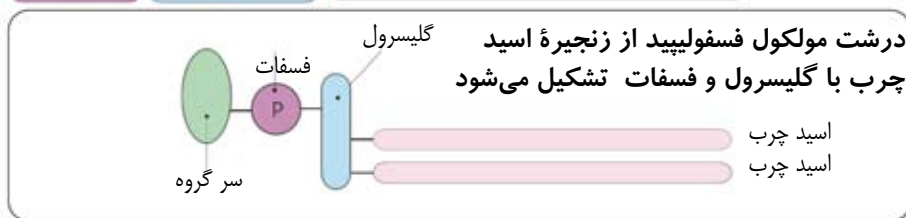
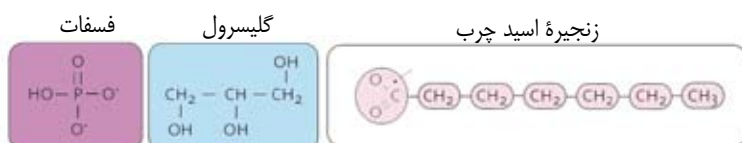
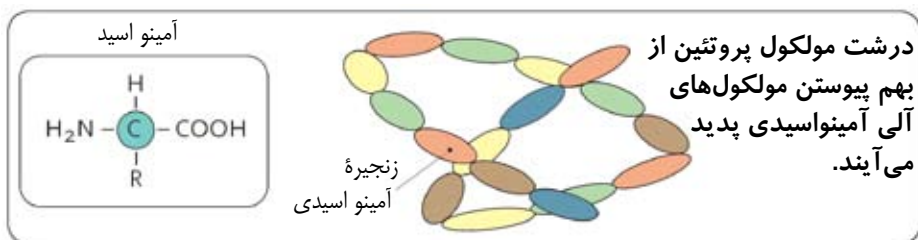




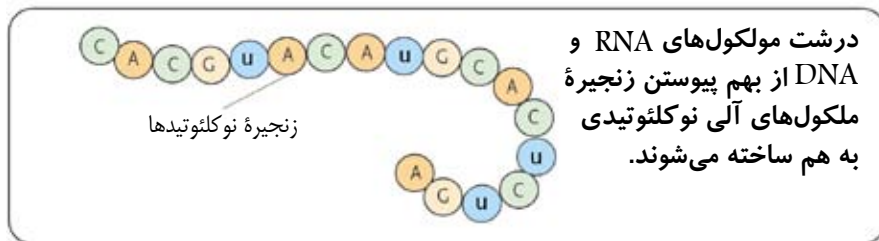
در سال ۱۹۵۳ میلادی دو تن از دانشمندان شیمی‌دان به نام‌های استنلی میلر و هارولد یوری شرایط اولیه زمین را در آزمایشگاهی مشابه‌سازی کردند تا ببینند آیا تحت این شرایط، مولکول‌های آلی تشکیل می‌شود یا خیر؟ آنها ابتدا دستگاهی مطابق شکل روبرو ساختند و آن را با آب و گازهای ساده متان، آمونیاک و هیدروژن پر کردند. سپس در اتاقک احتراق، دو الکتروود قرار دادند تا شرایط رعد و برق مجازی ایجاد کنند و برای آن که گازها دائماً در دستگاه در حال گردش باشند، آب را در مخزنی می‌جوشاندند تا بخار حاصل موجب به گردش درآوردن گازها در لوله‌ها شود. بخار آب پس از عبور از محفظه اتمسفری حاوی الکتروود، توسط لوله‌های متراکم‌کننده سرد می‌شد و دربار به صورت مایع به مخزن باز می‌گشت. بعد از یک هفته، آنها مایع

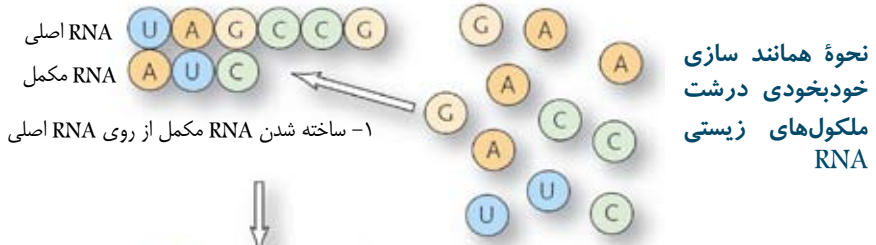
موجود در دستگاه را آزمایش کردند و مشاهده کردند که نه تنها مقادیر زیادی مولکول‌های آلی ساده تولید شده‌اند، بلکه انواعی از مولکول‌های آلی پیچیده‌تر مانند آمینواسیدها، اسیدهای چرب و کربوهیدرات‌ها(قندها) نیز پدید آمده‌اند. به این ترتیب، دانشمندان متقاعد شدند که مواد آلی از مواد غیرآلی ساده مانند هیدروژن و متان و آب پدید آمده‌اند و بعد تحت عواملی در اقیانوس‌های داغ آن دوران جمع شده‌اند. در واقع دریاهای اولیه مانند سوپی داغ مملو از مولکول‌های آلی بنیادین بوده‌اند. البته چند سال بعد برخی از دانشمندان فرضیه سوپ بنیادین را زیر سؤال بردند. آنها مدعی بودند که در اتمسفر اولیه زمین به دلیل عدم وجود لایه اوزون، گازهای آمونیاک و متان نمی‌توانستند وجود داشته باشند و به همین دلیل، احتمالاً مولکول‌های آلی نه در اتمسفر، بلکه در کنار آتشفشان‌های زیر اقیانوس‌ها و درون حباب‌های گازی تشکیل شده‌اند.

به هر حال پس از کشف نحوه تشکیل مولکول‌های آلی، نوبت به کشف چگونگی ساخته شدن و تولید مثل درشت مولکول‌های زیستی (تشکیل دهنده سلول) رسید که از ترکیب و کنار هم قرار گرفتن مولکول‌های آلی تشکیل می‌شوند. برخی از دانشمندان معتقد بودند که ابتدا در گودال‌های کم عمق و در اثر تابش خورشید، مولکول‌های آمینواسیدی به یکدیگر وصل شده و پروتئین‌ها را ساخته‌اند، اما در دهه ۱۹۸۰ میلادی دانشمندان دیگری با انجام آزمایش‌هایی دریافتند که درشت مولکول‌های زیستی RNA خاصیت همانندسازی دارند و به احتمال زیاد آنها نخستین مولکول‌های زیستی بودند که تشکیل شده‌اند. گرچه مولکول‌های RNA مانند DNA نمی‌توانند زنجیره کامل خود را به مدت طولانی حفظ کنند، اما



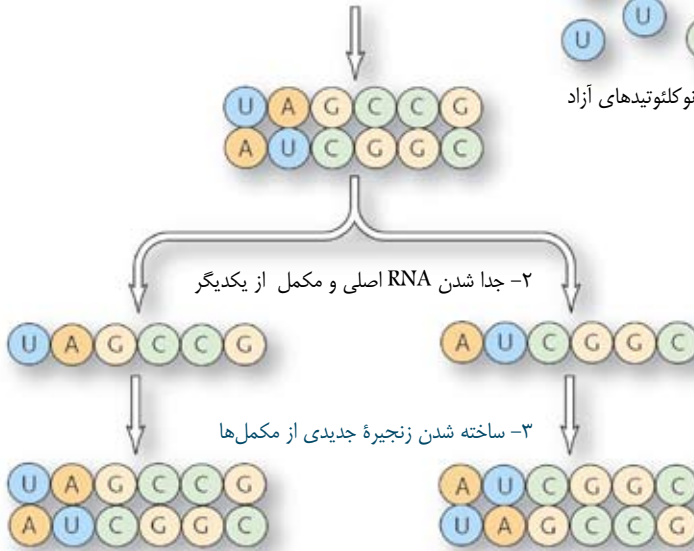
مهم‌ترین تفاوت مولکول‌های آلی نوکلئوتید تشکیل دهنده زنجیره DNA و RNA در نوع قند آنها (ریبوز یا دئوکسی‌ریبوز) است.





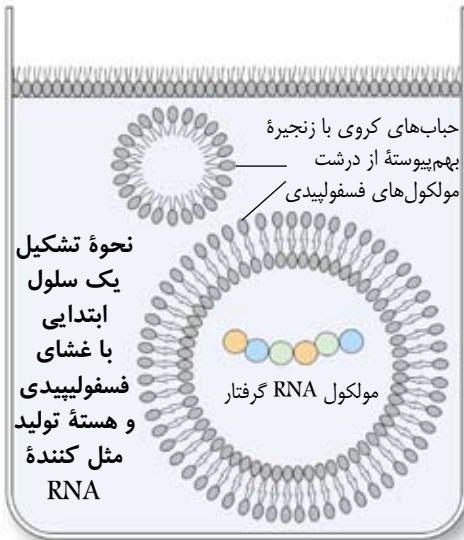
مولکول‌های نوکلئوتیدی خود از سه مولکول کوچکتر (فسفات، قند ریبوز یا دیوکسی‌ریبوز و باز آلی) تشکیل شده‌اند.

در ساختار RNA، چهار مولکول باز آلی به نام‌های A، C، U، G مشارکت دارند. به هنگام همانند سازی مکمل، مولکول A همواره با U و مولکول C با G پیوند برقرار می‌کنند.

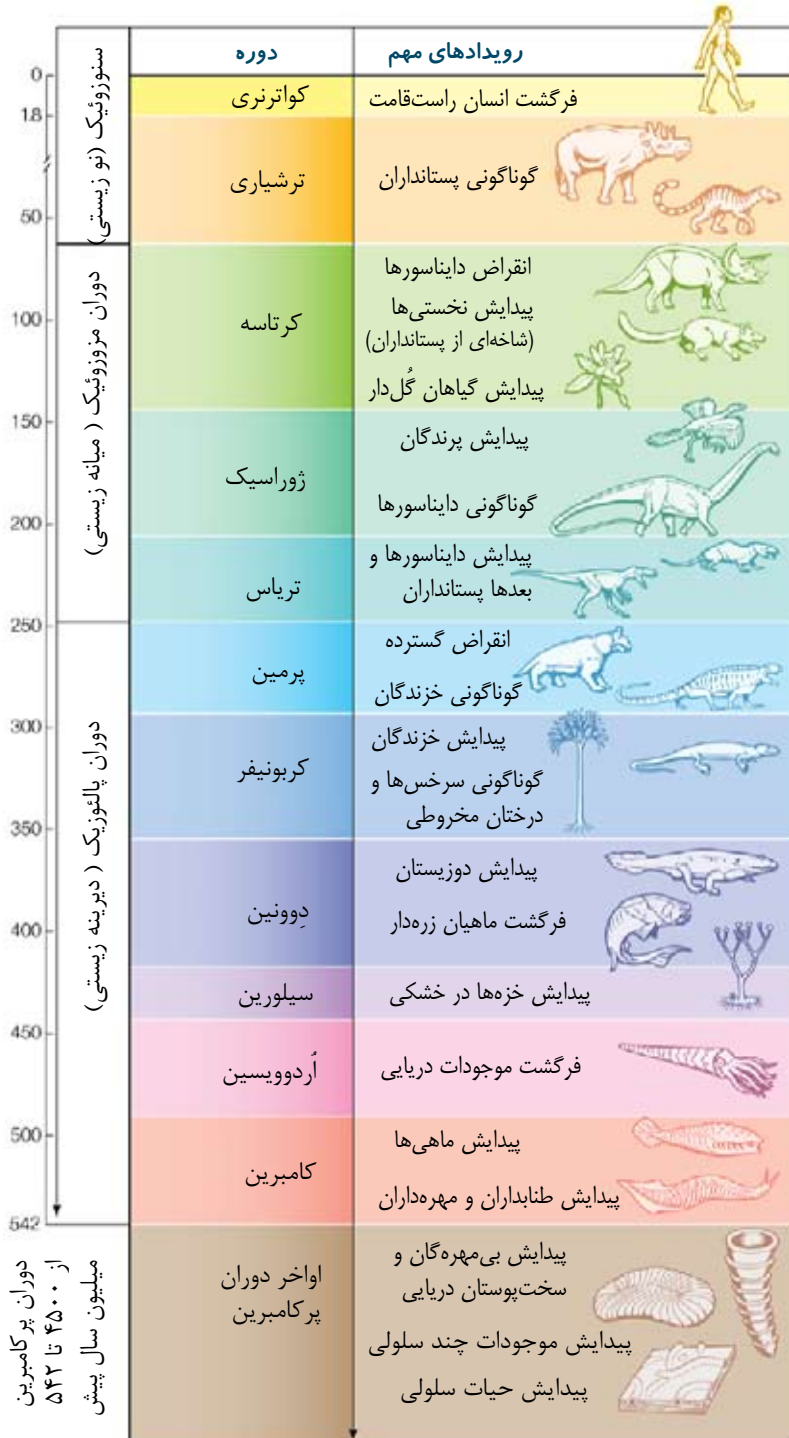


تشکیل همین زنجیره بیانگر نحوه‌ی ساخت و تولید مثل مولکول‌های زیستی اولیه است.

در قدم بعدی، بررسی نحوه‌ی تشکیل سلول‌های اولیه آغاز شد. البته این موضوع چندان هم پیچیده نبود. برای درک بهتر این موضوع مثال ساده‌ای می‌زنیم. وقتی شما یک بطری محتوی روغن و سرکه را تکان می‌دهید، حباب‌های کروی از روغن درون مایع سرکه تشکیل می‌شوند. این حباب‌ها در اصل حاصل تجمع



و اتصال مولکول‌های لیپیدی (چربی) به هم هستند. این حباب‌ها می‌توانند مولکول‌های لیپیدی دیگری را جذب کنند و حباب بزرگ‌تری تشکیل دهند. آنها همچنین می‌توانند جوانه بزنند و مانند باکتری تقسیم شوند. جنس غشای سلول‌ها هم تقریباً از همین درشت مولکول‌های فسفولیپیدی است. به نظر می‌رسد در دوران قدیم، به هنگام تشکیل حباب‌های لیپیدی، تعدادی از مولکول‌های زیستی RNA داخل آن گرفتار شدند و به این ترتیب سلول‌های ابتدایی و ساده تشکیل شده‌اند. (مطالب این دو صفحه کمی سنگین بودند، ولی می‌بایست گفته می‌شد چون در فصل بعدی ژنتیک به آنها نیاز داریم).

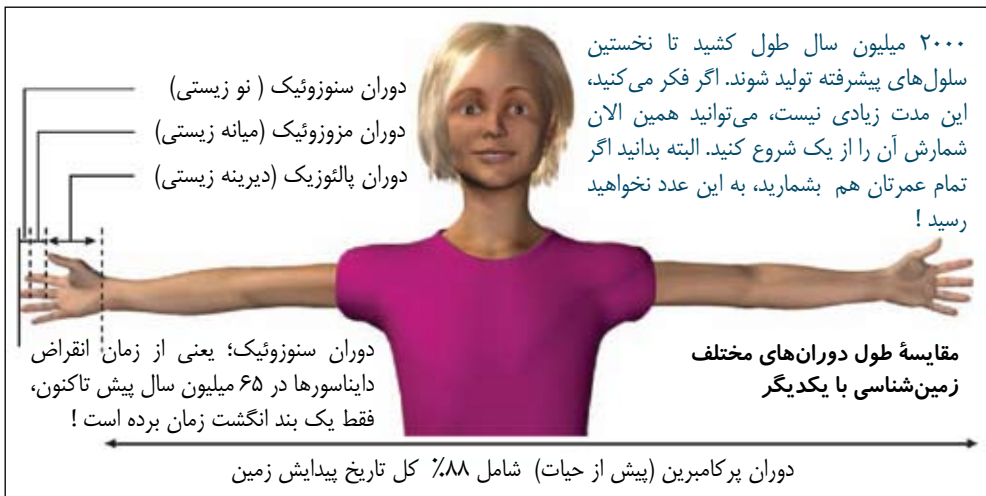


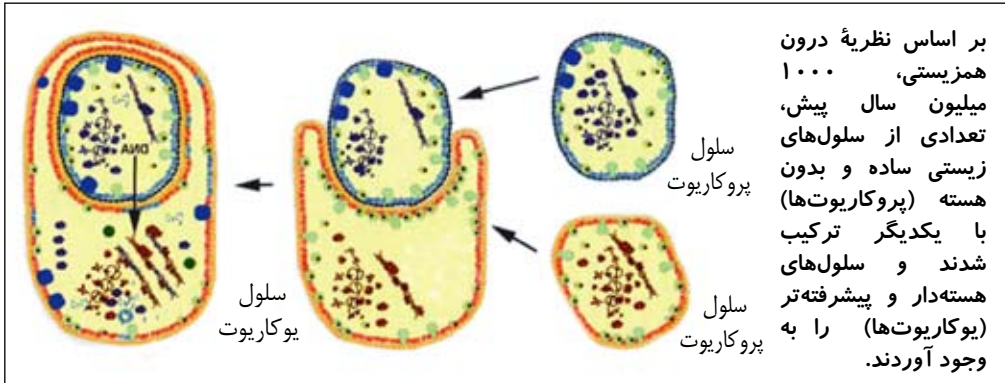
دوران پرکامبرین (پیش از حیات)

گفتیم که حدود ۳۵۰۰ میلیون سال (۳،۵ میلیارد سال) پیش، سلول‌های نخستین ساده از تشکیل یک غشای فسفولیپیدی و مولکول‌های زیستی گرفتار در آن متولد شدند. این سلول‌های ابتدایی، میلیاردها و میلیاردها بار تشکیل شدند و دوباره از بین رفتند. فرگشت (تغییر و تحول ساختار) آنها بیش از ۲۰۰۰ میلیون سال طول کشید تا اینکه سرانجام سلول‌هایی به وجود آمدند که سازگاری زیادی با شرایط محیطی داشتند و می‌توانستند مدت زمان زیادی زنده بمانند و تولید مثل کنند!

زمین‌شناسان بر اساس نوع و ساختار فسیل‌های کشف شده، زمان‌های قدیم را به چند دوران تقسیم کرده‌اند. قدیمی‌ترین این دوران، پرکامبرین نام دارد. این دوران که پیش از حیات نیز نامیده می‌شود، از ۴۵۰۰ تا ۵۴۳ میلیون سال پیش را شامل می‌شود و به تنهایی بیش از ۸۸٪ تاریخ زمین را دربرمی‌گیرد. نخستین نشانه‌های حیات سلولی در اواخر این دوره شکل گرفته است.

پس از این دوران، پالئوزیک (دیرینه زیستی) آغاز شد که خود شامل شش زیر دوره کامبرین، اردوویسین، سیلورین، دوونین، کربونیفر و پرمین بود و از ۵۴۳ تا ۲۴۸ میلیون سال پیش را شامل می‌شود و حدود ۶٪ تاریخ زندگی زمین را تشکیل می‌دهد. دوران مزوزوئیک (میانه زیستی) نیز که شامل سه زیر دوره تریاس، ژوراسیک و کرتاسه بود از ۲۴۸ تا ۶۵ میلیون سال پیش طول کشید و حدود ۴٪ تاریخ زمین را تشکیل می‌داد. دوران سنوزوئیک (نو زیستی) نیز شامل دو دوره کوآترنری و ترشیاری بود و از ۶۵ میلیون سال پیش تاکنون طول کشیده است. این زمان ۶۵ میلیون سال، کمتر از ۲٪ سن زمین را در برمی‌گیرد. مقایسه طول این دوران‌ها نشان می‌دهد که تشکیل نخستین موجودات تک‌سلولی چقدر زمان زیادی برده است. تشکیل این سلول‌های زیستی، نخستین و مهمترین قدم برای آغاز حیات در سیاره زمین بود و به دنبال آن قدم‌های بعدی که شکل‌گیری سلول‌های موسوم به پروکاریوت و سپس یوکاریوت و به دنبال آن پیدایش موجودات گوناگون حاصل از تجمع و همیاری این سلول‌ها با شتاب بیشتری انجام شد.



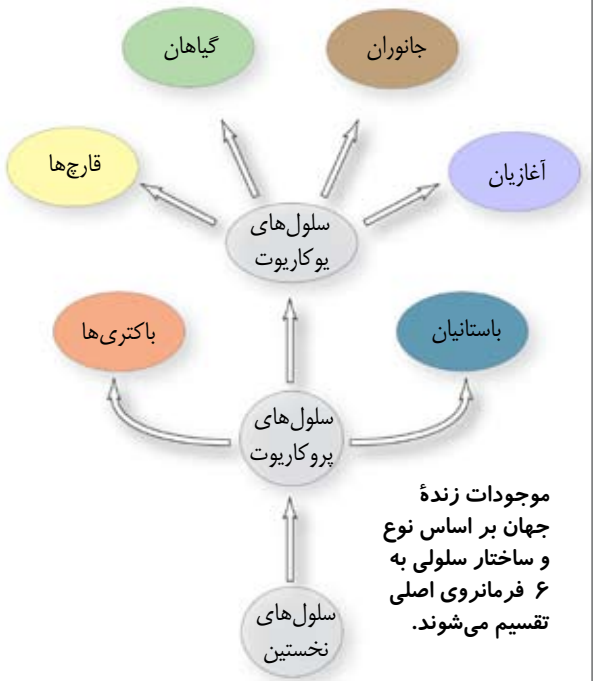


باکتری‌ها، ساده‌ترین موجودات تک‌سلولی بدون هسته (پروکاریوتی) هستند و تقریباً همه جا زندگی می‌کنند. آنها به چهار هزار گونهٔ مختلف تقسیم می‌شوند. برخی سودمند و برخی بیماری‌زا هستند. باستانیان (که قبلاً آرکی‌باکتری نامیده می‌شدند) دیگر موجودات تک سلولی پروکاریوتی هستند که از نظر محل سکونت و ساختار سلولی تفاوت عمده‌ای با باکتری‌ها دارند و حدود ۱۰۰ گونه هستند.

آغازیان نیز موجودات تک سلولی، اما از نوع هسته‌دار (یوکاریوتی) هستند. تاکنون ۴۳ هزار گونهٔ مختلف شناسایی شده‌اند که به شاخه‌های آمیب‌ها، تاژک‌داران، هاگ‌داران و ریزجلبک‌ها تقسیم می‌شوند.

گیاهان از موجودات چندسلولی یوکاریوتی هستند که غذای خود را از فرآیند شیمیایی فتوسنتز کسب می‌کنند و حدود ۳۰۰ هزار گونه هستند. نخستین گیاهان، جلبک‌های دریایی بودند. در حدود ۴۵۰ میلیون سال پیش، ابتدا خزها و سپس سرخس‌ها در خشکی ظاهر شدند. میلیون‌ها سال بعد نیز درختان مخروطی و گیاهان گل‌دار به وجود آمدند. قارچ‌ها نیز جزو موجودات پرسلولی یوکاریوتی و شبیه گیاهان هستند، اما چون سبزینه ندارند، نمی‌توانند از طریق فتوسنتز غذا سازی کنند و به‌ناچار از بقایای موجودات یا مواد معدنی تغذیه می‌کنند. آنها ۷۷ هزار گونه هستند.

جانوران نیز با بیش از یک میلیون گونهٔ متفاوت از حشرات، خزندگان، پرندگان، پستانداران و ماهی‌ها، بزرگترین و مشهورترین سر شاخهٔ موجودات زندهٔ پرسلولی زمین محسوب می‌شوند.





کلونی
باکتری‌های
تک سلولی با
بزرگنمایی ۱۰
هزار برابر

فسیل کرم پهن و
نوعی جلبک متعلق به
اواخر دوران پرکامبرین
با قدمت ۶۰۰ میلیون
سال

قدیمی‌ترین فسیل‌های میکروسکوپی کشف شده از دوره پرکامبرین متعلق به سیانوباکتری‌ها هستند. این موجودات تک سلولی، به کمک انرژی خورشید و مواد معدنی موجود در اقیانوس‌ها می‌توانستند عمل فتوسنتز انجام دهند و اکسیژن تولید کنند. تا پیش از آن، اکسیژن موجود در اتمسفر زمین بسیار کم بود، ولی این باکتری‌ها طی میلیون‌ها سال باعث افزایش اکسیژن اقیانوس‌ها و نیز هوای بیرون شدند و امکان به وجود آمدن موجودات هوازی را فراهم آوردند.



با افزایش تولید مثل، برخی از انواع سلول‌ها گرد هم جمع شدند و کلونی (تجمع) سلولی را به وجود آوردند. به مرور زمان، تغییراتی در ساختار این توده‌ها ایجاد شد. سلول‌هایی که قبلاً هر کدام به تنهایی غذای خود را از املاح شناور در دریا تهیه می‌کردند، غذای خود را به اشتراک گذاشتند و نوعی همکاری میان آنها آغاز شد. البته توضیح این نکته ضروری است که طی این مدت، کلونی سلول‌ها چیزی یاد نگرفتند، بلکه این همکاری به دلیل تغییرات فرگشتی مفید در آنها بود و چون این همکاری،

احتمال زنده ماندن و تولید مثل آنها را بیشتر کرد، خصوصیات جدید به نسل‌های بعدی نیز منتقل شدند. سرانجام با وقوع فرگشت‌های مفید بعدی، نخستین موجودات چند سلولی به وجود آمدند.



استروماتولیت‌های غرب استرالیا؛ سنگ‌های رسوبی حاصل از عملکرد سیانوباکتری‌ها در دوران پرکامبرین، قدیمی‌ترین شواهد حیات بر روی کره زمین محسوب می‌شوند.



موضوع مهم دیگر که باید یادآوری کنیم این است که بر اساس انتخاب طبیعی، همه فرگشت‌ها و تغییرات جانداران مفید نیستند. در تاریخ حیات زمین، میلیون‌ها و میلیون‌ها موجود فرگشت یافته، از بین رفته‌اند؛ زیرا فرگشت آنها با شرایط و تغییرات محیط طبیعی سازگار نبوده است. به

همین دلیل کلونی سلول‌ها نیز به سرعت تبدیل به موجودات چند سلولی نشدند، بلکه تنها معدودی از فرگشت‌ها که در هزاران شاخه از موجودات روی داده بود، توسط طبیعت پذیرفته و انتخاب شدند. پیشرفت سیستم‌های انتقال پیام در کلونی سلول‌ها، پیش‌نیاز پیدایش جانداران پرسلولی بود.

طبق برآورد دانشمندان ۱۵۰ میلیون سال طول کشید تا نخستین چند سلولی‌های اولیه از فرگشت‌های تمادای کلونی سلول‌ها به وجود بیایند. در موجودات پدید آمده جدید، سلول‌های همکار هر یک وظیفه خاصی انجام می‌دادند؛ مثلاً برخی مسئول تهیه غذا بودند و برخی نیز وظیفه تولید مثل را بر عهده داشتند. بیشتر موجودات چندسلولی اولیه مانند مرجان‌های دریایی امروزی، در یک جا ساکن بودند یا فقط به کمک امواج اقیانوسی جابجا می‌شدند و عملاً قدرت حرکت مستقل نداشتند، اما به مرور و طی فرگشت‌های طولانی، تعدادی از این موجودات در جهت دسترسی به غذای بیشتر، اندام‌های حرکتی مانند باله به دست آوردند. کسب اندام‌های حرکتی به طور منطقی، شانس بقای این گونه از جانداران را افزایش داد و به این ترتیب

نسل آنها رو به فزونی نهاد. جانوران این دوره اغلب بی‌مهرگانی نظیر اسفنج‌ها، ستاره‌های دریایی و عروس‌های دریایی و کرم‌های پهن بودند و چون آنها فاقد پوشش سخت بیرونی بودند، عملاً فسیل زیادی از این دوران کشف نشده است.



دوران پالئوزیک (دیرینه زیستی)

پالئوزیک از دو کلمه یونانی پالئوس (به معنی قدیمی) و زئون (به معنی موجود زنده) مشتق شده و معنی کامل آن حیات قدیمی است. طول دوران پالئوزیک حدود ۳۴۰ میلیون سال است و طولانی‌ترین دوران حیات آشکار محسوب می‌شود. به علت اینکه موجودات زنده این دوران دارای ساختمان بدنی ساده‌تر از موجودات زنده دوران‌های بعدی بودند، به آن دوران دیرینه‌زیستی نیز می‌گویند. از نظر گسترش و تنوع موجودات زنده، اکثریت گروه‌های بی‌مهرگان در پالئوزوئیک اولیه وجود داشته‌اند. دوران پالئوزوئیک را از نظر لایه‌های زمین‌شناسی و نیز فسیل‌های کشف شده به شش دوره کامبرین، اردوویسین، سیلورین، دوونین، کربونیفر و پرمین تقسیم نموده‌اند. مهمترین گروه‌های بی‌مهرگان از جمله روزنه‌داران، اسفنج‌ها، بازوپایان، نرم‌تنان، خارپوستان و گراپتولیت‌ها در این دوران می‌زیسته‌اند.

دوره کامبرین

دوره کامبرین از سال ۵۴۳ تا ۴۹۰ میلیون سال قبل طول کشید. کشف آثار یخچالی در سنگ‌های رسوبی، نشان از وجود آب و هوای سرد این دوره می‌باشد. دوره کامبرین را انفجار بی‌مهرگان سخت پوست نیز نامیده‌اند؛ زیرا در این دوره گونه‌های مختلف و بسیاری از موجودات فرگشت یافته ظاهر شدند. فسیل جانوران سخت پوست بسیاری چون تریلوبیت‌ها، استروماتولیت‌ها، کنودونت‌ها، استراکودها و دسته صدف‌های دو کفه‌ای از این دوره کشف شده است. به نظر می‌رسد چند سلولی ریز و جلبک‌ها منبع عمده غذایی موجودات دیگر محسوب می‌شدند. مرجان‌ها و خارپوستان نیز دیگر گونه جانوری این دوره بوده‌ند.



دوره اردوویسین

گذر از دوره کامبرین به اردوویسین بر اساس تغییر در فسیل‌های کشف شده موجوداتی به نام گراپتولیت و ظهور گونه‌های جدید کنودونت‌ها تعیین می‌شود. دوره اردوویسین از حدود ۴۹۰ تا ۴۴۳ میلیون سال پیش طول کشیده است. در اواخر این دوره، نخستین موجودات شبیه ماهی‌های اولیه و نیز اجداد اختاپوس‌ها ظاهر شدند. وجود نفت در رسوبات لایه اردوویسین نشان از فراوانی گیاهان و جانوران ریز شناور در آب دریا‌های آن زمان می‌باشد.

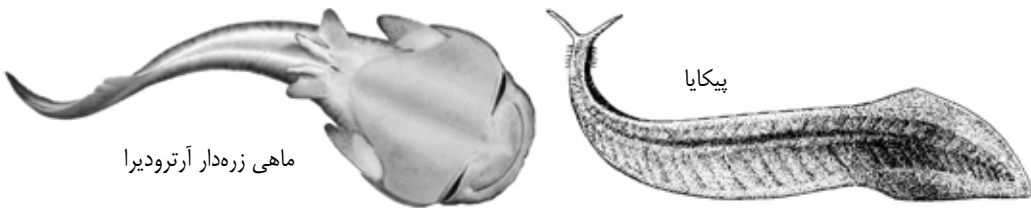
تریلوبیت‌ها، نوعی بی‌مه‌ره دریایی شبیه خرچنگ نعل‌اسبی بودند که پوسته‌ای سخت و سه قسمتی داشتند و در کف اقیانوس‌ها حرکت می‌کردند. تاکنون فسیل‌های زیادی از این موجودات عجیب کشف شده است.



فسیل تریلوبیت ؛ قدمت ۴۵۰ میلیون سال

دوره سیلورین

در این دوره که از ۴۴۳ تا ۴۱۷ میلیون سال پیش طول کشیده است، نخستین گیاهان خشکی به شکل خزه‌های امروزی ظاهر شدند. در دریا نیز تنوع بی‌مهرگان همچنان ادامه داشت. از این دوره فسیل موجودات عجیب (که احتمالاً اجداد عقرب‌های امروزی بودند)، با اندازه‌هایی بزرگتر از انسان و نیز سنگواره ماهی‌های با پوست زره‌دار کشف شده‌اند. در ابتدا ماهی‌ها فاقد آرواره بودند و تنها با مکیدن غذا می‌توانستند غذا بخورند، اما با پیدایش آرواره در گونه خاصی، ماهی‌ها امکان این را یافتند که به جای مکیدن، غذا را با دهان بگیرند و در نتیجه به شکارچیان توانمند تبدیل شوند. در اواخر این دوره، که اکسیژن کافی برای تنفس موجودات هوازی در جو زمین وجود داشت، برخی حشرات دریایی توانستند از آب خارج شوند و پا به دنیای خشکی بگذارند. برخی از این حشرات مانند سنجاقک مگانورا (با اندازه‌های حدود نیم‌متر) در اثر تغییرات فرگشتی و به مرور صاحب بال‌هایی شدند تا به نحوی مؤثرتری به جستجوی غذا باشند.



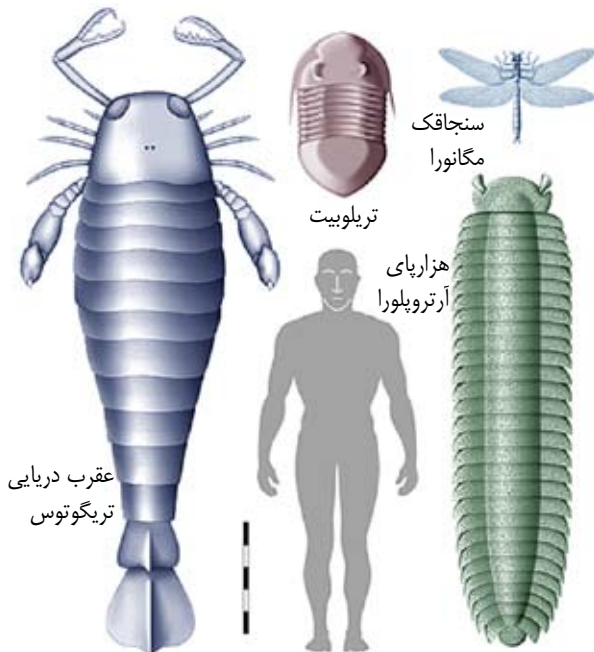
آبزیان دوره سیلورین





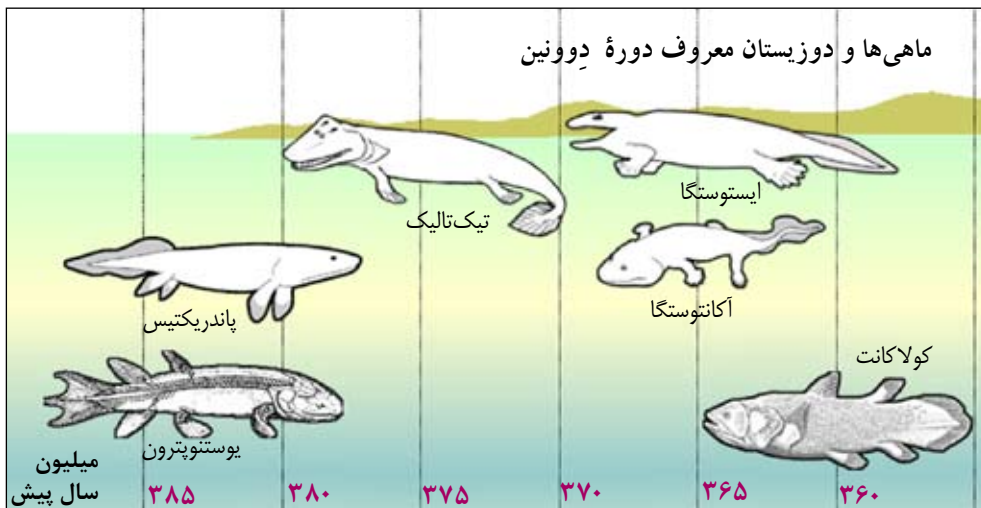
دوره دوونین

این دوره از ۴۱۷ تا ۳۴۵ میلیون سال پیش طول کشید. بی‌مهرگان از جمله بازویان و دوکفه‌ای‌ها در این دوره فراوان بوده‌اند. دوره دوونین به دوره فراوانی ماهی‌ها نیز مشهور است و انواع بسیاری از ماهی‌های غضروفی و استخوانی آرواره‌دار در این زمان پدید آمدند.

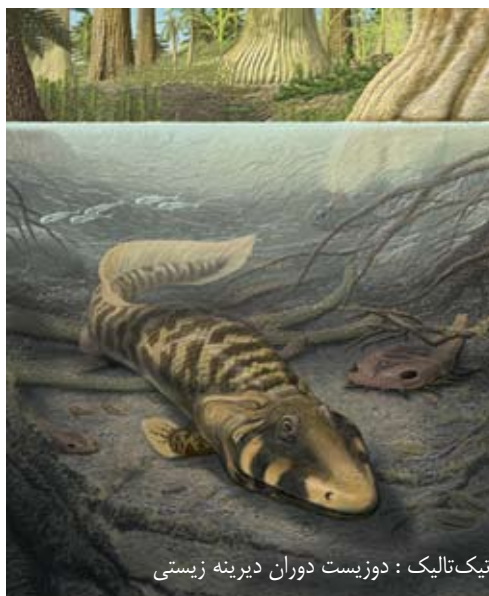


از اواسط این دوره به بعد، در برخی مناطق سطح آب بسیار پایین آمد و به همین دلیل برخی گونه‌های فرگشتی از ماهیان که می‌توانستند در میان گل‌ولای مرطوب زندگی کنند، شانس بیشتری برای زنده ماندن پیدا کردند. در تعدادی از این گونه‌ها که نوعی دوزیست اولیه بودند، باله‌ها به علت تغییرات ساختاری متعدد به دست و پا و آبشش‌ها نیز به کیسه‌های هوایی مرطوب تبدیل شدند و حیوان توانست برای مدت کوتاهی از آب خارج شود و در حاشیه رودخانه یا برکه به شکار بپردازد.

حشرات غول‌پیکر دوران پالئوزیک و مقایسه آنها با جثه انسان امروزی



یکی از نخستین دوزیستانی که با تغییرات فرگشتی صاحب باله‌های قوی (شبه دست و پا) شد، تیک‌تالیک نام داشت. از این موجود، فسیل‌های زیادی به دست آمده است و به نظر می‌رسد در دورهٔ دوونین شرایط خوبی برای تولید مثل و تکثیر آن مهیا بوده است.



دورهٔ کربونیفر

با پایان دورهٔ قبلی، دورهٔ کربونیفر آغاز شد. این دوره از ۳۴۵ تا ۲۹۰ میلیون سال پیش طول کشید. پیدایش فسیل‌هایی از ردیف مرجان‌های تابولاتا در دریا و نیز آثار درختان مخروطی در خشکی از ویژگی‌های خاص این دوره محسوب می‌شوند.





فسیل قورباغه دُم‌دار دوره کربونیفر

از دوره کربونیفری همچنین فسیل تعدادی از دوزیستان شبیه قورباغه‌های امروزی کشف شده است. این موجودات دارای دُم بودند و به جای جهیدن، با پاهای کوچک خود در میان گل و لای مرطوب می‌خزیدند. به نظر می‌رسد نسل آنها در فرگشت‌های بعدی، دُم خود را از دست داده باشد. البته دانشمندان در مورد نحوه این فرگشت‌ها اتفاق نظر ندارند. برخی معتقدند این تغییرات طی میلیون‌ها سال و به شکل جزئی و مرحله به مرحله روی داده است و برخی دیگر با توجه به نمونه‌های فسیلی کشف شده، بر این باورند که در تعدادی از این حیوانات، فرگشت‌های کلی اتفاق افتاده و

حیوان دُم خود را به شکل ناگهانی از دست داده است. اغلب دوزیستان دوران دیرینه‌زیستی در پایان دوره پرمین منقرض شدند و امروزه تنها چند گونه فرگشت‌یافته مانند قورباغه، وزق و سمندر آبی برجای مانده است. دوزیستان در مرحله نوزادی صاحب آبشش و در دوران بلوغ صاحب نوعی شش برای استفاده از هوای خشکی می‌شوند.

