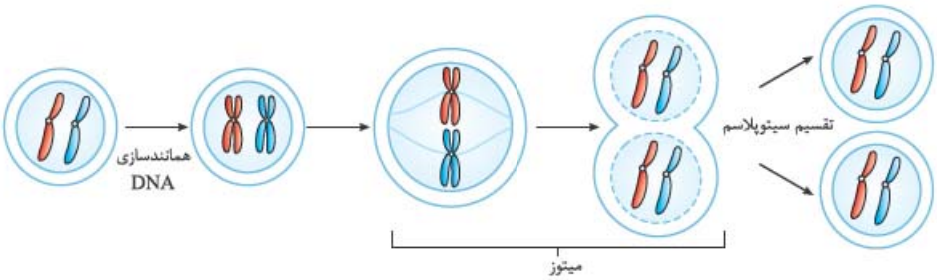
خیلی سبز!

همانندسازی دنا

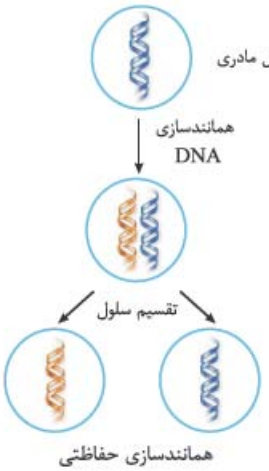
۱ اگر یادتان باشد در گفتار قبل گفتیم که DNA می‌تواند از سلولی به سلول دیگر و از نسلی به نسل دیگر منتقل شود. مثلن از زیست یازدهم به یاد دارید که وقتی یکی از سلول‌های بدنمان تقسیم میتوز + تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌دهد، دو سلول جدید ایجاد می‌کند که محتوای ژنتیکی هر دو سلول جدید، برابر و مشابه با سلول مادری (سلول قدیمی) است؛ این یعنی هم سلول مادری و هم هر یک از سلول‌های دختر (جدید)، هر کدام در هسته‌شان ۴۶ کروموزوم دارند. پس قبل از این‌که سلول مادری تقسیم شود، یک‌جوری از روی DNAهای درون هسته‌اش، یک نسخهٔ دیگر ساخته می‌شود، تا سلول مادری از هر DNAای، دو نسخه داشته باشد و بتواند به هر سلول دختری، یک نسخه از آن را بدهد.



۲ به فرایندی که از یک مولکول DNA مادری با یک توالی مشخص، دوتا مولکول DNA دختر ایجاد می‌شود که توالی آن‌ها یکسان و ترتیب و تعداد نوکلئوتیدهای آن‌ها همانند دنای مادری است، **همانندسازی** DNA می‌گویند. چرا اسمش را همانندسازی DNA گذاشته‌اند؟! چون در حالت معمول، طی همانندسازی از یک مولکول DNA، دوتا عین خودش ایجاد می‌شود.

در زیست یازدهم خواندید مراحلی را که یک سلول یوکاریوتی از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذراند، **چرخهٔ سلولی** می‌گویند. چرخهٔ سلولی شامل ۵ مرحلهٔ اصلی G_1، S، G_2، **تقسیم هسته** و **تقسیم سیتوپلاسم** است. به مجموع سه مرحلهٔ اول، **اینترفاز** می‌گویند که در آن سلول برای انجام تقسیم هسته آماده می‌شود. در مرحلهٔ S اینترفاز، مولکول‌های DNA درون هسته **همانندسازی** می‌کنند و هر کروموزوم که تک‌کروماتیدی است و یک DNA دارد، مضاعف (دوکروماتیدی) می‌شود؛ پس یک کروموزوم دوکروماتیدی، ۲ مولکول DNA دارد. حالا وقتی که سلول مادری تقسیم میتوز انجام می‌دهد، در مرحلهٔ آنافاز، کروماتیدهای خواهری کروموزوم‌های مضاعف از هم جدا می‌شوند تا در نهایت هر سلول دختری، یک نسخه از هر مولکول دنا را دریافت کند.

حالا اگر برگردیم و نگاهی به مدل مولکولی واتسون و کریک بیندازیم، می‌بینیم که در دنا، یک رشته مکمل رشتهٔ دیگر آن است. وجود رابطهٔ مکملی بین بازهای دنا، چه چیزی را به ما می‌فهماند؟! این‌که درون سلول‌ها، این امکان وجود دارد که از روی یک رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی، رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید و مکمل آن ساخته شود. دانستن همین موضوع کافی بود تا دانشمندان را به فکر عمیقی فرو ببرد که همانندسازی DNA به چه شکلی و به چه طریقی انجام می‌شود. بر همین اساس، دانشمندان طرح‌های مختلفی را برای همانندسازی DNA پیشنهاد دادند. *برویم سراغ این طرح‌های پیشنهادی؛*

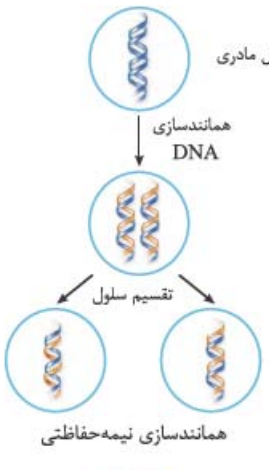


همانندسازی حفاظتی

۱- همانندسازی حفاظتی

در این طرح، مولکول دنای مادری (اولیه) حفظ می‌شود به طوری که طی همانندسازی، از روی DNA قبلی (اولیه یا همان مادری)، دوتا مولکول DNA ایجاد می‌شود که یکی از این مولکول‌های دنا، هر دو رشته‌اش قدیمی و متعلق به دنای اولیه است! و مولکول دنای دیگر، حاوی دوتا رشتهٔ کاملن جدید یا نوساز است.

