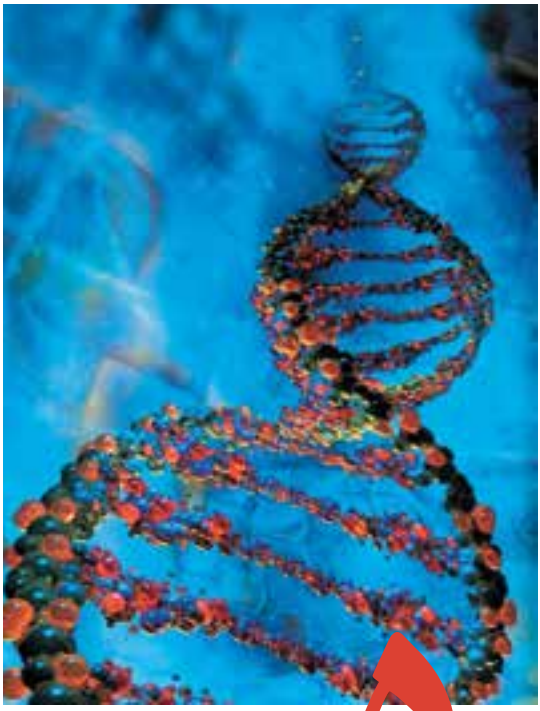
بخش دوم

وراثت، تولیدمثل و رشد و نمو



مدل رایانه‌ای DNA

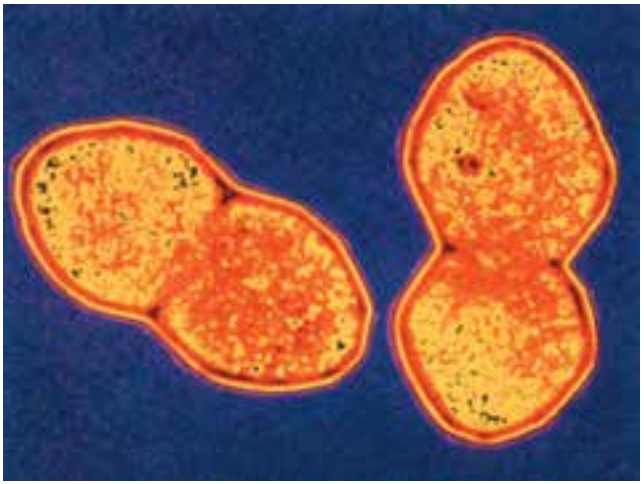
۵ مادهٔ ژنتیک

در سال اوّل دبیرستان با ساختار کروموزوم‌ها و DNA به‌طور مختصر آشنا شدید. امروزه می‌دانیم که نوکلئیک اسیدها مادهٔ ژنتیک را تشکیل می‌دهند. زیست‌شناسان عاملی را که باعث انتقال خصوصیات و ویژگی‌های یک نوع جاندار، از نسلی به نسل دیگر می‌شود، **مادهٔ ژنتیک** می‌نامند. در مادهٔ ژنتیک **اطلاعات** و **دستورالعمل**هایی نهفته است که بسیاری از ویژگی‌های جاندار به آنها بستگی دارد.

در آغاز قرن بیستم تلاش‌های فراوانی برای یافتن مادهٔ ژنتیک در سلول آغاز شد. در آن زمان زیست‌شناسان نمی‌دانستند که مادهٔ ژنتیک کدام یک از مولکول‌های درون سلول است؛ امّا می‌دانستند برای آنکه مولکولی بتواند نقش مادهٔ ژنتیک را ایفا کند، باید ویژگی‌های خاصی داشته باشد. مثلاً بتواند اطلاعات ژنتیک را در خود ذخیره کند، آنها را از نسلی به نسل دیگر منتقل کند و در عین حال نسبتاً پایدار باشد تا بتواند در سراسر زندگی فرد، خود را حفظ کند.

۱ در جستجوی مادهٔ ژنتیک

در سال **۱۹۲۸**، آزمایشی که ارتباط چندانی با ژنتیک نداشت، منجر به کشف بزرگی دربارهٔ مادهٔ ژنتیک شد. در این سال فردریک گریفیت[۱] که باکتری شناس بود، سعی می‌کرد تا واکسنی علیه باکتری مولد ذات‌الریه، که نام علمیِ آن **استرپتوکوکوس نومونیا**[۲] است، تهیه کند (شکل ۱ــ ۵).