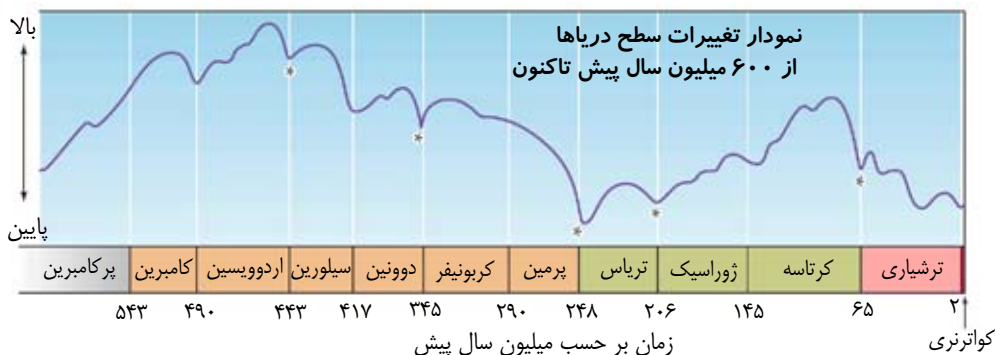
دوره پرمین

دوره پرمین، آخرین دوره از دوران دیرینه‌زیستی محسوب می‌شود که از ۲۹۰ تا ۲۴۸ میلیون سال پیش طول کشید. در طی این دوره، تریلوبیت‌ها و گونه‌های مختلفی از سخت‌پوستان و بی‌مهرگان دریایی از بین رفتند.

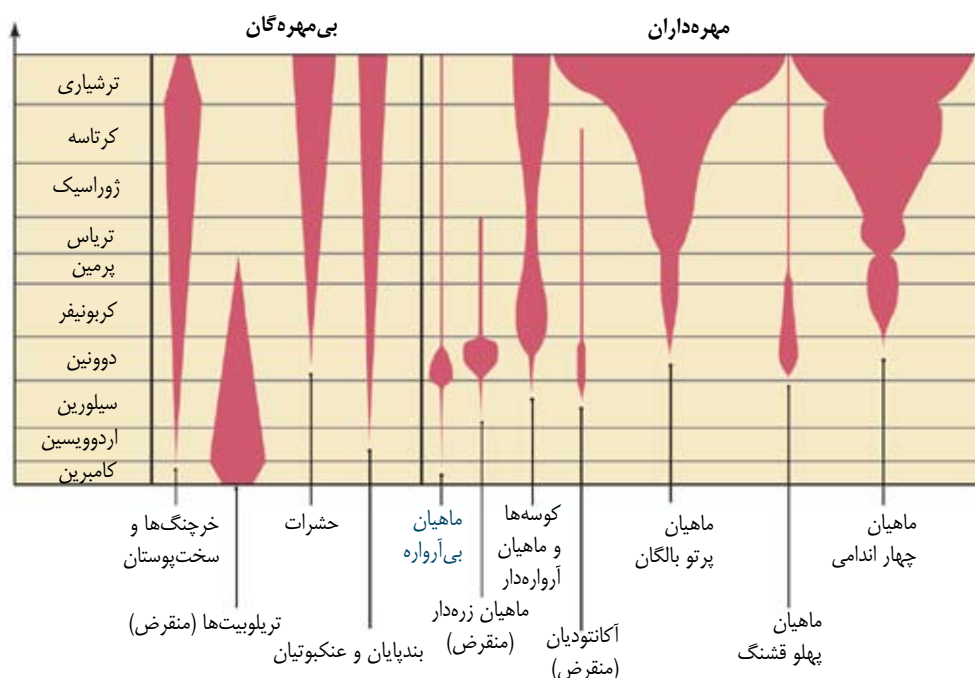
نخستین دوزیست‌های خزنده در دوره کربونیفر برای شکار حشرات از آب بیرون آمدند



کوسه زره‌دار و آرواره‌دار به طول ۹ متر



دانشمندان دلیل این انقراض ناگهانی را به تغییرات شدید آب و هوایی مربوط می‌دانند. بر اساس نموداری که توسط زمین‌شناسان تهیه شده است و شما آن در بالای صفحه می‌بینید، در اواخر دوره پرمین سطح آب دریاها (احتمالاً به دلیل وقوع دوره سرمای شدید) به شدت پایین آمد. این تغییر ناگهانی دمای محیط، باعث از بین رفتن تعداد زیادی از گونه‌های جانوری و کم شدن غذا برای دیگر جانورانی شد که از آنها تغذیه می‌کردند. طبق آمار در پایان دوره پرمین که مصادف با پایان دوران دیرینه‌زیستی است بیش از ۹۰٪ گونه‌های جانوران دریازی و ۷۵٪ مهره‌داران خشکی‌زی به دلیل عدم کسب سازگاری سریع با تغییرات ناگهانی محیط از بین رفتند. شبیه این رویداد (انقراض ناگهانی) در اواخر دوره کرتاسه نیز روی داد که طی یک برخورد شهاب‌سنگ بیش از ۴۳٪ کل گونه‌های شناخته شده آن دوران از جمله دایناسورها از بین رفتند و منقرض شدند.



نمودار فراوانی برخی آبزیان از ۶۰۰ میلیون سال پیش تاکنون



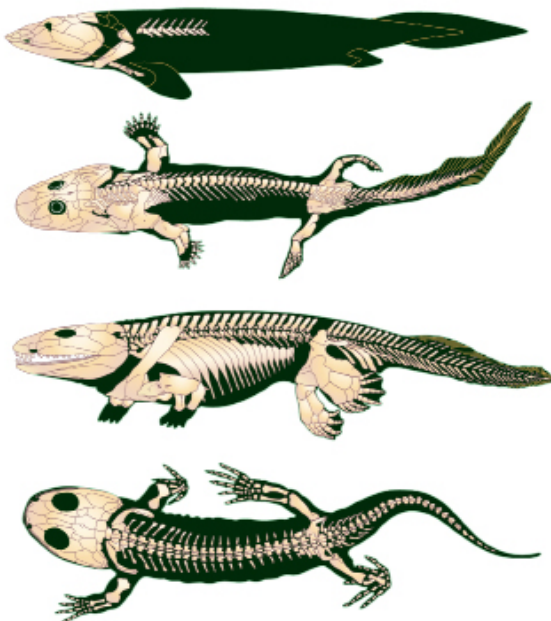
آمونیت‌ها؛ نرم‌تنانی با پوسته سخت مارپیچی



فسیل ۲۰۰ میلیون ساله پوسته آمونیت

صدف‌های آمونیت جزو معدود نرم‌تنان دریازی بودند که از انقراض دوره پرمین جان سالم به‌در بردند. این جانوران توسط پوسته‌های سخت و مارپیچی شکل محافظت می‌شدند. آنها درنده‌گانی تندرو بودند که از دیگر نرم‌تنان دریایی تغذیه می‌کردند. آمونیت‌ها اندازه‌های متفاوتی داشتند. قطر برخی گونه‌ها کمتر از دو سانتی‌متر و قطر برخی دیگر بالغ بر سه متر بود!

آمونیت‌ها در دوران میانه‌زیستی رشد فراوانی کردند، اما سرانجام در انقراض ۶۵ میلیون سال پیش همراه دایناسورها از بین رفتند. تعداد بسیار زیادی از فسیل‌های آمونیت در نقاط مختلف جهان یافت شده‌اند. از آنجا که شکل پوسته مارپیچی آنها به مرور تغییر کرده است، اشکال مختلف آمونیت‌ها از مهمترین شاخص‌های دوره‌های زمین‌شناسی محسوب می‌شوند.



فرگشت ماهیان چهار اندامی به دوزیستان و خزندگان

طی دوران دیرینه‌زیستی و در پی فرآیندهای فرسایشی حاصل از تغییرات آب و هوایی، قسمت‌های وسیعی از کوه‌های آن زمان مسطح شدند و مرداب‌های بزرگی به وجود آوردند. به مرور بقایای گیاهان فراوان در این مرداب‌ها و زیر گل و لای موجود دفن شدند و پس از تحمل مراحل تجزیه و فساد، به منابع نفت و ذغال سنگ تبدیل شدند. وجود نفت در کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس و از جمله ایران بیانگر آن است که روزگاری دور در این مناطق، جنگل‌زار وسیعی قرار داشت و بعدها تغییرات آب و هوایی آنها را به بیابان تبدیل کرده است.

دوران مزوزوئیک (میانه زیستی)

دوران مزوزوئیک که میانه‌زیستی نیز نامیده می‌شود، ۱۸۰ میلیون سال به طول انجامیده است. این دوران از سه دوره زمین‌شناسی تریاس، ژوراسیک و کرتاسه تشکیل شده است. در این تقسیم‌بندی نام دوره‌ها اغلب به محل کشف سنگ‌های آن دوره‌ها اطلاق می‌شود؛ مثلاً نام ژوراسیک از ناحیه ژورا در رشته کوه آلپ گرفته شده است. در دوران میانه‌زیستی، خشکی‌های زمین در یک ابر قاره به نام پانگه‌آ در حدود خط استوای امروزی قرار داشت، به همین دلیل آب و هوای این مناطق نسبتاً گرم و مرطوب بودند و شرایط برای رشد خزندگان غول‌پیکر مهیا بود. البته از اواسط این دوران به بعد، تغییراتی در ساختار پوسته زمین آغاز شد و به دنبال آن قاره بزرگ پانگه‌آ به چند قاره کوچک‌تر تقسیم شد و طی دوره‌های آخر با برخورد این صفحات قاره‌ای به یکدیگر رشته کوه‌های بزرگی به وجود آمدند. در این دوران علاوه بر جانوران، فرگشت‌هایی نیز در گونه‌های مختلف گیاهی روی داد و به این ترتیب، پس از گسترش سرخس‌ها و درختان مخروطی در خشکی، گیاهان گل‌دار نیز ظاهر شدند.

همان‌طور که پیشتر گفتیم، در اواخر دوران دیرینه‌زیستی گونه‌هایی از ماهیان فرگشت یافتند و انواع دوزیستان و خزندگان اولیه پدید آمدند. این موجودات قادر بودند از آب خارج شوند و پا به خشکی بگذارند. البته دوزیستان به خاطر شرایط جسمی و همچنین تخم‌گذاری در آب، نتوانستند چندان از محیط‌های آبی دور شوند و به همین دلیل در دوران میانه‌زیستی نسل بسیاری از گونه‌های دوزیست به دلیل گرم شدن کره زمین و بروز خشکسالی‌های طولانی از بین رفت، اما خزندگان که صاحب پوستی نفوذناپذیر بودند و می‌توانستند برای مدت بیشتری آب بدن خود را حفظ کنند و همچنین از آنجا که تخم آنها دارای پوسته آهکی محکمی بود و نیازی به تخم‌ریزی در آب نداشتند، توانستند به مرور از محیط‌های آبی فاصله بگیرند و از وابستگی خود به برکه‌ها و رودخانه‌ها بکاهند. با افزایش دمای هوا در اواسط دوران میانه‌زیستی شرایط کم‌کم برای خزندگان مهیاتر شد و طی میلیون‌ها سال بعدی، آنها به قدرت بلامنازع طبیعت تبدیل شدند.



فسیل یکی از نخستین
خزندگان دوره تریاس
قدمت: ۲۲۰ م.س.پ
طول: حدود ۳۰ سانتیمتر

در پشت دیمترودون، زبانه بادبانی شکل بزرگی از پوست داشت که پر از رگ‌های خونی بود. این بادبان، خارهایی بلند و استخوانی داشت که هر یک از مهره جداگانه‌ای از ستون فقرات رشد کرده بودند و احتمالاً برای ترساندن دشمن یا جذب بیشتر گرمای خورشید مورد استفاده قرار می‌گرفت.

دیمترودون، خزنده پیلوکوسور
از شاخه سیناپسیدها
قدمت : ۲۷۰ م.س.پ
طول : حدود ۶ متر
نوع تغذیه : گوشتخوار



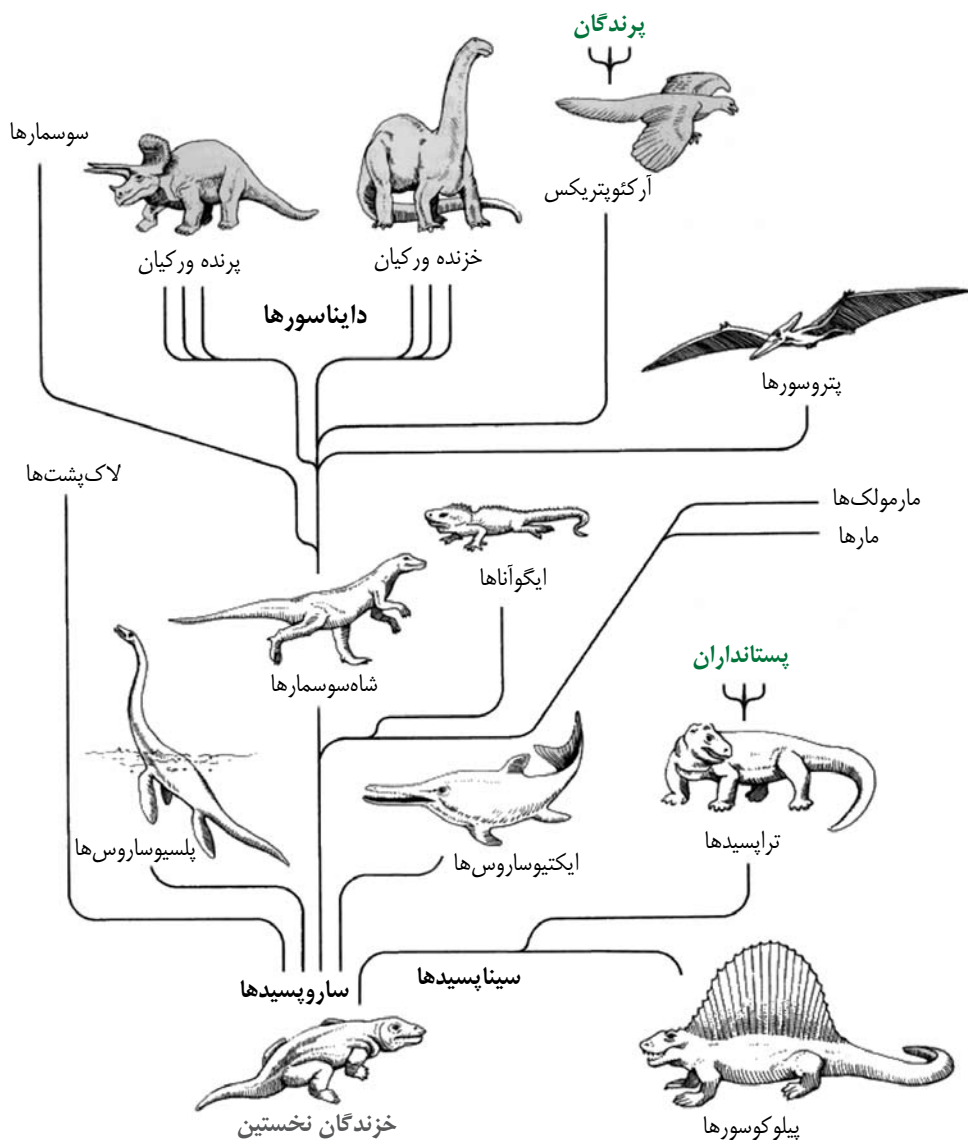
در اوایل دوره تریاس، خزندگان به دو گروه عمده سیناپسیدها (Synapsids) و ساروپسیدها (Sauropsids) تبدیل شدند. زیست‌شناسان این نام‌ها را بر اساس ویژگی‌های متعدد مانند تعداد حفره‌های روی جمجمه و نیز اندام گوارشی و دفعی آنها برگزیده‌اند. پستانداران امروزی و از جمله انسان‌ها، بازمانده فرگشت‌یافته یکی از گونه‌های سیناپسیدهای اولیه هستند. دایناسورهای منقرض شده، پرنده‌ها و خزندگان امروزی نیز از نسل ساروپسیدها محسوب می‌شوند.

با بررسی فسیل‌های بجا مانده از دوره تریاس می‌توان دریافت که در ابتدا، خزندگان سیناپسید موفق شدند خشکی‌ها را به تسخیر خود درآوردند، اما با گرم شدن بیشتر محیط، ساروپسیدها غالب شدند و نسل بسیاری از سیناپسیدها (مانند دیمترودون) منقرض شد. یکی از دلایل موفقیت ساروپسیدها، ساختار اندام دفعی آنها بود.

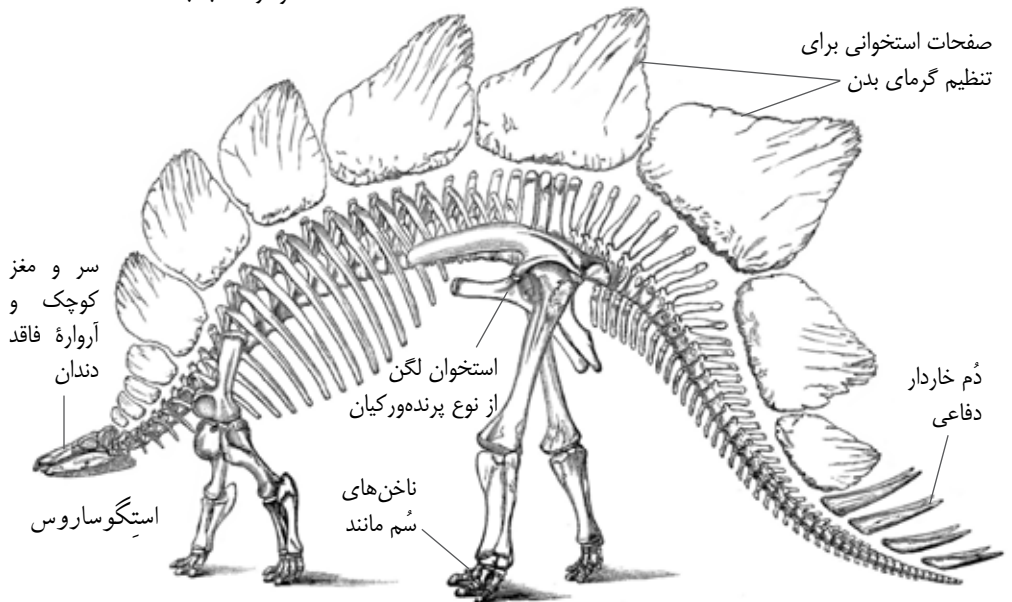
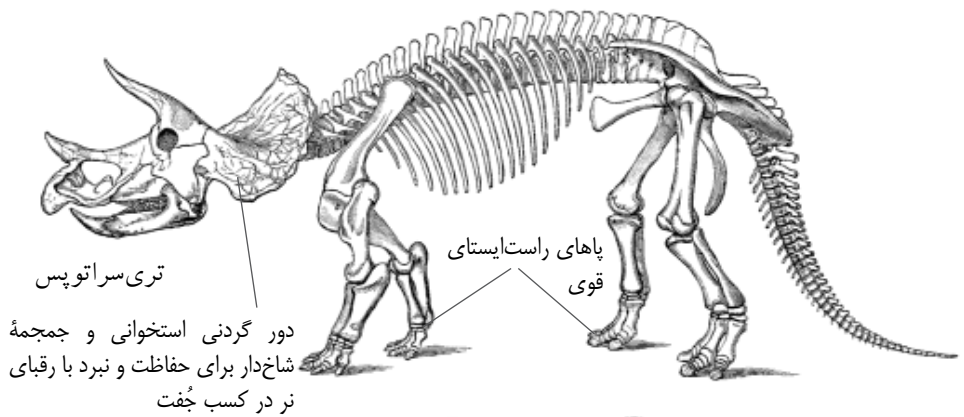
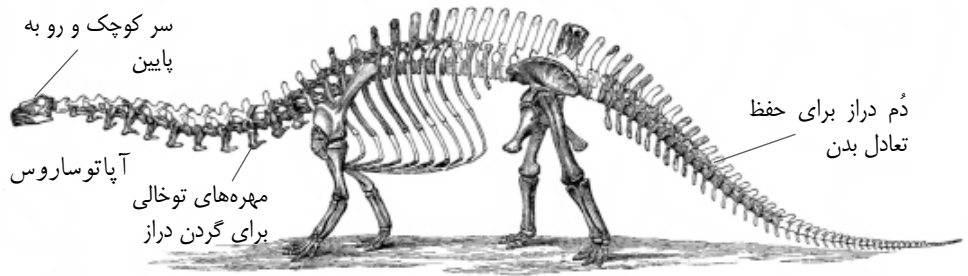


این خزندگان برای دفع اوره بدن به مانند پستانداران امروزی نیاز نداشتند تا همراه با ادرار خود مایعات زیادی از دست بدهند و از همین رو سازگاری بیشتری با محیط گرم دوران خود داشتند. تمامی دایناسورها و نیز نسل زنده آنها یعنی پرنده‌ها امروزی، متعلق به شاخه‌ای از ساروپسیدها به نام آرکوزار (شاه سوسمارها) بودند.

تراپسید، خزنده گیاهخوار از شاخه سیناپسیدها؛ جد بزرگ پستانداران
قدمت : ۲۷۵ م.س.پ
طول : حدود ۴ متر



نمودار بالا نحوهٔ پیدایش جانوران مختلف از خزندگان نخستین را نشان می‌دهد. دقت کنید که همهٔ خزندگان غول‌پیکر دوران میانه‌زیستی مانند اکتیوساروس‌ها، پلسیوساروس‌ها و پرنده‌گان پتروسورها از نوع دایناسور محسوب نمی‌شدند. ریچارد اوون؛ دیرین‌شناس بریتانیایی که هم دورهٔ داروین بود، نام دایناسور (Dinosaur) را از ترکیب دو کلمهٔ یونانی دینوس و ساورس (به معنی مارمولک مهیب) ابداع کرد. از آن زمان بر اساس یک تعریف نانوشته، لقب دایناسور به خزندگان راست‌ایستا و خشکی‌زی اطلاق می‌شود. زیست‌شناسان بر اساس شکل استخوان لگن، دایناسورها را به دو شاخهٔ خزنده‌ورکیان و پرنده‌ورکیان تقسیم کرده‌اند. البته موضوع عجیب در این تقسیم‌بندی اینجاست که جد پرنده‌گان یعنی آرکتوپتریکس خود از نسل دایناسورهای خزنده‌ورکیان دانسته شده است!



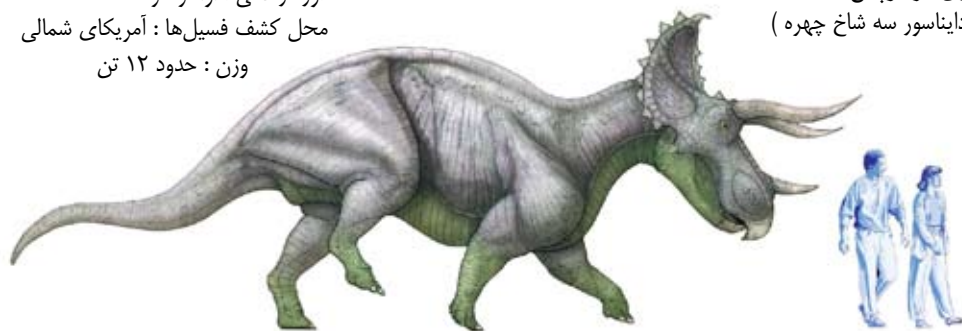
طرح‌های ترسیمی از فسیل دایناسورهای موجود در موزه آثار طبیعی بریتانیا

نوع تغذیه: گیاهخوار طول: ۲۳ متر
 دوره زندگی: اواخر ژوراسیک تا اوایل کرتاسه
 محل کشف فسیل‌ها: آمریکای شمالی و اروپا
 وزن: حدود ۲۵ تن



آپاتوساروس
 (دایناسور فریبکار)

نوع تغذیه: گیاهخوار طول: ۹ متر
 دوره زندگی: اواخر کرتاسه
 محل کشف فسیل‌ها: آمریکای شمالی
 وزن: حدود ۱۲ تن



تری‌سراتوپس
 (دایناسور سه شاخ چهره)

نوع تغذیه: گیاهخوار طول: ۹ متر
 دوره زندگی: اواخر ژوراسیک
 محل کشف فسیل‌ها: آمریکای شمالی
 وزن: حدود ۶ تن

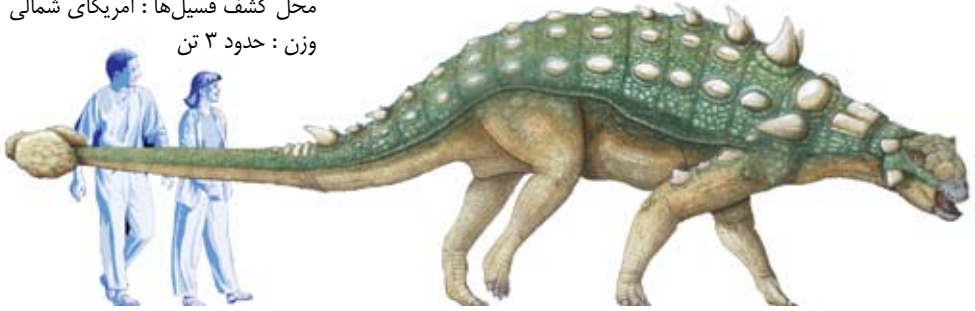


استگوساروس
 (دایناسور پوشش‌دار)

مشخصات برخی دایناسورها و مقایسه اندازه آنها با انسان‌های امروزی

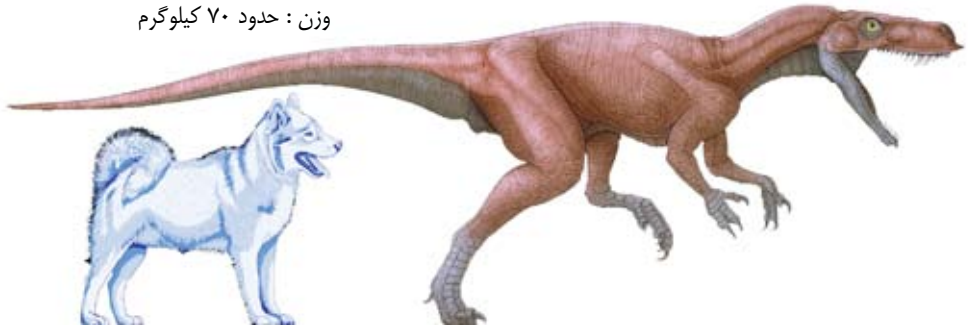
یوپلوسفالوس
(دایناسور زره‌دار)

نوع تغذیه : گیاهخوار طول : ۷ متر
دوره زندگی : اواخر کرتاسه
محل کشف فسیل‌ها : آمریکای شمالی
وزن : حدود ۳ تن



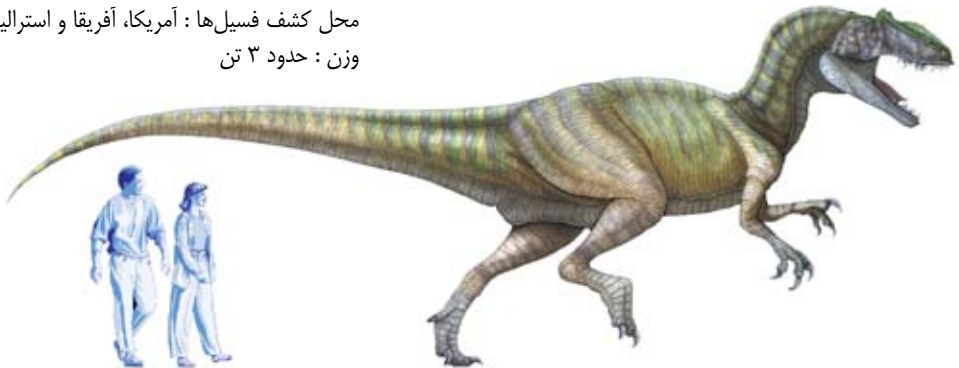
هرراساروس
(دایناسور هرا)

نوع تغذیه : گوشتخوار طول : ۳ متر
دوره زندگی : اواخر تریاس
محل کشف فسیل‌ها : آمریکای جنوبی
وزن : حدود ۷۰ کیلوگرم



آلوساروس
(دایناسور ترسناک)

نوع تغذیه : گوشتخوار طول : ۱۰ متر
دوره زندگی : اواخر ژوراسیک
محل کشف فسیل‌ها : آمریکا، آفریقا و استرالیا
وزن : حدود ۳ تن



مشخصات برخی دایناسورها و مقایسه اندازه آنها با انسان‌های امروزی

در دوران میانه‌زیستی، علاوه بر دایناسورها، خزندگان غول‌پیکر دیگری نیز در دریا و خشکی می‌زیستند. یکی از جالب‌ترین این خزندگان، مارمولک‌های پرنده‌ای بودند که بر اثر فرگشت، انگشت چهارم آنها بلند شده و بین دست‌ها و بدنشان، پوست چرمی ضخیمی (مانند خفاش‌های امروزی) به وجود آمده بود. این مارمولک‌ها که پتروسور (Pterosaur) نامیده می‌شدند، به کمک همین بال پوستی قادر به پرواز بودند.



پتروسورها انواع مختلفی داشتند. طول برخی از آنها کمتر از یک متر و طول برخی گونه‌های دیگر نیز بیش از ۱۰ متر بود. آنها اغلب در صخره‌های کنار دریا آسیانه می‌ساختند و به شکار ماهی یا جانوران کوچک مشغول بودند. بر اساس فسیل‌های کشف شده، غیر از پتروسورها، پرندگان دیگری نیز در دوران میانه‌زیستی زندگی می‌کردند که معروف‌ترین آنها آرکئوپتریکس (Archaeopteryx) نام داشت. این پرنده مانند پرندگان امروزی، بدنی پوشیده از پر داشت. فسیل آرکئوپتریکس که تصویر آن در زیر نشان داده شده است، یکی از مهمترین اکتشافات دیرین‌شناسان محسوب می‌شود، چراکه یکی از حلقه‌های گمشده فرگشت دایناسورها به پرندگان را نشان می‌دهد. آرکئوپتریکس به سبب داشتن چنگال‌هایی در دستان جلویی، آرواره دندان‌دار و دم استخوانی، شبیه دایناسورها بود و از طرفی به خاطر داشتن پر و فیزیک بدنی، ویژگی‌های پرندگان امروزی را دارا بود.

تصویر روبرو : فسیل آرکئوپتریکس (دایناسور پرنده پر دار)
 تصویر پایین : فسیل یک پتروسور (مارمولک پرنده بال انگشتی)



آرکئوپتریکس
(دایناسور بال قدیمی)
جد پرندگان امروزی

نوع تغذیه : حشره‌خوار
ارتفاع : ۶۰ سانتیمتر
دوره زندگی : اواخر ژوراسیک
محل کشف فسیل‌ها : اروپا و آسیا



آرکئوپتریکس مانند پرندگان امروزی، جثه بزرگی نداشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نسل او به سبب فرگشت‌های متعدد دندان‌های منقار، دم استخوانی و نیز چنگال‌ها را از دست داده است. احتمالاً آرکئوپتریکس از چنگال‌های خود برای بالا رفتن از شاخه‌ها و رسیدن به حشرات و کرم‌ها استفاده می‌کرد. امروزه نیز پرنده‌ای در آمریکای جنوبی

به نام هوآتزین زندگی می‌کند که مانند جد خود آرکئوپتریکس، هنوز در انتهای بال‌هایش چنگال‌هایی دارد که از آن برای آویزان شدن از شاخه‌ها استفاده می‌کند.

وجود پر در بدن آرکئوپتریکس نیز نشان می‌دهد که این دایناسور کوچک، احتمالاً خونگرم بوده است. البته در مورد اینکه بقیه دایناسورها خونگرم بوده‌اند یا خونسرد، دانشمندان هنوز به قطعیت نرسیده‌اند.



پرنده هوآتزین با بال‌های چنگال‌دار



سنگواره‌ها(فسیل‌ها) چگونه تشکیل شده‌اند؟

هر موجودی پس از مرگ تبدیل به فسیل نمی‌شود. شرایط بسیار خاصی لازم است تا اجزای سخت موجود مرده تبدیل به سنگ شوند. حدوداً بین هر یک میلیون موجود مرده، تنها یک یا دو موجود شانس فسیل شدن پیدا می‌کند. این شرایط خاص هنگامی رخ می‌دهد که موجود پس از مرگ و قبل از خورده شدن توسط لاشخورها، به سرعت زیر لایه‌ای از خاکستر آتشفشانی یا رسوبات نمکی مدفون شود. در مرحله بعد، اندام نرم مرده به مرور تجزیه می‌شود و تنها استخوان یا پوسته سخت آن باقی می‌ماند. میلیون‌ها سال به همین وضع می‌گذرد و در این میان بر اثر جریان بسیار جزئی آب، املاح موجود در رسوبات و سنگ‌ها وارد اجزای سخت آن می‌شوند و با مولکول‌های آلی آنها ترکیب می‌شوند و در اثر فشار لایه‌های رسوبی بالاتر به مرور تبدیل به سنگ جدیدی می‌شوند. به همین دلیلی است که فسیل موجودات، سنگواره نامیده می‌شود؛ زیرا در اصل نوعی سنگ هستند.

البته در موارد معدودی مانند گرفتار شدن حشره در شیره صمغ درخت یا افتادن جانور در گودال قیر باعث می‌شود که فسیل تقریباً سالم و دست‌نخورده‌ای از اندام نرم و سخت جانور باقی بماند. در موارد نادر دیگری نیز جسد جانوران منقرض شده‌ای مانند ماموت‌ها کشف شده‌اند که جسد آنها چند هزار سال پیش در میان یخچال‌های طبیعی گرفتار شده و اجزای بدن آنها به همان شکل تا به امروز باقی مانده است.



حشره ۲۰ میلیون ساله گرفتار در شیره صمغ درخت (کهریا)



بچه ماموت یخ‌زده ۱۰ هزارساله



رد پای ۲۰۰ میلیون ساله دایناسور



سنگواره جمجمه خزنده ۳۰۰ میلیون ساله



دورهٔ تریاس ۲۳۰ میلیون سال پیش



دورهٔ پرمین ۲۷۰ میلیون سال پیش



دورهٔ کرتاسه ۹۰ میلیون سال پیش



دورهٔ ژوراسیک ۱۸۰ میلیون سال پیش

همان طور که گفتیم در اواخر دوران دیرینه‌زیستی، قاره‌های زمین در یک منطقه از سطح زمین متمرکز بودند و ابر قاره‌ای به نام پانگه‌آ (Pangea) را تشکیل می‌دادند. با آغاز دوران میان‌زیستی، به دلیل حرکت آهسته صفحات پوسته (در حد چند میلی‌متر در سال)، قارهٔ پانگه‌آ به چند قارهٔ کوچک‌تر تقسیم شد و طی ۱۶۰ میلیون سال بعدی، به مرور قاره‌های آسیا، آفریقا و آمریکا تشکیل شدند. در این میان، جزیره‌ای نیز که بعدها هند نام گرفت، از آفریقا جدا شد و به سوی جنوب آسیا حرکت کرد.

حرکت صفحات پوسته و گاه‌آ زلزله‌هایی که در محل اتصال گسل‌ها به یکدیگر روی می‌دهد، به دلیل جریان مواد مذاب زیر پوسته می‌باشد. گرچه پوستهٔ زمین ظاهری سرد و سفت دارد، اما زیر این پوسته هنوز لایهٔ بسیار داغی از سنگ‌های مذاب با حرارت چندین هزار درجهٔ سانتیگراد وجود دارند که از زمان تشکیل سیارهٔ زمین تاکنون (۴،۵ میلیارد سال) سرد نشده‌اند. گاهی این مواد مذاب، راهی برای خروج از پوستهٔ سخت پیدا می‌کنند که ما آنها را فوران‌های آتشفشانی می‌نامیم.

کشف فسیل گونه‌های مشابه دایناسورها و دیگر موجودات دوران میان‌زیستی در نزدیکی سواحل قاره‌هایی که قبلاً به یکدیگر وصل بودند (مانند شرق آفریقا و غرب آمریکای جنوبی) و همچنین اندازه‌گیری دقیق جهت حرکت صفحات، جزو مدارکی هستند که زمین‌شناسان برای اثبات نظریهٔ حرکت قاره‌ها به آنها اشاره می‌کنند.

دوره تریاس

دوره تریاس، نخستین دوره از دوران میانه‌زیستی بود که بلافاصله پس از تغییرات شدید آب و هوایی پایان دوره پرمین آغاز شد و حدود ۴۰ میلیون سال طول کشید. در اوایل این دوره، تعداد معدودی از خزندگان در خشکی زندگی می‌کردند و گیاهان عمدتاً از نوع سرخس‌ها بودند. به مرور و با گرم‌تر شدن هوا، شرایط برای خزندگان مهیاتر شد و گونه‌های متفاوتی از آنها (سیناپسیدها و ساروپسیدها) امکان بقا و زاد و ولد بیشتری یافتند. ۱۵ میلیون سال از آغاز دوره تریاس گذشت تا اینکه شاخه‌ای از ساروپسیدهای فرگشت‌یافته که شاه‌سوسمار نامیده می‌شدند و به پاهای قوی و آرواره‌های محکم مجهز بودند، توانستند بر دیگر رقبای گوشتخوار و گیاه‌خوار پیروز شوند و به حاکمان بلامنازع دنیای خشکی تبدیل شوند.

نسل شاه‌سوسماران طی ۳۰ میلیون سال بعدی شاهد فرگشت‌های مهمی شد و انواع مختلفی از دایناسورها پدیدار شدند. البته دایناسورهای دوره تریاس به دلیل کمبود غذا، چندان غول‌پیکر نبودند، ولی در دوره‌های بعدی به سبب پیدایش درختان بلند مخروطی، غذای گیاهخواران بیشتر شد و آنها نیز بزرگ‌تر شدند. به دنبال افزایش جثه گیاهخواران، نسل دایناسورهای گوشتخوار نیز بزرگ‌تر شد. البته منظور از بزرگ شدن نسل دایناسورها به این معنی نیست که بچه هر دایناسور بزرگ‌تر از پدر و مادرش بود، بلکه در رقابت طبیعت تنها دایناسورهای فرگشت یافته‌ای می‌توانستند زنده بمانند که بزرگ‌تر و قوی‌تر از دیگران بودند و به این ترتیب، نسل آنها طی میلیون‌ها سال و گذشت صدها هزار نسل، بزرگ‌تر و گوناگون‌تر شد.



دوره ژوراسیک

دوره ژوراسیک به ۲۰۶ تا ۱۴۵ میلیون سال پیش اطلاق می‌شود که حدود ۶۰ میلیون سال به طول انجامیده است. در اواخر دوره تریاس، قاره پانگه‌آ به دو قاره کوچکتر اوراسیا و گندوانا تقسیم شد و این جدایی در دوره ژوراسیک، شدت بیشتری گرفت.

مهره‌داران قدیم مانند ماهی‌ها، دوزیستان و خزندگان در دوره ژوراسیک نیز فراوان بودند. در اواخر این دوره بود که موجودات حد واسط خزنده و پرنده یعنی آرکئوپتیریکس‌ها ظاهر شدند. گسترش و گوناگونی دایناسورها در این دوره بسیار زیاد بود. تا آنجا که رد پای این جانوران در رسوبات ژوراسیک کرمان در ایران ما نیز دیده شده است.

نام ژوراسیک بسیاری از خوانندگان را به یاد فیلم تخیلی عصر ژوراسیک می‌اندازد. داستان اصلی این فیلم از این قرار بود که حدود ۱۵۰ میلیون سال پیش، تعدادی از حشرات آن دوره پس از نیش زدن دایناسورها وقتی برای استراحت روی تنه درختان نشسته بودند، در شیره صمغ درخت گرفتار شدند و میلیون‌ها سال به همان شکل باقی ماندند. تا اینکه در عصر حاضر دانشمندان ژنتیک موفق شدند رمزهای ژنتیکی (DNA) سلول‌های خونی دایناسورها را از معده پشه‌های به دام افتاده، استخراج کنند و به کمک تجهیزات پیشرفته، دایناسورها را شبیه‌سازی و تولید کنند.

شبیه‌سازی موجودات منقرض شده مانند دایناسورها گرچه فعلاً تخیلی و ناممکن به نظر می‌رسد،





اما مسلماً با پیشرفت دانش ژنتیک، دانشمندان قادر خواهند بود نسل بسیاری از جانوران منقرض شده را زنده کنند و آنها را به طبیعت بازگردانند. در مورد نحوه این کار و نیز کارهای انجام شده در زمینه شبیه‌سازی حیوانات در بخش بعدی (ژنتیک) توضیح خواهیم داد.

به هر حال، دوره ژوراسیک عصر طلایی خزندگان محسوب می‌شود. در این دوره، هوا بسیار گرم و مرطوب بود و این شرایط برای خزندگانی که قادر به نگهداری طولانی‌مدت مایعات در بدنشان بودند، دلپذیر بود. البته در این دوره، خزندگان شبه پستاندار نیز می‌زیستند. همان طور که قبلاً هم اشاره کردیم، به دلیل افزایش دمای هوا در این دوران، نسل بسیاری از این خزندگان منقرض شد و تنها معدودی از گونه‌های



فسیل تخم‌های دایناسور هادروسور

فرگشت‌یافته موفق شدند دوران میانه‌زیستی را به سلامت پشت سر بگذارند. این پستانداران کوچک که جثه آنها به اندازه موش‌ها و گربه‌های امروزی بود، از ترس شکار شدن توسط دایناسورهای گوشتخوار، تنها شب‌ها و به هنگام خنکی هوا از سوراخ‌های زیرزمینی بیرون می‌آمدند. چندی بعد با انقراض بزرگ دایناسورها، پستانداران به آرزوی دیرینه خود رسیدند و به قدرت اول سیاره زمین تبدیل شدند.