پس از اتمام همانندسازی حفاظتی، سلول مادری تقسیم می‌شود و دوتا سلول جدید را به وجود می‌آورد. هم‌زمان با تقسیم سلول مادری، مولکول دنایی که حاوی هر دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی مادری یا اولیه است، وارد یکی از سلول‌های جدید و مولکول دنای دیگر که هر دو رشته‌اش جدید است، وارد سلول دیگر می‌شود. چون در این طرح، هر دو رشتهٔ دنای اولیه، **دست‌نخورده** و **حفاظت‌شده** باقی می‌مانند و با هم وارد یکی از سلول‌های جدید می‌شوند؛ به این طرح، **همانندسازی حفاظتی** گفته می‌شود.

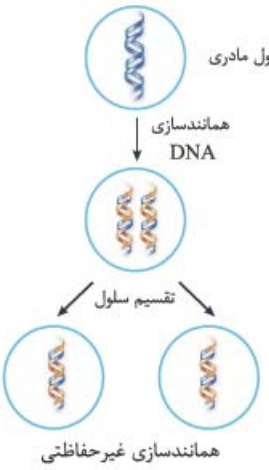


همانندسازی نیمه‌حفاظتی

۲- همانندسازی نیمه‌حفاظتی

همان طرحی است که امروزه هم دانشمندان قبولش دارند! در این طرح، ابتدا از روی هر رشتهٔ دنای اولیه، یک رشتهٔ جدید و مکمل ساخته می‌شود؛ پس فعلن۴تا رشته وجود دارد که دوتایش اولیه و دوتایش جدید هستند. در ادامه هر رشتهٔ اولیه به همراه یکی از رشته‌های جدید، یک مولکول دنا را به وجود می‌آورند. هم‌زمان با تقسیم سلول مادری، هر یک از این مولکول‌های دنا به یکی از سلول‌های دختر منتقل می‌شوند.

چرا به این طرح می‌گویند نیمه‌حفاظتی؟ چون در این طرح مولکول DNA اولیه، دست‌نخورده باقی نمی‌ماند و کل آن (یعنی دو رشته با هم!) به یکی از سلول‌های جدید منتقل نمی‌شود! بلکه هر یک از رشته‌های DNA اولیه به همراه یک رشتهٔ جدید، به یک سلول دختری منتقل می‌شود.



همانندسازی غیرحفاظتی

۳- همانندسازی غیرحفاظتی (پراکنده)

این دیگه زده به سیم آخر! در این طرح هیچ‌یک از رشته‌های DNA اولیه (قبلی)، دست‌نخورده باقی نمی‌مانند و دناهای حاصل حاوی قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید به صورت **پراکنده** هستند. در شکل روبه‌رو می‌بینید که بر طبق طرح غیرحفاظتی هر دو رشتهٔ یک مولکول دنای حاصل دارای قطعات قدیمی و جدید است و هر دو مولکول حاصل مشابه هم هستند. در واقع الگوی استفاده از قطعات جدید و قدیمی در هر دو مولکول دنای حاصل، شبیه هم است.

- در بین این سه طرح ارائه‌شده برای همانندسازی، روش غیرحفاظتی تنها روشی است که در آن پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدها شکسته می‌شود و در هر رشته بین نوکلئوتیدهای جدید و قدیمی پیوند فسفودی‌استر تشکیل می‌شود.
- در هر سه طرح در نهایت از یک مولکول دنا، دو مولکول دنا حاصل می‌شود. در طرح حفاظتی از دو مولکول حاصل یکی هر دو رشته‌اش کاملن قدیمی و مولکول دیگر کاملن هر دو رشته‌اش جدید است. در طرح نیمه‌حفاظتی، در هر دو مولکول دنای حاصل، یکی از رشته‌ها قدیمی و دیگری جدید است اما در طرح غیرحفاظتی در هر رشتهٔ مولکول دنا، بعضی قسمت‌ها قدیمی و بعضی قسمت‌ها جدید هستند.

آزمایش مزلسون و استال

مزلسون و استال

۳ کدام‌یک از طرح‌های پیشنهادی برای همانندسازی دنا، مورد تأیید است؟! این سؤالی بود که **مزلسون و استال** به آن پاسخ دادند. آن‌ها فرضیه‌های مختلف ارائه‌شده را بررسی کرده و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که دنا به روش **نیمه‌حفاظتی** همانندسازی می‌کند.