شکل ۱ــ ۵ــ باکتری مولد بیماری ذات‌الریه (۱۷۲۵۰×)

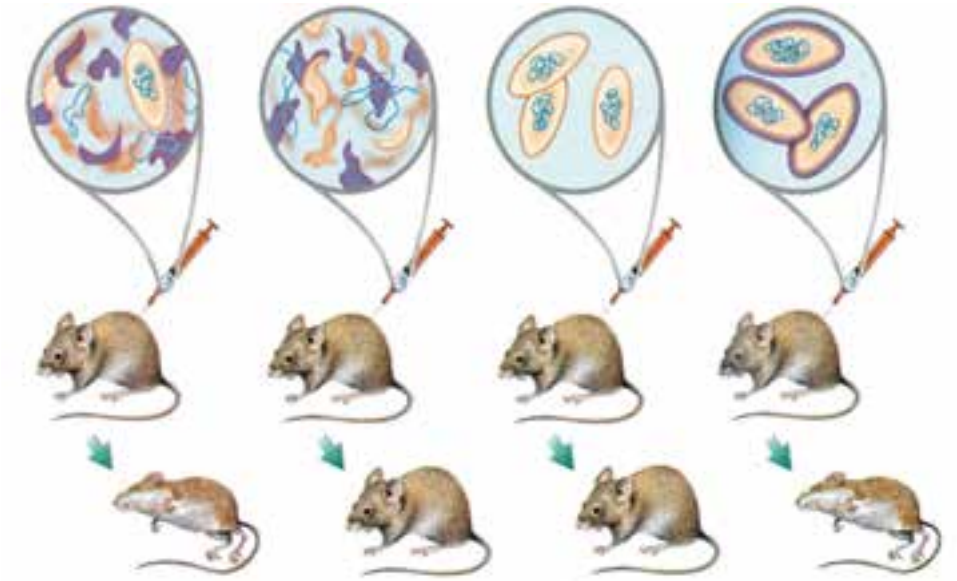
گریفیت روی دو نوع (سویه) از این باکتری‌ها کار می‌کرد. یکی از این سویه‌ها، کپسولی پلی‌ساکاریدی دارد که اطراف باکتری را احاطه می‌کند. این کپسول، باکتری را در برابر دستگاه ایمنی بدن محافظت می‌کند و در نتیجه موجب بیماری‌زایی آن می‌شود. سویهٔ دیگر این نوع باکتری، بدون کپسول پلی‌ساکاریدی است و به این علت موجب بیماری ذات‌الریه نمی‌شود.

گریفیت پی برده بود که تزریق باکتری کپسول‌دار به موش‌ها، موجب بیماری و مرگ آنها می‌شود؛

۱ــ Freder ck Gr ff th

۲ــ Streptococcus pneumon ae

در حالی که موش‌هایی که به باکتری بدون کپسول آلوده شده‌اند، سالم باقی می‌مانند (شکل ۲ــ۵). گریفیت برای بررسی اینکه آیا کپسول عامل مرگ موش‌هاست یا خیر، تعدادی باکتری کپسول‌دار را با گرما کُشت و سپس آنها را به موش‌ها تزریق کرد. او مشاهده کرد که موش‌ها پس از آن بیمار نشدند و زنده ماندند.



۱ــ باکتری‌های کپسول‌دار موش را می‌کشند.

۲ــ باکتری‌های بدون کپسول موش را نمی‌کشند.

۳ــ باکتری‌های کپسول‌داری که با گرما کشته شده‌اند، موش را نمی‌کشند.

۴ــ باکتری‌های کپسول‌داری که با گرما کشته شده‌اند، همراه با باکتری زندهٔ بدون کپسول، موش را می‌کشند!

شکل ۲ــ۵ــ آزمایش گریفیت

گریفیت دریافت که کپسول باکتری عامل مرگ موش‌ها نیست. او سپس باکتری‌های بدون کپسول زنده و باکتری‌های کپسول‌داری را که بر اثر گرما کشته بود، با یکدیگر مخلوط و مخلوط حاصل را به موش‌ها تزریق کرد. نتیجهٔ این آزمایش غیرمنتظره بود. او مشاهده کرد که همهٔ موش‌ها در اثر ابتلا به بیماری ذات‌الریه مُردند. گریفیت پس از بررسی خون موش‌های مرده، با کمال تعجب مشاهده کرد که در خون این موش‌ها، بعضی از باکتری‌های بدون کپسول، کپسول‌دار شده‌اند. به عبارت دیگر، باکتری‌های بدون کپسول تغییر شکل داده‌اند و به باکتری‌های کپسول‌دار تبدیل شده‌اند.

آنچه گریفیت مشاهده کرده بود، امروزه **ترانسفورماسیون**[1] نامیده می‌شود. در فرایند ترانسفورماسیون، باکتری با دریافت مواد ژنتیک از محیط خارج، در خصوصیات ظاهری خود تغییراتی پدید می‌آورد. با آزمایش‌هایی که گریفیت انجام داد، علت ترانسفورماسیون باکتری‌های بدون کپسول و تبدیل آنها به باکتری کپسول‌دار، مشخص نشد.

جستجو برای یافتن عامل ترانسفورماسیون که پژوهشگران مطمئن شده بودند این عامل همان مادهٔ ژنتیک است، تا سال ۱۹۴۴ ادامه یافت.

آزمایشِ ایوری

یکی از مهم‌ترین آزمایش‌ها در تاریخ زیست‌شناسی، آزمایش اُسوالد اِیوری[2] است که به شناسایی عامل ترانسفورماسیون انجامید و ماهیت مادهٔ ژنتیک را آشکار ساخت. اِیوری و همکاران او با انجام این آزمایش، به بحث‌ها و پژوهش‌های چندین ساله دربارهٔ ماهیت مادهٔ ژنتیک خاتمه دادند و برگ زرینی به تاریخ زیست‌شناسی افزودند.