دوره کرتاسه

کرتاسه با ۸۰ میلیون سال (از ۱۴۵ تا ۶۵ میلیون سال پیش)، طولانی‌ترین دوره میانه‌زیستی به شمار می‌رود. آب و هوای دوره کرتاسه نیز گرم و ملایم بوده است. گیاهان نهان‌دانه (گل‌دار) برای نخستین بار در این دوره ظاهر شدند و توسعه یافته‌اند. در اوایل این دوره، قاره‌های بزرگ به طور کامل از هم جدا شدند و به این ترتیب، گونه‌های مختلفی از دایناسورها در سرزمین‌های جدا از هم پدیدار شدند. فسیل بزرگترین دایناسور گوشتخوار تمام اعصار به نام تیرانوزوروس (دایناسور مستبد) در میان رسوبات این دوره کشف شده است. تری‌سراتوپس شاخدار و یوپلوسفالوس زره‌دار نیز از دایناسورهای مشهور این دوره محسوب می‌شوند. به نظر می‌رسد گونه‌هایی از دایناسورهای پردار که شبیه آرکتوپتريکس توانایی کمی در پرواز داشتند، در این دوره شروع به گسترش کردند، اما بخت با آنها یار نبود چراکه در پایان این دوره، کره زمین شاهد یک رویداد عجیب و ناگهانی بود که باعث انقراض نسل بسیاری از دایناسورها و موجودات زنده دیگر شد.

۶۵ میلیون سال پیش، شهاب‌سنگ بزرگی به ناحیه یوکاتان مکزیک برخورد کرد. شدت برخورد این شهاب‌سنگ آنقدر زیاد بود که امواج زمین لرزه‌ای آن چندین بار کره زمین را دور زدند. همچنین امواج سونامی هولناکی در اقیانوس‌ها بلند شد و بسیاری از گونه‌های بزرگ دریازی را به صخره‌های خشکی کوبید و از بین برد. همچنین توده‌های بسیار بزرگی از گرد و خاک که به هوا برخاسته بودند، تا مدت‌ها در اتمسفر زمین باقی ماندند و به این ترتیب، سطح زمین در اثر نرسیدن نور خورشید به تاریکی فرو



مارمولک‌های
پرنده پتروسور
(بال‌انگشتی‌ها)



۶۵ میلیون سال پیش، برخورد شهاب سنگ عظیم به قطر ۱۰ کیلومتر با قدرت انفجاری بزرگتر از ۵۰ میلیون بمب اتمی هیروشیما!!! حفره‌ای به قطر ۱۸۰ کیلومتر در ناحیه امروزی یوکوتان مکزیک ایجاد کرد.

رفت. بسیاری از گونه‌های گیاهی و درختان و به دنبال آن جانوران عظیم‌الجثه گیاه‌خوار از بین رفتند. گوشتخواران بزرگ هم که دیگر شکاری نداشتند، از گرسنگی تلف شدند. در این میان، تنها معدود موجودات کوچک مانند پستانداران و پرندگان و برخی ماهی‌ها توانستند زنده بمانند که قادر بودند از ریشه باقی‌مانده گیاهان، حشرات و یا آبزیان کوچک‌تر دریایی تغذیه کنند. به این ترتیب، دوران میان‌زیستی با انقراض گسترده جانداران به پایان رسید.

در اثر برخورد شهاب‌سنگ، لایه‌ای از گرد و غبار سراسر زمین را فراگرفت و تاریکی حکمفرما شد. در این شرایط به دلیل نرسیدن نور خورشید، بسیاری از درختان و گیاهان خشک شدند و در اثر کمبود غذا، اغلب جانوران بزرگ از بین رفتند.



تینازوروس (معروف به تی‌رکس مستبد) که روزگاری نامش لرزه بر اندام همه موجودات می‌انداخت، اکنون با ترس و لرز شاهد برخورد شهاب‌سنگ با زمین است!



دوران سنوزوئیک (نوزیستی)

سنوزوئیک (حیات جدید) دورانی است که پرندگان در هوا و پستانداران در روی زمین تنوع و گسترش یافتند و زمین خود را برای فرمانروایی گونه هوشمند یعنی انسان آماده کرد. این دوران شامل تاریخ زمین از پایان دوره کرتاسه تا به امروز است و محدوده زمانی ۶۵ میلیون سال را دربرمی گیرد. در اواخر کرتاسه دایناسورها، آمونوئیدها و دریازیان بزرگ به کلی نابود شدند و تنها گروه‌هایی از پرندگان، نرم‌تنان، ماهی‌های استخوانی و اجداد پستانداران کنونی باقی ماندند. پستانداران ابتدایی که اغلب دارای جثه‌ای کوچک بودند، طی میلیون‌ها سال فرگشت یافتند و علی‌رغم انقراض‌های متعدد، به گونه‌های امروزی تبدیل شدند.

در این دوران همچنین با برخورد صفحه پوسته‌ای هند به جنوب آسیا، در محل برخورد رشته کوه‌های بلند هیمالیا به وجود آمدند. در قاره آمریکا نیز رشته کوه راکی شکل گرفت. آب و هوای دوران نوزیستی به نسبت دوران میانه‌زیستی خنک‌تر شد و حتی در دوره‌هایی، بروز یخبندان باعث کم شدن سطح آب اقیانوس‌ها گردید. البته به نظر می‌رسد در زمان حاضر با افزایش آلودگی هوا توسط کارخانجات و ماشین‌های ساخت انسان، اثر گلخانه‌ای در اتمسفر زمین تشدید شود. ای موضوع به افزایش دوباره هوا و ذوب شدن یخ‌های قطبی و بالا رفتن سطح دریاها منجر خواهد شد.

دوران سنوزوئیک به دو دوره ترشیاری و کواترنری تقسیم گردیده است. دوره ترشیاری که از ۶۵ تا ۲ میلیون سال پیش طول کشیده است، خود به دو زیردوره پالئوزن و نئوزن تقسیم می‌شود. در این دوره نهنگ‌ها، پنگوئن‌ها، خوک‌ها و شیرهای دریایی فرگشت یافتند. همچنین نسل دیگر پستانداران خشکی‌زی مانند رسته سُم‌داران، جوندگان و نخستی‌ها به خاطر شرایط مساعد زیستی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافتند. البته در پایان دوره ترشیاری، گونه‌های مختلفی منقرض شدند که آثار فسیلی زیادی از آنها تاکنون کشف شده است. دوره کواترنری نیز از حدود ۲ میلیون سال پیش آغاز شده است و تاکنون ادامه دارد. این دوره با توسعه

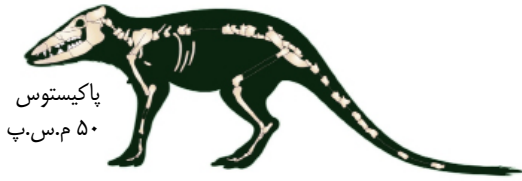
گونه‌های مختلف پستانداران امروزی مشخص می‌گردد. دوره کواترنری شاهد یخبندان‌های دوره‌ای بسیاری بوده است که آخرین آنها در حدود ۱۰ هزار سال پیش پایان یافت. در اواخر دوره کواترنری گونه جدیدی از موجودات باهوش؛ یعنی انسان‌های خردمند کنونی پدید آمدند.



اسکلت بوتوپس
جد کرگردن‌های امروزی
قدمت: ۴۵ میلیون سال پیش
ارتفاع: حدود سه متر

دوره ترشیاری

گفتمیم که در دوران میانهزیستی، گونه‌های معدودی از پستانداران کوچک حشره‌خوار و پشمالو زندگی می‌کردند. در پایان دوره کرتاسه و برخورد شهاب‌سنگ به زمین، بسیاری از گیاهان از بین رفتند و به دنبال آن نسل بسیاری از خزندگان بزرگ منقرض شد. کاهش چشمگیر دما نیز پیامد بعدی بود که خزندگان خونسرد با آن مواجه شدند. در این میان، پستانداران خونگرم کوچک که از مهلکه انقراض، جان سالم به در برده بودند، امکان بقا و رشد بیشتری یافتند. طی ۱۰ میلیون سال بعدی، فرگشت‌های متمادی باعث پیدایش گونه‌های مختلف و با اندازه‌های متفاوت از نسل این پستانداران مانند بونتوپس، پاراسراتریوم و مگاتریوم گردید.



پاکیوستوس
۵۰ م.س.پ



آمبولوستوس
۳۵ م.س.پ



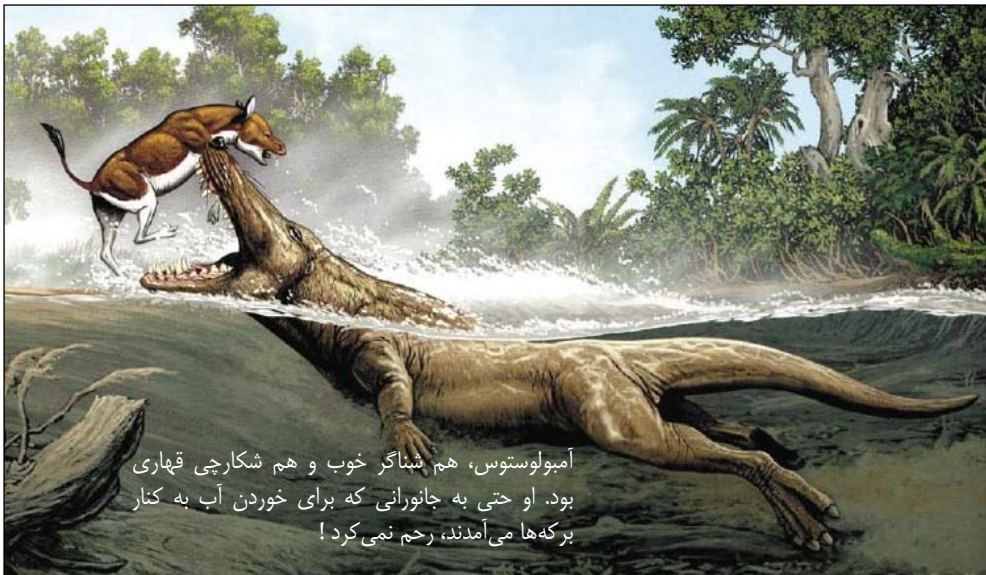
دوردون
۲۰ م.س.پ



نهنگ
۱۰ م.س.پ

مراحل فرگشت پستاندار پاکیستون به نهنگ امروزی

در ابتدا همه پستانداران در خشکی زندگی می‌کردند، اما به مرور گونه‌هایی از آنها که در نزدیکی دریا بودند، در غیاب خزندگان درنده دریازی دوران پیشین، به غذاهای دریایی علاقمند شدند و دوباره وارد آب شدند. نهنگ‌ها و دلفین‌های امروزی نمونه‌هایی از این پستانداران فرگشت یافته هستند. این آبزیان هنوز هم مانند اجداد ۵۰ میلیون ساله خود به فرزندان‌شان شیر می‌دهند و به جای آبشش، شش دارند



آمبولوستوس، هم شناگر خوب و هم شکارچی قهاری بود. او حتی به جانورانی که برای خوردن آب به کنار برکه‌ها می‌آمدند، رحم نمی‌کرد!



شترمرغ غول پیکر
دیاتریما

و می‌بایست برای نفس کشیدن به سطح آب بازگردند. در این جانوران، به مرور، لگن و پاهای عقب تحلیل رفته و به زائده استخوانی کوچک داخل بدن تبدیل شده است.

در دورهٔ ترشیاری همچنین برای نخستین بار علف‌ها و سبزه‌ها به وجود آمدند و گل‌ها و گیاهان دانه‌دار، سطح علفزارها را پوشاندند. با گسترش مراتع، پستانداران گیاهخوار مانند فیل، کرگدن، خوک، گاو و اسب ظاهر شدند. البته اجداد این حیوانات چندان شباهتی

به ظاهر کنونی آنها نداشتند. برای مثال، جد اسب‌ها در ۶۰ میلیون سال پیش، جثه‌ای بسیار کوچکتر از نژاد کنونی داشت و طول آن کمتر از نیم متر بود، اما به مرور نسل این حیوانات نیز مانند بقیه فرگشت یافت و نسل‌های گوناگونی از آنها به وجود آمد. در این میان، تنها گونه‌هایی توانستند به تولید مثل بیشتری برسند که هم هیكل بزرگتری داشتند و هم توانایی فرار سریعتری از دست دشمنان غول‌پیکر خود (مانند پرندهٔ دیاتریما) داشتند. به این ترتیب، نسل این اسب‌های کوچک نیز طی میلیون‌ها بزرگ‌تر و بزرگ‌تر شد و پنجه‌های آنها نیز برای دویدن بهتر تبدیل به سم گردید.

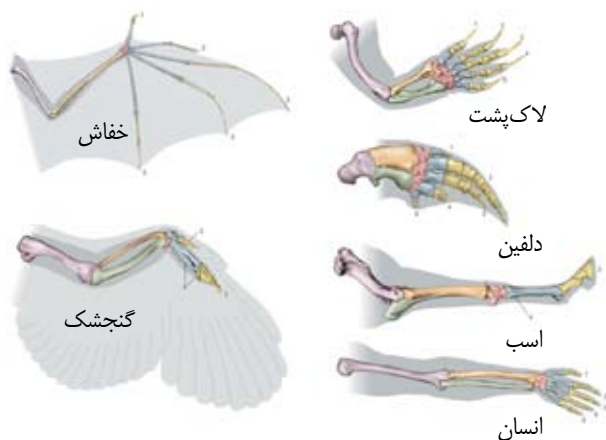
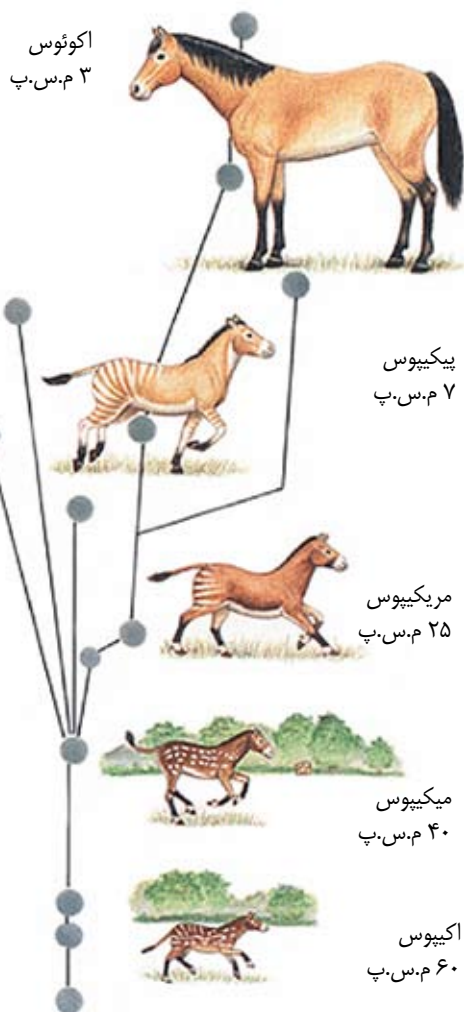


ببر دندان خنجری در حال دریدن ماموت

در حدود ۵۰ میلیون سال پیش نیز گونهٔ جدیدی از پستانداران به نام نُخستی‌ها ظاهر شدند. اجداد این گونه، موجوداتی بودند که به دلیل فرگشت در پنجه‌هایشان، قادر به گرفتن شاخه‌ها و بالا رفتن از درخت شدند. همچنین از آنجا که گودی چشم‌های این موجودات، در جلوی سرشان واقع بودند، به مرور امکان دید دو چشمی و مشاهدهٔ سه بعدی و دقیق اجسام را پیدا کردند.

در پایان دورهٔ ترشباری، به علت تغییرات شدید آب و هوایی، مجدداً بسیاری از جانداران از جمله ببر دندان خنجری منقرض شدند یا تغییر مکان دادند. در این دوره همچنین نُخستی‌ها طی فرگشت‌های متوالی به چند خانواده (میمون‌ها، لمورها و هومونیدها) تقسیم شدند. ۴۰ میلیون سال بعد، گونه‌ای از هومونیدها که انسان‌نما (با نام علمی استرالوپتیکوس) نامیده می‌شدند، توانستند به مرور روی دوپا را برونند. این موجودات که صاحب هوش بیشتری شده بودند، از خانوادهٔ هومونیدها جدا شدند و شاخهٔ جدیدی تشکیل دادند. ۴ میلیون سال بعدی، گونه‌های بسیاری از انسان‌نماها به وجود آمدند که البته برخی منقرض شدند و برخی دیگر به بقای خود ادامه دادند تا اینکه در حدود ۲ میلیون سال؛ یعنی در ابتدای دورهٔ کواترنری آنها به گونهٔ فرگشت‌یافتهٔ هوموها (انسان‌ها) تبدیل شدند.

تصویر راست: درختوارهٔ فرگشتی اسب‌ها از حدود ۶۰ میلیون سال پیش تاکنون؛ در این نمودار، دایره‌های بی‌شاخه بیانگر گونه‌های منقرض شده هستند. طبق نظریهٔ انتخاب طبیعی، این گونه‌ها به دلیل عدم توانایی همزیستی با تغییرات طبیعی، از بین رفته‌اند.

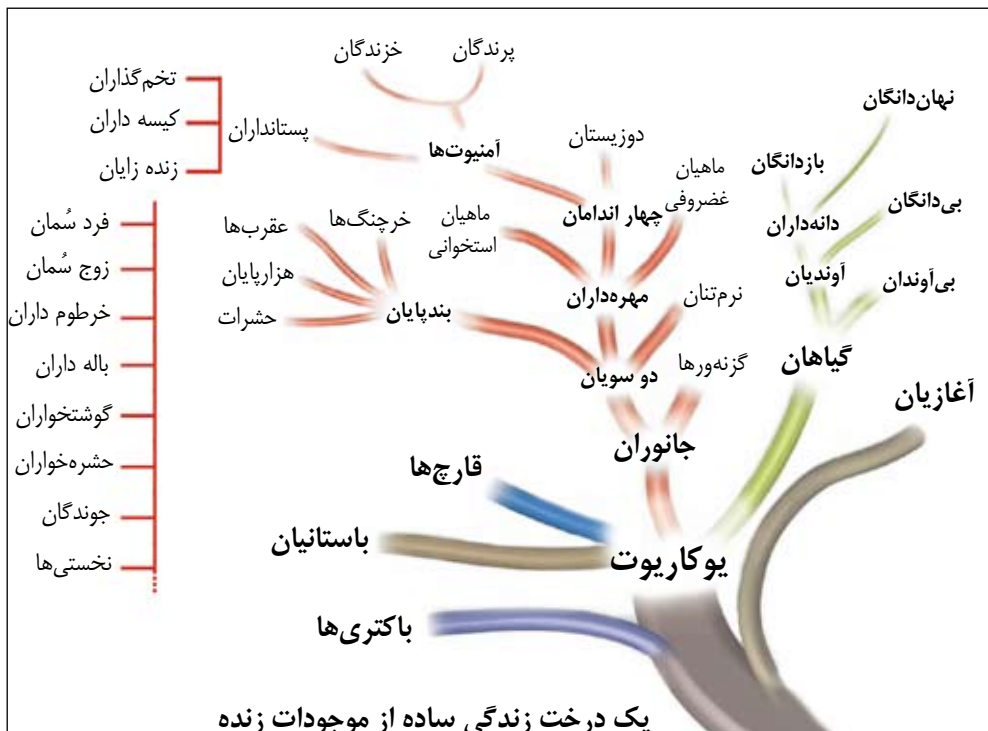


تصویر چپ: علی‌رغم تغییرات فرگشتی بسیار، هنوز ریشه‌های مشترک میان موجودات مختلف دیده می‌شود. برای مثال، همهٔ موجودات به نوعی صاحب دست و پای پنج انگشتی هستند. البته در برخی از آنها مانند اسب، انگشتان اضافی به منظور سازگاری با شرایط محیط زندگی، به مرور حذف و تنها یک انگشت باقی مانده که آن هم تبدیل به سم شده است. در حیواناتی نظیر خفاش نیز انگشت‌ها با پوست پرده‌ای به یکدیگر متصل شده و امکان پرواز را به این پستاندار داده‌اند.

فرمانروی جانوران

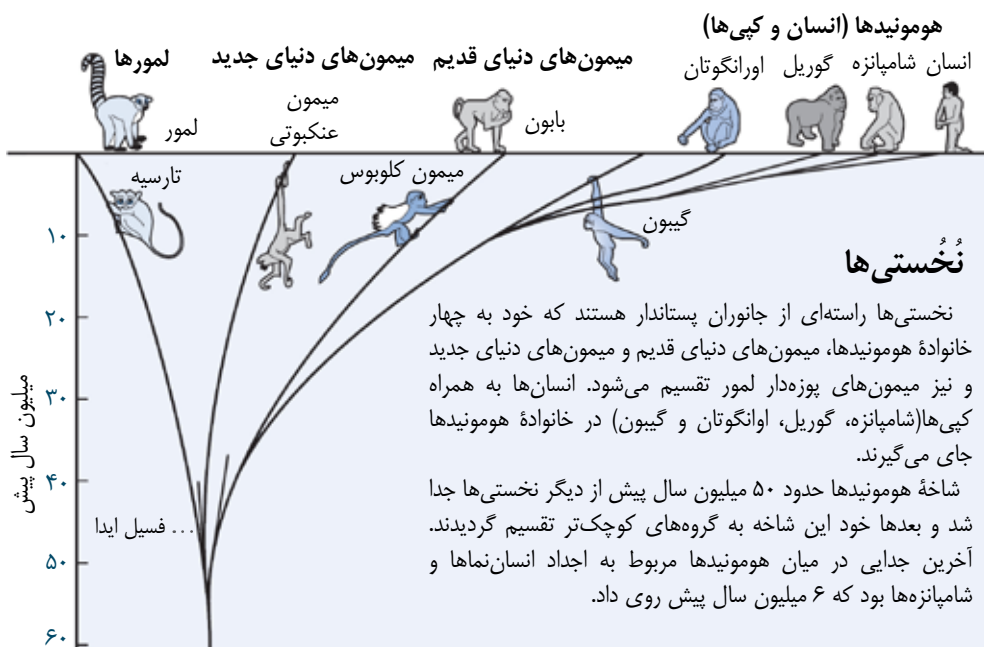
در ابتدای فصل گفتیم که جانداران به شش فرمانروی اصلی (باکتری‌ها، باستانیان، آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران) تقسیم می‌شوند. در این میان، جانوران با بیش از یک میلیون گونه، شاخهٔ بزرگتری از درخت زندگی را به خود اختصاص داده‌اند. مهمترین شاخه‌های فرمانروی جانوران عبارتند از:

- ۱- شاخهٔ اسفنج‌ها که حدود نُه هزار گونه‌اند.
- ۲- شاخهٔ کیسه‌تنان (مانند عروس دریایی و مرجان) که حدود ده هزار گونه‌اند.
- ۳- شاخهٔ شانه‌داران دریازی که حدود صد گونه‌اند.
- ۴- شاخهٔ نرم‌تنان (مانند اختاپوس و صدف دریایی) که حدود ۱۱ هزار گونه‌اند.
- ۶- شاخهٔ خارپوستان (مانند ستارهٔ دریایی) که حدود شش هزار گونه‌اند.
- ۷- شاخهٔ بندپایان که شامل بیشترین گونه‌های جانوری (حدود یک میلیون) هستند. حشرات، خرچنگ‌ها، عنکبوتیان، هزارپایان، عقرب‌ها و ... جزو این شاخه محسوب می‌شوند.
- ۸- شاخهٔ طنابداران که حدود ۴۲ هزار گونه‌اند و خود به زیر شاخه‌های مختلفی از جمله مهره‌داران تقسیم می‌شوند. جانوران مهره‌دار حدود ۴۰ هزار گونه‌اند؛ در بیشتر آن‌ها ستون فقراتی متشکل از مهره‌ها، از طناب عصبی بدن محافظت می‌کند. این جانوران مجموعهٔ مشخصی دارند که در وسط آن مغز قرار گرفته است. رده‌های مختلف مهره‌داران عبارتند از الف: ردهٔ ماهیان غضروفی (مانند کوسه‌ها) که حدود ۸۵۰ گونه‌اند.



ب: رده ماهیان استخوانی که حدود ۱۸ هزار گونه‌اند. ج: رده دوزیستان که حدود چهار هزار گونه‌اند. این موجودات در مرحله‌ای از زندگی آبشش دارند و در مرحله دیگر صاحب شش می‌شوند. پوست آن‌ها اغلب لزج و فاقد فلس است؛ تخم‌ها نوعاً در آب رها می‌شوند و لقاحشان خارجی است. د: رده خزندگان که حدود هفت هزار گونه‌اند؛ خشکی‌زی یا نیمه آبی هستند؛ در همه مراحل زندگی با شش تنفس می‌کنند؛ بدن آن‌ها با فلس پوشیده شده است و بیش‌تر گونه‌ها تخم‌های آمنیوتیک می‌گذارند که با پوسته محافظ آهکی پوشیده شده است. ه: رده پرندگان که حدود نه هزار گونه‌اند؛ بدن آن‌ها با پر پوشیده شده است؛ اندام حرکتی جلویی آن‌ها به بال تبدیل شده است؛ قلب چهار حفره‌ای دارند؛ خون گرم‌اند؛ تخم‌گذارند و تخم‌های آنها نیز دارای پرده آمنیوتیک و پوسته سخت است. ی: رده پستانداران که حدود چهار هزار گونه‌اند؛ حداقل در بخشی از بدن خود مو دارند؛ بچه‌های آن‌ها با شیری که از غدد شیری مادر ترشح می‌شود، تغذیه می‌شوند؛ خون گرم‌اند؛ به وسیله‌ی شش‌ها تنفس می‌کنند و شامل راسته‌های زیر هستند:

– راسته تخم‌گذاران (مانند پلاتی‌پوس)، – راسته کیسه‌داران (مانند کانگوروها)، – راسته جوندگان (مانند سنجاب‌ها)، – راسته خفاش‌ها، – راسته حشره‌خواران (مانند موش‌های پوزه‌دار)، – راسته گوشتخواران (مانند خرس‌ها، شیرها، ببرها و گرگ‌ها)، – راسته جفت‌سمان (مانند اسب‌های آبی، شترها، گوزن‌ها، زرافه‌ها، گاو، گوسفند و بزها)، – راسته فردسمان (مانند کرگدان‌ها، اسب‌ها و گورخرها)، راسته آب‌بازان (مانند دلفین‌ها)، راسته خرگوش‌ها، – راسته باله‌داران (مانند فوک‌ها و شیرهای دریایی)، – راسته بی‌دندانان (مانند مورچه‌خوارها)، – راسته خرطوم‌داران (مانند فیل‌ها)، ... و راسته نخستی‌ها که شامل: میمون‌ها، لمورها، اروانگوتان‌ها، گوریل‌ها، شامپانزه‌ها و از همه مهم‌تر انسان‌ها می‌باشد!





فسیل ۴۷ میلیون ساله ایدا

در سال ۱۹۸۳ میلادی، فسیل نسبتاً کاملی از یک موجود عجیب در نزدیکی شهر فرانکفورت آلمان کشف شد.

این سنگواره به مدت ۲۵ سال مخفی بود تا اینکه در سال ۲۰۰۹ میلادی، یکی از باستان‌شناسان نروژی که به طور اتفاقی از وجود این سنگواره مطلع شده بود، آن را به قیمت ۲ میلیون دلار خریداری و به افتخار دخترش نام ایدا (Ida) را برای فسیل انتخاب کرد و سپس آن را به موزه تاریخ طبیعی نیویورک اهداء نمود.

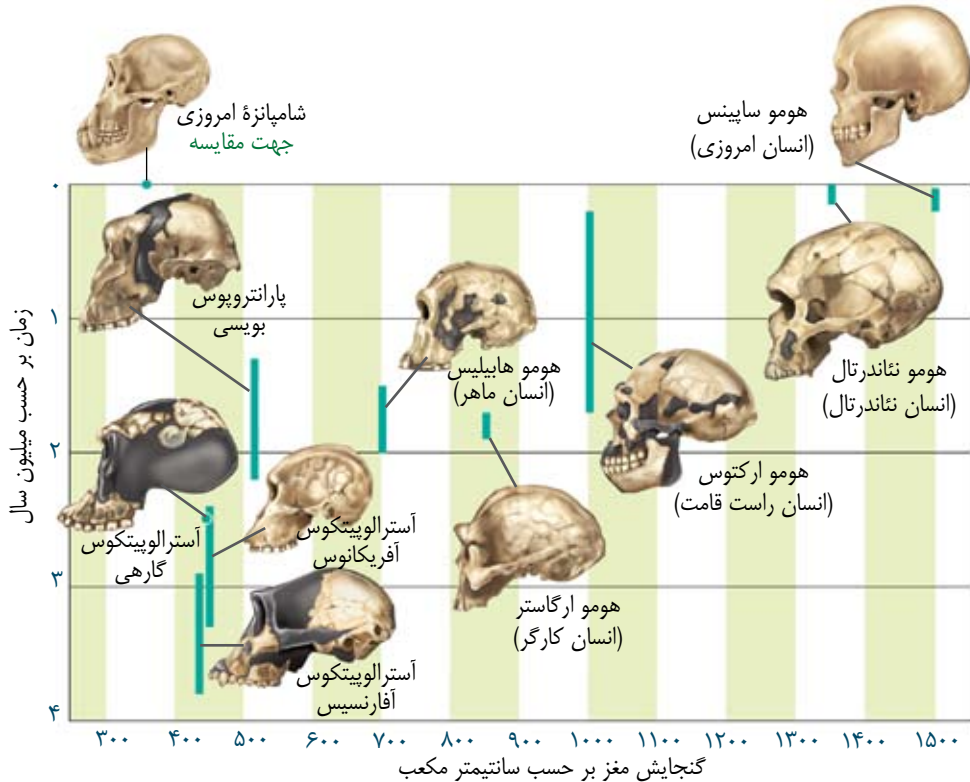
خبر کشف این فسیل، سر و صدای زیادی در رسانه‌های جهان به وجود آورد. برخی آن را جد بزرگ انسان نامیدند و به افتخار داروین، این فسیل را داروینیوس خواندند. با این حال دانشمندان پس از بررسی‌هایی زیاد و با استفاده از تجهیزات مجهز به اشعه ایکس متوجه شدند که ایدا گرچه موجودی نخستی است، اما جد مستقیم انسان‌ها نیست بلکه فاصله بسیار اندکی با جد انسان‌ها دارد و به احتمال زیاد جد شاخهٔ لمورها می‌باشد.

ایدا با داشتن ویژگی‌هایی خاص نخستین‌ها مانند کاسهٔ چشم در جلوی صورت، ناخن به جای پنجه و نیز انگشت شست عمود بر دیگر انگشتان، یک موجود نخستی کامل می‌باشد.

دوره کواترنری

دوره کواترنری، آخرین و کوتاه‌ترین دوره زمین‌شناسی محسوب می‌شود. اگر کل زمان پیدایش موجودات زنده یعنی ۳،۵ میلیارد سال پیش تاکنون را معادل یک شبانه‌روز ۲۴ ساعته در نظر بگیریم، دوره ۲ میلیون ساله کواترنری (به نسبت)، کمتر از یک دقیقه آخر این شبانه‌روز خواهد بود!

دوره کواترنری اغلب با پیدایش هوموها (Homo به زبان لاتین یعنی انسان) مشخص می‌شود. همان طور که گفتیم در حدود ۶ میلیون سال پیش، شاخه‌ای از هومونیدها در سازگاری با تغییرات شرایط محیطی به سرعت فرگشت یافتند و به شاخه جدیدی تقسیم شدند. از این موجودات، فسیل‌هایی کشف شده است که شباهت آنها به اجداد شامپانزه‌ها را اثبات می‌کند. اگر به نمودار زیر نگاه کنید، می‌بینید که در حدود ۴ میلیون سال پیش، شاخه آسترالوپیتکوس (Australopithecus به معنی کپی جنوبی) که نوعی انسان‌نمای قدیمی بودند، از گنجایش مغزی کمتر از ۶۰۰ سی‌سی برخوردار بود، با این حال مغز آنها پیشرفته‌تر از شامپانزه‌های امروزی بود. در حدود ۲ میلیون سال پیش گونه‌های جدیدی از این شاخه‌ها به نام هوموها (مانند هومو هابیلیس، هومو ارگاستر و هومو اراکتوس) ظاهر شدند که از گنجایش مغز بیشتری برخوردار شدند. این شاخه‌ها سرانجام به هومو ساپینس (انسان امروزی) ختم شدند که صاحب پیشرفته‌ترین مغز در میان تمام گونه‌های جانوری دنیا است. البته طی این دوران گونه‌های دیگری از شبه انسان‌ها مانند پراکتروپوس‌ها (پرامردم) وجود داشتند که آنها نیز مانند بقیه انسان‌نماها و انسان‌های ما قبل تاریخ منقرض شده‌اند.





جمجمه اورانگوتان



جمجمه گوریل



جمجمه شامپانزه



جمجمه هومو ارگاستر
(انسان کارگر)



جمجمه هومو هابیلیس
(انسان ماهر)



جمجمه آسترالوپیتکوس آفریکانوس
(انسان نمای آفریقایی)



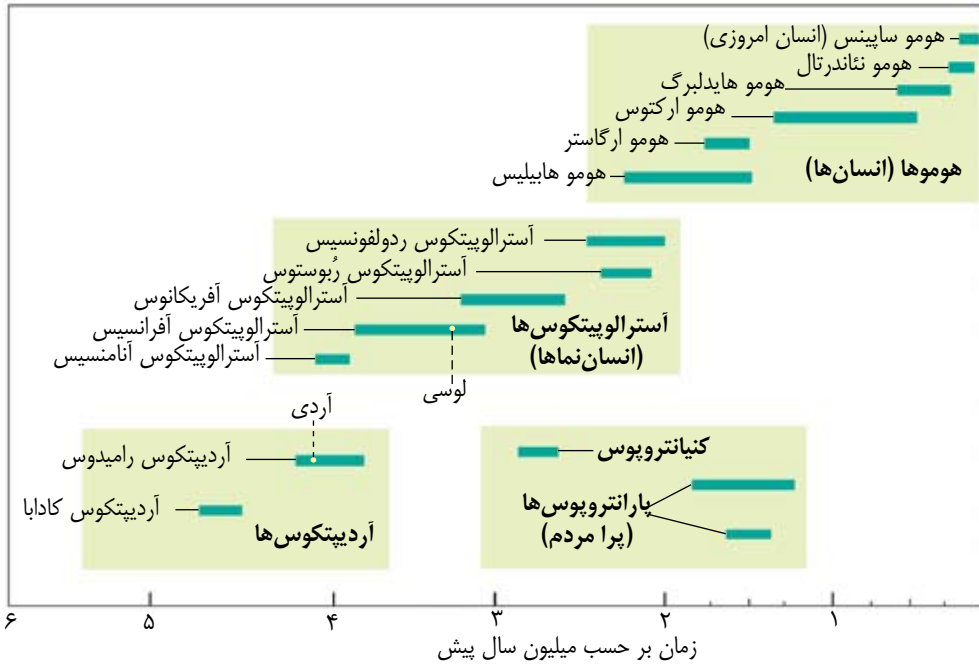
گوریل



انسان
امروزی

شباهت‌های اسکلتی انسان با گوریل

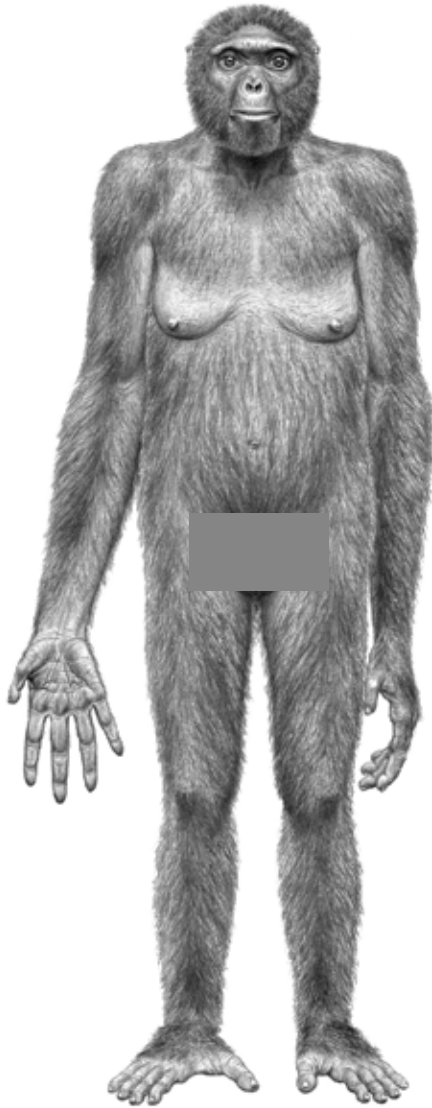
مقایسه اسکلت انسان‌ها با اجداد خود و نیز دیگر هومونیدها (مانند گوریل و شامپانزه) نشان می‌دهد که به دلیل فرگشت‌ها متوالی طی ۶ میلیون سال، دست انسان‌ها به مرور کوتاه‌تر شده و انگشتان پا به منظور راه رفتن روی دوپا، به حالت صاف درآمدند. همچنین کم شدن تعداد و اندازه دندان‌ها و در نتیجه دهان، باعث باز شدن جای برای رشد مغز در جمجمه و در نتیجه باهوش‌تر شدن نوع انسان گردیده است. همچنین مقایسه توالی ژنتیکی انسان با شامپانزه، شباهت عجیب ۹۸٫۷٪ و اشتراک ۹۵٪ با گوریل را نشان می‌دهد!



آردیپیتکوس، آسترالوپیتکوس و پارانتروپوس

گرچه با یافته‌های کنونی، دانشمندان نمی‌توانند به قطعیت دلیل اصلی فرگشت اجداد انسان از اجداد شامپانزه‌ها را بیان کنند، اما بر اساس آزمایشات و بررسی دقیق دیرین‌شناسان بر روی فسیل‌ها (از جمله شکل جمجمه، چیدمان دندان‌ها، آثار کشف شده از باقی‌مانده غذاها در معدۀ انسان‌نماها و نیز محل کشف فسیل‌ها) دریافته‌اند که در حدود ۶ میلیون سال پیش، شاخه‌ای از هومونیدها که در بخش شرقی آفریقا زندگی می‌کردند، به دلایلی چون کاهش درختان جنگل و به دنبال آن کاهش میوه‌ها مجبور به پایین آمدن از شاخه درختان و جستجوی غذا بر روی زمین شده‌اند. در این میان، برخی از این گونه‌های فرگشت یافته که توانایی خوردن گوشت حیوانات کوچک، دویدن بر روی دوپا و فرار سریع از دست دشمنان گوشتخوار و بالا رفتن دوباره از درختان را داشتند، توانستند به بقا و تولید مثل خود ادامه دهند. به مرور و گذشت چند میلیون سال، این گونه هومونیدها به آردیپیتکوس (*Ardipithecus* به معنی میمون‌های زمینی) تبدیل شدند.

آردیپیتکوس‌ها قدیمی‌ترین اجداد انسان‌ها محسوب می‌شوند. آنها گرچه تفاوت اندکی با شامپانزه‌های کنونی داشتند، اما اسکلت بدنشان طوری بود که می‌توانستند برای مدت کوتاهی روی دوپا راه بروند و حتی بدوند. همین امکان راه رفتن، سرآغازی بر جدایی گونه انسان‌نماهای قدیمی از خانواده هومونیدها گردید. البته دلیل اینکه دیگر نُخستی‌ها (مانند میمون‌ها و شامپانزه‌ها) نسبت به اجداد خود فرگشت زیادی نکرده‌اند، به این خاطر بوده است که گونه این موجودات در مناطقی می‌زیستند که با تغییرات محیطی زیادی مواجه نشدند و به همین دلیل نیازی هم به ایجاد فرگشت اساسی در نوع آنها به وجود نیامده است.



کاهش حجم درختان شرق آفریقا در ۶ میلیون سال پیش، گوشتخوار شدن و نیز بر روی دو پا راه رفتن اجداد انسان‌ها تنها معدودی از مدارکی هستند که تاکنون دانشمندان به آن رسیده‌اند و صد البته دلایل فرگشتی دیگری نیز وجود داشته‌اند که هنوز با قطعیت نمی‌توان به آنها استناد کرد.