ایوری و همکارانش می‌دانستند که در سلول چهار گروه اصلی از مواد آلی وجود دارد. این مواد عبارت‌اند از: کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها. بنابراین، عامل ترانسفورماسیون هرچه باشد، یکی از این چهار گروه است. گروه ایوری، در آن زمان آنزیم‌های تخریب‌کنندهٔ این چهار گروه مادهٔ شیمیایی اصلی را در اختیار داشتند. آنان ابتدا عصارهٔ سلولی باکتری‌های کپسول‌دار کشته شده را استخراج کردند. عصارهٔ سلولی، همهٔ مواد شیمیایی درون باکتری را در بردارد. آنها عصارهٔ سلولی را به چند قسمت تقسیم و به هر قسمت آنزیم‌های تخریب کنندهٔ آن ماده آلی را اضافه کردند و کوشیدند با هر قسمت، به طور جداگانه، باکتری بدون کپسول زنده را وادار به ترانسفورماسیون کنند.

ایوری و همکارانش مشاهده کردند که ترانسفورماسیون فقط هنگامی رخ می‌دهد که DNA تخریب نشده باشد و به این ترتیب دریافتند که عامل ترانسفورماسیون، همان DNA موجود در باکتری‌های کپسول‌دار است.

تا پیش از ایوری، زیست‌شناسان اطلاعات زیادی دربارهٔ DNA در اختیار نداشتند؛ اما می‌دانستند که پروتئین‌ها بسیار متنوع‌اند و کارهای مختلفی در سلول انجام می‌دهند. به همین علت، تصور عمومی بر این بود که عامل ترانسفورماسیون نیز نوعی پروتئین است. ایوری دریافت که اگر

۱ــ Transformat on

۲ــ Oswa d Avery

پروتئین‌ها را با آنزیم‌های تخریب کنندهٔ پروتئین از بین ببریم، ترانسفورماسیون همچنان رخ می‌دهد و بنابراین عامل ترانسفورماسیون نمی‌تواند پروتئین باشد و چنانکه دیدیم آنان به این نتیجه رسیدند که عامل ترانسفورماسیون، DNA است.

ایوری برای تحکیم ادعای خود، DNA باکتری‌های کپسول‌دار را به‌طور خالص تهیه کرد. وی دریافت که اگر به باکتری‌های بدون کپسول، DNA خالص مربوط به باکتری‌های کپسول‌دار، اضافه کنیم، باکتری‌های بدون کپسول به باکتری‌های کپسول‌دار تبدیل می‌شوند. به این ترتیب دیگر تردیدی باقی نماند که عامل ترانسفورماسیون، DNA است. در واقع DNA اطلاعات و دستورالعمل‌های لازم برای ساختن کپسول را به باکتری‌های بدون کپسول منتقل می‌کند و باکتری‌های بدون کپسول براساس این اطلاعات و دستورالعمل‌ها، کپسول می‌سازند. ایوری، بعد از ۱۶ سال آزمایش در سال ۱۹۴۴، گزارش نتایج پژوهش‌های خود را منتشر کرد. با انتشار گزارش اِیوری، توجه سایر دانشمندان نیز به DNA جلب شد و آنان با انجام آزمایش‌های دیگری اهمیت نقش DNA را به‌عنوان عامل ترانسفورماسیون، یا به عبارت دیگر مادهٔ ژنتیک، بیش از پیش استوار کردند.

بیشتر بدانید

استرپتوکوکوس نومونیا در کجا زندگی می‌کند؟

استرپتوکوکوس نومونیا ممکن است در گلوی افراد سالم نیز زندگی کند اگر دستگاه ایمنی بدن در اثر بیماری‌هایی، مانند آنفلوآنزا یا سوءِ تغذیه، تضعیف شود، آن‌گاه این باکتری به‌شش‌ها حمله می‌کند و موجب بیماری ذات‌الریه، یعنی التهاب شش‌ها می‌شود

خودآزمایی ۱ــ ۵

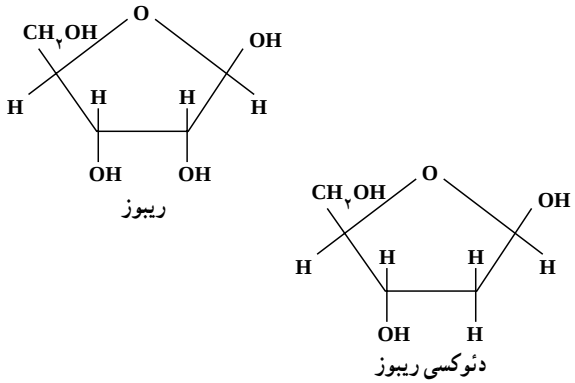
۱ــ آزمایش‌های گریفیت را به‌طور خلاصه بیان کنید

۲ــ ترانسفورماسیون چیست؟

۳ــ چگونه آزمایش اِیوری نشان داد که DNA مادهٔ ژنتیکی است؟ توضیح دهید

۲ ساختار شیمیایی نوکلئیک اسیدها

اگر چه قبل از اِیوری، دانشمندان با ساختار شیمیایی نوکلئیک اسیدها آشنا بودند، اما از کار این مولکول‌ها اطلاعی نداشتند. در سال ۱۸۷۰ فردریک میشر[۱] از هستهٔ سلول، ماده‌ای استخراج کرد که خاصیت اسیدی داشت و برهمین اساس، آن را **نوکلئیک اسید** (به معنی اسید هسته‌ای) نام‌گذاری کرد. بعد از مدتی معلوم شد که نوکلئیک اسیدهای موجود در سلول بر دو نوع‌اند : یکی **ریبونوکلئیک اسید** یا به اختصار **RNA** که در ساختار آن قند ریبوز به کار رفته است و دیگری **دئوکسی ریبونوکلئیک اسید** که در ساختار آن قند دئوکسی ریبوز به کار رفته است (شکل ۳ــ۵).



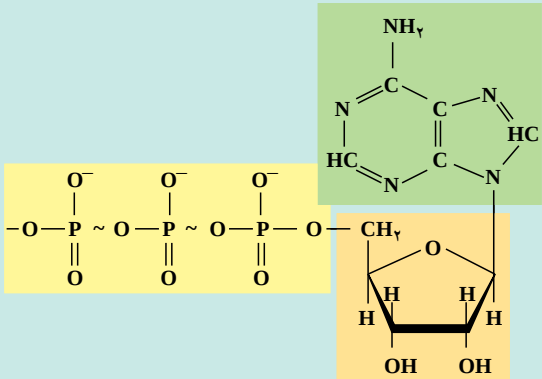
شکل ۳ــ ۵ــ فرمول ساختاری ریبوز و دئوکسی ریبوز

نوکلئیک اسیدها پلی‌مرند. واحدهای مونومری نوکلئیک اسیدها، **نوکلئوتید** نام دارد. هر نوکلئوتید از سه بخش تشکیل شده است (شکل ۴ــ۵) : (۱) یک قند پنج کربنی که ریبوز (در RNA) یا دئوکسی ریبوز (در DNA) است، (۲) یک تا سه گروه فسفات (۳)یک باز آلی نیتروژن‌دار که یا پورینی یا پیریمیدینی است (ساختار بازهای پورینی، دو حلقه‌ای، اما ساختار بازهای پیریمیدینی یک حلقه‌ای است).

۱ــ Fr ederr ch M escher

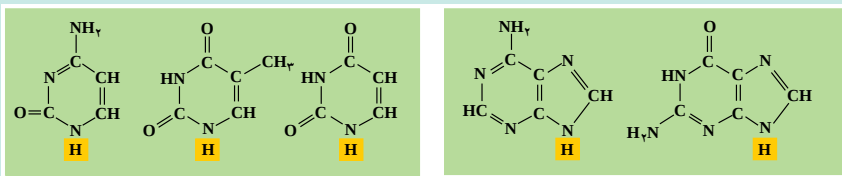
بازهایی که در ساختار DNA شرکت می‌کنند، عبارت‌اند از آدنین[1] (A)، تیمین[2] (T)، سیتوزین[3] (C) و گوانین[4] (G). در RNA به جای باز T، باز یوراسیل[5] (U) وجود دارد. آدنین و گوانین بازپورینی و سه باز دیگر پیریمیدینی‌اند.

بیشتر بدانید



شکل ۴ــ ۵ــ ساختار ATP. AMP یکی از مشتقات این مولکول انرژی‌زاست که در ساختار RNA شرکت دارد.

الف ب



G گوانین A آدنین U یوراسیل T تیمین C سیتوزین

شکل ۵ــ۵ــ بازهایی که در ساختار نوکلئیک اسیدها به کار می‌روند.
الف) پورین‌ها و ب) پیریمیدین‌ها