به هر حال پس از گوشتخوار شدن، دندان‌های بزرگ و آسیاب مانند آنها دیگر به درد نمی‌خورد و از این رو به مرور هم از اندازه دندان‌ها و هم حجم دهان آنها کاسته شد. همچنین راه رفتن بر روی دو پا باعث شد که دست‌های آنها تا حدودی آزاد شود و بتوانند برای شکار نیز استفاده کنند. تاکنون فسیل‌های متعددی از انواع آردیپیتکوس‌ها کشف شده است که مشهورترین آنها آردی نام دارد. این فسیل که دارای بخش‌هایی از جمجمه، لگن، استخوان‌های دست و پا است، در سال ۱۹۹۲ میلادی در اتیوپی کشف شد و متعلق به گونه آردیپیتکوس رامیدوس با قدمت حدود ۴٫۴ میلیون سال می‌باشد.

شبهه‌سازی آردی: طبق بررسی دانشمندان، آردی قدی حدود ۱۲۰ سانتیمتر و وزنی حدود ۵۰ کیلوگرم داشته است.

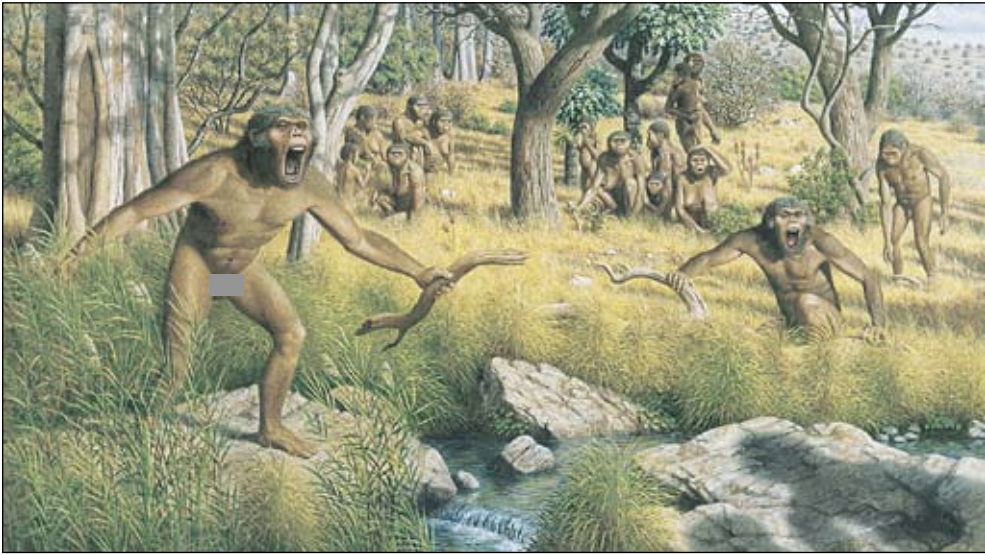


نحوه شبیه‌سازی چهره یک پارانتروپوس (پرامردم) از روی جمجمه کشف شده



از گروه پارانتروپوس‌ها (Paranthropus پرامردم) نیز فسیل‌هایی کشف شده است. این موجودات گرچه تا حدودی شبیه انسان‌نماها بودند، اما تفاوت‌های آشکاری نیز با آنها داشتند. به نظر می‌رسد نسل این گونه از انسان‌نماهای ماقبل تاریخ نیز در حدود ۱٫۵ میلیون سال پیش منقرض شده باشد.





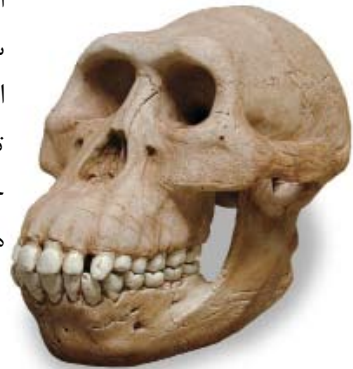
طرحی از زندگی بدوی آسترالوپیتکوس‌های انسان‌نما در حاشیه جنگل

در حدود چهار میلیون سال پیش، گونه جدیدی از انسان‌نماها ظاهر شدند. این موجودات که احتمالاً فرگشت یافته آردیپتکوس‌ها بوده‌اند، قادر بودند به طور کامل بر روی دوپا راه بروند، بدوند و با دستان خود ابزار ساده‌ای مانند سنگ یا شاخه درختان را بگیرند و با آنها شکار کنند یا از خود دفاع نمایند.

کشفیات دیرین‌شناسان از وجود گونه‌های مختلفی از انسان‌نماها در حدود ۴ تا ۲ میلیون سال پیش در شرق و مرکز قاره آفریقا حکایت می‌کند. تاکنون آثار ۸ گونه متفاوت از این انسان‌نماها کشف شده است. مشهورترین این فسیل‌ها، اسکلت ۴۰٪ سالمی از گونه آسترالوپیتکوس آفانسیس مشهور به لوسی است که در نزدیکی آدیس آبابا (پایتخت اتیوپی) کشف شده و قدمتی حدود ۳٫۲ میلیون ساله دارد.

تحقیقات دانشمندان بر روی دندان و مجموعه فسیل‌های کشف شده نشان می‌دهد که انسان‌نماها غالباً به شکل گروهی و در حاشیه جنگل‌ها زندگی می‌کردند و از میوه‌های درختان و نیز گوشت حیوانات تغذیه می‌کردند. همان طور که در نمودار مقایسه مجموعه‌ها مشاهده کردید، گنجایش مغز آسترالوپیتکوس‌ها اندکی از مغز شامپانزه‌های امروزی بیشتر بوده است. این موضوع و نیز کشف سنگ‌های تیز ساده در کنار فسیل این موجودات نشان می‌دهد که انسان‌نماها به شکل محدود قادر به استفاده از سنگ و چوب بوده‌اند و توانایی ساخت ابزار سنگی نداشتند. از آنجا که دانشمندان، در تعریف خود، یکی از ویژگی‌های انسان را توانایی ساخت ابزار دانسته‌اند، از همین رو از دادن لقب انسان به این اجداد خود امتناع کرده‌اند!

مجموعه آسترالوپیتکوس آفانسیس
قدمت : ۳٫۵ میلیون سال پیش





در تمام گونه‌های مختلف آسترالوپیتکوس، نرها جثه بزرگتر نسبت به ماده‌ها داشتند. بلندی قامت نرها حدود ۱،۵ متر و ماده‌ها بین ۱ تا ۱،۲ متر بوده است. کشف آثار رد پا و نیز استخوان‌های دست و پای گونه‌های مختلف همچنین نشان می‌دهد که در نسل انسان‌نماها به مرور، طول دست‌ها کاهش یافته و انگشتان پا به حالت صاف شبیه پای انسان‌های امروزی درآمده است. فک انسان‌نماها نیز گرچه مانند دیگر نخستی‌ها کمی به جلو متمایل بود، اما مقایسه جمجمه گونه‌های مختلف نشان می‌دهد که طی فرگشت‌های متمادی، حجم مغز و در نتیجه هوش آنها به مرور افزایش یافته است.

همچنین هم زمان با آخرین نسل از آسترالوپیتکوس‌ها، آثاری از دیگر موجودات انسان‌نما به نام پارانتروپوس‌ها و کنیاتروپوس‌ها در شرق آفریقا کشف شده است. درباره اینکه آنها از نسل انسان‌نماها بوده‌اند یا فرگشت یافته یکی از گونه‌های اردیپتکوس‌های منقرض شده بودند، هنوز اطلاعی در دست نیست. پارانتروپوس‌ها جثه‌ای بزرگتر از آسترالوپیتکوس‌ها داشتند. وجود آرواره‌های بزرگ همراه با دندان‌های پهن نیز نشان می‌دهد که آنها اغلب از گیاهان و میوه‌های درختان تغذیه می‌کردند.

همچنین هنوز به درستی مشخص نیست که نسل هوموها (انسان‌ها) از کدام گونه آسترالوپیتکوس‌ها نشأت گرفته است. موضوع عجیبی نیز وجود دارد، اینکه هم زمان با هومو هابیلیس‌ها (انسان‌های ماهر)، گونه‌ای از انسان‌نماها به نام آسترالوپیتکوس رودولفونسیس در نزدیکی آنها می‌زیستند. شاید انسان‌های ماهر به دلیل کمبود غذا، به شکار پسرعموهای خود پرداخته و با خوردن آنها، نسلشان را منقرض کرده باشند!

زندگی گروهی انسان‌نماها چه به خاطر فرار از خطر درندگان بزرگ و چه به دلیل افزایش هوش



اجتماعی آنها بوده، به هر حال باعث حفظ فزاینده نسلشان گردیده است. به هر حال پس از انقراض انسان‌نماها، جهان شاهد پیدایش موجوداتی به نام انسان شد که طی دو میلیون سال بعدی، مانند دایناسورها و حتی برتر از آنها به قدرت برتر کره زمین تبدیل شدند.

ردپای ۳،۵ میلیون ساله
یک آسترالوپیتکوس
محل کشف: تانزانیا

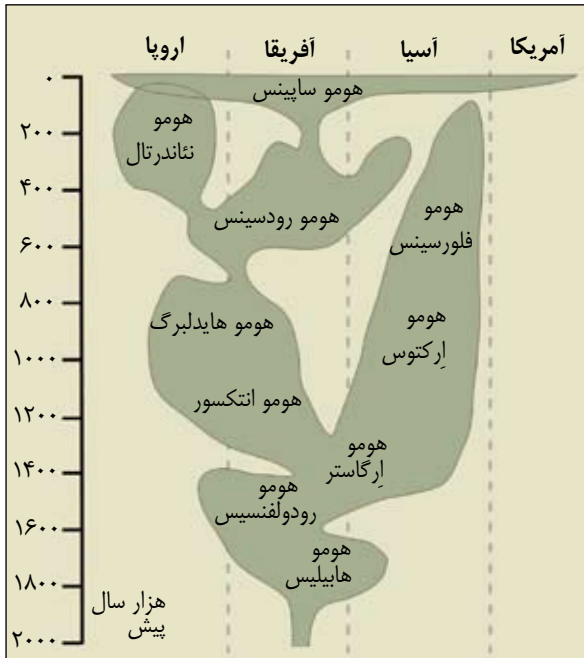
بخش‌هایی از اسکلت
کشف‌شده لوسی
قدمت: ۳،۲ میلیون سال



هومو هابیلیس (انسان ماهر)

کهن‌ترین آثار کشف شده از نژاد انسان، متعلق به گونه‌ی دو میلیون ساله به نام هومو هابیلیس (Homo Habilis) است.

هومو هابیلیس‌ها به دلیل داشتن گنجایش مغز بزرگتر و در نتیجه هوش بیشتر نسبت به آسترالوپیتکوس‌ها، قادر بودند ابزار ساده‌ی سنگی برای شکار یا دفاع از خود بسازند. دانشمندان در اینکه هومو هابیلیس‌ها از کدام گونه‌ی انسان‌نماها فرگشت یافته‌اند، هنوز به نتیجه‌ی قطعی نرسیده‌اند. فسیل‌های متعددی از جمجمه و دیگر استخوان‌های بدن هومو هابیلیس‌ها در شرق و جنوب قاره‌ی آفریقا کشف شده



است. همان‌طور که در نمودار بالا مشاهده می‌کنید، تاکنون گونه‌های مختلفی از نژاد هومو (انسان) کشف

شده‌اند و شاید در آینده نیز کشف بشوند. در این میان، هومو هابیلیس‌ها قدیمی‌ترین نژاد انسان دارای قدرت تفکر و ساخت ابزار شناخته شده‌اند. پیشرفت حنجره و به اشتراک گذاشتن تجربیات از دلایل مهم سیر تکاملی هوموها محسوب می‌شود.

هم‌زمان با هومو هابیلیس‌ها، گونه‌هایی از انسان‌نماها نیز وجود داشتند که مدتی بعد به طور کامل منقرض شده‌اند. شاید دلیل این امر، رقابت بر سر کسب منابع غذایی محدود بوده است که در این رقابت، هوموها به دلیل هوش برتر، غالب شده و باعث مرگ همه‌ی انسان‌نماها گردیده‌اند.

از ویژگی‌های ظاهری هومو هابیلیس‌ها می‌توان به وجود برآمدگی جمجمه در ناحیه‌ی ابرو، دست‌ها و بازوهای بلند، قد کوتاه در حدود ۱۳۰ سانتیمتر و گنجایش مغز در حدود ۷۰۰ سی‌سی اشاره کرد. پس از هومو هابیلیس‌ها، فسیل دو گونه‌ی جدید انسان با ویژگی‌های ظاهری کمی متفاوت به نام هومو ارگاستر (انسان کارگر) و هومو رودلفنسیس (انسان رودلفی) و نیز آثاری از گونه‌ی پارانتروپوس (پرامردم) در ناحیه‌ی شرق آفریقا کشف شده است.



هومو هابیلیس (انسان ماهر)

هومو اِرتوس (انسان راست قامت)

دیرین‌شناسان آثاری متنوعی از انسان پیشرفته‌تر از هوموهابیلیس را در مناطق مختلف آفریقا و نیز آسیا یافته‌اند که متعلق به دوره زمانی ۱،۵ میلیون تا ۸۰۰ هزار سال پیش است. این انسان‌ها که امروزه هومو اِرتوس (*Homo Erectus*) نامیده می‌شوند، علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های نزدیک به انسان امروزی، قادر به تولید وسایلی پیشرفته مانند سلاح و ظروف سنگی و چوبی بودند.

هوموارکتوس‌ها از نظر جسمانی تفاوت چشم‌گیری با انسان‌های امروزی نداشتند و تنها تفاوت مهم در حجمه و آرواره آنها بود. گنجایش حجمه هوموارکتوس‌ها به حدود ۱۲۰۰ سانتی‌متر مکعب افزایش پیدا کرده بود و متوسط قد آنها ۱/۵۰ تا ۱/۶۰ متر بوده است. آنها ابزارسازهای بسیار ماهری بودند و بعضی وسایل کشف شده از نظر مواد اولیه، نوع سنگ و فن‌آوری بسیار قابل توجه هستند. معیشت این انسان‌ها اغلب وابسته بر شکار و گردآوری دانه‌ها بوده است.

نمونه‌هایی از حجمه و آثار اسکلتی هومو اِرتوس‌ها در غاری نزدیک پکن (پایتخت چین) نیز کشف شده است. اینکه هوموارکتوس‌ها چگونه و دقیقاً در چه زمانی از آفریقا به شرق آسیا مهاجرت کرده‌اند، هنوز جای بحث دارد، با این حال کشف آثار دیگری از آنها در گرجستان کنونی، مسیر مهاجرتشان را تقریباً مشخص کرده



هومو اِرتوس
(انسان راست‌قامت)

است. دیرین‌شناسان چینی در غار پکن، همچنین آثاری از سنگ‌های آتش‌زنه و نیز چوب‌های سوخته پیدا کردند و به این ترتیب مشخص شد که هومو اِرتوس‌ها نخستین انسان‌هایی بودند که به تکنیک تولید آتش پی بردند. توانایی تولید آتش و نیز ساختن ابزارهای بسیار دقیق و کارآمد بیانگر بهره‌مندی قابل قبولی از هوش و دانش نزد هومو اِرتوس‌ها بوده است و جای هیچ‌گونه تردیدی را برای حضور فرهنگ ابتدایی در جامعه این گونه از انسان‌ها باقی نمی‌گذارد.

هومو اِرتوس‌ها نخستین انسان‌هایی بودند که موفق به تولید آتش با سنگ چخماقی شدند.





▷ مجموعه هومو هابیلیس
(انسان ماهر)
قدمت: ۲ میلیون سال پیش
محل کشف: کنیا



◁ مجموعه هومو ارکتوس
(انسان راست قامت)
قدمت: ۸۰۰ هزار سال پیش
محل کشف: پکن (پایتخت چین)

هومو نئاندرتال (انسان نئاندرتال)

انسان‌های نئاندرتال (*Homo Neanderthalensis*) نیز گونه‌ای از انسان‌های ماقبل تاریخ بودند که در اروپا و قسمت‌هایی از غرب آسیا (از جمله ایران) سکونت داشتند. اولین نشانه‌ها از نئاندرتال‌های اولیه به حدود ۳۵۰ هزار سال پیش برمی‌گردد. مجموعه غنی از اسکلت این انسان‌ها در حدود ۱۳۰ هزار سال پیش کشف شده است، با این حال از ۵۰ هزار سال پیش دیگر آثاری از نئاندرتال‌ها در آسیا دیده نشده است. با کشفیات به عمل آمده به نظر می‌رسد نسل این انسان‌ها در اروپا حدود ۱۵ هزار سال پیش؛ یعنی اندکی بعد از مهاجرت انسان امروزی به آن قاره منقرض شده باشد.

ساختار بدن نئاندرتال‌ها برای زندگی در آب و هوای سرد دوران آخرین یخبندان سازگاری یافته بود؛ به طور مثال کاسه جمجمه آنها ضخیم و بینی آنها پهن و بزرگ بود. قامت آنها گرچه نسبت به انسان‌های امروزی کوتاه‌تر بود، اما از قدرت بدن بسیار قوی‌تر برخوردار بودند. آنها پاها و بازوان کوتاهتری داشتند و کلاً این خصوصیات فیزیکی در حفظ گرمای بدنشان کمک زیادی می‌کرده است. به طور میانگین، نئاندرتال‌های مذکر دارای قد ۱،۶۵ متر، از نظر وزنی سنگین و به دلیل فعالیت بدنی زیاد دارای استخوان‌بندی قوی بوده‌اند. بلندی زن‌های نئاندرتال نیز حدود ۱،۵ متر بوده است.

انسان نئاندرتال اولیه قادر بوده است که از ابزار سنگی استفاده کند. آنها از نوعی پتک برای ساخت وسایل استفاده می‌کرده‌اند. پتک‌ها معمولاً دو نوع بودند: پتک‌های سبک‌تر که از استخوان، شاخ گوزن یا چوب ساخته می‌شدند و پتک‌های سنگین‌تر که از سنگ ساخته می‌شدند. با بررسی آلات و ادوات بی‌شمار برجای مانده از انسان‌های نئاندرتال که در اکتشافات دیرین شناسان به



▷ مجموعه هومو نئاندرتال
قدمت: ۳۵۰ هزار سال پیش
محل کشف: ناحیه نئاندر آلمان



هومو نئاندرتال

دست آمده است، می‌توان نتیجه گرفت که نئاندرتال‌ها نسبت به گونه‌های پیش از خود بسیار پیشرفته‌تر بوده‌اند. آنها زندگی اجتماعی داشته‌اند و احتمالاً زبانشان مثل زبان انسان‌های امروزی پیچیده نبوده است. تحقیقات بیشتر نشان داده است که نئاندرتال‌ها در کنار قدرت زیادی که داشتند، صدمات بدنی زیادی هم متحمل می‌شدند و چنین به نظر می‌رسد که احتمالاً برای شکار حیوانات بزرگ و وحشی مجبور بودند که به آنها نزدیک شوند و آنها را گرفتار سازند. محل زندگی نئاندرتال‌ها اغلب در غارهای بزرگ کنار جنگل بوده است. دیرین‌شناسان نیز چون برای نخستین بار آثار این گونه انسان را در غار دره نئاندر آلمان کشف کردند، نام نئاندرتال را بر روی آنها گذاشتند.

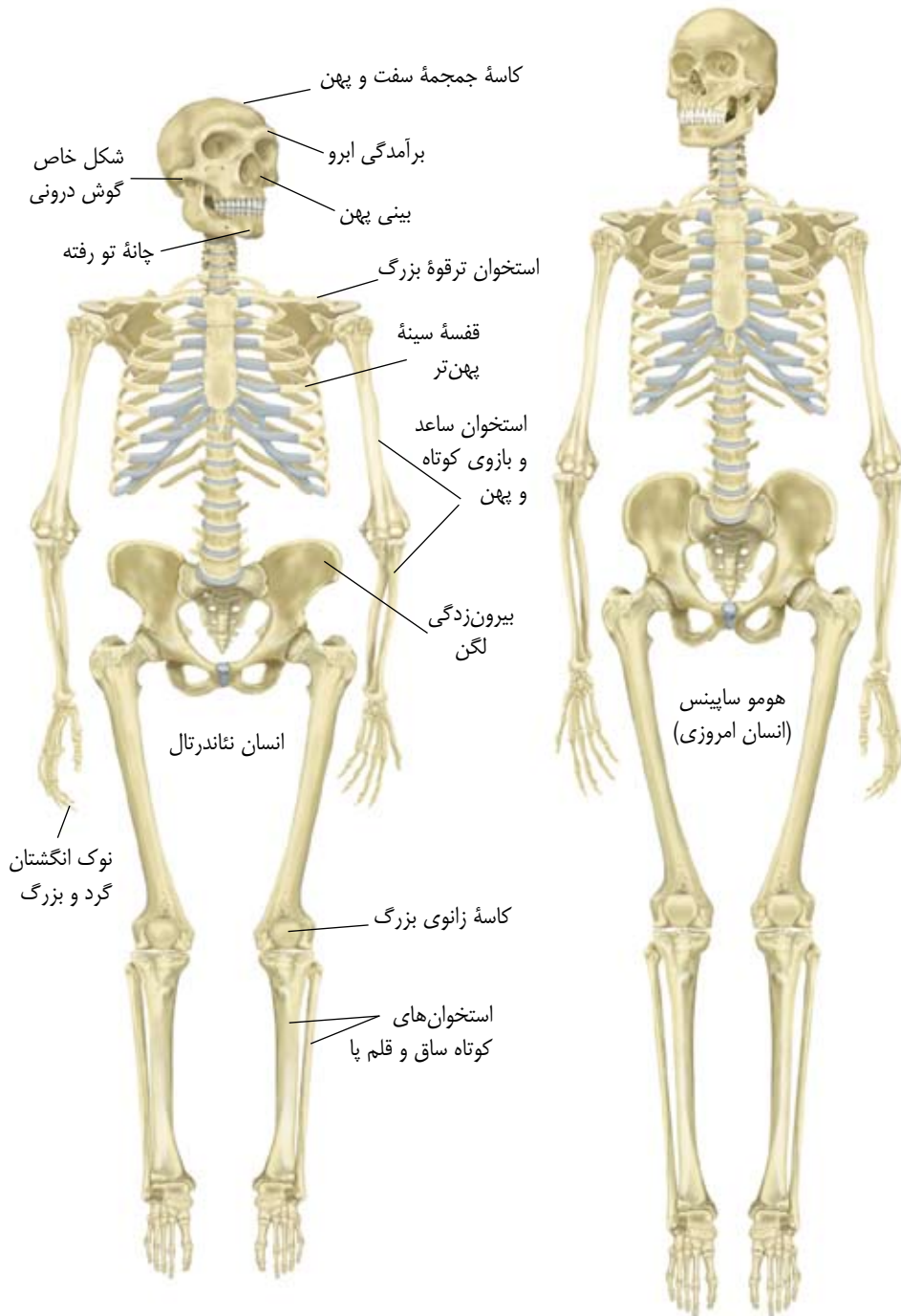
در آلمان، همچنین آثاری از گونه دیگری از انسان‌های اولیه به نام هومو هایدلبرگ کشف شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد هایدلبرگی‌ها، نخستین انسان‌هایی بوده‌اند که مردگان خود را دفن می‌کردند. با این حال هیچ اثر هنری از آنها به دست نیامده است و تنها وسایل دست سازشان، ابزار سنگی بوده است. حد متوسط قامت هایدلبرگی‌ها به

۱،۸ متر می‌رسید و نسبت به نئاندرتال‌ها بدنی به مراتب عضلانی‌تر داشته‌اند. تحقیقات بیشتر بر روی آثار غذایی باقیمانده از آنها مانند استخوان‌های آهو، فیل و کرگدن نشان می‌دهد که هایدلبرگی‌ها، شکارچیان قهاری بودند و می‌توانستند حیوانات درشت جثه با وزن ۷۰۰ کیلوگرم را نیز شکار کنند. از آنجا که هایدلبرگی‌ها کمی پیش از نئاندرتال‌ها در اروپا می‌زیستند، ممکن است به طور مستقیم و یا غیر مستقیم جد آنها بوده باشند.

دلیل انقراض نسل هومو نئاندرتال‌ها به درستی مشخص نیست، شاید یک بیماری فراگیر باعث مرگ همه نئاندرتال‌ها شده باشد، البته کشف یک گردنبند متعلق به انسان‌های ساپینس (امروزی) که دانه‌های آن از دندان انسان نئاندرتال درست شده بود، به نوعی نشان می‌دهد که ممکن است اجداد ما پس از ورود به اروپا با نئاندرتال‌ها درگیر شده و آنها را کشته یا حتی خورده باشند!



هومو نئاندرتال



مقایسه برخی تفاوت‌های انسان امروزی (هومو ساپینس) با انسان منقرض شده نئاندرتال

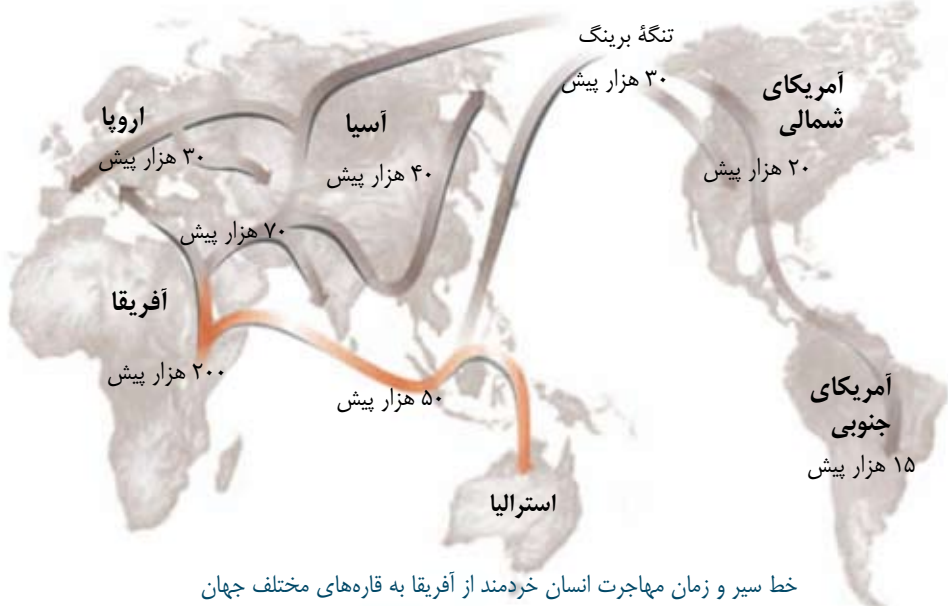
هومو ساپینس (انسان خردمند)



آخرین نمونه فرگشت یافته از گونه انسان‌ها که تمامی انسان‌های امروزی از نسل آنها محسوب می‌شوند، هومو ساپینس‌ها (Homo Sapiens) یا انسان‌های خردمند نام دارند. بقیه گونه‌های قدیمی انسان‌ها از هومو هابیلیس گرفته تا هومو نئاندرتال، طی دوران دو میلیون ساله به دلایل گوناگون منقرض شده‌اند و هومو ساپینس‌ها تنها گونه باقی‌مانده از نسل هوموها (انسان‌ها) محسوب می‌شوند. قدیمی‌ترین اسکلت‌های کشف شده از گونه هومو ساپینس‌ها متعلق به ۲۰۰ هزار سال پیش است که در منطقه‌ای از کشور آفریقای اتیوپی به دست آمده است.

هومو ساپینس‌های اولیه به خاطر ساختار پیچیده‌تر مغزشان، قادر بودند ابزار پیشرفته‌تری نسبت به گونه‌های پیش از خود بسازند. این انسان‌ها حتی بیان و زبان ویژه‌ای هم داشتند و به شکل منطقی به حل مشکلاتشان می‌پرداختند. امروزه نیز درک علم، فرهنگ، ادبیات، موسیقی و هنر فقط

مختص به این گونه می‌باشد. انسان خردمند در گذر زمان ۲۰۰ هزار ساله، مهارت‌ها و دستاوردهای خود را گسترش داده و به پیشرفت قابل ملاحظه‌ای که اکنون شاهد آن هستیم، رسیده‌اند.



انسان‌های خردمند (هومو ساپینس‌ها) به مدت ۱۳۰ هزار سال در آفریقا زندگی کردند. سپس در ۷۰ هزار سال پیش به مرور از قاره آفریقا خارج شدند و پا به قاره آسیا نهادند. شاید مسیر مهاجرت آنها شبیه هومو اریکتوس‌های ۷۰۰ هزار سال قبل بوده است. ۲۰ هزار سال بعد از ورود انسان‌های خردمند به آسیا، برخی از شاخه‌های به جا مانده در آفریقا از طریق دریا به منطقه جنوب شرق آسیا و نیز استرالیا وارد شدند.

از آن طرف انسان‌های آسیایی به مرور و به دنبال یافتن مکان‌های بهتر برای زندگی، کم‌کم به سمت شمال شرق مهاجرت کردند. این مهاجرت ۴۰ هزار ساله سرانجام به اینجا ختم شد که برخی انسان‌ها از تنگه برینگ که آن زمان به دلیل دوره یخبندان هنوز پوشیده از برف و یخ بود و هنوز با آب اقیانوس پر نشده بود، برای نخستین بار وارد قاره آمریکا شدند. به این ترتیب، ۱۵ هزار سال پیش مهاجرت‌های اصلی هومو ساپینس‌ها با کشف سرزمین‌های ناشناخته به پایان رسید و گونه انسان‌های امروزی، تمام جهان را تحت قلمرو خود درآورد.

پس از آن، جامعه انسانی وارد مرحله دیگری از تحولات شد. انسان‌های ساکن در منطقه خاورمیانه موفق شدند با اهلی کردن حیوانات و همچنین روی آوردن به کشاورزی، ساختار زندگی خود را تغییر دهند و به مرور از حالت توحش و غارنشینی به زندگی در جوامع روستایی برسند. این تحول به قدری با اهمیت است که دانشمندان آن را انقلاب نوسنگی می‌نامند، انقلابی که در نهایت منجر به یک سلسله تغییرات

بنیادی در همه عرصه‌های زندگی شد. تحولات آتی به مرور زمینه‌های پیدایش ساختارهای جدید اجتماعی را فراهم آورد که در نهایت منجر به پیدایش خط و ظهور جامعه شهری گردید. پس از آن، سرعت تغییرات به شدت افزایش یافت. طی ۵ هزار سال گذشته، انسان‌ها به چنان پیشرفت‌هایی نائل شد که توانستند کل طبیعت و همه جانداران ساکن بر روی زمین را تحت سیطره خود درآورند و البته در این میان، به دلیل برخی اشتباهات باعث مرگ و انقراض گونه‌های بسیاری از جانداران شدند.

کسی از آینده خبر ندارد. شاید ادامه اشتباهات انسان‌ها در استفاده بیش از حد از منابع طبیعی، آلوده کردن محیط زیست، کاربرد بمب‌های اتمی و شیمیایی در جنگ‌ها و ... در نهایت به انقراض نسل تنها گونه باقی‌مانده از انسان‌ها بینجامد. شاید هم چند هزار سال بعد، نوبت شامپانزه‌ها برسد که بر روی فسیل و جمجمه هومو ساپینس‌های منقرض شده تحقیق کنند!



فصل سوم

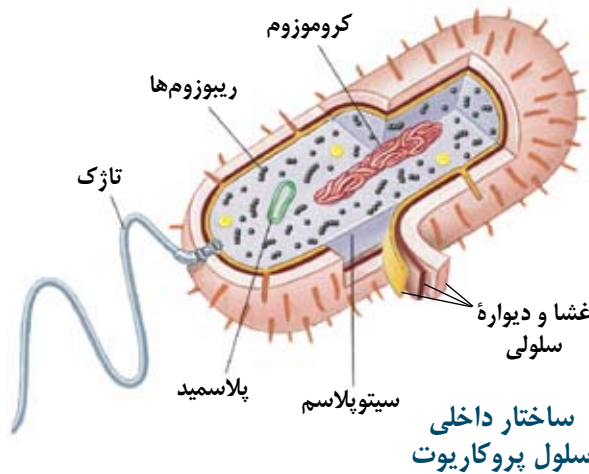
ژنتیک

در فصل و دوم این کتاب، بارها از عبارت جهش ژنتیکی استفاده کردیم. ژنتیک، علم جدید و نوپایی است که وعده می‌دهد در آینده نه چندان دور، انسان‌ها با دستکاری سلول‌های بدن خود و دیگر موجودات (مانند گیاهان و باکتری‌ها) می‌توانند انقلابی در درمان بیماری‌ها و تولید محصولات کشاورزی و دامی باکیفیت‌تر به وجود آورند. گرچه سابقه این علم چندان زیاد نیست ولی در همین مدت کوتاه دانشمندان و مهندسان ژنتیک به موفقیت‌های چشمگیری دست یافته‌اند. تشخیص بیماری‌های ارثی، ساخت انسولین و هورمون رشد انسانی، تولید گیاهان تراریخته پرمحصول و مقاوم در برابر آفات و پرورش گاوهای دارای شیر و گوشت بیشتر از معدود پیشرفت‌های این شاخه از علم محسوب می‌شود. به هر حال، نگاه ما به علم ژنتیک بیشتر جنبه پایه‌ای و اساسی دارد و ما در این بخش سعی کردیم تا حد مقدور این مطالب را نیز به زبان ساده و قابل فهم برای عموم بیان کنیم و از توضیح موضوعات تخصصی‌تر بپرهیزیم. پیش از پرداختن به بحث ژنتیک، ابتدا به ساختار سلول‌ها، نحوه تولید مثل آنها و نیز نحوه ساخت پروتئین‌ها خواهیم پرداخت و در ادامه به موضوع جهش ژن‌ها می‌پردازیم.

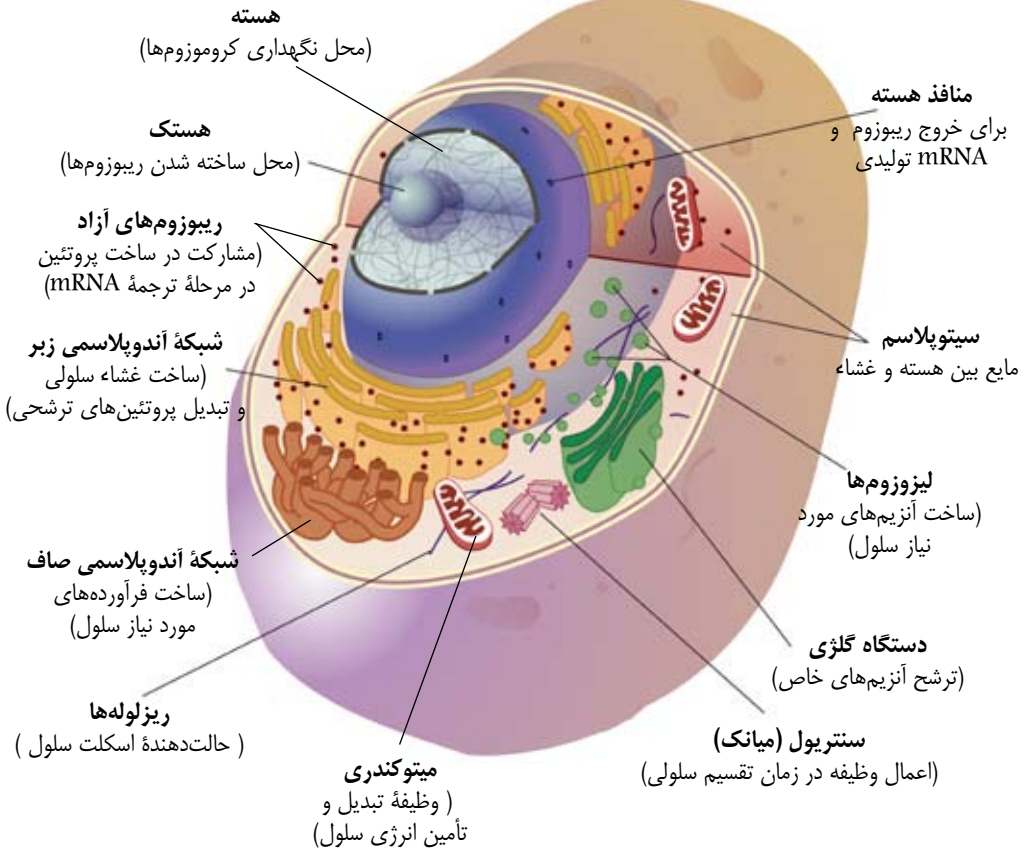
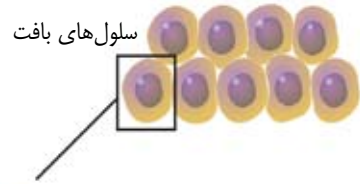
همان‌طور که در ابتدای فصل قبلی بیان کردیم، سلول‌های زنده به دو نوع کلی تقسیم می‌شوند: سلول‌های پروکاریوت (فاقد هسته) و سلول‌های یوکاریوت (هسته‌دار). سلول‌های پروکاریوت شبیه کپسول‌های بسیار ریزی هستند که توسط لایه‌های غشای سلولی محافظت می‌شوند. داخل سلول، مایع سیتوپلاسم قرار دارد که درون آن یک سری رشته‌های طولانی به نام کروموزوم، ریزدانه‌های ریبوزوم و نیز رشته‌های حلقوی

به نام پلاسمید شناور هستند. در این مایع مولکول‌های محلول زیادی نیز مانند آنزیم‌ها حضور دارند.

کروموزوم‌ها که رشته‌های DNA هم نامیده می‌شوند، حامل رمزهایی برای تولید مثل و بیان نحوه کار و فعالیت سلول هستند. پلاسمیدها هم نوعی رشته DNA هستند که گرچه وجود آنها در زنده‌ماندن سلول حیاتی نیست، اما برخی وظایف در بهبود عملکرد سلول را بر عهده دارند.



ساختار داخلی سلول یوکاریوت جانوری



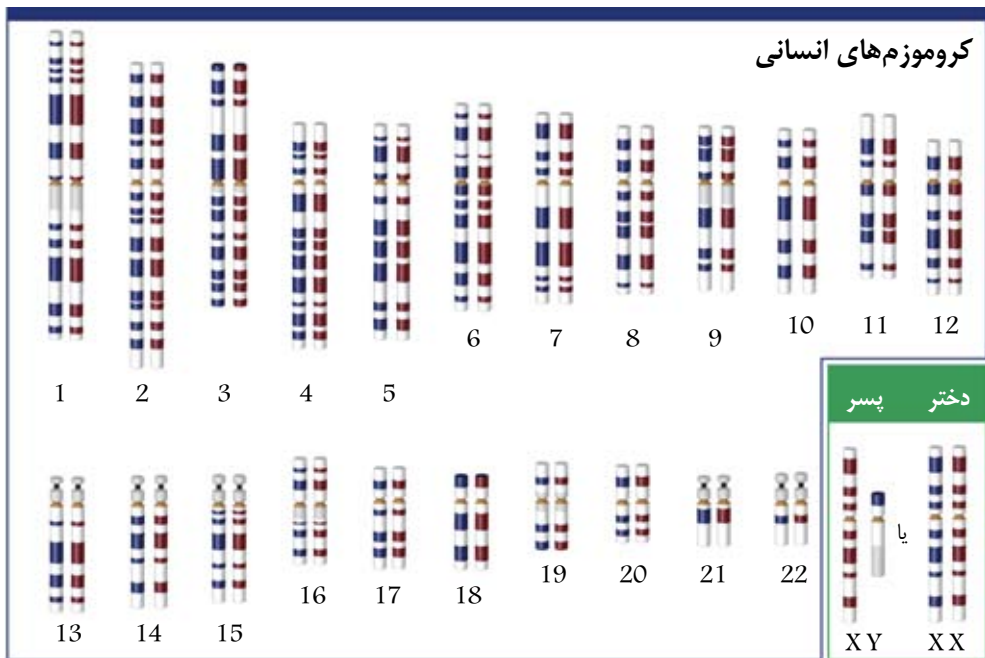
سلول های جانوران و گیاهان از نوع یوکاریوت هستند. این نوع سلول ها هسته ای دارند که در آنها رشته های کروموزوم نگهداری می شوند. در هسته این سلول ها، اندامک هستک نیز وجود دارد که وظیفه ساخت ریبوزومها را بر عهده دارد. ریبوزومها پس از ساخته شدن، از هسته خارج می شوند تا در محیط سیتوپلاسم، به وظیفه مهم خود یعنی مشارکت در تولید رشته های پروتئینی بپردازند. در محیط سیتوپلاسم علاوه بر ریبوزوم، اندامک های مختلفی (مانند شکل بالا) وجود دارند که هر یک کار مشخصی انجام می دهند. برای مثال دستگاه گلژی، آنزیم هایی می سازد تا عمل سوخت و ساز مواد غذایی موجود در سیتوپلاسم راحت تر و سریع تر انجام گیرد. اغلب مواد غذایی (مانند گلوکز و اسید آمینه)، به کمک مویرگ های خونی از دیواره روده ها جذب می شوند و پس از رفتن به مرکز فرماندهی (کبد)، از طریق رگ ها و مویرگ های دیگری به محیط بین سلولی بافت ها ارسال می شوند. این مواد سپس از حفره های غشای سلولی می گذرند و وارد محیط سیتوپلاسم سلول می گردند.