۱ــ Aden ne

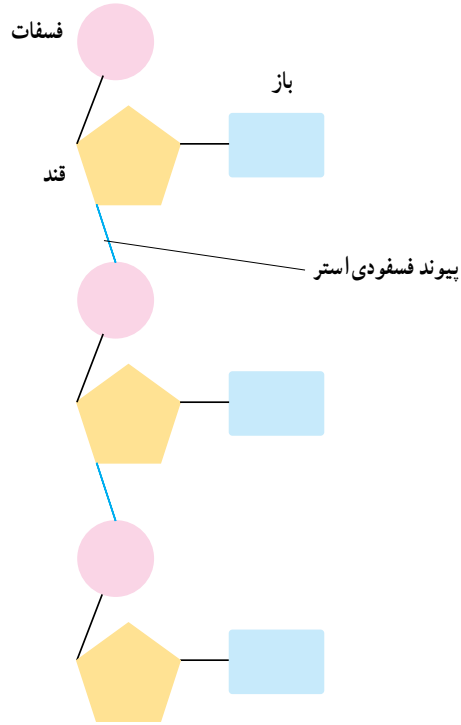
۲ــ Thym ne

۳ــ Cytos ne

۴ــ Guan ne

۵ــ Urac

از اتصال نوکلئوتیدها با یکدیگر، پلی‌مری خطی به وجود می‌آید (شکل ۶ــ۵). اتصال نوکلئوتیدها به یکدیگر از طریق برقراری پیوند کووالان بین گروه قند یک نوکلئوتید با گروه فسفات نوکلئوتید دیگر صورت می‌گیرد. نوکلئوتیدها در ابتدا به صورت آزاد، سه گروه فسفات دارند؛ اما هنگام برقراری پیوند با یکدیگر، دو گروه از سه گروه فسفات خود را از دست می‌دهند و فقط با یک گروه فسفات خود در رشتهٔ **پلی‌نوکلئوتیدی** جای می‌گیرند. پیوند بین دو نوکلئوتید را **پیوند فسفودی‌استر**[1] می‌نامند.



شکل ۶ ــ ۵ ــ یک رشتهٔ پلی نوکلئوتیدی

اگر به دو انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی شکل ۶ــ۵ نگاه کنید، خواهید دید که دو انتهای این رشته، مثل هم نیستند. در یک انتها، گروه فسفات وجود دارد، حال آنکه در انتهای دیگر، گروه فسفات یافت نمی‌شود. از آنجا که دو انتهای رشته مثل هم نیست، می‌گویند رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دارای قطبیت است.

۱ــ Phosphod ester bond

خودآزمایی ۲ــ۵

۱ــ با رسم شکل ساختار عمومی یک نوکلئوتید را مشخص کنید و انواع نوکلئوتیدها را نام ببرید

۲ــ چه تفاوتی بین DNA و RNA از نظر نوع قند و باز به کار رفته در ساختار آنها وجود دارد؟

۳ــ پیوند بین دو نوکلئوتید را چه می‌نامند؟

۴ــ منظور از اینکه گفته می‌شود، رشتهٔ پلی نوکلئوتیدی دارای قطبیت است، چیست؟

کشف ساختار DNA

تا دهه ۱۹۵۰ اطلاعاتی که دربارهٔ نوکلئیک اسیدها در دست بود، عمدتاً به اجزای تشکیل دهندهٔ آن محدود می‌شد و دربارهٔ ساختار سه‌بعدی (فضایی) این مولکول اطلاعات چندانی در دست نبود. آزمایش‌های بعدی توانست ساختار سه‌بعدی مولکول DNA را مشخص کند. مشاهدات چارگف یکی از این موارد بود.

مشاهدات چارگف : در آغاز دههٔ ۱۹۵۰، اروین چارگف[1]، مقدار بازهای A، T، C و G را در DNA جانداران مختلف اندازه گرفت. او مشاهده کرد که بین نسبت بازهای DNA، رابطهٔ جالبی برقرار است : در همهٔ DNAهایی که او بررسی کرده بود، نسبت A به T و C به G تقریباً برابر ۱ بود. این آزمایش نشان داد که در مولکول DNA، مقدار A با مقدار T (A T) و نیز مقدار C با مقدار G (C G) برابر است. به‌راستی این مشاهدهٔ چارگف، چه مفهومی می‌تواند داشته باشد؟

داده‌های حاصل از پراش پرتو X

زمانی که دانشمندان شروع به بررسی ساختار مولکول‌ها با کمک پراش پرتو ایکس کردند، اهمیت یافته‌های چارگف روشن‌تر شد. در این روش، پرتو X مستقیماً به بلور جسمی که می‌خواهند به ساختار آن پی ببرند، تابانده می‌شود. پرتوهای X پس از برخورد به‌جسم پراکنده می‌شوند و پرتوهای پراکنده شده روی صفحهٔ حساس فیلم که در پشت بلور قرار دارد، ثبت می‌شوند. پژوهشگران با تجزیه و تحلیل الگوهای پیچیده‌ای که روی فیلم ثبت می‌شود، می‌توانند ساختار مولکول را تعیین کنند. این کار مثل آن است که بخواهیم با تجزیه و تحلیل سایهٔ یک جسم به شکل و ساختار آن پی ببریم.

۱ــ Erwin chargaff

موریس ویلکینز[1] و **روزالین فرانکلین**[2]، تصاویری از بلورهای مولکول DNA با روش پراش پرتوایکس تهیه کردند (شکل ۷ ــ ۵). براساس این تصاویر معلوم شد که مولکول DNA به صورت مولکولی مارپیچی است که از دو یا سه زنجیره تشکیل شده است.

شکل ۷ــ۵ــ تصویری که با روش پراش اشعهٔ X از مولکول DNA گرفته شده است.

مدل واتسون و کریک : واتسون و کریک سرانجام در سال ۱۹۵۳ با کمک یافته‌های چارگف و داده‌های حاصل از روش پراش پرتوایکس که حاصل کارهای علمی فرانکلین و ویلکینز بود و نیز با شناختی که خود از پیوندهای شیمیایی داشتند، مدلی برای DNA پیشنهاد کردند.

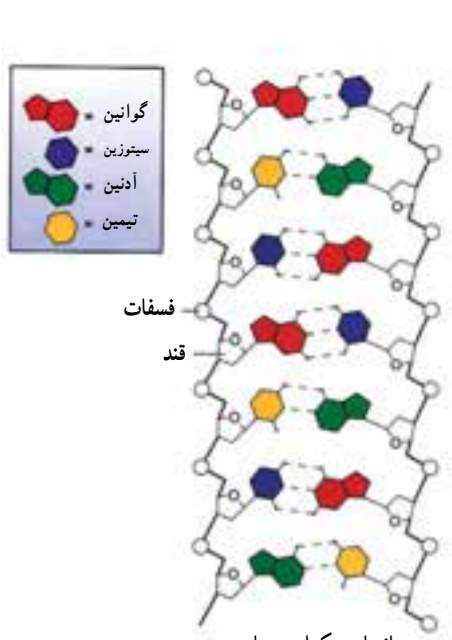
مدلی که امروزه از DNA ارائه می‌شود، همان مدل واتسون و کریک است. شکل ۸ــ۵ واتسون و کریک را در کنار مدل گوی و میله‌ای خود از مولکول DNA نشان می‌دهد. در سال ۱۹۶۲ واتسون و کریک به خاطر این کشف خود، موفق به دریافت جایزهٔ نوبل شدند.

شکل ۸ ــ ۵ــ واتسون و کریک در کنار مدل گوی و میلهٔ DNA

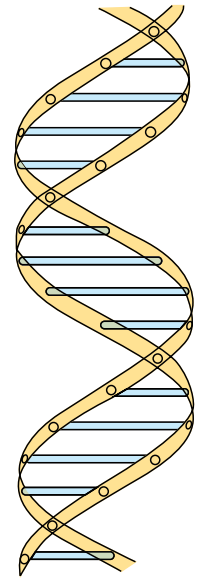
۱ــ Maur ce W k ns

۲ــ Rosa nd Frank n

طبق مدل پیشنهادی واتسون و کریک، DNA از **دو رشتهٔ** پلی‌نوکلئوتیدی تشکیل شده است که حول یک محور فرضی، به دور یکدیگر پیچیده‌اند (شکل ۹ــ۵). این مدل، به مدل مارپیچ دو رشته‌ای (یا مارپیچ دوگانه) معروف شده است. مارپیچ دو رشته‌ای در واقع شبیه نردبانی است که حول محور طولی خود پیچ خورده است. نرده‌های این نردبان را گروه‌های قند ــ فسفات تشکیل می‌دهند. بازهای یک رشته در مقابل بازهای رشتهٔ دیگر قرار دارند و پله‌های این نردبان را می‌سازند. بین بازهایی که مقابل هم هستند، پیوند هیدروژنی وجود دارد.



بازهای مکمل در مارپیچ دو رشته‌ای DNA



مدل مارپیچ دورشته‌ای (دوگانه) DNA در این مدل دو رشتهٔ DNA را پیوندهای هیدروژنی به یکدیگر متصل می‌کنند.

شکل ۹ــ۵ــ ساختار مولکول DNA

پیوند هیدروژنی بین بازها، دو رشته را کنار یکدیگر نگه می‌دارد. دو بازی را که با یکدیگر پیوند هیدروژنی دارند، **جفت باز** می‌نامند. جفت شدن بازها از قوانین خاصی پیروی می‌کند.

فعالیت ۱ــ ۵ــ چگونه می‌توان DNA را از سلول‌های پیاز استخراج کرد؟

شما می‌توانید به کمک اتانول (الکل اتیلیک) و یک میلهٔ همزن، DNA را از سلول‌های پیاز استخراج کنید

وسایل و مواد لازم : عینک ایمنی، دستکش پلاستیکی، ۵ میلی‌لیتر عصارهٔ پیاز، لولهٔ آزمایش، ۵ میلی‌لیتر اتانول سرد، پیپت پلاستیکی، میلهٔ همزن شیشه‌ای و جالوله‌ای

روش کار

۱ــ ۵ میلی‌لیتر عصارهٔ پیاز را در یک لولهٔ آزمایش بریزید

توجه : اتانول ماده‌ای است که قابلیت اشتعال دارد و نباید درمجاورت شعله از آن استفاده کنید

۲ــ لولهٔ آزمایش را به‌طوری در دست بگیرید که با خط افق زاویهٔ 45° بسازد با کمک پیپت، اتانول سرد را قطره‌قطره به آن بیفزایید دقت کنید که اتانول را به آرامی از کناره‌های لوله به عصارهٔ پیاز اضافه کنید تا الکل به‌صورت یک لایهٔ مجزا روی عصاره تشکیل شود

۳ــ به مدت ۳ــ۲ دقیقه لولهٔ آزمایش را به‌صورت قائم نگه‌دارید

۴ــ یک همزن شیشه‌ای را در مرز بین عصارهٔ پیاز و اتانول وارد کنید و آن را به آرامی حول محور آن بچرخانید

۵ــ میلهٔ همزن را از مایع خارج کنید و به بررسی موادی که به آن چسبیده‌اند بپردازید با لبهٔ لولهٔ آزمایش این مواد را از همزن جدا کنید به خواص فیزیکی این مواد دقت کنید