سلول‌های یوکاریوت جانوری و گیاهی تفاوت اندکی نیز با هم دارند. برای مثال سلول‌های گیاهی دارای دیواره سلولی محکم و اندامک‌های کلروپلاست (برای عمل فتوسنتز) و واکئول (برای نگهداری آب و مواد معدنی) هستند، که سلول‌های جانوری از آن بی‌بهره‌اند.

به هر حال، همه سلول‌های یوکاریوت (از جمله همه سلول‌های بدن انسان از سلول‌های پوستی گرفته تا استخوانی، ماهیچه‌ای و عصبی) هسته‌ای دارند که کروموزوم‌ها (رشته‌های DNA) را در خود محافظت می‌کنند. دانشمندان طی سال‌ها تلاش و پژوهش فراوان توانستند به راز وجود کروموزوم‌ها دست یابند. کروموزوم‌ها حامل رمزهای ژنتیکی هستند که از والدین به فرزندان می‌رسد و حاوی تمام دستورالعمل‌های نحوه شکل‌گیری نوزاد، تولید مثل سلولی بافتی و نیز تولید انواع پروتئین‌ها و مواد مورد نیاز سلول‌ها می‌باشند.

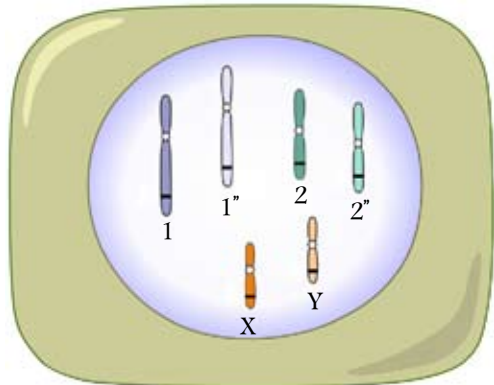
جانداران تقریباً در هسته تمام سلول‌های بدن خود تعداد مشخصی کروموزوم دارند که نیمی از آنها را از پدر و نیمی دیگر را از مادر به ارث برده‌اند. برای مثال در هسته سلول‌های بافتی انسان‌ها (مانند سلول‌های پوستی، ماهیچه‌ای، استخوانی و ...)، ۴۶ کروموزوم وجود دارد که ۲۳ تای آنها از پدر و ۲۳ تای دیگر از مادر به ارث رسیده است. البته در این میان استثناهایی هم وجود دارد، برای مثال گامت‌ها (اسپرم‌ها و تخمک‌ها) حاوی نصف تعداد کروموزوم‌ها و سلول‌هایی نظیر گلبول قرمز نیز اصولاً فاقد کروموزوم هستند. به هر حال اغلب سلول‌های بدن حامل دو کروموزوم جنسی X و Y نیز هستند که جنسیت فرزند را مشخص می‌کنند؛ مثلاً پسرها علاوه بر ۴۴ کروموزوم (۲۲ جفت) عادی، دو کروموزوم XY و دخترها نیز دو کروموزوم XX دارند.

سلول‌ها اصولاً به دو شیوه کلی (تقسیم میتوزی و تقسیم میوزی) تولید مثل می‌کنند. در تقسیم نوع میتوز، دو سلول همانند سلول اصلی و در تقسیم میوز (گامتی)، چهار سلول نیمه تولید می‌شوند.

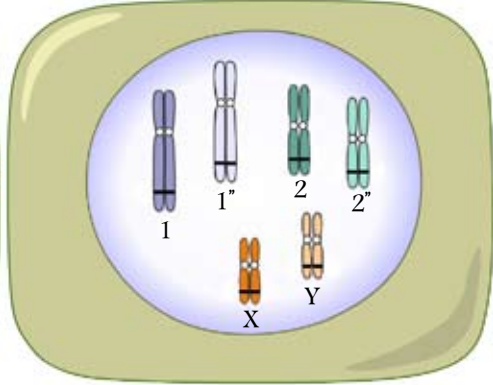
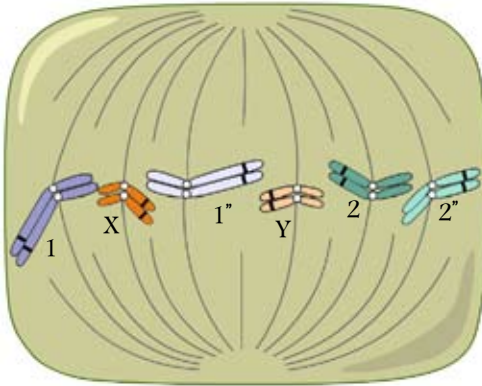


تقسیم میتوزی (Mitosis Division)

در فرآیند میتوزی، یک سلول بافتی مانند سلول پوست، در زمان مشخصی از چرخه عمر سلولی شروع به تقسیم شدن می‌کند. در ابتدا، کروموزوم‌های هسته هر کدام با عمل مضاعف‌سازی، به دو کروموزوم چسبیده به هم تبدیل می‌شوند. سپس اندامک سنتریول (واقع در سیتوپلاسم)، شروع به کشیدن و جدا کردن کروموزوم‌های مضاعف از یکدیگر می‌کند و در نهایت هسته سلول را به دو سلول شبیه هم تقسیم می‌کند.

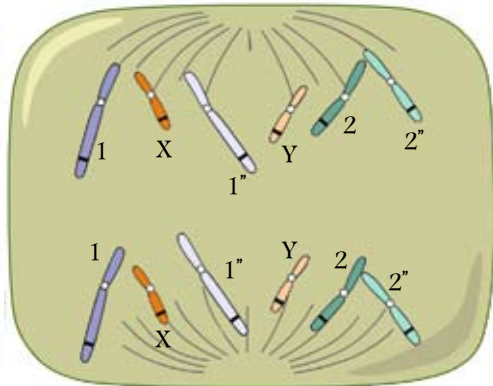
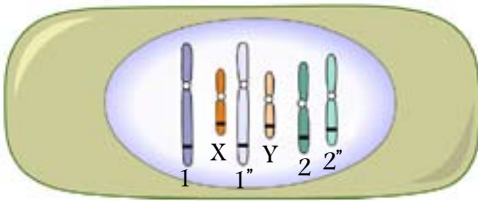


۱- برای سادگی توضیح، تقسیم یک سلول با سه جفت کروموزوم را نشان می‌دهیم. کروموزوم‌های 1 و 2 و Y از پدر و "1" و "2" و X از مادر به ارث رسیده‌اند.



۳- سنتریول‌ها به دو گوشه بالا و پایین هسته می‌روند و با کمک ریزرشته‌ها، کروموزوم‌های مضاعف را وادار به جداسازی از یکدیگر می‌کنند.

۲- در زمان مشخصی از چرخه عمر سلولی، کروموزوم‌های سلول با عمل مضاعف‌سازی، به دو کروموزوم چسبیده به هم تبدیل می‌شوند.

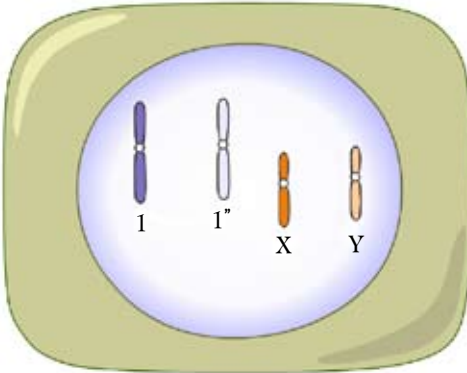


۵- در ادامه، غشای هسته و غشای دور سلولی با کمک رشته‌های پروتئین و لیپیدی موجود ساخته می‌شود.

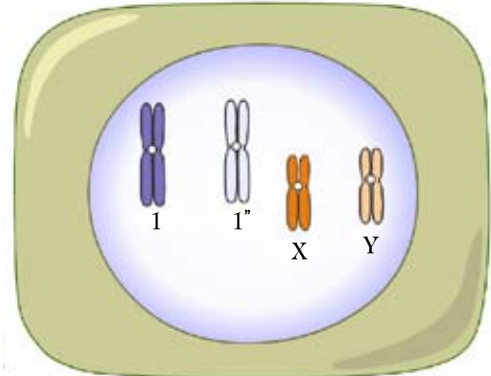
۴- کروموزوم‌های مضاعف از هم جدا می‌شوند و دو هسته با کروموزوم‌ها شبیه هم را تشکیل می‌دهند.

تقسیم میوزی (Meiosis Division)

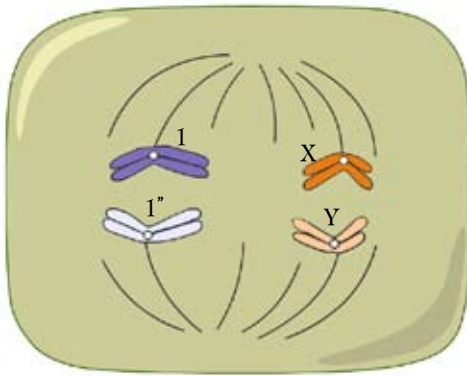
در فرآیند میوزی، سلول‌هایی که وظیفه تولید مثل جاندار را بر عهده دارند، شروع به تقسیم می‌کنند. در این فرآیند، سلول‌ها دو بار تقسیم می‌شوند. در مرحله اول، تعداد کروموزوم‌ها نصف می‌شود و در مرحله دوم، کروموزوم‌های مضاعف از یکدیگر جدا می‌شوند و به این ترتیب، چهار سلول با نصف تعداد کروموزوم‌های سلول اصلی تولید می‌شود. سلول‌های حاصل گامت (Gamete) نامیده می‌شوند.



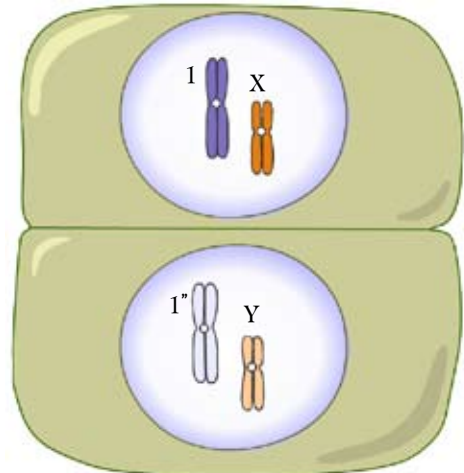
۱- برای سادگی توضیح، تقسیم یک سلول با دو جفت کروموزوم را نشان می‌دهیم.



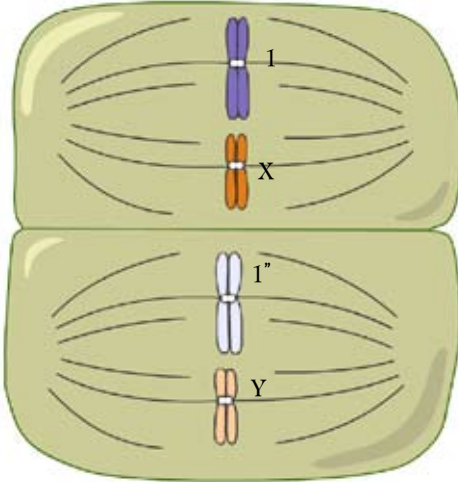
۲- در زمان مشخصی از چرخه عمر سلولی، کروموزوم‌های سلول عمل همانندسازی خود را انجام می‌دهند.



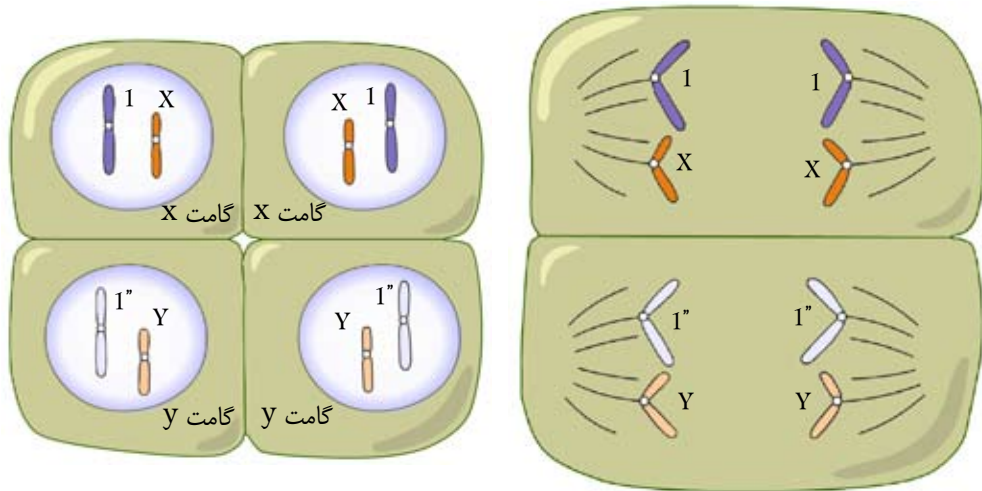
۳- سنتریول‌ها با کمک ریزرشته‌ها، کروموزوم‌های هم‌تارا وادار به حرکت به قطبین هسته سلول می‌کنند.



۴- دو سلول با کروموزوم‌های همانند تولید می‌شود.



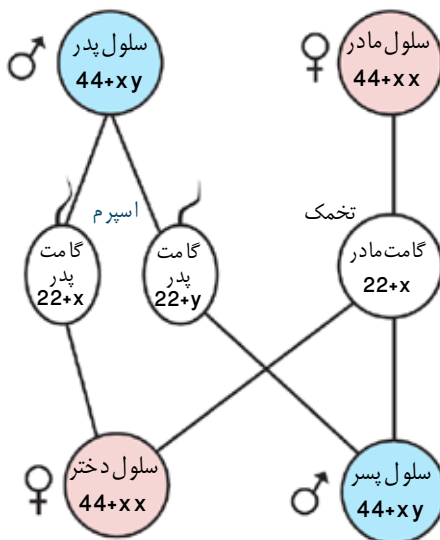
۵- عمل تقسیم سلولی بار دیگر انجام می‌گیرد.



۶- این بار کروموزوم‌های مضاعف از هم جدا می‌شوند. ۷- چهار سلول گامت برای انجام عمل لقاح آماده شده‌اند.

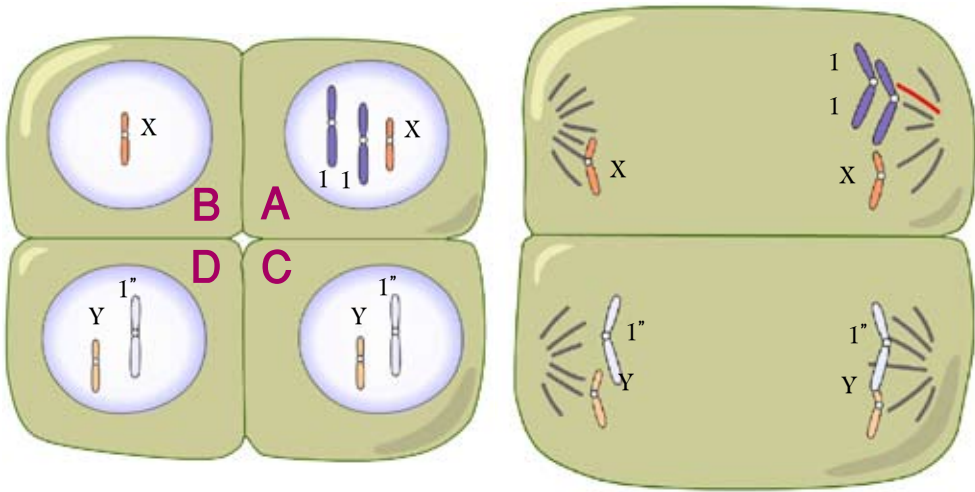
لقاح و تولید مثل

همه جانداران برای حفظ نسل خود، تولید مثل می‌کنند. البته برخی مانند باکتری‌ها، با تقسیم دوتایی (میتوز) این کار را انجام می‌دهند و برخی دیگر مانند انسان‌ها، تولید مثل را با عمل لقاح انجام می‌دهند. اغلب جانوران، دارای دو جنس نر و ماده هستند. همان‌طور که گفتیم، سلول‌های بدن نر دارای ۴۴ عدد کروموزوم به علاوه کروموزوم‌های نوع X و Y و سلول‌های بدن ماده، حامل ۴۴ عدد کروموزوم به علاوه دو کروموزوم X و X می‌باشند. بخشی از اندام بدن نرها و ماده‌ها مسئول ساخت گامت به شیوه تقسیم میوزی هستند. در نرها، این اندام بیضه و در زن‌ها، تخمدان نام دارد. گامت نر نیز اسپرم و گامت ماده، تخمک نامیده می‌شود.



پس از عمل لقاح، گامت‌های نر و ماده با یکدیگر ترکیب شده و بسته به نوع فرزند، سلول‌های کامل (۴۴ کروموزوم به علاوه X و Y برای پسر یا ۴۴ به علاوه X و X برای دختر) را تولید می‌کنند. به عبارت دیگر، این گامت‌های پدری هستند که با داشتن کروموزوم‌های X و Y می‌توانند جنسیت فرزند (پسر یا دختر) را مشخص کنند.

گامت‌های پدری (اسپرم) مردها در بافتی به نام بیضه ساخته می‌شوند. در آنجا (مطابق شکل صفحه بعد)، یک سلول ابتدا با تقسیم میتوزی به دو سلول همانند تبدیل می‌شود. در مرحله بعدی B، سلول‌ها با تقسیم میوزی گامت‌های X و Y را می‌سازند. سلول‌های گامتی این بار با عمل میتوزی، خود را تکثیر می‌کنند.



۱- در هنگام جدا شدن کروموزوم‌های مضاعف، اشتباهی رخ می‌دهد و یکی از کروموزوم‌ها از دیگری جدا نمی‌شود
 ۲- به این ترتیب، چهار گامت تولید می‌شوند که یکی از آنها کروموزوم اضافی و دیگری کمبود کروموزوم دارد.

بیماری‌های ژنتیکی حاصل از تقسیم اشتباه سلولی

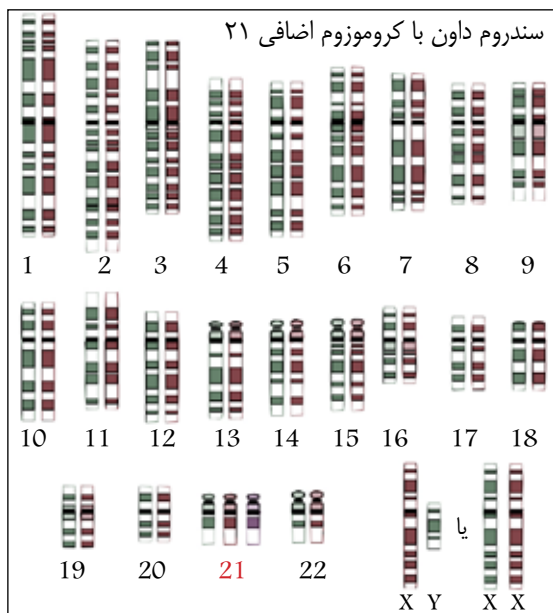
در بخش تقسیم میتوز و میوز خواندیم که به هنگام تقسیم سلولی، اندامک سانتیریول به کمک رشته‌هایی تلاش می‌کند کروموزوم‌های هم‌تا یا مضاعف را از یکدیگر جدا کند. البته همیشه این عمل موفقیت‌آمیز نیست و در شرایط خاص، این عمل به درستی انجام نمی‌شود و یکی از کروموزوم‌ها یا بخشی از آن، جدا نمی‌شوند و به اشتباه وارد سلول دیگر می‌شوند. در این حالت، دو سلول یکی ناقص و دیگری با کروموزوم اضافی به وجود خواهد آمد. در بافت‌های سلولی مانند پوست، بسته به نوع تقسیم ممکن است این تقسیم اشتباه مشکل خاصی به وجود نیارد و البته ممکن هم است که به بروز سرطان منجر گردد، اما در تقسیم میوز و تولید گامت‌های جنسی این اشتباه به تولید جنین ناقص و در نتیجه مرگ نوزاد یا تولد نوزاد با بیماری ژنتیکی منجر می‌شود.

یکی از متداول‌ترین بیماری‌های ژنتیکی حاصل از تقسیم اشتباه سلولی، سندروم داون است که در اصطلاح عامیانه به آن مُنگولیسم گفته می‌شود. در این بیماری، به هنگام تقسیم گامت، کروموزوم مضاعف شماره ۲۱ به درستی

تقسیم نمی‌شود و در نتیجه گامتی با یک کروموزوم اضافی تولید می‌شود. پس از عمل لقاح، کودکی که به دنیا می‌آید دارای ۴۶ کروموزوم سالم به علاوه یک کروموزوم اضافی شماره ۲۱ خواهد بود. وجود این کروموزوم اضافی است که باعث بروز ناهنجاری‌هایی در شکل ظاهری و نیز رفتار کودک می‌گردد. دلیل اصلی این تقسیم اشتباه تاکنون کشف نشده است، اما از آنجا که بسیاری این کودکان از مادران بالای ۳۵



کودک مبتلا به سندروم داون

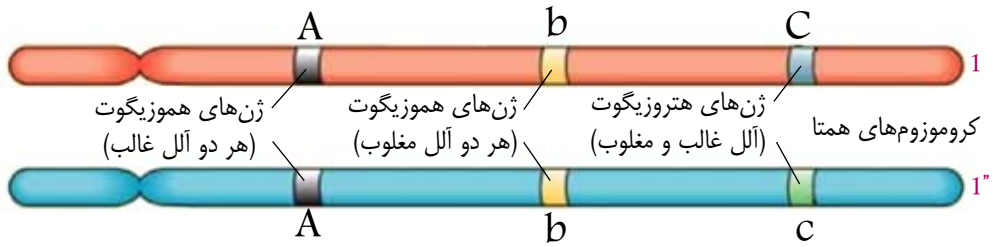


سال سن متولد شده‌اند، پزشکان معتقدند که تقسیم اشتباه با بالا رفتن سن مادر و کاهش قدرت باروری آنها مرتبط باشد. از دیگر بیماری‌های تقسیم اشتباه سلولی که در کودکان متولد شده دیده می‌شود، می‌توان به سندروم کلاین فلتر (داشتن یک کروموزوم اضافی X)، سندروم فریاد گربه (کمبود قطعه‌ای از کروموزوم شماره ۴ یا ۵)، سندروم ترنر (نبودن یک کروموزوم X یا بخشی از آن) اشاره کرد. البته به جز سندروم داون (منگولیسم)، بیشتر این کودکان معصوم پس از چند سال، جان خود را از دست می‌دهند. دانشمندان بالا رفتن سن ازدواج و نیز وجود تشعشات هسته‌ای و

امواج زینبار (مانند پارازیت‌های ماهواره‌ای) را از عوامل دخیل در بروز بیماری‌های ژنتیکی می‌دانند.

آل، فنوتیپ، ژنوتیپ

گفتیم که هر سلول بدن انسان دارای جفت کروموزوم‌های همتا هست که یکی از پدر و دیگری از مادر به ارث رسیده‌اند. هر کروموزوم دارای بخش‌های کوچکی است که به آنها ژن گفته می‌شود. ژن‌های وظایف خاصی مانند بروز ویژگی ظاهری فرد یا رمز ساخت پروتئین را بر عهده دارند که در ادامه فصل به آنها خواهیم پرداخت. ژن‌های متناظر بر روی جفت کروموزوم‌های همتا، آلل (Allele) نامیده می‌شوند. همچنین اگر این دو ژن متناظر بر روی کروموزوم‌های همتا دقیقاً شبیه هم باشند، آنها را هموزیگوت (Homozygote: همسان) می‌گویند و اگر برخی رمزهای آنها با یکدیگر متفاوت باشد، آنها را هتروزیگوت (Heterozygote: ناهمسان) می‌نامند. گاهی این سؤال مطرح می‌شود که اگر هر فرد دارای دو کروموزوم همتا (یکی از پدر و دیگری از مادر) است، خصوصیتی مانند رنگ چشم و مو، شکل گوش و بینی او از کدام والدینش به ارث می‌رسد؟ جواب این است که از هر دو، البته آنچه ظاهر می‌شود مربوط به ژن غالب است. مثلاً ممکن است ژن مربوط به رنگ چشمی که از پدر به ارث رسیده باشد، غالب باشد و رنگ چشم مادر مغلوب، بنابراین آنچه در شکل ظاهری فرزند بروز خواهد کرد، رنگ چشم غالبی خواهد بود که از پدرش به ارث رسیده است. همچنین ممکن است ژن مربوط به شکل ظاهری گوش که از مادر به ارث رسیده باشد، غالب باشد و ژن پدری مغلوب، بنابراین فرزند گوش‌ش شبیه گوش مادر خواهد داشت. ژن‌های غالب بر روی کروموزوم‌ها را با حروف لاتین بزرگ و ژن‌های مغلوب را با حروف لاتین کوچک نشان می‌دهند. البته الزاماً همه خصوصیات به ارث رسیده، دقیقاً شبیه پدر یا مادر نیست، بلکه در برخی خصوصیات مانند حالت موی سر می‌تواند حد میانی خصوصیات پدر و مادر را داشته باشد.



در شکل بالا، دو کروموزوم همتا را مشاهده می‌کنید که جایگاه سه ژن آن مورد مقایسه قرار گرفته است. البته کروموزوم‌ها بیش از این تعداد ژن دارند، مثلاً کروموزوم‌های انسانی هر کدام حدود ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ جایگاه ژنی دارند. در این شکل، ژن‌های متناظر ناحیه A هر دو هموزیگوت (همسان) و نیز هر دو غالب هستند، بنابراین خصوصیات غالب آنها در فرزند ظاهر خواهد شد. ژن‌های ناحیه b گرچه همسان هستند، ولی هر دو از نوع مغلوب هستند، بنابراین خصوصیات مغلوب این ژن در فرزند ظاهر خواهد شد. ژن‌های ناحیه C از نوع هتروزیگوت (ناهمسان) و یکی غالب و دیگری مغلوب هستند. بنابراین آن ژن که غالب است (C)، خصوصیات خود را نشان خواهد داد و ژن مغلوب در حضور ژن غالب، قدرت خودنمایی نخواهد داشت.

دو تعریف دیگر نیز در بحث ژنتیک وجود دارند. یکی فنوتیپ (Phenotype) است که به خصوصیات ظاهری فرد اطلاق می‌شود و دیگری ژنوتیپ (Genotype) است که نوعی نمایش حروف ژنتیکی ژن‌ها است. برای توضیح این موارد مثالی می‌زنیم. می‌دانیم که رنگ قهوه‌ای، آلل غالب ژن‌های مربوط به رنگ چشم است؛ یعنی در صورتی که فرزندی از پدر و مادرش ژن‌های آلل رنگ آبی و قهوه‌ای را دریافت کند، از آنجا که آلل غالب (قهوه‌ای) در ژن‌هایش وجود دارد، چشم او حتماً قهوه‌ای خواهد شد و تنها در صورتی چشم او به رنگ آبی در خواهد آمد که ژن‌های به ارث رسیده، هر دو از نوع مغلوب (رنگ آبی) باشند.

در زمان‌های قدیم گاهی رویدادهای عجیب رخ می‌داد. مثلاً فرزندی با چشم آبی از پدر و مادری که رنگ چشم هر دوی آنها قهوه‌ای بود، متولد می‌شد! شبیه همین رویداد عجیب هم در آزمایشات مندل روی داد. او متوجه شده بود که اگر دو نخود فرنگی سالم و چروکیده را با هم لقاح دهد، همهٔ نخودهای نسل اول به عمل آمده، دارای پوست سالم خواهند بود، ولی اگر همین نخودهای سالم را با هم لقاح دهد، تعدادی نخود با پوست چروکیده به دست می‌آید. مندل بسیار تلاش کرد تا توضیحی برای این رویداد پیدا کند، ولی عمرش کفاف نداد.



ژنوتیپ : چشم آبی ژنوتیپ : aa
آلل‌ها : هموزیگوت مغلوب

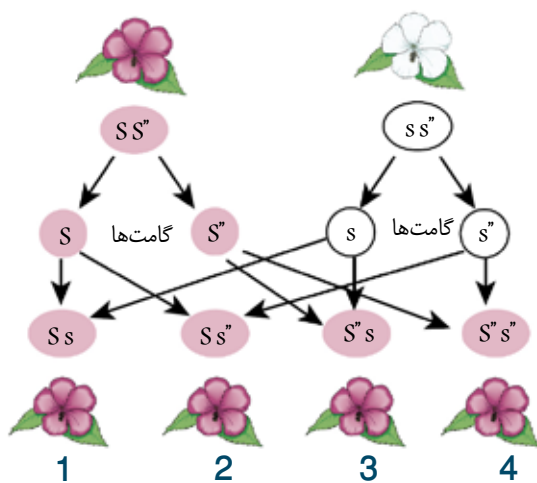
Presents to
Miss.LE



ژنوتیپ : چشم قهوه‌ای ژنوتیپ : AA یا Aa
آلل‌ها : هموزیگوت غالب یا هتروزیگوت

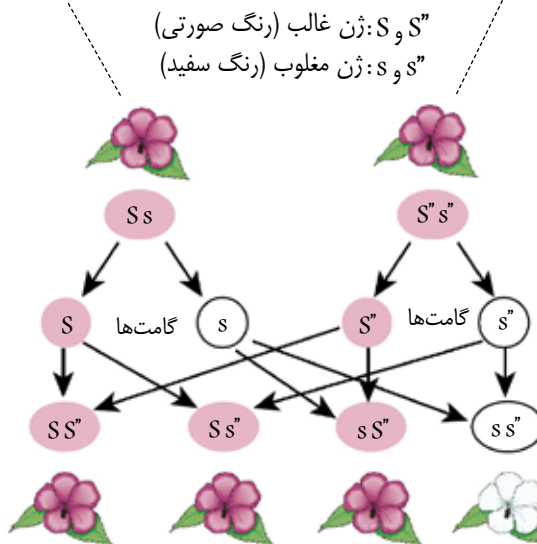
تا سی سال پس از مرگ مندل، تحقیقات وی توسط جامعه علمی نادیده گرفته شد، اما در اوایل قرن بیستم، برخی دانشمندان با مطالعه کتاب آزمایشات وی به موضوع وراثت علاقمند شدند و پیگیر تحقیقات وی شدند. سرانجام محققان پس از حدود ۵۰ سال تلاش مداوم به راز وراثت ژنتیکی پی بردند. برای توضیح دلایل رویدادهای عجیب به شکل زیر توجه کنید. دو گل صورتی و سفید را در نظر بگیرید. گل صورتی حامل ژن‌های همسان غالب SS و در طرف مقابل گل سفید حامل ژن‌های همسان مغلوب ss می‌باشد. اگر ما این دو گل را با یکدیگر لقاح دهیم، در آن صورت چهار گل صورتی (هر کدام با احتمال یک چهارم) به وجود خواهند آمد. از آنجا که همه این گل‌های نسل اول، حامل ژن غالب رنگ صورتی (S یا S) هستند، بنابراین همگی به رنگ صورتی در خواهند آمد.

حال اگر گل‌های حاصل (مثلاً شماره ۱ و ۴) را با یکدیگر لقاح دهیم، گامت‌های غالب و مغلوب با یکدیگر ترکیب شده و چهار گل (هر یک با احتمال یک چهارم) با ژنوتیپ‌های همسان غالب، ناهمسان غالب-مغلوب و همسان مغلوب (در این



مقاله $SS \times ss$ (تولید خواهند شد. در این میان، سه گل اول که حاوی ژن غالب S یا S هستند، به رنگ صورتی و گل آخری که فاقد ژن غالب است، به رنگ سفید در خواهد آمد.

خصوصیات ژنتیکی افراد مانند رنگ چشم تا نسل‌ها می‌تواند با حالت غالب-مغلوب مخفی بماند و چند نسل بعد در یکی از فرزندان ظاهر شود. اکنون می‌توانید دلیل به وجود آمدن نخود فرنگی‌های سالم و چروکیده را در نسل دوم آزمایشات مندل دریابید. همچنین بعد از این اگر فرزندی چشم آبی از پدر و مادری چشم قهوه‌ای دیده، متوجه خواهید شد که پدر و مادر او حامل ژن‌های غالب و مغلوب بودند و چون فرزند آنها تنها ژن‌های مغلوب را به ارث برده است، به همین دلیل رنگ چشمانش آبی شده است. البته گفتیم که شرایط همواره به گونه‌ای نیست که فقط فنوتیپ ژن‌های غالب یا مغلوب ظاهر شوند، بلکه گاهی ترکیب آنها نیز خود را نشان می‌دهند؛ مثلاً اگر پدری صاحب موهای مجعد و مادر دارای موهای صاف باشد، احتمال دارد که فرزند صاحب موهای موج‌دار شود.



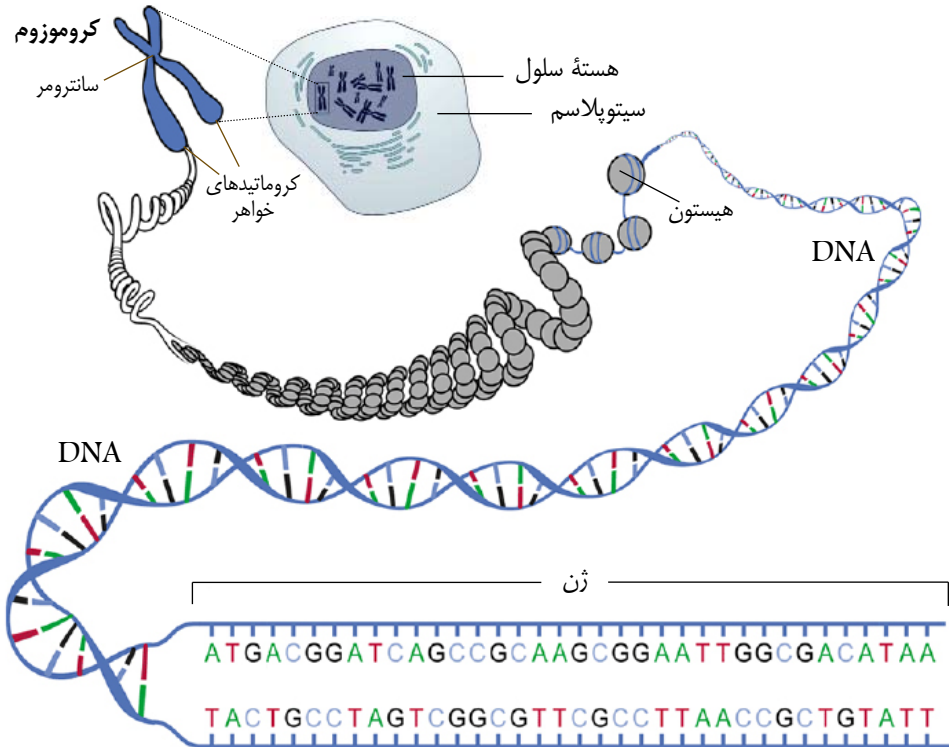
مجموع کروموزوم‌های انسان حاوی بیش از ۳۲ هزار ژن است و ترکیب این ژن‌ها با یکدیگر و همچنین جهش‌های نقطه‌ای باعث پدید آمدن میلیاردها انسان شده است که هیچ‌کدام دقیقاً شبیه دیگری نیستند.

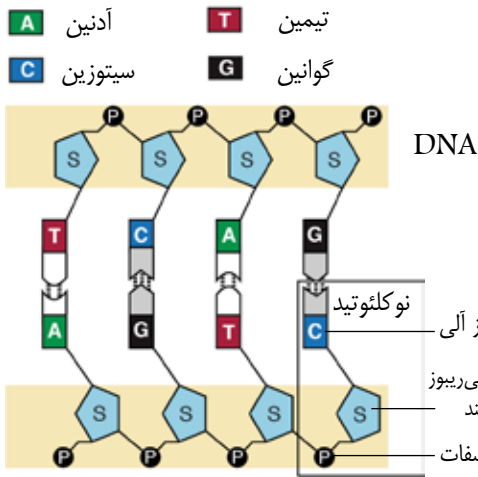
کروموزوم، DNA و ژن

گفتیم که در هسته تمام سلول‌های انسان (به جز گامت‌ها و گلبول قرمز) ۴۶ کروموزوم وجود دارد. سلول‌های موجودات دیگر نیز حاوی کروموزوم است؛ برای مثال شامپانزه و گوریل ۴۸، میمون ۶۲، اسب ۶۶، فیل ۵۶، موش آزمایشگاهی ۴۰، خرگوش ۴۴، مگس میوه ۸ و در گیاهان نیز گندم ۱۴، ذرت ۲۰ و چغندر ۱۸ کروموزوم دارند. مورد عجیب در بررسی کروموزوم‌های انسان و گونه نزدیک به آن یعنی شامپانزه نشان می‌دهد که کروموزوم شماره ۲ انسان، حاصل ترکیب کروموزوم‌های شماره ۲ و ۳ شامپانزه‌ها و دیگر هومونیدها است و همین موضوع باعث شده است که انسان ۲۳ جفت و شامپانزه‌ها ۲۴ جفت کروموزوم داشته باشند. همچنین مقایسه ژنوم (کل ژن‌ها) انسان و شامپانزه نشان از شباهت ۹۸.۷٪ آنها با یکدیگر دارد!

مشخص شده است که تفاوت در تعداد کروموزوم‌ها و به تبع آن شکل گونه‌ها به دلیل جهش‌های نقطه‌ای و کلی بوده است، به طوری که رگه‌هایی از اشتراک ژنتیکی میان آنها دیده می‌شود. برای مثال بخش‌هایی از همین کروموزوم شماره ۲ میان انسان، گربه و موش مشترک است. این موضوع نیز ثابت می‌کند که همه جانداران در گذشته دور از یک ریشه جدا شده‌اند. در مورد جهش‌ها بعداً توضیحات بیشتری خواهیم داد و فعلاً به بحث کروموزوم‌هایم پردازیم.

همان طور که در شکل زیر می‌بینید، کروموزوم‌ها ساختاری فشرده از زوج رشته‌هایی مارپیچی به نام DNA هستند که در مناطقی دور پروتئین‌های گرد هستون پیچیده شده‌اند. کروموزوم‌ها اغلب به شکل استوانه‌ای





دیده می‌شوند و تنها در هنگام تقسیم سلولی، مضاعف‌سازی کرده و به دو کروموزوم چسبیده به هم (به نام کروماتیدهای خواهری) تبدیل می‌شوند. در این حالت، کروموزوم‌ها در محلی به نام سانترومر به هم چسبیده باقی می‌مانند تا اینکه اندامک‌های سانتیریول به کمک ریزرشته‌ها آنها را از یکدیگر جدا کنند.

در ابتدای فصل دوم خواندید که درشت مولکول‌های زیستی DNA و RNA از به هم پیوستن زنجیره نوکلئوتیدها به وجود می‌آیند. نوکلئوتیدها

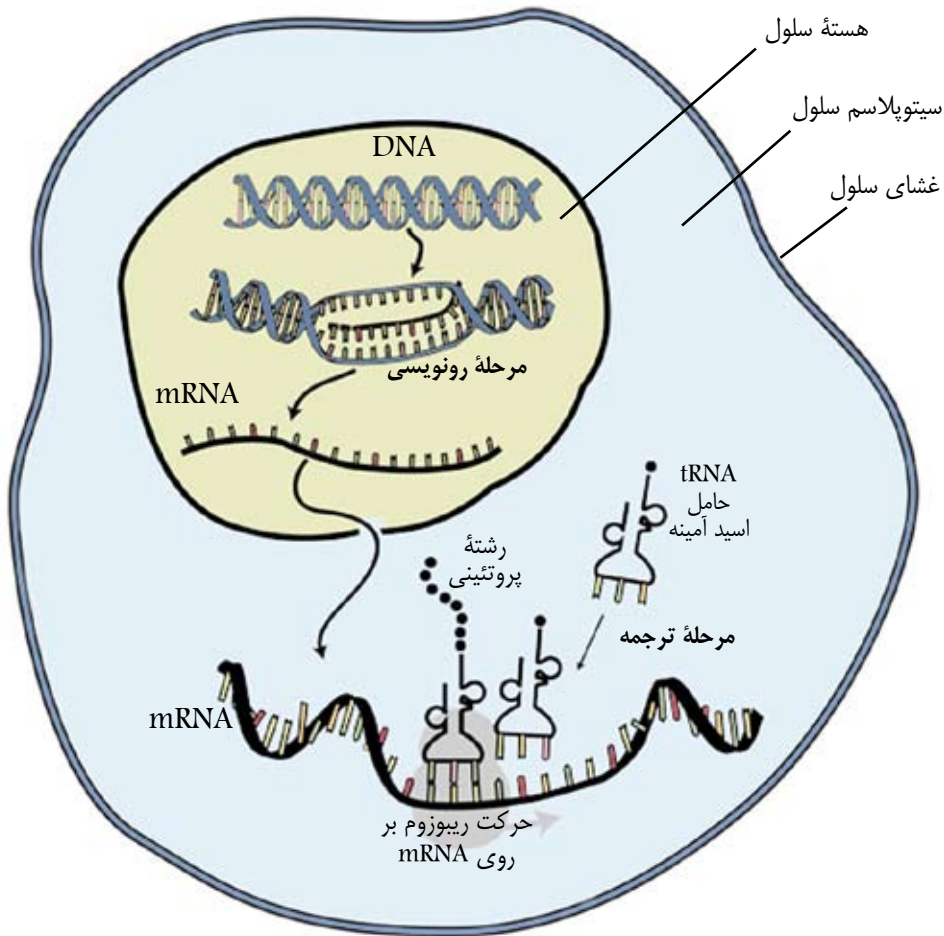
خود از ترکیب سه مولکول فسفات، قند و باز آلی تشکیل می‌شوند و تفاوت عمده نوکلئوتیدهای شکل‌دهنده DNA و RNA در نوع قند آنها است که در DNA این قند از نوع دئوکسی‌ریبوز است و باز آلی آن می‌تواند از چهار نوع A, T, C, G می‌باشد، در حالی که باز آلی RNA از چهار نوع A, U, C, G تشکیل شده است. رشته DNA را می‌توان نردبانی در نظر گرفت که نرده‌های دو طرف آن از پیوند شیمیایی قند و فسفات و پایه‌های آن نیز از پیوند بازهای آلی با یکدیگر ساخته شده است. در اینجا نیز باز آلی A (آدنین) تنها با C (سیتوزین) و باز آلی T (تیمین) تنها با G (گوانین) پیوند مکمل برقرار می‌کنند.

ژن به زبان ساده به قطعاتی از DNA گفته می‌شوند که حامل اطلاعات مشخص مثلاً تعیین ساختار کلی بدن جاندار و یا حامل کدهای ساخت پروتئین‌های مختلف باشد.

برخلاف تصور عموم، پروتئین‌ها همان گوشت و تخم‌مرغ نیستند! آنها درشت مولکول‌هایی هستند که از به هم پیوستن مولکول‌های کوچکتر اسید آمینه تشکیل می‌شوند و نقش مهم و اساسی در شکل‌گیری بدن ما دارند، به طوری بیش از نیمی از وزن خشک بدن انسان و دیگر موجودات را پروتئین‌ها تشکیل می‌دهند!

غذایی که ما می‌خوریم، به کمک آنزیم‌های ترشح شده از دیواره معده، کیسه صفرا و لوزالمعده شکسته شده و به قطعات کوچکتر تقسیم می‌شوند. برای مثال درشت مولکول‌های هیدروکربن به گلوکز و پروتئین‌ها نیز به اسید آمینه تجزیه می‌شوند. این مواد ریز شده توسط مویرگ‌های خونی از دیواره روده جذب شده و به کبد می‌روند. در کبد بخشی از این مواد ذخیره می‌شوند و بقیه از طریق دیگر رگ‌های خونی به محیط بین سلولی بافت‌ها می‌رسند. غشای سلول‌ها نیز از طریق حفره‌های خود، این مواد را برای مصرف، جذب سلول می‌کند.

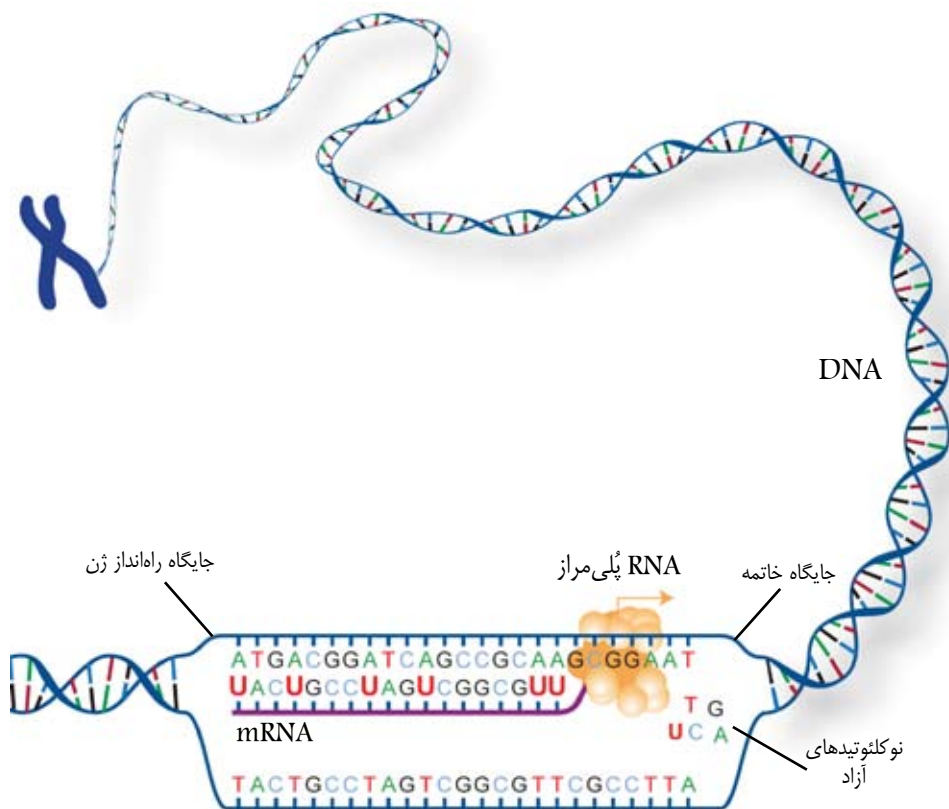
در بحث بعدی خواهیم دید که چگونه در سلول، اسید آمینه‌های جذب شده، طبق فرمولی که در ژن‌ها رمز شده‌اند، دوباره به یکدیگر می‌پیوندند و به رشته‌های پپتیدی و پروتئینی تبدیل می‌شوند. بخشی از این رشته‌های تولیدی به مصرف خود سلول می‌رسند، بخش دیگر در ساخت اندامک‌های جدید برای زمان تقسیم سلولی به کار می‌روند، بخشی به شکل ترکیبات آنزیم و هورمون از سلول ترشح می‌شوند و بقیه با مواد معدنی خارج سلول ترکیب می‌شوند و به صورت اجزایی مانند رشته‌های کلاژنی استخوان، مو و ناخن ظاهر می‌شوند.



تولید پروتئین در سلول

همه مراحل تولید پروتئین در سلول‌های پروکاریوت در همان محیط سیتوپلاسم صورت می‌گیرد، ولی در سلول‌های یوکاریوت که غشای هسته، رشته‌های DNA را محافظت می‌کند، بخشی از کار (رونویسی) در هسته و بخش دیگر (ترجمه) در خارج از هسته انجام می‌گیرد.

در مرحله رونویسی، ابتدا بخشی از رشته DNA توسط آنزیمی مانند زیپ باز می‌شود، سپس آنزیم شروع به خواندن توالی کدهای DNA می‌کند و هم‌زمان یک کپی اولیه از روی آن‌ها رونویسی می‌کند. سپس بخش‌هایی از این رشته کپی شده که حاوی کدهای بی‌مصرف (اینترون) هستند، حذف می‌شوند و به این ترتیب، رشته بالغ RNA پیک (messenger RNA) ساخته می‌شود. mRNA تولیدی سپس از روزنه غشای هسته خارج گردیده و وارد محیط سیتوپلاسم می‌شود. در مرحله بعد، ریبوزوم‌ها به سوی رشته تازه وارد می‌روند و به کمک RNA دیگری که حامل (transfer RNA) نامیده می‌شود، اسیدآمین‌های متناظر با کدهای رشته mRNA را به یکدیگر می‌چسبانند و به این ترتیب رشته پروتئینی ساخته می‌شود.



۱- مرحله رونویسی: ساخت رشته mRNA از روی رمزهای DNA در داخل هسته سلول

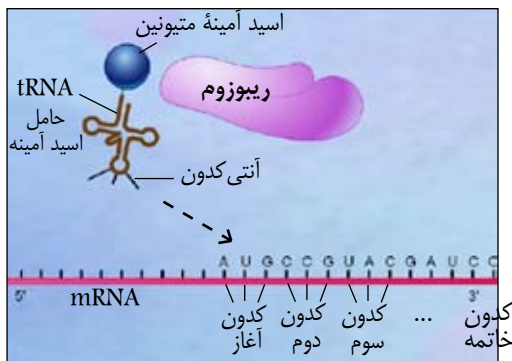
گفتیم که مرحله رونویسی از کدهای DNA و تبدیل آن به mRNA در هسته سلول انجام می‌گیرد. در این بخش، ابتدا یک آنزیم به نام RNA پلی‌مراز بر روی DNA شروع به حرکت می‌کند و وقتی به ناحیه راهانداز ژن رسید، رشته جفت شده DNA را به شکل زیپ باز می‌کند. سپس با حرکت بر روی یکی از رشته‌ها، کدهای آن را می‌خواند و با استفاده از نوکلئوتیدهای آزاد که در اطراف DNA پراکنده‌اند، شروع به ساختن رشته جدید RNA می‌کند. تفاوت رشته RNA با DNA در این است که در برابر هر مولکول باز آلی نوع A، یک باز از نوع U (یوراسیل) قرار می‌گیرد، ولی مکمل باز آلی نوع C همان G خواهد بود.

عمل رونویسی در محدوده ژن آنقدر ادامه می‌یابد تا آنزیم پلی‌مراز به جایگاه خاتمه رونویسی برسد. جایگاه‌های راهانداز و خاتمه توسط کدهای خاصی روی DNA (مثلاً به شکل توالی پنج باز آلی AAAAA) مشخص می‌شود. همچنین گفتیم که mRNA رونویسی شده، نابالغ محسوب می‌شود و بخش‌هایی از آن در عمل بعدی ترجمه استفاده نمی‌شوند، به همین دلیل قطعات غیرمفید (که اینترون نامیده می‌شوند)، از رشته نابالغ جدا می‌شوند. در نهایت mRNA بالغ شده از منافذ هسته عبور می‌کند و خود را به محیط سیتوپلاسم سلول می‌رساند.

	U	C	A	G	
U	UUU UUC فیل آلانین UUA UUG لوسین	UCU UCC UCA UCG سرین	UAU UAC تیروزین UAA UAG کدون خاتمه	UGU UGC سیستئین UGA UGG کدون خاتمه تریپتوفان	U C A G
C	CUU CUC CUA CUG لوسین	CCU CCC CCA CCG پرولین	CAU CAC هیستیدین CAA CAG گلوتامین	CGU CGC CGA CGG آرژنین	U C A G
A	AUU AUC AUA ایزولوسین AUG متیونین کدون آغاز	ACU ACC ACA ACG ترئونین	AAU AAC آسپاراژین AAA AAG لیزین	AGU AGC سرین AGA AGG آرژنین	U C A G
G	GUU GUC GUA GUG والین	GCU GCC GCA GCG آلانین	GAU GAC اسپارتیک GAA GAG گلوتامیک	GGU GGC GGA GGG گلیسین	U C A G

۲- مرحله ترجمه: ساخت رشته پروتئینی با ترجمه رمزهای mRNA در خارج از هسته

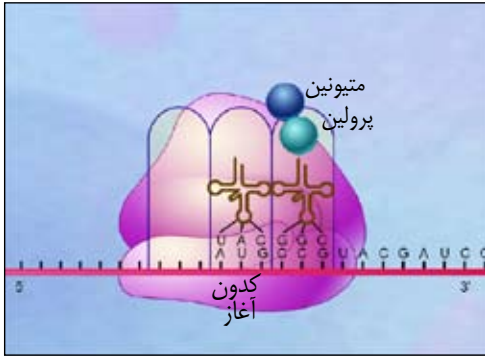
مرحله دوم یعنی ساخت پروتئین از روی اطلاعات رشته mRNA مرحله ترجمه نام دارد. در این قسمت، با ورود رشته mRNA به محیط سیتوپلاسم، بخش زیرین یک ریبوزوم به استقبال رشته آمده و خود را به ناحیه آغاز (کدون آغاز) رشته متصل می‌کند. سپس بخش بزرگتر ریبوزوم (مکمل) به آنها می‌پیوندد و خود را آماده پذیرایی از tRNA ها می‌کند. هر مولکول tRNA که ظاهری شبیه برگ شبدرد دارد، حامل یک اسید آمینه متناظر با آنتی کدون (کدهای سه شاخه زیرین خود) است. آنتی کدون ها هم به نوبه خود مکمل یکی



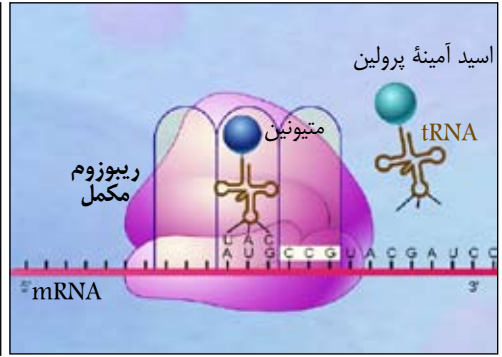
۱- در ابتدای عمل ترجمه، بخش پایینی ریبوزوم خود را به جایگاه آغاز ترجمه (کدون آغاز) می‌چسباند و آماده پذیرایی از tRNA حامل اسید آمینه متناظر با کد AUG یعنی متیونین می‌شود.

از کدهای سه تایی (کدون) mRNA است. به این ترتیب، هر tRNA می‌تواند اسید آمینه‌ای متناظر با کدون های mRNA را حمل کند و به ریبوزوم بیاورد.

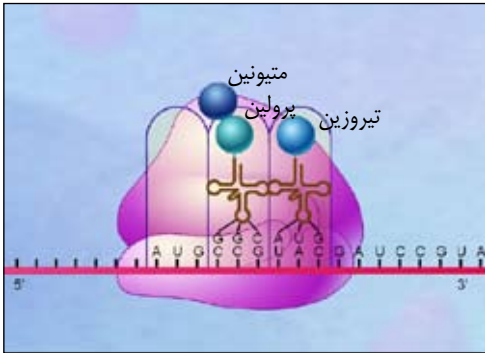
در جدول بالا می‌توانید فهرست اسید آمینه‌های متناظر با این کدون‌ها را مشاهده کنید. لازم به ذکر است که کدون AUG موجود در رشته mRNA جایگاه آغاز ترجمه نیز می‌باشد. همچنین کدون های UAG، UAA و UGA تنها جایگاه پایان هستند و وقتی ریبوزوم به یکی از این نقاط رسید، عمل ترجمه و ساخت رشته پروتئین قطع می‌شود.



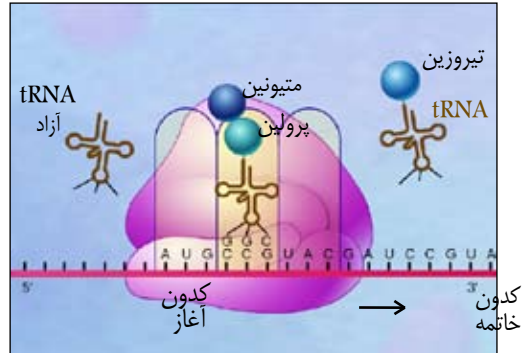
۳- با ورود اسید آمینه جدید، tRNA قبلی، اسید آمینه متیونین خود را با پرولین پیوند می‌دهد و خود آماده ترک ریبوزوم می‌شود.



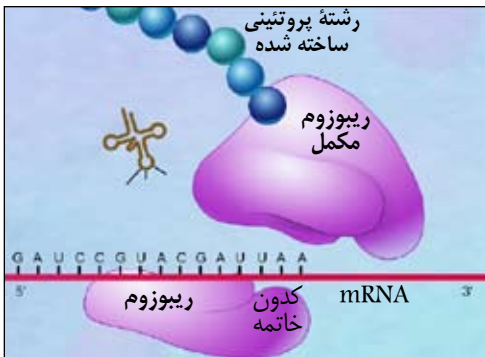
۲- ریبوزوم مکمل به ریبوزوم زیرین می‌پیوندد و چون در جایگاه دوم، کدون CCG را می‌بیند. آماده پذیرش tRNA حامل اسید آمینه پرولین می‌شود.



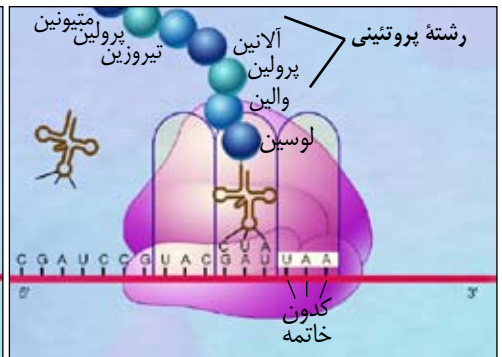
۵- مرحله شماره ۳ تکرار می‌شود. این بار tRNA حامل رشته پروتئینی کوچک، پرولین و متیونین خود را با تیروزین پیوند می‌دهد و خود آماده ترک ریبوزوم می‌شود.



۴- با خروج tRNA آزاد شده، ریبوزوم یک قدم به جلو (راست) می‌رود و با خواندن کدون سوم UAC، آماده پذیرایی از tRNA حامل تیروزین می‌شود.



۷- با رسیدن ریبوزوم به کدون UAA، کار ترجمه به پایان می‌رسد. رشته پروتئینی ساخته شده از اسید آمینه‌ها خارج می‌شود. ریبوزوم نیز از رشته mRNA جدا می‌شود تا به دنبال مشتری بعدی بگردد!



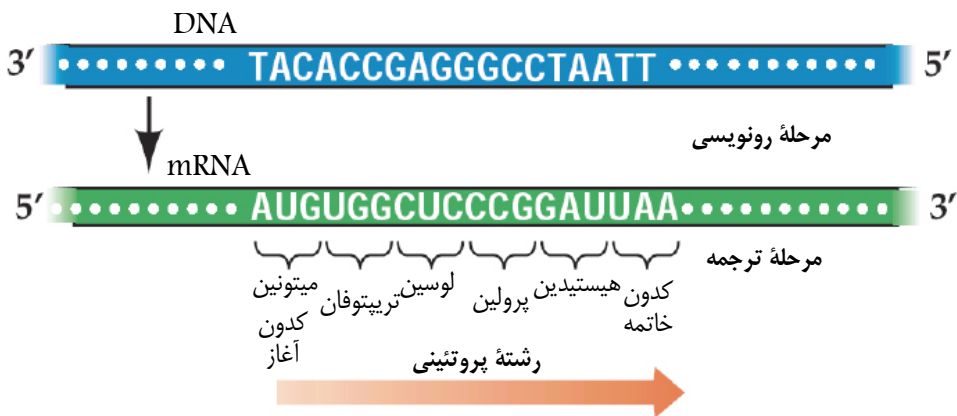
۶- با ترک tRNA آزاد شده، ریبوزوم دوباره یک قدم به جلو برمی‌دارد. کدون را می‌خواند و tRNA حامل اسید آمینه متناظر را فرا می‌خواند. این عمل بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ بار انجام می‌گیرد تا ریبوزوم به کدون پایان برسد.

جهش نقطه‌ای

خوب، عاقبت پس از کلی مقدمه چینی به مبحث جهش نقطه‌ای رسیدیم! به زبان ساده هر گونه تغییر در توالی نوکلئوتیدها را جهش می‌گویند. جهش‌ها انواع مختلف دارند؛ مثلاً حذف یا اضافه شدن یک نوکلئوتید در توالی DNA باعث جهش نقطه‌ای می‌شود. جهش‌ها به دلایل مختلفی ظاهر می‌شوند. تشعشعات هسته‌ای، امواج فوق بنفش خورشیدی، ویروس‌ها، امواج الکترومغناطیس، تغییرات شدید محیط طبیعی و حتی خوردن برخی مواد و عناصر باعث بروز جهش در سلول‌های بدن می‌گردند.

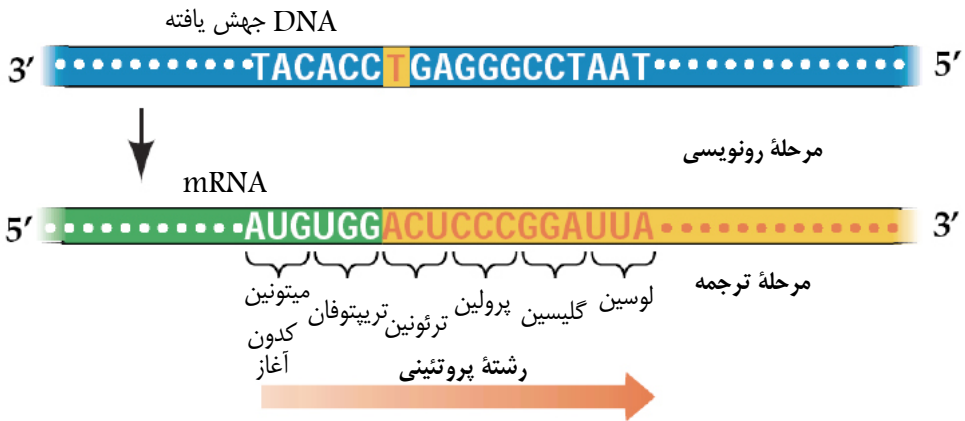
گفتیم که سلول‌های بدن انسان ۲۳ جفت کروموزوم دارند و جمعاً حدود ۳۲ هزار قطعه ژن حامل اطلاعات مشخص بر روی این کروموزوم‌ها وجود دارد. هر ژن نیز از ۵۰۰ تا ۳۰۰۰ جفت نوکلئوتید متصل به هم تشکیل شده است. طبق محاسبات دانشمندان ژنوم انسان (مجموعه تمام کروموزوم‌ها) حاوی بیش از ۳ میلیارد نوکلئوتید است و از آنجا که عوامل جهش‌زا همیشه در طبیعت وجود دارند، همواره این احتمال وجود دارد که تعدادی از نوکلئوتیدها از رشته اصلی خود جدا شوند. در این صورت نیز احتمال دارد که نوکلئوتید آزاد و متفاوت دیگری جایگزین نوکلئوتید جدا شده در توالی مزبور گردد. اگر این جابجایی، حذف یا اضافه شدن نوکلئوتیدها به تعداد کم روی دهند، آن را جهش نقطه‌ای می‌گویند، ولی اگر پیوند بخشی از یک DNA گسسته شود، آنگاه جهش قطعه‌ای رخ می‌دهد که به این موضوع هم در صفحات بعد اشاره خواهیم کرد.

اگر خاطرتان باشد، در بحث قبلی گفتیم که در مرحله رونویسی ژن‌ها، آنزیم RNA پلی‌مراز رشته DNA را مانند زیپ باز می‌کند. این عمل با گسستن پیوندهای مکمل A از T و همچنین C از G روی می‌دهد. گاهی این پیوندها به دلایل گوناگون از هم جدا نمی‌شوند و به همین دلیل یک جای خالی در یکی از رشته‌ها پدید می‌آید. در این زمان، یکی از نوکلئوتیدهای آزاد، جای خالی را پر می‌کند. در این حالت ممکن است نوکلئوتید جابجا شده، با نوکلئوتید قبلی فرق داشته باشد که همین موضوع باعث جهش نقطه‌ای در رونویسی mRNA و در نتیجه ترجمه نوع متفاوتی از پروتئین خواهد شد. برای مثال در شکل زیر mRNA از روی یک DNA سالم رونویسی شده و در مرحله ترجمه (به کمک ریبوزوم) به رشته پروتئینی متشکل از اسیدآمینوهای (از چپ به راست) میتوزین، تریپتوفان، لوسین، پرولین و هیستیدین ترجمه شده است.

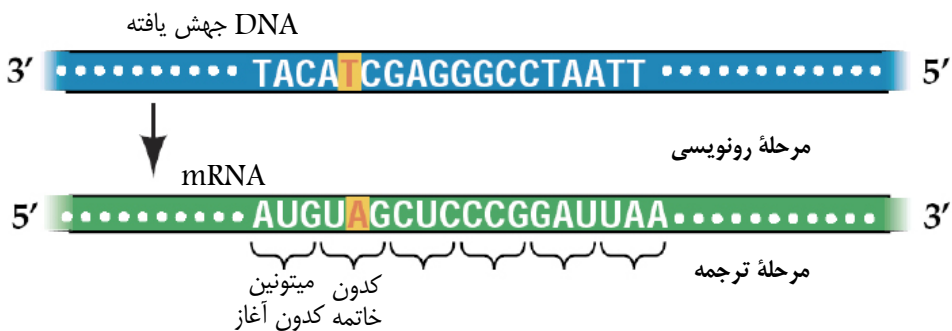


حال اگر DNA مذکور در اثر تابش تشعشعات خورشیدی یا دلایل طبیعی دیگر دچار جهش بشود، آنگاه پروتئین قبلی تولید نخواهد شد؛ برای مثال اگر هفتمین نوکلئوتید آن که قبلاً از نوع G بود، با نوکلئوتید نوع T جابجا شود، آنگاه رشته پروتئینی متفاوتی (با زنجیره میتونین، تریپتوفان، ترئونین، پرولین، گلیسین و لوسین) به دست می‌آید که خصوصیات متفاوتی با پروتئین اصلی خواهد داشت.

همین جابجایی به ظاهر ساده ممکن است باعث بروز یک ناهنجاری بزرگ در شخص شود؛ مثلاً سلول‌های بدن به جای تولید هورمون پروتئینی انسولین که وظیفه تنظیم قند خون را بر عهده دارد، هموگلوبین خون بسازد و یا به جای پروتئین کراتین که در ساخت موی بدن مشارکت دارد، پروتئینی دیگری بسازد که بر روی پوست به جای مو، چیزی شبیه پر برآید!! (البته احتمال رخ دادن این حالات بسیار کم است، با این حال تمثیلی از تأثیر جهش ژنتیکی بر تغییر ساختار و کارکرد اعضای بدن بودند.)



قابل ذکر است که بسیاری از جهش‌های نقطه‌ای در تغییر ساختار پروتئین تولیدی بی‌تأثیر هستند. برای مثال اگر در DNA توالی GAA به GAG جهش یابد، آنگاه mRNA تولیدی آن از CUU به CUC تبدیل خواهد شد. حال اگر به جدول صفحه قبل نگاه کنید، متوجه خواهید شد که در هر دو حالت پروتئینی با اسید آمینه لوسین تولید می‌شود. گاهی نیز جهش‌ها باعث تولید نشدن پروتئین می‌شوند. برای مثال در شکل زیر جابجایی نوکلئوتید چهارم، باعث پایان یافتن زود هنگام عمل ترجمه و ختم پروتئین سازی شده است. بسیاری از بیماری‌های ژنتیکی مانند کم‌خونی داسی‌شکل به دلیل جهش‌های این چینی روی می‌دهند.

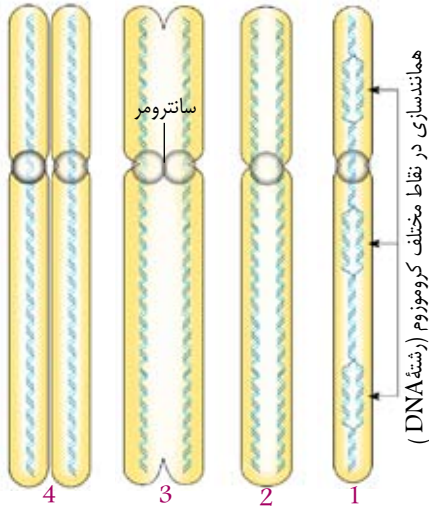


مضاعف‌سازی DNA

بحث بعدی که می‌خواهیم به آن بپردازیم، مضاعف‌سازی یا همانندسازی رشته‌های DNA به هنگام آغاز تقسیم و تولید مثل سلولی است.

از آنجا که توالی نوکلئوتیدهای سلول‌های بدن بسیار زیاد هستند، طبعاً مضاعف‌سازی نوبتی نوکلئوتیدهای DNA به زمان زیادی نیاز دارد، اما بررسی‌های نشان داده‌اند که عمل مضاعف‌سازی نه به شکل نوبتی، بلکه به شکل هم‌زمان در چند ناحیه از DNA آغاز می‌شود و به این ترتیب، در زمان صرفه‌جویی می‌شود.

شیوه کار همانند سازی نیز به این ترتیب است که در

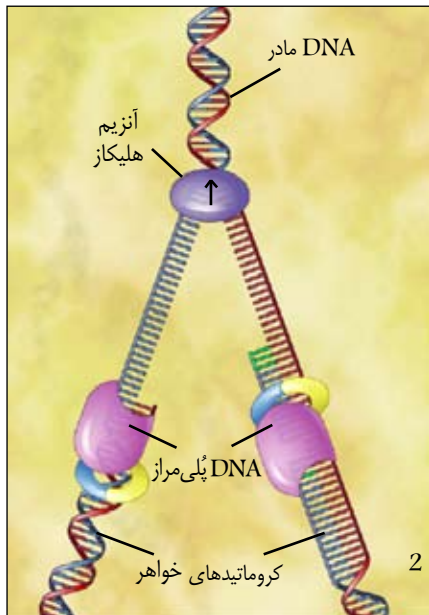


زمان مشخص، آنزیمی به نام هلیکاز بر روی رشته حرکت می‌کند و هر جا به نقطه راه‌انداز ژن رسید، شروع به باز کردن رشته DNA مادر می‌کند. به دنبال آن دو آنزیم DNA پلی‌مراز بر روی رشته‌های جدا شده از هم حرکت می‌کنند و به کمک نوکلئوتیدهای آزاد موجود، شروع به مکمل‌سازی تک رشته‌ها می‌کنند و به این ترتیب، رشته‌های جفت جدید را می‌سازند. این DNAهای ساخته شده، همان کروماتیدهای خواهری (کروموزوم‌های مضاعف‌شده) هستند که در نقطه سانترومر به هم متصل هستند.

البته گاهی در زمان همانند سازی، اشتباهاتی در مکمل‌سازی رشته‌ها روی می‌دهد. در این حالت، پیوند میان دو مکمل باز نمی‌شود. در این حالت یکی از نوکلئوتیدها به طور کامل از جایگاه خود خارج می‌شود،

بنابراین نوکلئوتید آزاد دیگری در جای خالی جایگزین می‌شود و به این ترتیب، جهش نقطه‌ای روی می‌دهد.

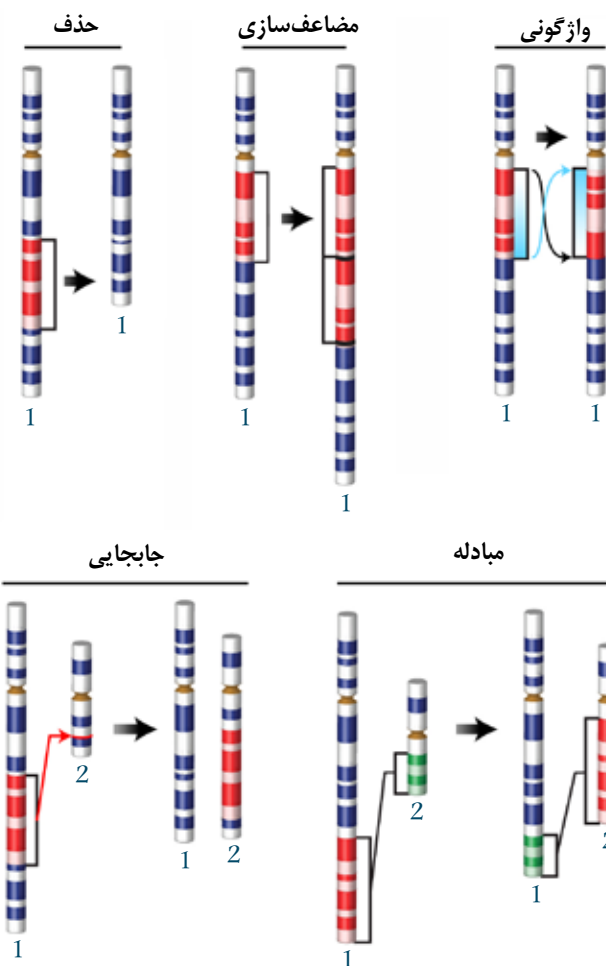
یک نکته مهم درباره جهش‌ها این است که تنها جهش‌هایی به نسل بعدی منتقل می‌شوند که در سلول‌های جنسی روی دهند و اگر جهشی در سلول غیرجنسی (مانند پوست) روی دهد، تنها بر روی فرد تأثیر خواهد گذاشت و به نسل بعدی منتقل نخواهد شد.



جهش قطعه‌ای

گفتیم که هر گونه تغییر در توالی درست ژن‌های کروموزوم، جهش نامیده می‌شود. جهش‌ها همواره نقطه‌ای (جابجایی یک نوکلئوتید) نیستند. گاهی در اثر عواملی مختلف، ممکن است محدوده‌ای از توالی نوکلئوتیدها از محل اصلی خود در رشته DNA قطع شود. در این صورت چند حالت ممکن است، پیش آید. یا آن قسمت به طور کامل حذف می‌شود، یا آن قطعه با قطعه جدا شده از کروموزوم همتای خود ترکیب و سپس دوباره به محل قبلی متصل می‌شود، که این حالت را جهش مضاعف شدن می‌گویند. همچنین احتمال دارد که قطعه جدا شده در جهت معکوس به جای خود بازگردد که در این حالت می‌گوییم، عمل واژگونی روی داده است. در برخی حالات نیز قطعه جدا شده با یک کروموزوم غیر همتای خود پیوند برقرار می‌کند که این عمل را جابجایی می‌گویند. همچنین ممکن است دو قطعه جدا شده از کروموزوم‌های غیر همتا بین کروموزوم‌های هم جابجا شوند که این عمل را مبادله می‌نامند.

بسیاری از ناهنجاری‌ها و بیماری‌های ژنتیکی انسان‌ها حاصل جهش‌های قطعه‌ای است. برای مثال بیماری



فریاد گریه (این نام به دلیل شباهت گریه نوزاد به صدای گریه اطلاق شده است)، حاصل حذف قطعه‌ای از کروموزوم شماره پنج در هنگام تقسیم سلول‌های جنسی والدین او روی داده است. توجه داشته باشید که همه جهش‌های ژنتیکی مضر و بیماری‌زا نیستند. مهندسان ژنتیک با استفاده از همین قابلیت جدا شدن ژن و اتصال آن به کروموزوم دیگر به توانایی‌های بسیاری در تولید محصولات دامی و کشاورزی تراریخته (دستکاری شده ژنتیکی) دست یافته‌اند که در بخش‌های بعدی به نمونه‌هایی از آنها اشاره خواهیم کرد. همچنین اتصال دو کروموزوم شماره ۲ و ۳ در اجداد انسان‌ها بود که باعث جهش ژنتیکی مهمی شده و سیر فرگشتی انسان از شامپانزه را جدا کرده است.

گاهی در اخبار تلویزیون یا روزنامه می‌بینیم که در فلان منطقه جانوری با دست و پای اضافی و یا بدون چشم متولد شده است. در زمان قدیم مردم اطلاعی از چگونگی وقوع این پدیده‌ها نداشتند و آن را به خاطر گناهان مردم می‌دانستند، اما امروزه با پیشرفت علم ژنتیک، آگاهی مردم نسبت به این موارد بیشتر شده است. دلیل اغلب این رویدادهای نادر، جهش ژنتیکی است که بعضاً به دلیل تغییرات شرایط محیط زندگی جانوران پدید می‌آیند. برخی از این تغییرات ممکن است به دلایل طبیعی مانند افزایش تشعشعات خورشیدی و یا به دلایل غیر طبیعی مانند دست‌اندازی انسان در محیط زیست به وجود آیند. یکی از بارزترین دست‌اندازی‌های انسانی، انفجار هسته‌ای چرنوبیل بود که باعث جهش‌های ژنتیکی بسیاری در گونه‌های جانوری و گیاهی نزدیک به منطقه گردید. در شکل زیر تعدادی از جانوران فرگشت یافته به دلیل جهش‌های ژنتیکی را مشاهده می‌کنید. در این جانوران، جهش‌هایی مانند حذف و مضاعف‌سازی باعث پدید آمدن سر یا دست و پای اضافی شده‌اند. البته این لاک‌پشت و مار نشان داده شده، شانس آورده‌اند که با وجود چنین جهش‌های عمده‌ای تاکنون زنده مانده‌اند، چراکه اغلب جانوران فرگشت یافته به دلیل ناسازگاری با شرایط محیطی جان خود را از دست می‌دهند و تنها آنهایی زنده می‌مانند که جهش‌هایشان سازگار با محیط طبیعی و تغییرات آن باشد و در این صورت است که موجودات جهش یافته می‌توانند تولید مثل کنند و به افزایش نسل خود بپردازند.



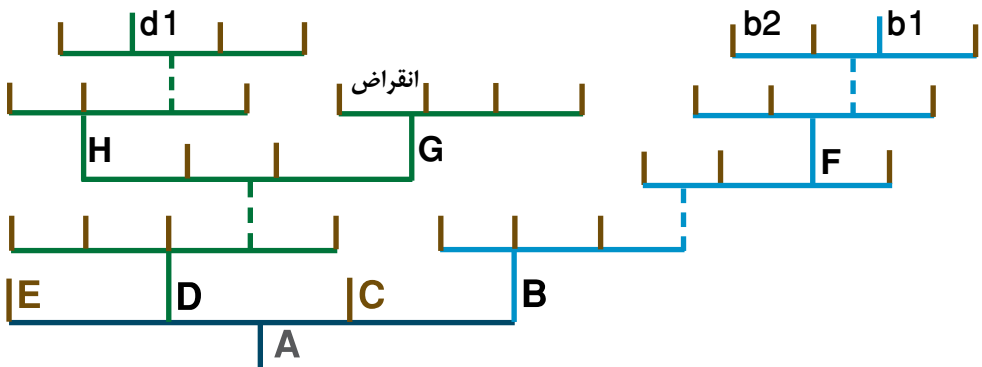
نمونه‌ای از جانوران که در اثر عوامل محیطی، توالی طبیعی ژن‌های آنها با جهش قطعه‌ای یا نقطه‌ای تغییر یافته و به این ترتیب صاحب اندام اضافی و یا شکل ظاهری متفاوت شده‌اند.

بیشتر جهش‌های گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری از نوع نقطه‌ای هستند که همین جهش‌ها و تغییرات کوچک در زمان طولانی (در حد چند صد میلیون سال) باعث تغییر ساختار و شکل ظاهری آنها می‌شود. از آنجا که انسان‌ها با داشتن عمر بسیار کوتاه در مقایسه با زمان طولانی میلیون‌ها سال، قادر به درک تغییرات کوچک در تغییر شکل گونه‌ها نیستند، اغلب این موضوع را غیرممکن تلقی می‌کنند، در حالی که دیرین‌شناس با بررسی شواهد گوناگون مانند آثار فسیلی، مقایسه آناتومی بدن و نیز ساختار ژنتیکی جانداران مختلف توانسته‌اند به نحوه و زمان تمام این تغییر و تحولات دست یابند.

برای درک ساده این موضوع به نمودار زیر توجه کنید. فرض کنید که در حدود ده میلیون سال پیش از یک نوع جاندار A با عمر متوسط بیست سال، چهار فرزند B, C, D, E پدید آمده‌اند. می‌دانید که در طبیعت هر والد می‌تواند فرزندان بسیاری تولید کند و هر کدام از این فرزندان به دلیل جهش‌های ژنتیکی معمول و هر چند کوچک، تفاوت‌هایی با والدین و همچنین برادر خواهران خود خواهند داشت. در مثال زیر دو فرزند B و D که صاحب جهش‌های مفید بودند، به دلیل سازگاری با محیط طبیعی زنده ماندند و موفق به ازدیاد نسل خود شدند، اما بقیه به دلایلی مانند ناتوانی در کسب غذا، شکار شدن توسط دشمنان و یا تغییر شرایط محیط طبیعی از بین رفتند. به این ترتیب، نسل A تنها از دو زیر شاخه B و D ادامه یافت. فرزندان این دو نیز به همان ترتیب قبلی، صاحب فرزندان بسیاری با جهش‌های کوچک شدند که دوباره تعدادی زنده ماندند و بقیه پیش از تولید مثل از بین رفتند.