۶ ــ قبل از ترک آزمایشگاه، ظروف و وسایل را تمیز بشویید و در محل خود قرار دهید

تجزیه و تحلیل

ماده‌ای که به همزن می‌چسبد، DNA است خواص فیزیکی آن را شرح دهید

جفت شدن بازها : همان‌طور که در شکل ۹ــ۵ می‌بینید، در مولکول DNA، آدنینِ یک زنجیره با تیمینِ زنجیرهٔ مقابل و سیتوزینِ آن با گوانینِ زنجیرهٔ مقابل جفت می‌شود. علت این نحوهٔ جفت شدن را باید در ساختار بازها جستجو کرد. بازهای A و T از نظر ساختار سه بعدی مکمل یکدیگرند. بازهای C و G نیز همین طورند. همچنین پایدارترین حالت در اتصال باز G به C در مولکول DNA، زمانی است که سه پیوند هیدروژنی بین آنها تشکیل شود. این حالت دربارهٔ بازهای A و T با دو پیوند

هیدروژنی ایجاد می‌شود. برای آنکه مفهوم ساختار مکمل را در مورد این بازهای آلی دریابید، به شکل ۹ــ۵ توجه کنید.

جفت شدن بازهای مکمل اصل چارگف را توجیه می‌کند. براساس نحوهٔ جفت شدن بازها، می‌توان گفت که هر رشته مکمل رشتهٔ مقابل است. به عبارت دیگر ترتیب بازهای یک رشته ترتیب بازهای رشتهٔ دیگر را تعیین می‌کند. مثلاً اگر ترتیب بازهای یک رشتهٔ DNA، به صورت TCGAACT باشد، ترتیب بازهای رشتهٔ دیگر AGCTTGA است.

تحقیقات نشان داده‌اند که اطلاعات وراثتی را ترتیب و تعداد بازها، تشکیل می‌دهند. هیچ محدودیتی برای تعداد و ترتیب بازها در یک رشته وجود ندارد؛ اما به محض آن که توالی بازها در یک رشته تعیین شد، توالی بازها در رشتهٔ مکمل آن نیز براساس رابطهٔ مکملی تعیین می‌شود.

خودآزمایی ۳ــ۵

۱ــ گریفیت و اِیوری در آزمایش‌های خود به چه نتایجی دست یافتند؟

۲ــ جدول زیر درصد بازهای نیتروژنی را در DNA انسان، گندم و باکتری اِشریشیاکُلی نشان می‌دهد

درصد هر باز نیتروژنی

	C	G	T	A
انسان	۱۹/۹	۱۹/۶	۳ /۱	۳ /۴
گندم	۲۲/۸	۲۲/۷	۲۷/۱	۲۷/۳
اِشریشیاکلی E coli	۲۵/۷	۲۶/	۲۳/۶	۲۴/۷

الف) در هر یک از این جانداران نسبت پورین‌ها به پیریمیدین‌ها چقدر است؟

ب) در هر یک از این جانداران درصد چه بازهایی به یکدیگر نزدیک‌تر است؟

ج) آیا نسبت و درصد پرسش‌های الف و ب از اصول چارگف تبعیت می‌کنند؟

۳ــ چه ارتباطی بین جفت شدن بازها و ساختار DNA وجود دارد؟

۴ــ دانستن چه اطلاعاتی درکشف ساختمان مارپیچ مضاعف DNA به واتسون و کریک کمک کرد؟

۵ــ نسبت بازهای DNA گونه‌های مختلف جانداران چه تفاوت و تشابهی با یکدیگر دارند؟

۶ ــ چرا می‌گوییم دو رشتهٔ مارپیچ مضاعف، مکمل یکدیگرند؟

۷ــ فرض کنید ردیف نوکلئوتیدی یک رشتهٔ DNA به‌صورت CCAGTTG است، ردیف نوکلئوتیدی رشتهٔ مکمل آن چیست؟

۸ــ روزالین فرانکلین در سن ۳۷ سالگی بر اثر سرطان درگذشت آیا ممکن است کار با روش تفرق اشعهٔ X در مرگ وی دخالت داشته باشد؟ بحث کنید

همانندسازی DNA

واتسون و کریک همزمان با پیشنهاد مدل خود برای DNA، چنین بیان داشتند که وجود رابطهٔ مکملی بین بازها می‌تواند در فرایند همانندسازی DNA نقشی اساسی داشته باشد. تحقیقات بعدی نشان داد که در همانندسازی DNA، دو رشتهٔ آن به کمک آنزیم **هلیکاز**[1] مانند زیپ از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس از روی هر رشته، رشتهٔ جدیدی ساخته می‌شود. همانندسازی DNA به کمک آنزیم **DNA پلی‌مراز**[2] صورت می‌گیرد. این آنزیم در طول DNA حرکت می‌کند و نوکلئوتیدها را در مقابل نوکلئوتیدهای مکمل خود قرار می‌دهد. به این ترتیب که با استفاده از نوکلئوتیدهای آزاد که در سیتوپلاسم وجود دارند، در مقابل A، باز T و در مقابل C باز G قرار می‌گیرد (شکل ۱۰ــ۵). چون هر DNA دختر یک رشتهٔ جدید و یک رشتهٔ قدیمی دارد، می‌گویند همانندسازی DNA به طریقهٔ **نیمه‌حفظ شده** است.