شش میلیون سال بعد و با گذشت سیصد هزار نسل، شرایط محیطی ناگهان عوض شد و هوا به شدت سرد گردید. در این هنگام، فرزندان زیرشاخه‌های F و H به دلیل سازگاری با این شرایط (مثلاً داشتن پوست ضخیم‌تر) زنده ماندند، اما فرزندان G به دلیل ناسازگاری از بین رفتند و نسل زیر شاخه آنها منقرض شد.

سیس چهار میلیون سال دیگر گذشت و در این مدت دویست هزار نسل دیگر از این موجودات پدید آمدند تا سرانجام تنها سه گونه b1، b2 و d1 از این نسل‌ها باقی ماندند. در این زمان، گرچه گونه b1 شباهت‌های زیادی به گونه هم‌خانواده خود یعنی b2 دارد، ولی تفاوت آن‌ها با گونه d1 بسیار زیاد است. با اینکه این سه جاندار از نسل مشترک A به وجود آمده‌اند، اما بیش از نیم‌میلیون! جهش کوچک و متمادی در نسل‌های پایایی، باعث ظاهر شدن تفاوت‌های فاحش میان آنها شده است. توجه داشته باشید که اولاً ۱۰ میلیون سال نسبت به زمانی مثل ۵۰۰ میلیون سال بسیار کوتاه است و دوم اینکه عمر بیشتر موجودات (مانند باکتری‌ها و حشرات) کمتر از یک سال است که ما در مثال خود زمان ۲۰ سال را در نظر گرفته بودیم.

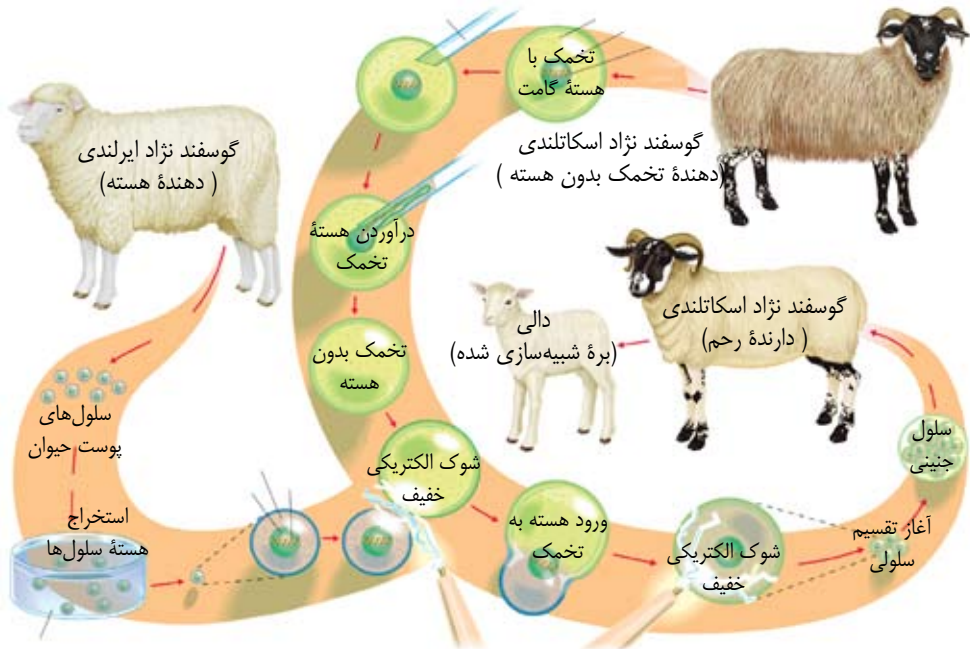


شبییه‌سازی

فن‌آوری شبییه‌سازی جانوران یکی از موضوعات جالب علم ژنتیک است. در سال ۱۹۹۶ میلادی، یکی از دانشمندان اسکاتلندی برای اولین بار در جهان موفق شد بزه‌ای را به روش شبییه‌سازی ژنتیکی به دنیا بیاورد. روش کار او به این شکل بود که ابتدا تخمک یک گوسفند مادهٔ نژاد اسکاتلندی را از رحم حیوان استخراج کرد و هستهٔ گامت آن را خارج نمود. سپس هستهٔ سلول‌های پوستی یک گوسفند مادهٔ نژاد ایرلندی را از بدنش جدا کرد. پس از این کارها او در آزمایشگاه، با یک شوک الکتریکی خفیف، هستهٔ سلول پوستی را وارد تخمک بدون هسته کرد و در مرحلهٔ بعد با شوک الکتریکی دیگر، سلول را وادار به لقاح مصنوعی و آغاز تقسیم سلولی نمود. پس از این کار، سلول به عمل آمده را در رحم یک گوسفند مادهٔ سوم قرار داد و چند ماه بعد بزه‌ای به نام دالی به دنیا آمد که تمام مشخصات گوسفند ایرلندی (دهندهٔ هسته) را دارا بود.

خبر تولد دالی، مانند بمب در تمام جهان پیچید. بسیاری از دانشمندان این عمل را شجاعانه و در جهت پیشرفت علم ژنتیک ستودند و در عوض، موج اعتراضاتی نیز علیه شبییه‌سازی به پا خواست. مخالفان این عمل تصور می‌کردند که به زودی کار شبییه‌سازی انسان‌ها نیز آغاز خواهد شد و این موضوع را خلاف اخلاقیات و عملی غیر انسانی می‌دانستند. بر همین اساس، فیلم‌هایی تولید شدند که در آن انسان‌های پولدار به شرکت‌های شبییه‌ساز پول می‌دادند تا از سلول‌های پیاپی مو یا پوست آنها انسان‌هایی تولید کنند که در آینده اگر قلب یا دیگر اعضای بدن آن به عمل پیوند نیاز داشت، بتوانند از فرد شبییه‌سازی شده بگیرند.

با این حال امروزه تعدادی از کشورهای به فن‌آوری شبییه‌سازی حیوانات و نیز برخی گونه‌های گیاهی، دست یافته‌اند. در ایران نیز محققان پژوهشکدهٔ رویان موفق شدند برای نخستین بار در منطقهٔ خاورمیانه تعدادی از حیوانات از جمله گوسفند، بز و گاو را به این شیوه به دنیا بیاورند.



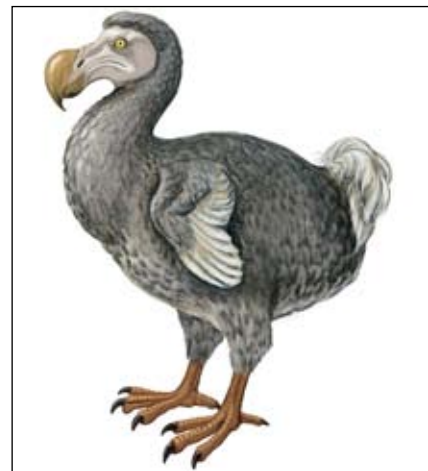


حنا (نخستین بزغاله شیبیه سازی شده ایران)

شیبیه سازی حیوانات بر خلاف دورنمای منفی که مخالفان آن ترسیم کرده اند، دارای فواید زیادی است. برای مثال به این روش می توان نژاد گاوهای شیرده، گوسفندان پر پشم یا اسبهای اصیل را که زمان زیادی برای تولید مثل آنها نیاز است، تکثیر نمود. همچنین برخی از دانشمندان موفق شده اند به این شیوه نسل جانوران کمیاب مانند خرس پاندا و ببر را از خطر انقراض نجات دهند. این دانشمندان امیدوارند طی چند سال آینده بتوانند برخی گونه های منقرض شده مانند مرغ دودو و فیل ماموت را دوباره به طبیعت بازگردانند. دودو، پرنده درشت اندامی به وزن ۲۰ کیلوگرم بود که به واسطه نداشتن دشمن قدرتمند، به نوعی فرگشت یافته بود که مانند شترمرغ نیازی به پرواز نداشت و به همین دلیل وقتی در قرن ۱۷ میلادی، انسان ها پا به جزایر اقیانوس هند نهادند، تمام این پرندگان ده میلیون ساله را شکار کردند و نسل آنها را به سرعت منقرض نمودند. امروزه تنها تکه استخوانی از این پرنده در موزه تاریخ طبیعی لندن باقی مانده است. دانشمندان تلاش می کنند با استخراج هسته سلول های استخوان دودو و استفاده از تخمک پرندگان، نسل این پرنده را دوباره زنده کنند. دیگر موجود منقرض شده و کاندیدای شیبیه سازی، بچه ماموت یخ زده ده هزار ساله ای است که جسد آن در سال ۲۰۰۷ میلادی در میان یخ های سیبری کشف شد. لازم به ذکر است شیبیه سازی موجوداتی که از انقراض آنها بیش از بیست هزار سال می گذرد، به دلیل متلاشی شدن DNA هسته طی این زمان مقدور نمی باشد. همچنین فسیل دایناسورها نیز به دلیل آنکه همه عناصر آنها به سنگ تبدیل شده اند، امکان شیبیه سازی ندارند. با این حال ممکن است روزی برسد که دانشمندان ژنتیک (همچنان که در فیلم تخیلی پارک ژوراسیک نشان داده شد)، موفق شوند از هسته سلول های خونی دایناسورها که احتمالاً در شکم پشه های صد میلیون ساله قرار دارند، DNA دایناسورها را استخراج کنند و آنها را دوباره به جهان طبیعت بازگردانند.



تصویر بالا: دانشمندان در حال بررسی مومیایی بچه ماموت
تصویر راست: طرحی از پرنده منقرض شده دودو

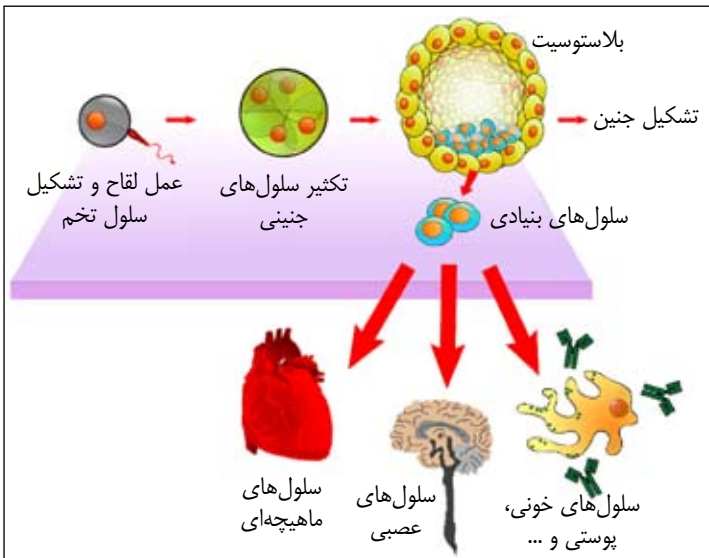


سلول‌های بنیادی

وقتی عمل لقاح میان گامت‌های نر و ماده انجام می‌شود، سلول تخم به وجود می‌آید. این سلول سپس تقسیم می‌شود و به دو سلول جدید تبدیل می‌گردد. این عمل تقسیم سلولی بارها و بارها انجام می‌شود تا اینکه در روز پنجم، توپ جنینی به نام بلاستوسیت حاوی بیش از ۱۰۰ سلول بنیادی (Stem Cells) پدید می‌آید. پس از آن، سلول‌های بنیادی با شتاب زیادی تکثیر می‌شوند و به حدود ۲۰۰ نوع سلول‌های بافتی مختلف (پوستی، ماهیچه‌ای، عصبی، استخوانی، غضروفی و ...) تبدیل می‌شوند و در نهایت اندام‌های حیاتی بدن جنین را به وجود می‌آورند. البته همه سلول‌های بنیادی به سلول‌های اندامی تبدیل نمی‌شوند، بلکه تعدادی از آنها به همان شکل در بدن انسان‌های بالغ باقی می‌مانند؛ برای مثال بخشی از سلول‌های مغز استخوان و نیز سلول‌های بافت قلب و ریه انسان‌ها حاوی سلول‌های بنیادی هستند که برای ترمیم بافت‌های تخریب شده استفاده می‌شوند. سلول‌های بنیادی قابلیت آن را دارند که در شرایط ویژه به سلول‌های دیگر تبدیل شوند؛ برای مثال هرگاه فردی مقداری از خون خود را از دست بدهد، سلول‌های بنیادی مغز استخوان فعال می‌شوند و به میزان مورد نیاز بدن به سلول‌های گلبول قرمز و سفید تبدیل شده و خود را تکثیر می‌کنند.

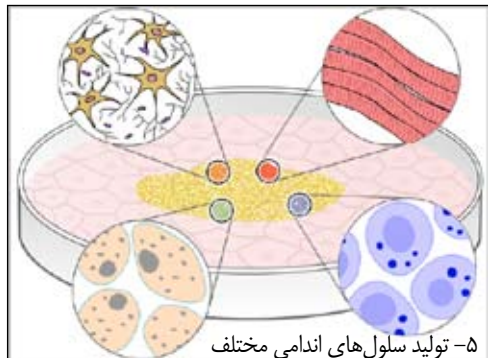
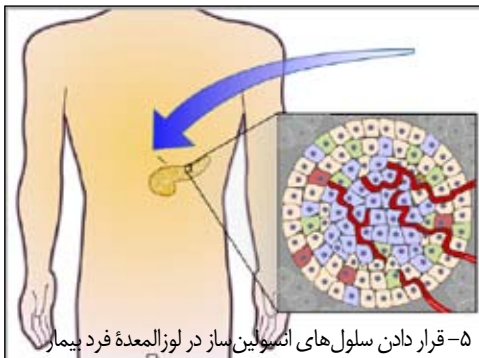
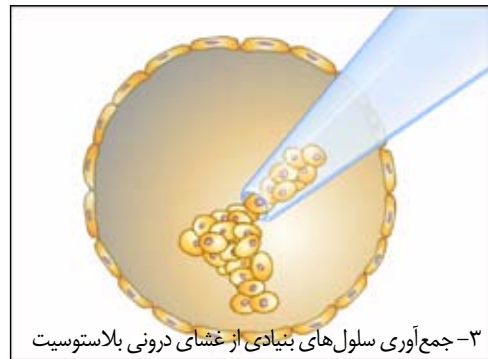
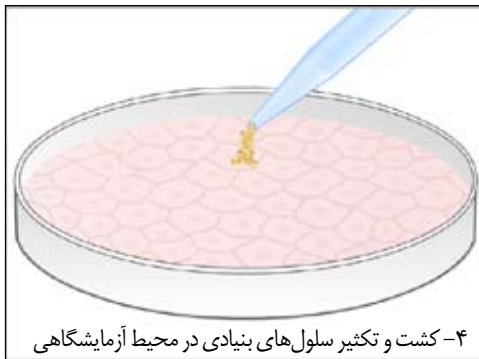
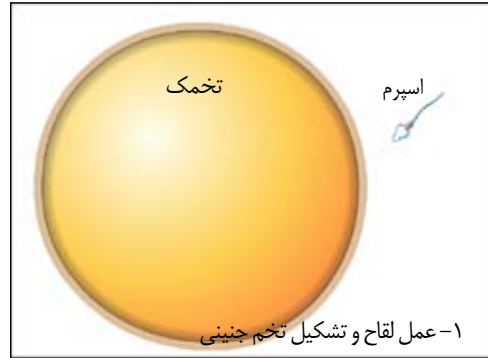
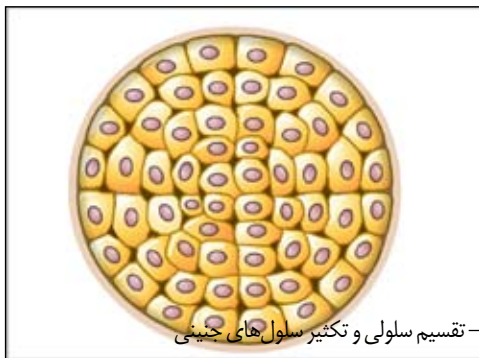
سلول‌های بنیادی جنینی، به مقدار زیادی در خون بند ناف نوزاد تازه متولد شده نیز وجود دارند. بند ناف و مایع آمنیوت رحم مادر، اغلب پس از تولد نوزاد به دور انداخته می‌شوند، اما به تازگی برخی شرکت‌ها با جمع‌آوری، جداسازی، کشت و تکثیر این سلول‌ها توانسته‌اند برخی اندام‌های آسیب‌دیده بدن بیماران نیازمند را ترمیم کنند. آنها از سلول‌های بنیادی توانسته‌اند به مقدار زیاد سلول‌های پوستی، خونی، عصبی، استخوانی، ماهیچه‌ای و ... تولید کنند و از آنها در درمان سوختگی پوست، ضعف سیستم ایمنی، پارکینسون و آلزایمر، تقویت ماهیچه‌های قلب، ساخت رگ، التهاب مفاصل و ده‌ها بیماری دیگر استفاده کنند.

البته در برخی کشورها به دلایل مذهبی، تحقیقات و استفاده از سلول‌های بنیادی جنینی ممنوع می‌باشد.

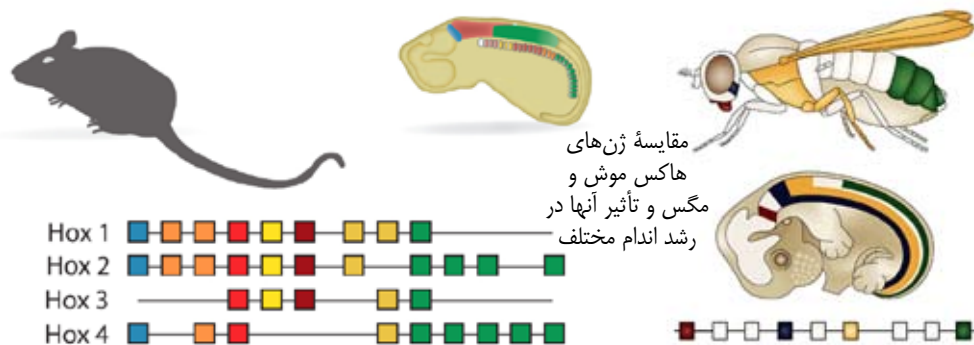


روحانیون این کشورها بر اساس اصول مذهبی خود معتقدند که تشکیل سلول تخم معادل تولد نوزاد و از بین بردن بلاستوسیت به منزله سقط جنین محسوب می‌شود، ولی از آنجا که علمای شیعه حلول روح به جنین را پس از چهل روز از تشکیل نطفه می‌دانند، استفاده از سلول‌های بنیادی پنج روزه در ایران مجاز شمرده می‌شود.

یکی از مهم‌ترین کاربردهای سلول‌های بنیادی، تولید سلول‌های بافت لوزالمعده انسانی است. بخشی از سلول‌های لوزالمعده (پانکراس)، وظیفه تولید هورمون پروتئینی انسولین را بر عهده دارند. آنها هورمون انسولین را برای تنظیم قند خون در رگ‌ها ترشح می‌کنند. تخریب سلول‌های پانکراس، باعث عدم تولید انسولین و در نهایت باعث بروز بیماری دیابت (قند خون) می‌شود و تنها راه علاج فعلی آن تزریق آمپول انسولین است. از آنجا که تزریقات مداوم، رنج زیادی را برای بیمار به همراه دارد، دانشمندان تلاش دارند سلول‌های بنیادی را به سلول‌های سازنده انسولین تبدیل کنند و سپس با قرار دادن آنها در بافت لوزالمعده بدن بیمار، نیاز انسولین وی را برای همیشه رفع کنند. روش کار با شکل‌های زیر توضیح داده شده است.



ژن‌های هاکس (Hox Gene)، گروهی از ژن‌ها هستند که مسئولیت‌های مهمی همچون تعیین نحوه و موقعیت رشد اعضا و جوارح بدن جاندار مانند بال یا دست و پاها را بر عهده دارند. لازم به ذکر است هر گونه جهش یا دستکاری عمدی این ژن‌ها می‌تواند باعث تغییر شکل اساسی ظاهر جاندار شود. این ژن‌ها که معمار بدن نامیده می‌شوند، با تعیین زمان و نحوه آغاز ترجمه ژن‌های دیگر، سلول‌های بنیادی را کنترل می‌کنند و به آنها دستور می‌دهند که در چه منطقه‌ای و به چه نوع از سلول‌ها تبدیل شوند. تاکنون ژن‌های هاکس مگس و موش آزمایشگاهی به طور کامل کشف شده‌اند. محققان مجموعه ۳۹ ژن هاکس انسان را در چهار خوشه جداگانه بر روی کروموزم‌های شماره ۲، ۷، ۱۲ و ۱۷ کشف کرده‌اند. دانشمندان با بررسی ساختار ژن‌های جانداران به نتایج جالبی دست یافته‌اند از جمله اینکه همه پستانداران، مجموعه ژن‌های هاکس چهار خوشه‌ای دارند که با گونه‌های کمتر فرگشت یافته مانند ماهی‌ها، اشتراکات اساسی دارند. بررسی ساختار و جایگاه این ژن‌ها همچنین مراحل و چگونگی فرگشت جانداران را بیان می‌کند.



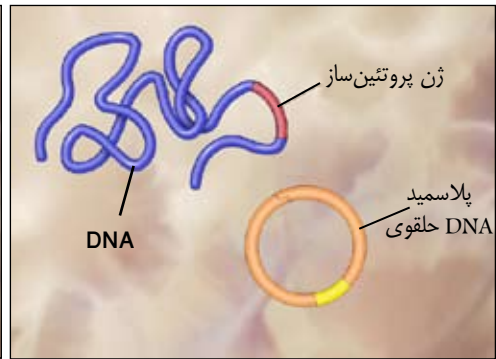
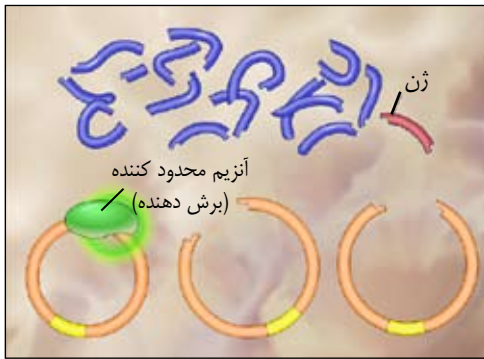
مهندسی ژنتیک

مهندسی ژنتیک به مجموعه روش‌هایی گفته می‌شود که شامل مراحلمانند جداسازی یک ژن خاص، تکثیر ژن در محیط آزمایشگاهی یا سلول میزبان، ترجمه ژن و در نهایت تولید محصول انبوه یا ایجاد صفت خاص در سلول هدف بیانجامد.

کاربردهای مهندسی ژنتیک تقریباً نامحدود به نظر می‌رسد. با اینکه زمان زیادی از پدید آمدن این شاخه جدید علمی نمی‌گذرد، اما تا به امروز شاهد پیشرفت‌های زیادی در علوم پایه، کشاورزی، دامداری و نیز علوم پزشکی بوده است. برای مثال در زمینه کشاورزی و دامی، مهندسان ژنتیک با تولید گیاهان تراریخته پرمحصول و مقاوم به آفات گیاهی و همچنین تولید گاوهای دارای شیر و گوشت بیشتر توانسته‌اند بازارهای جهانی را به قبضه خود درآورند. در زمینه پزشکی نیز تشخیص بیماری‌های ارثی، تولید هورمون‌های انسانی و نیز درمان انواع سرطان‌ها و بیماری‌های مادرزادی از معدود کارهایی است که تاکنون مهندسان علم ژنتیک موفق به انجام آنها شده‌اند. گرچه این موضوع ربط زیادی به بحث فرگشت ما ندارد، اما بد نیست با گوشه‌ای از پیشرفت‌های علم ژنتیک آشنا شوید.

تکثیر ژن به روش کلون سلولی

به طور کلی دو روش برای تکثیر ژن‌ها وجود دارد. روش قدیمی کلونی که در این بخش توضیح می‌دهیم و روش جدید PRC که در ادامه به آن خواهیم پرداخت. در روش کلونی، مهندسان ژنتیک در محیط آزمایشگاهی ابتدا DNA جاندار سالم را در کنار پلاسمید (نوعی DNA حلقوی که در برخی سلول‌های پروکاریوت مانند باکتری یافت می‌شود) قرار می‌دهند. سپس نوعی آنزیم محدود کننده (Restriction Enzyme) را وارد محیط می‌کنند. این آنزیم مانند قیچی، رشته DNA را به قطعات مختلف برش می‌دهد و حلقه پلاسمیدها را نیز در نقطه خاصی باز می‌کند. پس از گذشت مدت کوتاهی، قطعات برش خورده به میان حلقه‌های پلاسمید وارد می‌شوند. در این زمان، آنزیم دیگری به نام لیگاز را اضافه می‌کنند. وظیفه آنزیم لیگاز این است که مانند چسب، دو سر انتهایی قطعات DNA را به حلقه پلاسمید بچسباند. پس از این مرحله، پلاسمیدهای نو ترکیب (Recombinant Plasmid) را وارد سلول باکتری می‌کنند تا در آنجا شروع به تکثیر و ترجمه ژن مورد نظر کنند و به این ترتیب، محصول پروتئینی تولید شود. دانشمندان با این روش، ژن‌های سالم انسانی را وارد باکتری می‌کنند تا در محیط آزمایشگاهی بتوانند آنزیم یا هورمون مورد نیاز بیماران را به مقدار زیاد تولید کنند.



۲- با افزودن آنزیم محدود کننده، رشته DNA به قطعات مختلف تقسیم می‌شود و همچنین حلقه پلاسمیدها نیز باز می‌شود.

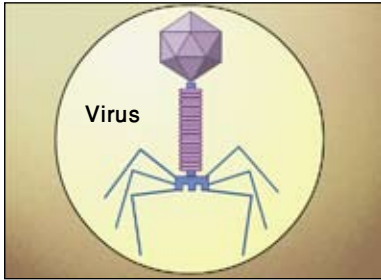
۱- DNA سالم حاوی ژن مورد نظر در محیط آزمایشگاهی کنار رشته‌های حلقوی DNA به نام پلاسمید قرار داده می‌شوند



۴- پلاسمیدها در ظرفی، کشت داده می‌شوند تا تکثیر شوند و با ترجمه ژن مورد نظر، پروتئین‌های درخواستی را ترجمه و تولید کنند.

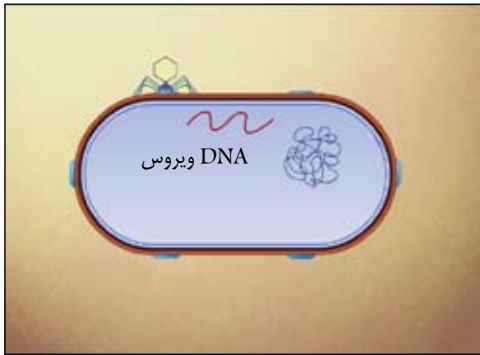
۳- قطعات DNA به همراه ژن مورد نظر وارد حلقه پلاسمید می‌شوند و با افزودن آنزیم لیگاز، پیوند آنها محکم می‌شود.

ویروس‌های مفید



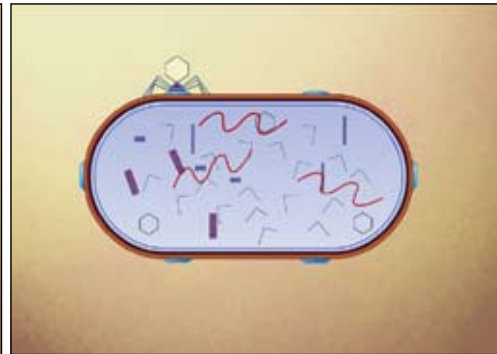
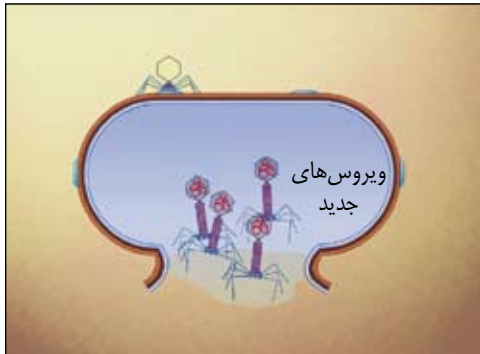
ویروس‌ها در هیچکدام از شاخه‌های جانداران قرار نمی‌گیرند. آنها ذراتی بسیار کوچکتر از باکتری‌ها هستند و از نظر طبیعی نه کاملاً زنده محسوب می‌شوند و نه کاملاً بی‌جان! ویروس‌ها در اصل از یک رشته DNA محصور در غشای پروتئینی تشکیل شده‌اند. DNA ویروس‌ها امکان ترجمه ژنی یا

همانندسازی ندارد و تنها در صورتی قادر به انجام فعالیت می‌شود که به سلول بدن جاندار وارد شوند و از امکانات آن استفاده کنند. به همین دلیل، ویروس‌ها را انگل اجباری می‌نامند. ویروس‌ها بسیار متنوع بوده و از نظر ساختمان، راه‌های تکثیر و سرایت باهم تفاوت زیادی دارند. ویروس‌ها قادرند باکتری‌ها، گیاهان و جانوران را آلوده کنند. اغلب ویروس‌ها پس از ورود به سلول، دو چرخه زندگی متفاوت را دنبال می‌کنند. برخی از آنها مانند ویروس HIV (عامل ایدز)، رشته DNA خود را در سلول رها می‌کنند. این رشته‌ها با مصرف کردن منابع سلول، کدهای خود را ترجمه می‌کنند و رشته‌های DNA و پروتئینی جدیدی می‌سازند.



۲- ویروس مهاجم، DNA خود را درون سیتوپلاسم سلول هدف آزاد می‌کند.

۱- ویروس بر روی غشای سلول هدف می‌نشیند و خود را به غشای سلول می‌چسباند.



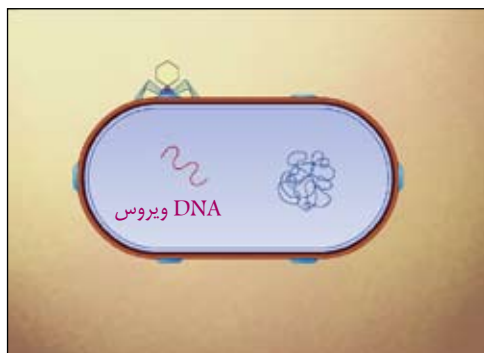
۴- با بهم پیوستن رشته‌های DNA و غلاف پروتئینی تولید شده، ویروس‌های جدید متولد می‌شوند و از سلول خارج می‌شوند.

۳- DNA ویروس با کمک مواد موجود در سیتوپلاسم سلول، عمل ترجمه ژنی و همانندسازی را انجام می‌دهد.

سپس این رشته‌های به یکدیگر می‌پیوندند و ویروس جدیدی می‌سازند. ویروس‌های متولد شده، غشای سلول را می‌شکافند و از آن خارج می‌شوند و سپس به سلول‌های دیگر حمله می‌کنند. در این حالت، سلول قبلی با از دست دادن منابع خود، می‌میرد.

نوع دیگر حملات ویروس‌ها به این ترتیب است که رشته DNA ویروس پس از ورود به سلول هدف، خود را به DNA سلولی می‌چسباند و به این ترتیب همراه با سلول زندگی می‌کند و خود را تکثیر می‌نماید. در این حالت، سلول به هنگام ترجمه ژن‌های خود، کدهای ژن ویروس را نیز ترجمه می‌کند و پروتئین ترکیبی را می‌سازد. این نوع حمله ویروسی حتی باعث جهش ژنتیکی جاندار نیز می‌شود، زیرا در این حالت قطعه‌ای از ژن بیگانه به ژنوم بدن وی اضافه شده است.

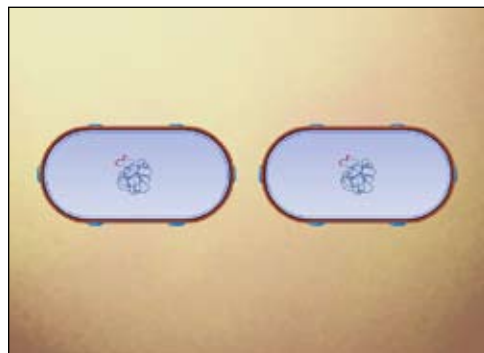
از آنجا که ویروس‌ها تنها قادرند بر نوع خاصی از سلول‌های بدن جاندار اثر بگذارد، مهندسان ژنتیک از این خاصیت برای ترمیم سلول‌های بیماران استفاده‌های فراوانی می‌کنند! برای مثال آنها ابتدا DNA ویروس را با ژن‌های سالم و سازنده پروتئین جایگزین می‌کنند و به این ترتیب، خاصیت بیماری‌زایی ویروس را از بین می‌برند. پس از تزریق ویروس حامل ژن مفید به بدن فرد بیمار، ویروس‌ها به سوی بافت مورد نظر حرکت



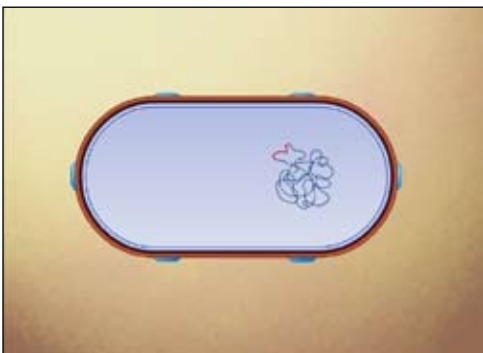
می‌کنند و ژن را به سلول‌های بافت معیوب تزریق می‌کنند. ژن‌های وارد شده نیز با DNA سلول ترکیب می‌شود و به این ترتیب، سلول‌های بافت امکان تولید پروتئین مفید و مورد نیاز را کسب می‌کنند.

دانشمندان هنوز با قاطعیت نمی‌توانند چگونگی پدید آمدن ویروس‌ها را بیان کنند. برخی ویروس‌ها مانند ایدز دارای پیچیدگی‌های خاصی در عملکرد خود هستند و پژوهشگران تلاش می‌کنند با بررسی دقیق، به شیوه مبارزه مؤثر با آنها دست یابند.

۱- ویروس مهاجم بر روی غشای سلول می‌نشیند و DNA خود را درون سیتوپلاسم آن آزاد می‌کند.



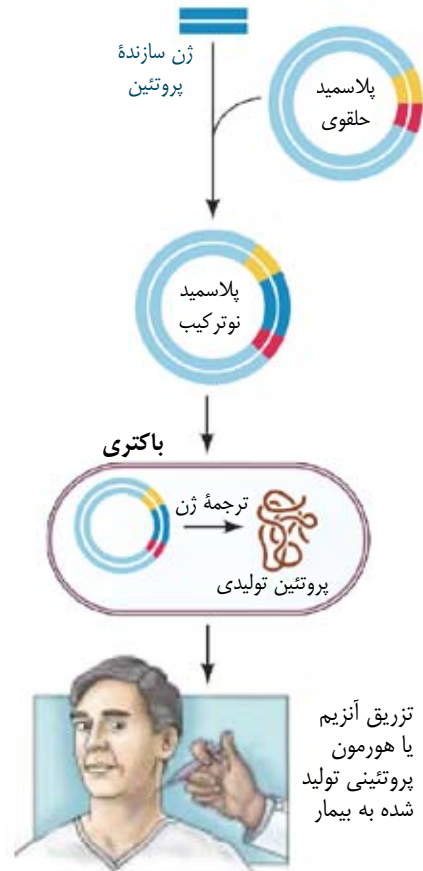
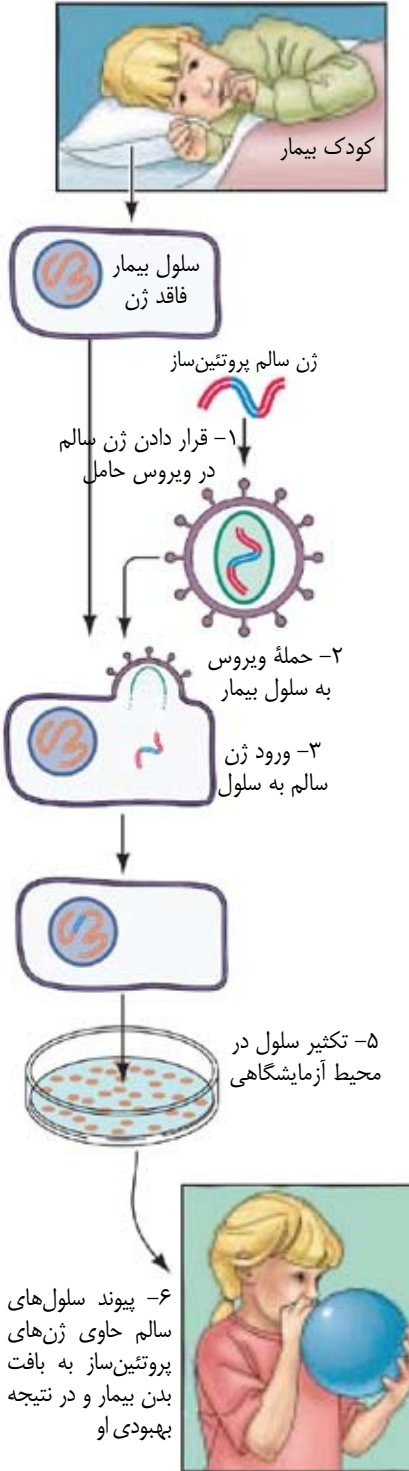
۳- با تکثیر سلول، DNA آن همراه با DNA ویروس نیز همانندسازی شده و تکثیر می‌شوند.



۲- DNA ویروس با DNA سلول پیوند برقرار می‌کند و همراه آن ترجمه می‌شود و پروتئین خود را می‌سازد.

ژن درمانی

در گذشته برای تهیه پروتئین‌های انسانی، از شیوه کلونی و ترکیب ژن سازنده پروتئین با پلاسمیدهای باکتری و در ادامه تولید پروتئین در محیط آزمایشگاهی و سپس تزریق آن به بدن بیمار استفاده می‌کردند (شکل زیر)، اما چند سالی است که شیوه جدید ژن درمانی (Gene Therapy) ابداع شده است. در این روش ابتدا تعدادی سلول‌های بافت معیوب بیمار را از بدن وی خارج کرده و توسط حامل‌هایی نظیر ویروس، ژن سالم را به درون سلول تزریق می‌کنند. در مرحله بعد سلول سالم شده را در محیط آزمایشگاهی کشت و تکثیر می‌کنند و سپس آنها را دوباره در بافت بدن بیمار قرار می‌دهند. پس از این مرحله، سلول‌های سالم خود قادر به تولید آنزیم یا هورمون مورد نیاز بیمار می‌شوند و دیگر نیازی به تزریق‌ها نخواهد بود.



حیوانات و گیاهان تراریخته

صفت تراریخته (TransGenic) به جاندارانی اطلاق می‌شود که از نظر ژنتیکی دستکاری شده باشند. در فن‌آوری تولید جانداران تراریخته، یک یا چند ژن به ژنوم طبیعی جاندار اضافه، جایگزین یا حذف می‌شود. این عمل نوعی جهش ژنتیکی است که نه به طور طبیعی، بلکه به دست مهندسان ژنتیک و در محیط آزمایشگاهی صورت می‌گیرد. جانداران تراریخته، کابردهای زیادی در پزشکی و زیست‌فن‌آوری دارند. امروزه بسیاری از پروتئین‌های دارویی مانند انسولین، فاکتورهای انعقاد خون، هورمون‌های رشد و ... از طریق این فن‌آوری تولید می‌شود.

اولین موجودات تراریخته، باکتری‌ها بودند. این موجودات به دلیل داشتن ژنوم (مجموعه ژن) ساده، هدف مناسبی برای برآورده شدن کنجکاو دانشمندان بودند. مهم‌ترین پیشرفت در این زمینه وقتی بود که دانشمندان موفق شدند با افزودن ژن انسانی به باکتری ای.کولی (E.Coli)، آن را قادر (یا در اصل مجبور!) به تولید پروتئین انسولین کنند تا نیاز روزافزون بیماران دیابتی به این دارو را رفع کنند.

البته از آنجا که کسب پروتئین‌های انسانی از باکتری‌ها، نیاز به هزینه زیادی دارد، دانشمندان به این فکر افتادند که با دستکاری ژنتیک حیوانات اهلی و افزودن ژن‌های انسانی به ژنوم سلولی، بتوانند آنها را ناخودآگاه وادار به تولید این پروتئین‌ها کنند. در ایران نیز به تازگی دو بزغاله به نام‌های سنگول و منگول که حامل ژن‌های فاکتور ۹ انعقادی خون انسان بودند، به دنیا آمدند. پژوهشگران مؤسسه رویان پس از بلوغ و شیردهی این بزغاله‌ها، از شیر آنها پروتئین تولیدی را جداسازی کرده و برای درمان بیماران هموفیلی استفاده خواهند کرد.