در فرایند همانندسازی DNA، دو مولکول DNA تولید می‌شود که هر یک، دارای یک رشتهٔ DNA جدید و یک رشتهٔ DNA قدیمی هستند. ترتیب و تعداد نوکلئوتیدها در مولکول‌های DNA حاصل (دختری)، همانند مولکول DNA مادری است.

آنزیم DNA پلی‌مراز توانایی دیگری نیز دارد و آن **ویرایش** است : درصورتی که نوکلئوتید اشتباهی به DNAهای دختر اضافه شود، یعنی مکمل نباشد، آنزیم DNA پلی‌مراز برمی‌گردد و نوکلئوتید اشتباه را جدا و آن را با نوکلئوتید درست تعویض می‌کند. با این حال به‌ندرت ممکن است نوکلئوتیدهای اشتباه در DNA های دختر باقی بمانند و به نسل بعد سلول منتقل شوند. این اشتباه‌های تصحیح‌نشده

۱ــ he case

۲ــ DNA po ymerase

جهش نام دارند.

بیشتر بدانید

چگونه دانشمندان پی بردند که همانندسازی DNA به روش نیمه‌حفظ شده انجام می‌شود؟

درسال ۱۹۵۸ «مزلسون و استال» آزمایش‌هایی را برای بررسی چگونگی همانندسازی DNA طراحی و اجرا کردند آنان سلول‌های نوعی باکتری را در محیط دارای نیتروژن رادیواکتیو $N^{۱۵}$ کشت دادند در این محیط باکتری‌ها رشد کردند و تقسیم سلولی انجام دادند و پس از چند نسل باکتری‌هایی به دست آمد که DNA آنها به‌جای نیتروژن معمولی، نیتروژن رادیواکتیو داشتند چگالی این مولکول‌ها از مولکول‌های DNA دارای نیتروژن معمولی ($N^{۱۴}$) بیشتر است

در مرحلهٔ بعد دانشمندان این باکتری‌ها را در محیط دارای $N^{۱۴}$ کشت دادند و تعدادی از سلول‌های دختر را پس از یک دور همانندسازی به‌عنوان سلول‌های دختر نسل اوّل و تعداد دیگری را پس از دو دور همانندسازی به‌عنوان سلول‌های دختر نسل دوم درنظر گرفتند و DNA این سلول‌ها را خالص‌سازی و چگالی آنها را تعیین کردند این دو دانشمند فرض کردند که اگر همانندسازی DNA نیمه حفظ شده باشد، چگالی مولکول‌های DNA سلول‌های دخترِ این باکتری‌ها باید مقدار متوسط چگالی مولکولی DNA دارای $N^{۱۴}$ و $N^{۱۵}$ باشد

بررسی چگالی مولکول‌های DNA سلول‌های دختر نسل اوّل و دوم نشان داد که چگالی مولکول‌های DNA آنها مقدار متوسط مولکول‌های DNA دارای $N^{۱۴}$ و $N^{۱۵}$ است

انجام آزمایش‌های دیگر بر روی سلول‌های مختلف، نشان داد که همانندسازی DNA به روش نیمه حفظ شده انجام می‌شود

دوراهی همانندسازی

همانندسازی از یک انتهای DNA شروع نمی‌شود تا در انتهای دیگر پایان یابد. باکتری‌ها که دارای DNA حلقوی هستند، معمولاً دو دوراهی همانندسازی ایجاد می‌کنند. مولکول بسته یا حلقوی، مولکولی است که دو انتهای آن آزاد نیست و اگر تاشدگی‌های آن باز شود، حلقوی‌شکل می‌شود. دوراهی‌های همانندسازی در محلی خاص به نام **جایگاه آغاز همانندسازی** به‌وجود می‌آیند. دوراهی‌های همانندسازی به تدریج از یکدیگر دور می‌شوند، تا اینکه در نقطهٔ مقابلِ جایگاه همانندسازی به‌هم می‌رسند (شکل ۱۰ــ۵).

شکل ۱۰ــ ۵ــ همانندسازی در باکتری

در سلول‌های یوکاریوتی، هر کروموزوم از یک مولکول DNA طویل تشکیل شده است. اما DNA آن قدر طویل است که اگر قرار بود یک کروموزوم انسان، مانند باکتری همانندسازی را از یک نقطه آغاز کند، همانندسازی هر کروموزوم روزها طول می‌کشید! از این رو همانندسازی در سلول‌های انسانی و سایر سلول‌های یوکاریوتی در نقاط مختلف انجام می‌شود. دوراهی‌های همانندسازی مختلف، سبب می‌شوند تا یک کروموزوم انسانی فقط در چند ساعت به طور کامل همانندسازی کند.

شکل ۱۱ــ ۵ــ همانندسازی DNA در یوکاریوت