دانشمندان همچنین توانایی تغییر ژن‌های گیاهان را نیز به دست آوردند. برای مثال آنها با تغییر ژنوم غلات و میوه‌ها توانستند محصولاتی به دست آورند که هم در برابر آفات مقاوم باشند، هم به آب کمی نیاز داشته باشند و در ضمن ارزش غذایی بیشتری داشته باشند. یک نمونه جالب در این پژوهش‌ها، پیوند ژن حیوانی به گیاه بود. در این عمل، مهندسان با افزودن ژن نوعی ماهی که قادر بود در آب‌های بسیار سرد زندگی کند و افزودن آن به ژن میوه‌های فصلی مانند توت‌فرنگی، توانستند محصولات تراریخته‌ای تولید کنند که می‌توان آنها را تا سال‌ها در سردخانه‌ها نگهداری کرد، بدون آنکه یخ بزنند یا خراب شوند.

امروزه حیطه کاری مهندسان ژنتیک در زمینه تولید موجودات تراریخته بسیار افزایش یافته است. حتی

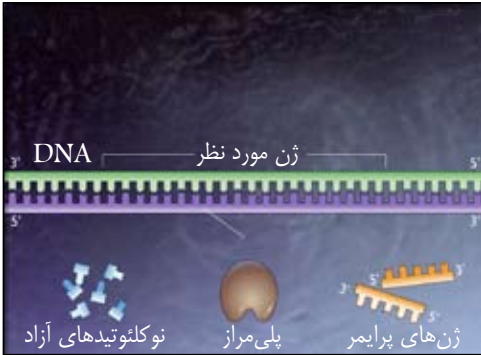


سنگول و منگول (نخستین بزغاله‌های تراریخته ایرانی)

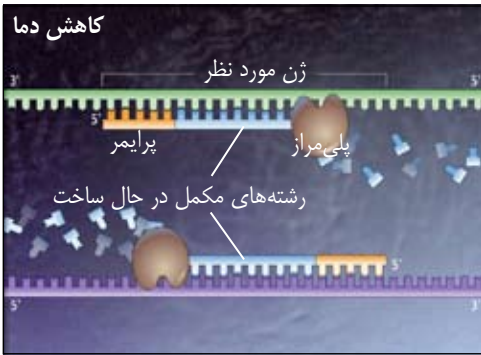
گزارش‌هایی نیز رسیده است که در برخی کشورها این عمل بر روی انسان‌ها نیز انجام می‌شود. برای مثال خانواده‌ای در انگلستان وجود داشت که مادران چند نسل پیاپی حامل ژن سرطان سینه بودند و در سن حدود ۳۰ سالگی به این سرطان دچار می‌شدند. دانشمندان در عملی نادر، ژن سرطان‌زای نوزاد دختر خانواده را با ژن سالم جایگزین کردند و به این ترتیب نسل آنها را از این بیماری مهلک نجات دادند.

تکثیر ژن به روش PCR

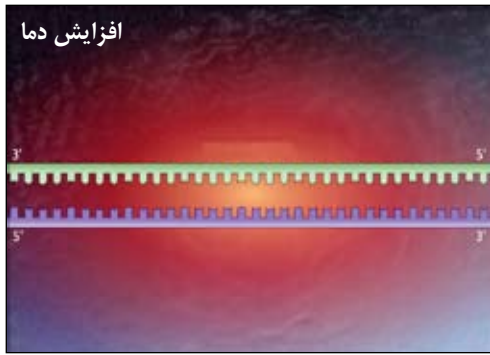
از آنجا که تکثیر ژن به شیوه کلونی نیاز به هزینه و زمان زیادی داشت، دانشمندان روش بهینه‌تری به نام واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (به اختصار PCR) اختراع کردند. در این فرآیند با مقدار بسیار ناچیزی از DNA و در زمان کوتاهی می‌توان به هزاران نسخه از ژن تکثیر شده دست یافت. اصول کار این روش مبتنی بر سرد و گرم کردن محیط مداوم آزمایشگاهی است و ژن‌های موردنظر به شکل تصاعد هندسی تکثیر می‌شوند. در این صفحه، نحوه کار به اختصار توضیح داده شده است.



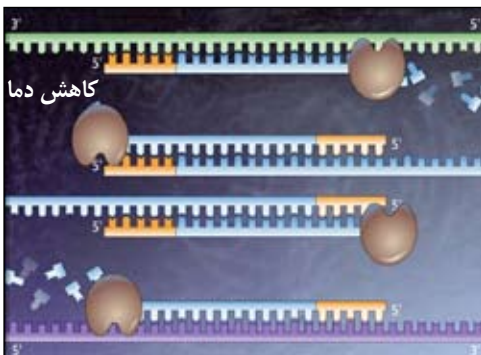
۱- برای آغاز تکثیر، DNA مربوطه را در محیطی حاوی قطعه ژن‌های پرایمر (آغازگر)، آنزیم پلی‌مرز و نوکلئوتیدهای آزاد قرار می‌دهند.



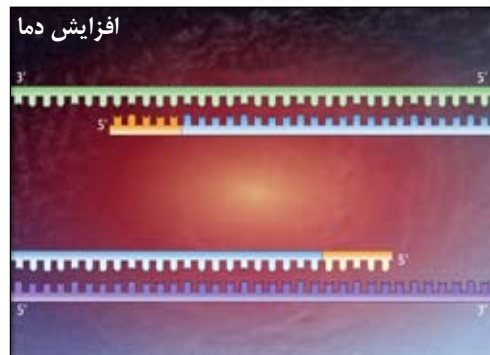
۳- با کاهش دما به حدود ۶۰ درجه، ژن‌های پرایمر به محل آغاز همانندسازی ژن می‌چسبند. سپس آنزیم پلی‌مرز شروع به مکمل سازی رشته DNA با کمک نوکلئوتیدهای آزاد می‌کند.



۲- سپس دمای محیط را برای مدت کوتاهی به حدود ۹۴ درجه سانتیگراد بالا می‌برند. در این دما، پیوند هیدروژنی میان نوکلئوتیدهای مکمل باز شده و دو رشته از هم جدا می‌شوند.



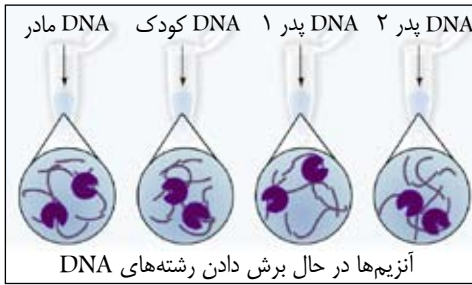
۶- عمل مکمل سازی رشته‌ها دوباره آغاز می‌شود و این بار به جای دو رشته، چهار رشته مکمل ساخته می‌شود. با تکرار این مراحل طی زمان کوتاهی می‌توان میلیون‌ها رشته همانند تولید کرد.



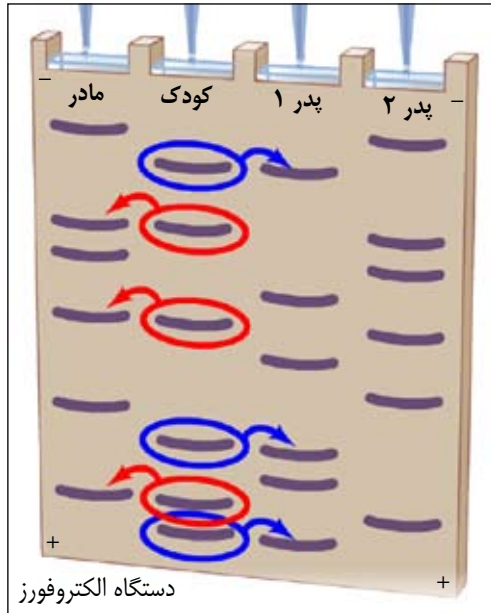
۴- پس از چند ثانیه که دو رشته مکمل بازسازی شدند، دوباره دمای محیط را افزایش می‌دهند تا پیوند هیدروژنی میان دو رشته تازه ساخته شده باز شود.

تکثیر ژن به شیوه PCR علاوه بر تهیه نسخه‌های متعدد از یک ژن خاص، کاربردهای دیگری نیز دارد. برای مثال از این روش می‌توان در کشف حضور یا عدم حضور یک ژن خاص در سلول، بررسی وجود ژن ویروسی یا سرطانی در سلول‌های بافت بیماران، تعیین توالی نوکلئوتیدها در یک رشته DNA، بررسی DNA موجودات چند هزار ساله، انگشت‌نگاری ژنتیک و تحقیقات جنایی استفاده کرد. کشف هویت و یافتن رابطه ژنتیکی افراد و حتی جانداران فرگشت یافته نیز از دیگر موارد کاربردی تکثیر ژنی است.

برای مثال فرض کنید دو مرد ادعای پدر بودن کودکی را دارند. در این حالت DNA مردها، مادر و کودک گرفته شده و هر یک جداگانه به روش PCR تکثیر می‌شوند. سپس با افزودن آنزیم محدود کننده یکسان، رشته‌ها را در نقاط خاصی برش می‌دهند. آنگاه ظرف‌های حاوی ژن‌های برش خورده را در چاهک‌های جداگانه دستگاه الکتروفورز (Electrophoresis) می‌ریزند. درون این دستگاه با نوعی ژل متخلخل پر شده است. از این رو وقتی جریان الکتریکی در دو طرف دستگاه برقرار می‌شود، قطعات باردار ژن بر اساس طول و اندازه از میان خلل‌های ژل به سمت پایین حرکت می‌کنند. در این حالت، رشته‌های کوچکتر سریع‌تر از رشته‌های بلندتر حرکت کرده و در جایگاه‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند. پس از چند ساعت، ژن‌های با قطعات مساوی در جایگاه‌های مخصوص قرار

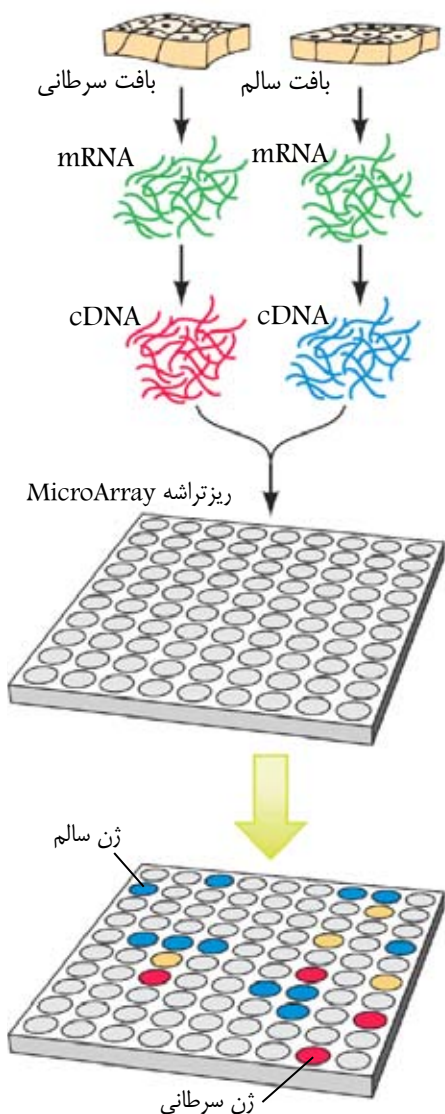


می‌گیرند. حال با مقایسه ژن‌ها می‌توان دریافت که هر ژن کودک از کدام والد (پدر و مادر) دریافت شده است. همان‌طور که می‌دانید نصف کروموزوم‌های هر کودک از پدر و نصف دیگر از مادر دریافت شده‌اند. پس می‌بایست در این حالت بخشی از ژن‌های کودک با ژن‌های مادر و بخش دیگر با ژن‌های پدر در یک سطح قرار گرفته باشند. به این ترتیب، به سادگی و در عرض چند دقیقه می‌توان پدر کودک (شماره یک) را تشخیص داد. در تحقیقات جنایی نیز با کشف تنها یک پیاز مو یا یک قطره خون مجرم یا قاتل می‌توان در عرض چند دقیقه، میلیون‌ها رشته همانند شده را تکثیر کرد. سپس با مقایسه قطعات ژن کشف‌شده و ژن متهمین به روش RFLP در دستگاه الکتروفورز می‌توان به سادگی دریافت که این قطره خون یا مو متعلق به کدام یک از آنها است.



دیگر کاربرد تکثیر ژنی، مقایسه ژنوم گونه‌های مختلف جانداران با یکدیگر و نیز اجداد آنها است. جالب است بدانید نتایج به دست آمده دقیقاً با نظریه فرگشت داروین مطابقت دارد.

مواردی که در این بخش بازگو کردیم، گوشه بسیار کوچکی از قابلیت‌های مهندسی ژنتیک بودند. ژنتیک علم نوپا ولی دارای قابلیت‌های بسیار زیادی است و احتمالاً دانشمندان تا چند دهه آینده با گسترش تحقیقات خود خواهند توانست معضلات بسیاری از جمله چگونگی بروز سرطان‌ها را حل کنند. ما در انتهای این فصل یکی دیگر از فن‌آوری‌های ژنتیکی را بیان خواهیم کرد و پس از آن به فصل بعدی و پاسخگویی تعدادی از سؤالات رایج در مورد فرگشت جانداران می‌پردازیم. گفتیم که یکی از قابلیت‌های ژنتیک در درمان بیماری ناشناخته مانند سرطان است. مهندسان ژنتیک تراشه بسیار کوچکی به نام ریزآرایه (MicroArray) را اختراع کرده‌اند که علی‌رغم کوچکی (اندازه یک تمبر پستی)، کاربردهای بسیار زیادی در تشخیص سرطان‌ها دارد.



نحوه کار به این شکل است که ابتدا از سلول‌های بافت سالم و سرطانی بدن، mRNA تولیدی به روش سانتریفیوژ استخراج می‌شود. سپس با تکنیک ترجمه معکوس، از روی mRNA موجود و با استفاده از نوکلئوتیدهای آزاد نشانگر شده حساس به نور فلئورسنت، تک‌رشته‌های مکمل (cDNA) ساخته می‌شود. سپس این رشته‌های سالم و سرطانی با یکدیگر مخلوط شده و بر روی تراشه ریزآرایه ریخته می‌شوند. تراشه ریزآرایه از حدود ۶۰ هزار خانه حاوی تک رشته‌های ژن با توالی‌های منحصر بفرد و از قبل مشخص می‌باشد. وقتی رشته‌های cDNA به رشته‌های موجود بر سطح تراشه برخورد می‌کنند، در صورت مکمل بودن ساختار نوکلئوتیدی با آنها پیوندی مانند جفت رشته DNA برقرار می‌کنند. پس از مدتی ریز تراشه زیر نور لامپ فلئورسنت قرار داده می‌شود. در این حالت برخی خانه‌ها به رنگ آبی، زرد و قرمز دیده می‌شوند. خانه‌های آبی نشانگر آن هستند که این ژن‌ها تنها متعلق به سلول‌های بافت سالم هستند. خانه‌های زرد؛ یعنی این ژن‌ها هم جزو بافت سالم و هم بافت سرطانی هستند و در نهایت خانه‌های قرمز؛ یعنی این ژن‌ها تنها در بافت سرطانی وجود دارند. به این ترتیب، پزشک متوجه می‌شود که کدام ژن عامل سرطان است و با تکنیک ژن درمانی (که قبلاً توضیح دادیم)، می‌تواند اقدامات لازم برای درمان بیمار را انجام دهد.

فصل چهارم

پرسش و پاسخ

اگر نظریه فرگشت دارای اسناد و مدارک معتبری است، چرا هنوز برخی با آن مخالفت می‌کنند و ادعاهای آنها

چیست؟ مخالفان نظریه فرگشت به چند دسته تقسیم می‌شوند. گروه اول کسانی هستند که آگاهی درست و کافی از نظریه فرگشت ندارند. این افراد بر اساس شایعات و شنیده‌ها تصور می‌کنند داروین در نظریه خود ادعا کرده است که آفریننده‌ای وجود ندارد و انسان‌ها از میمون‌ها به وجود آمده‌اند و چون این سخنان با عقل و آموزه‌های دینی منافات دارد، پس در نظر این افراد بی‌اعتبار است.

گروه دوم مخالفان کسانی هستند که تصور می‌کنند فرگشت در حد یک فرضیه است و از آنجا که هنوز به اصل علمی تبدیل نشده است، پس نمی‌توان به آن استناد کرد. این افراد هنوز تفاوت فرضیه و نظریه را درک نکرده‌اند و نمی‌دانند که فرضیه یک تصور ذهنی و حدس خیالی است، در حالی که نظریه یک موضوع علمی است که باید برای آن دلایل و شواهد معتبر آورد. این افراد همچنین نمی‌دانند که نظریه با اصل نیز فرق دارد. اصول علمی در عالم واقعیت و زمان حاضر قابل لمس و آزمایش هستند، در حالی که این امکان برای نظریه میسر نیست. در مورد نظریه فرگشت نیز چون امکان بازگشت به گذشته چند میلیون ساله وجود ندارد، دانشمندان با استفاده از علوم و مدارک علمی مانند زمین‌شناسی، فسیل‌شناسی، آناتومی مقایسه‌ای، جنین‌شناسی، ژنتیک جمعیتی، زیست‌شناسی ملکولی و ده‌ها دلیل دیگر توانسته‌اند واقعیت‌های گذشته را در قالب نظریه ارائه دهند.

کار این دانشمندان مانند کار آگاهان جنایی است. از آنجا که کار آگاه پلیس نمی‌تواند برای اثبات عمل یک متهم، فیلم صحنه جرمی را که در گذشته رخ داده است، ببیند، سعی می‌کند با گردآوری و بررسی دقیق شواهد و آثار جرم واقعیت را دریابد و با دلایل و مدارک محکمه‌پسند محکومیت یا برائت متهم را در دادگاه اثبات کند. در تمام کشورهای جهان نیز قاضی یا هیأت منصفه، اسناد و شواهد معتبر را قبول می‌کنند و هیچ کس ادعا نمی‌کند که چون فیلم صحنه جرم را ندیده است، پس این مدارک باطل هستند!

گروه دیگر مخالفان تلاش می‌کنند با طرح ادعاهای عجیب، نظریه فرگشت را باطل اعلام کرده و با طرح ادعاهای عجیب نزد مردم عامی چنین القاء کنند که نظریه داروین یک دروغ بزرگ و طرح استعمارگر پیر بریتانیا برای بی‌ایمان کردن مردم است و به خیال خود با این ادعاها بتوانند از عقاید دینی مردم محافظت کنند. این قبیل افراد با نشان دادن تصاویر برخی حیوانات مانند ماهی‌ها، لاک‌پشت‌ها و حشراتی که به دلیل داشتن همزیستی زیاد با تغییرات محیط طبیعی، فرگشت کمتری طی میلیون‌ها سال اخیر یافته‌اند، ادعا می‌کنند که این موارد در تناقض با نظریه فرگشت است. آنها همچنین با ارائه تعدادی اسامی مجهول چنین القاء می‌کنند که بسیاری از دانشمندان هنوز نظریه فرگشت را نپذیرفته‌اند و نسبت به آن مشکوک هستند، در حالی که واقعیت کاملاً برعکس است. در تمام کشورهای دنیا و اکثر

دانشگاه‌های معتبر جهان، نظریه فرگشت توسط جامعه علمی پذیرفته شده است و هر روز با پیشرفت فن آوری، دلایل و مدارک جدیدی در صحت اعتبار این نظریه ارائه می‌شود. این گروه همچنین ادعاهای عجیبی نیز مطرح می‌کنند. برای مثال می‌گویند چرا با وجود میلیون‌ها سال زندگی موجودات، امروز در هر گوشه زمین فسیل‌های جانوران قدیمی یافت نمی‌شود؟ سپس چنین نتیجه‌گیری می‌کنند که فرگشت وجود ندارد! این افراد نمی‌دانند و یا می‌خواهند این حقیقت را کتمان کنند که برای تشکیل یک فسیل، شرایط بسیار استثنایی (در حد یک در چند میلیون مورد) باید روی دهد. اینکه جسد حیوان یا گیاه پس از مرگ فوراً با توده‌ای از خاک مرده (مانند گرد و غبار آتشفشانی یا شن‌های نمک‌زار) پوشیده شود، موجودات دیگر مانند باکتری‌ها نتوانند به سرعت جسد را تجزیه کنند، سپس میلیون‌ها سال با همین شرایط طی شود و در این مدت فشار لایه‌های بالایی چنان باشد که هم جسد له نشود و هم به مرور با ورود قطرات آب لایه‌های بالایی، استخوان‌ها و بخش‌های سخت جسد با املاح سنگی محلول در قطرات آب جایگزین شود و ده‌ها عامل دیگر در تشکیل فسیل دخیل هستند. تازه پس از آن احتمال کشف هر فسیل نیز در حد یک در چند میلیون است، چراکه اغلب فسیل‌ها در لایه‌های میانی صخره‌ها مخفی مانده‌اند و تاکنون بخت و اقبال با دانشمندان همراه بوده است که تعدادی از آنها در نتیجه فرسایش تدریجی لایه‌هایی بالایی و آن هم به طور اتفاقی کشف شده‌اند و تاکنون هیچ گروهی حاضر نشده است یک صخره یا کوه عظیم را با مته‌های گرانیتم برش دهد تا شاید به احتمال یک در چند میلیون به فسیل دست یابد! گذشته از این، اگر به فرض محال، فسیلی هم از دوران قدیم یافت نمی‌شد، نظریه فرگشت جانداران همچنان به قوت خود باقی بود، زیرا دلایل و مدارک علمی دیگر چنان قوی و مستدل هستند که بدون آنها نیز فرگشت قابل اثبات است.

بنیان‌گذاران و حامیان فرگشت آنچنان به این نظریه ایمان دارند که ادعا کرده‌اند اگر یک مورد (دقت کنید: اگر و تنها اگر یک مورد) نقض برای نظریه فرگشت ثابت شود، حاضرند کل آن را کنار بگذارند و حتی به ثابت کننده آن جایزه نوبل هم اهداء شود! طی ۱۵۰ سال اخیر بسیاری از منتقدان و مخالفان تلاش کردند مواردی برای نقض این نظریه بیابند، اما علاوه بر اینکه هیچ موفقیتی کسب نکردند، بلکه در چند سال اخیر با پیشرفت‌های حیرت‌انگیز علوم فیزیک، شیمی و ژنتیک چنان دلایل محکمی در اثبات این نظریه به دست آمده است که دیگر جای هیچ شک و شبهه‌ای برای دانشمندان و محققان باقی نگذاشته است و به همین دلیل گروه مخالفان به ناچار تلاش‌های خود را معطوف به افراد عامی و ناآگاه کرده‌اند و سعی می‌کنند با فرار به جلو از شکست و اعتراف به قبول این نظریه بپرهیزند! ما در ادامه برخی سوالات و شبهات مطرح شده توسط این گروه را پاسخ خواهیم داد تا خوانندگان محترم با عقاید آنها بیشتر آشنا شوند.

ادعا: داروین در اواخر عمر خود به اشتباه بودن نظریه‌اش پی برد و توبه کرد! این ادعا کاملاً دروغ و بی‌اساس است. داروین تا پایان عمرش بر نظریه خود پافشاری می‌کرد. او به وجود آفریننده یا علت پیدایش جهان اعتقاد داشت، ولی از آنجا که یافته‌های او در تناقض با برخی نوشته‌های کتاب عهد عتیق (تورات) و عهد جدید (انجیل) بود و توجیه‌ها و تفسیرهای کشیشان را نیز درباره فلسفه و نحوه آفرینش قبول نداشت، به مرور از کلیسا فاصله گرفت و خود را ندانم‌گرا نامید. با این حال او هیچ‌گاه علناً به مجادله با کشیشان نپرداخت.

ادعا: بر اساس اصول ترمودینامیک، سیستم‌ها با گذشت زمان بی‌نظم‌تر می‌شوند. بنابراین سلول‌ها نمی‌توانند از مواد بی‌جان به وجود آمده باشند و جاندارانی به این پیشرفتی تولید شوند! این ادعا نیز از اساس اشتباه است، چراکه قوانین ترمودینامیک درباره سیستم‌های بسته که هیچ تبادل انرژی با محیط اطراف خود ندارند، صدق می‌کند در حالی که سیاره زمین سیستم انرژی بسته‌ای ندارد و هر لحظه انرژی زیادی از خورشید به زمین ارسال می‌شود و اگر روزی این انرژی قطع شود، حیات نیز در کره زمین نابود خواهد شد.

ادعا: با محاسبات ریاضی می‌توان دریافت که تشکیل تصادفی یک ملکول ساده در حد بسیار کم (نزدیک به صفر) است، پس امکان ندارد اولین سلول‌ها خودبه‌خود پدید آمده باشند! گرچه بخش اول ادعا درست است، ولی نتیجه‌گیری آن اشتباه می‌باشد. در زمان داروین نیز ادعاهای این چنینی وجود داشت. منکرین نظریه فرگشت ابتدا ادعای پیشرفته بودن چشم موجودات و مغایرت آن با نظریه فرگشت را مطرح کردند، ولی وقتی با دلایل منطقی و شواهد زنده روبرو شدند، ادعاهای نامربوط دیگری ارائه کردند. برای مثال یکی از مخالفان ادعا می‌کرد که اگر ما یک ساعت جیبی دقیق در بیابان پیدا کنیم، حتماً همه اذعان می‌کنند که این ساعت یک سازنده‌ای داشته است، ولی نظریه فرگشت ادعا می‌کند که موجودات و جهان خودبه‌خود به‌وجود آمده‌اند. پاسخ داروین و یاران او به این ادعا این بود که نظریه فرگشت هیچگاه وجود آفریننده یا قدرت برتر در به وجود آوردن سیارات و جهان را نقض نمی‌کند، بلکه این نظریه فقط چگونگی پیدایش موجودات بر روی سیاره زمین را توضیح می‌دهد.

ثانیاً اینکه احتمال به وجود آمدن یک سلول بسیار پایین است، دلیلی بر به وجود نیامدن آن نیست. برای مثال اگر شما جعبه‌ای حاوی یک میلیون کارت با شماره‌های یک تا یک میلیون را داشته باشید و بخواهید یک کارت از میان آنها انتخاب کنید، در آن صورت احتمال بیرون آمدن هر شماره $1/1000000$ خواهد بود. حال اگر شما دست ببرید و یک کارت (مثلاً با شماره ۴۶۸،۲۳۸) بیرون بیاورید، با آنکه احتمال بیرون آمدن این کارت بسیار پایین بود، ولی به هر حال غیرممکن هم نبوده است! پس به یاد داشته باشید که کم بودن احتمال رخ دادن یک رویداد، دلیلی بر غیرممکن بودن آن نیست. همین سیاره زمین ما اگر کره ماه را نداشت، اگر در فاصله کنونی با خورشید نبود، اگر قطر آن کمی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر می‌بود و میلیون‌ها اما و اگر دیگر؛ آن وقت حیات بر روی زمین شکل نمی‌گرفت، ولی به هر حال این شرایط روی ندادند و ما امروز شاهد وجود حیات در سیاره خود هستیم در حالی که میلیون‌ها و میلیارد‌ها سیاره دیگر در کهکشان‌ها و تعدادی هم در منظومه شمسی ما وجود دارند که شرایط آنها مثل زمین نبود و به همین دلیل حیاتی هم در آنها شکل نگرفته است.

در ضمن همچنان که در ابتدای فصل دوم گفتیم سلول‌ها به همین سادگی هم پدید نیامدند، بلکه بیش از دو هزار میلیون سال (دو میلیارد سال) طول کشید تا نخستین سلول‌ها بر سطح سیاره زمین ظاهر شوند. در این مدت که زمان بسیار طولانی بود، میلیاردها بار سلول‌های ناقص ساخته شدند، از بین رفتند و بازمانده‌ها فرگشت یافتند تا در نهایت به صورت سلولی فعال درآیند. گرچه این روال در انتخاب طبیعی زمان بسیار زیادی طول کشید، ولی امروزه دانشمندان ژنتیک پس از چند سال پژوهش موفق شده‌اند با ساختن یک رشته ساده DNA و وارد کردن آن به یک باکتری فاقد کروموزوم، نخستین جاندار مصنوعی را تولید کنند. این موضوع نشان می‌دهد که انسان‌ها می‌توانند کار

طبیعت را در زمانی بسیار کوتاه‌تر انجام دهند و ما احتمالاً تا چند سال آینده باید شاهد خبرهای شگفت‌انگیزی از ساخت جانداران جدید باشیم. یکی دیگر از ادعاهای خلاف واقع مخالفان این است که سعی دارند ذهن مردم را با مثال‌های نامربوط گمراه کنند؛ برای مثال آنها ادعا می‌کنند که اساس نظریه فرگشت دربارهٔ پیدایش انسان‌های تکامل یافته و هوشمند شبیه این است که ناگهان طوفانی به پا خورده و آهن پاره‌ها را به هم کوبیده و در این میان هواپیمایی مدرن پدید آمده است! این گروه سعی می‌کنند با سفسطه بازی افراد عامی را گمراه کنند، چراکه نظریهٔ فرگشت هیچ‌گاه چنین ادعایی یا حتی شبیه این را نیز نداشته است. این مدعیان دو فاکتور مهم زمان (در حد هزاران میلیون سال) و نیز اصل انتخاب طبیعی را که اساس نظریهٔ فرگشت است، در نظر نمی‌گیرند.

ادعا: بیشتر جهش‌های ژنتیکی مضر و کشنده هستند و به همین دلیل امکان ندارد موجودات بر اثر جهش‌های بیابایی به این پیشرفت رسیده باشند! بله، درست است که بیشتر جهش‌ها مفید نیستند، اما به یاد داشته باشید که اغلب موجوداتی که با جهش‌های مضر مواجه می‌شوند، یا اصولاً به دنیا نمی‌آیند و یا مدت کوتاهی پس از تولد به علل مختلف می‌میرند و نمی‌توانند جهش خود را به نسل بعد منتقل کنند. حتماً می‌دانید که هر موجود می‌تواند به تعداد زیادی از نسل خود صاحب فرزند شود. مثلاً هر قورباغه صدها هزار تخم می‌گذارد، ولی تنها چند نوزاد آن که صاحب جهش‌های مفید هستند، زنده می‌مانند. چند نوزاد از میان صدها هزار شاید تعداد کمی باشد، ولی اگر زمان طولانی میلیون‌ها سال را در نظر بگیریم، با رشد تصاعدی نسل‌ها می‌بایست تاکنون همهٔ کرهٔ زمین مملو از قورباغه‌ها می‌شدند، اما محدودیت منابع غذایی و عوامل طبیعی مانع از زیاد نسل موجودات شده است.

ادعا: بقایای فسیل‌های کشف شده نشان دهندهٔ حلقه‌های میانی گمشدهٔ بسیاری است، پس نظریهٔ فرگشت تدریجی بی‌اساس است! بیشتر نیز گفتیم که طبیعت در فکر ساختن فسیل نبود تا انسان‌های امروزی با دیدن آنها به یاد فرگشت بیفتند. طبیعت کار خود را می‌کند و این از خوش‌شانسی ما است که توانسته‌ایم برخی از موجودات فسیل شده را پیدا کنیم و از آنها برای فهم چگونگی پیدایش و فرگشت موجودات استفاده کنیم. در ضمن ادعای اینکه فسیل‌های میانی تاکنون کشف نشده‌اند نیز غلط است، زیرا تاکنون هزاران فسیل از این موجودات مانند دایناسور پرندهٔ آرکتوپتریکس، خزندگان نخستین، اجداد پستانداران و نیز انسان‌ها یافت شده‌اند که خود به نوعی حلقهٔ میانی فرگشت جانداران و از جمله انسان‌ها محسوب می‌شوند.

ادعا: بر اساس نظریه فرگشت، انسان‌ها و شامپانزه‌ها از یک ریشهٔ مشترک بوده‌اند، ولی امروزه تفاوت‌های فاحشی میان ما و آنها وجود دارد. شامپانزه‌ها تکامل نیافتند و هنوز هم روی درخت زندگی می‌کنند، در حالی که انسان‌ها به چنان پیشرفتی رسیده‌اند که می‌تواند به کرهٔ ماه هم سفر کند. این موضوع با نظریهٔ فرگشت، تناقض اساسی دارد! در مورد بخش اول ادعا، بیشتر نیز خاطر نشان ساختیم که در نظریهٔ فرگشت و انتخاب طبیعی چیزی به نام تکامل وجود ندارد و انسان‌ها نیز تکامل یافته‌ترین و یا پیشرفته‌ترین جانداران زمین نیستند. نوع انسان تنها به لطف جهش‌هایی که ناخودآگاه و برای حفظ نسل خود طی چند میلیون سال اخیر برخوردار شده است، امروزه از نظر مغز و هوش از دیگر جانداران برتری یافته و به لطف همین هوش برتر توانسته است تمام نقاط ضعف خود را بیوشاند. برای مثال انسان در مقایسه با عقاب هم دید چشمی ضعیف‌تری دارد و هم نمی‌تواند پرواز کند، در مقایسه با میمون

نمی‌تواند به راحتی از درخت بالا برود و از شاخه‌ای به شاخه‌ی دیگر بپرد و یا روی درخت بخوابد، انسان نمی‌تواند به سرعت کوسه‌ها و دلفین‌ها شنا کند یا مدت زیادی در زیر آب بماند. قدرت بدنی انسان از حیواناتی نظیر شیر، پلنگ، خرس و گراز بسیار کمتر است. انسان نمی‌تواند صداهایی با فرکانس کمتر از ۲۰ هرتز و بیشتر از ۲۰ کیلو هرتز را بشنود. همچنین چشم انسان قادر به دیدن نورهای مادون قرمز و فوق بنفش نیست با این حال همین انسان به کمک هوش و قدرت تفکر و نیز بهره‌گرفتن از تجربیات گذشتگان خود توانسته است وسایلی بسازد و بیشتر نقاط ضعفش را بپوشاند؛ برای مثال او دوربین دید در شب و تلسکوپ را اختراع کرده است تا بهتر و قوی‌تر ببیند. رادیو، تلویزیون، اینترنت و ماهواره را برای برقراری ارتباط راه دور با هم نوعان خود، اتومبیل و قطار را برای سرعت بخشیدن به حرکت، بالن و هواپیما را برای پرواز کردن و کشتی و زیردریایی را برای حرکت در زیر دریا ساخته است.

همچنین درباره‌ی اینکه چرا انسان‌ها صاحب مغز و هوش بیشتر شدند، گفتیم که عامل اصلی همان انتخاب طبیعی بوده است. جد انسان‌ها و شامپانزه تا شش میلیون سال پیش همگی در جنگل زندگی می‌کردند، اما به دلیل برخی مسائل طبیعی مانند خشکسالی در جنگل‌های شرق آفریقا، این جانداران مجبور بودند برای مدتی از درخت‌ها پایین بیایند و در روی زمین به دنبال غذا بگردند. در این میان، گونه‌هایی شانس زنده ماندن داشتند که در اثر فرگشت‌های پیاپی صاحب پاهای قوی‌تر بودند و پس از کسب غذا می‌توانستند سریع‌تر بدوند و خود را به تک درختان امن‌تر برسانند. این موضوع آغاز جدایی این گونه از خانواده‌ی هوموئیدها بود. پس از آن طی میلیون‌ها سال، گونه‌ی انسان‌نما با فرگشت‌های مختلف روبرو شد که در نهایت به انسان امروزی ختم شد، اما اجداد شامپانزه‌ها در منطقه‌ای می‌زیستند که تغییرات طبیعی زیاد در آنجا روی نداد و به همین دلیل نیازی هم به فرگشت متفاوت‌تر نداشتند. البته خاطر نشان سازیم که شامپانزه‌های کنونی دقیقاً شبیه اجداد شش میلیون ساله‌ی پیش نیستند و تا حدود زیادی تغییر کرده‌اند. در بدن انسان‌های امروزی نیز اندام‌های بدون کاربردی مانند دندان عقل، زائده‌ی آپاندیس و استخوان دنباله‌چرخه وجود دارند که در اجداد گیاه‌خوار مورد استفاده بودند، ولی اکنون کاربردی ندارند و شاید در نسل‌های آینده به طور کامل حذف شوند.

گونه‌ی انسان طی چند صد هزار سال اخیر به آن درجه از سطح فکری رسیده است که با اختراع ابزار می‌تواند آتش، موفق شده تغییرات تحمیلی محیط بر روی بدن خود را تا حدودی متوقف کند. انسان‌های خردمند دیگر مانند حیوانات نیاز چندانی به سازگاری با تغییرات محیط طبیعی ندارند زیرا می‌توانند؛ مثلاً با وقوع دوره‌ی یخبندان، لباس بپوشند و خود را از گزند سرما و مرگ حفظ کنند. از این زمان به بعد دیگر برتری جسمی برای بقا و زنده ماندن اهمیت پیشین خود را برای انسان‌ها از دست داده است و در عوض برتری فکر و اندیشه و نیز همکاری در جهت کسب موقعیت بالای اجتماعی ارزشمند شده است.

ادعا: بر اساس نظریه‌ی فرگشت، ما نیز حیوان هستیم. پس باید مثل حیوانات زندگی کنیم و هر کس قدرت بیشتری داشت، می‌تواند بر دیگری ستم کند! این مدعیان، نقش تجربه و اخلاقیات را که از نتایج وجودی عقل و شعور پیشرفته‌ی انسان‌ها است، نادیده می‌گیرند. برای پاسخ به این ادعا کمی به گذشته بازمی‌گردیم. بله، اجداد انسان‌ها و انسان‌نماها مانند بسیاری از حیوانات زندگی می‌کردند، اما می‌دانیم که زندگی آنها به شکل گروهی بوده است و برای حفظ و بقای خود و نسل‌شان از یکدیگر مراقبت می‌نمودند. زندگی بدوی و ابتدایی انسان‌ها صدها هزار سال

سال به همان صورت ادامه داشت تا اینکه با آغاز یکجانشینی و همکاری در امر کشاورزی و دامپروری متوجه شدند که شرایط زندگی آنها راحت تر می شود. اختراع خط در حدود پنج هزار سال پیش و به دنبال آن تبادل تجربیات زندگی انسان ها را به طرز باور نکردنی بهبود بخشید. گرچه این پیشرفت ها مانع از جنگ و کشتار هم نوعان نشد و تا چند هزار سال بعد همچنان انسان ها برای رسیدن به امکانات بیشتر متوسل به زور و خشونت می شدند، اما به مرور انسان ها با تبادل افکار و تجربیات خود دریافتند که تشکیل حکومت های دیکتاتور و نیز جنگ و کشتار هم نوعان در نهایت به ضرر همگان تمام خواهد شد و کمک به دیگران شاید در کوتاه مدت شاید نفعی برای یک گروه نداشته باشد، اما تجربه هزاران ساله نشان داده است که این دیدگاه در درازمدت به نفع همگان خواهد بود.

انسان ها اکنون دریافته اند علاوه بر آنکه به هم نوعان ضعیف خود ستم نکنند، بلکه دست یاری نیز به آنها برسانند، چراکه ممکن است در آینده خود آنها و یا فرزندانش محتاج دیگران بشوند. تشکیل سازمان ملل متحد و سازمان های وابسته به آن مانند یونسف، شورای حقوق بشر، شورای بهداشت و ... علی رغم تمام کاستی های موجود، از نتایج هم فکری و عقل جمعی بشر تا به امروز بوده است.

برخی از منابع :

کتاب های فارسی

- کتاب های زیست شناسی (اول، دوم و سوم دبیرستان و پیش دانشگاهی) رشته علوم تجربی
- چارلز داروین (پایه گذار نظریه تکامل)؛ انتشارات فاطمی؛ نویسنده: آنا اسپر اول
- اصول ژنتیک؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ نویسندگان: بهمن یزدی و بدرالدین ابراهیم طباطبایی
- مهندسی ژنتیک و کاربردهای آن؛ انتشارات دانشگاه فردوسی؛ مترجم: علی سامعی

کتاب های لاتین

- Evolution and Genetics ; publisher : Encyclopaedia Britannica
- Evolution ; publisher : Eyewitness-Books ; author : Linda Gamlin
- The PreHistoric Earth (10 set volumes) ; publisher : Chelsea House
- Human Evolution ; Publisher : Wiley-Blackwell ; Auther : Roger Lewin
- Molecular Cell Biology ; publisher : W.H.Freeman

سایت های اینترنتی

- <http://darwin-online.org.uk>
- <http://highered.mcgraw-hill.com>
- <http://science.howstuffworks.com/evolution>
- <http://www.britannica.com/bps/search?query=evolution>
- <http://evolution.berkeley.edu/evosite/evo101/index.shtml>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Evolution>
- <http://www.genome.gov/Education>