۴ **مزلسون و استال** برای این‌که به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند، باید در آزمایشگاه شرایطی را فراهم کنند تا دنا همانندسازی کند، سپس دناهای جدید را با دنای قدیمی یا اولیه مقایسه کنند تا بفهمند که چی به چیه!

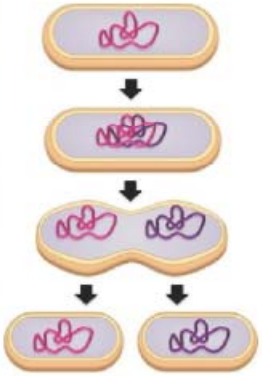
برای این کار در ابتدا باید بتوانند رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی نوساز موجود در مولکول‌های دنای دختری را از رشته‌های دنای مادری تشخیص بدهند. به همین دلیل آن‌ها دنا را با نوکلئوتیدهایی که **ایزوتوپ سنگین نیتروژن** (^{15}N) داشتند نشانه‌گذاری کردند.

در واقع دنای معمولی که در سلول‌هایمان وجود دارد، حاوی عنصر نیتروژن از نوع ^{14}N در **بازهای آلی** خود است. مزلسون و استال با واردکردن ^{15}N به ساختار دناها، باعث شدند که دناهای نشانه‌گذاری‌شده، سنگین‌تر باشند و چگالی بیشتری نسبت به دناهای معمولی داشته باشند.

بنابراین اگر دناهای نشانه‌گذاری‌شده و معمولی را در سانتریفیوژ با سرعت بالا (فراگریزانه) قرار دهند، دنای نشانه‌گذاری‌شده چون **چگالی بیشتری** دارد، **تندتر** هم حرکت می‌کند و به سمت **ته لوله** می‌رود ولی دنای معمولی چون **سبک‌تر** است، در **بالای لوله** می‌ماند و این‌جوری! می‌توانند دناها را از هم تشخیص دهند.

از شیمی به یاد دارید در هستهٔ اتم، پروتون‌ها و نوترون‌ها قرار دارند. به مجموع پروتون‌های درون هستهٔ یک اتم، عدد اتمی و به مجموع پروتون‌ها و نوترون‌های آن، عدد جرمی گفته می‌شود. ایزوتوپ‌ها، اتم‌های یک عنصر هستند که عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوتی دارند! در واقع این اتم‌ها پروتون‌های یکسانی دارند ولی تعداد نوترون‌هایشان با هم متفاوت است.

۵ خب! حالا بریم ببینیم مزلسون و استال چه‌طوری فهمیدند که دنا به روش نیمه‌حفاظتی همانندسازی می‌کند:



مرحلهٔ اول

۱- مزلسون و استال برای نشانه‌گذاری دنا، باکتری‌های ***E.coli*** را در محیط کشت حاوی ^{15}N قرار دادند. خب باکتری‌ها شروع کردند به انجام تقسیم دونیم‌شدن!

از کتاب علوم به یاد دارید که طی تقسیم دونیم‌شدن به دنبال همانندسازی دنا، باکتری از وسط نصف می‌شود و در نهایت دو باکتری جدید به وجود می‌آید که هر کدام یک نسخه دنا دارند که این دو نسخه دارای دنایی با توالی یکسان هستند.

۲- پس از **چندین نسل** رشد و تکثیر باکتری‌ها در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دنای آن‌ها ^{15}N داشت و بنابراین دنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.

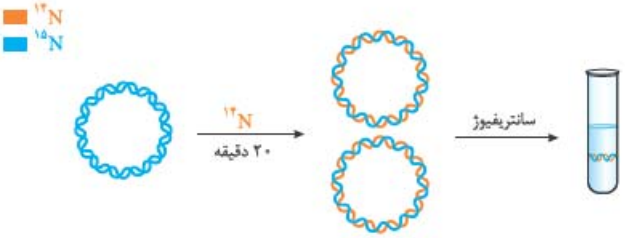
اخم‌ویرافکارعمومی! کتاب درسی در صفحهٔ ۱۰ یک جمله دارد که می‌گوید «باکتری‌ها را در محیطی حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N کشت دادند.» اما این جمله دقیق و درست نیست و خود کتاب در جملهٔ بعدی آن را نقض می‌کند و می‌گوید ^{15}N در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار که در ساخت دنای باکتری شرکت می‌کنند وارد شدند و تازه در شکل ۱۰ کتاب درسی کاملن مطلب صحیح را می‌آورد و می‌نویسد «محیط کشت ^{14}N»، «محیط کشت ^{15}N»! ببینید تنها بخشی از نوکلئوتید که حاوی نیتروژن است، باز آلی است. باکتری‌ها برای همانندسازی به نوکلئوتید نیاز دارند، پس باکتری‌ها از ^{15}N استفاده کردند و بازهای آلی مورد نیازشان را ساختند و سپس باکتری‌ها با استفاده از این بازهایی که ^{15}N دارند، نوکلئوتیدهای جدید می‌سازند و بعدن از این نوکلئوتیدهای حاوی ^{15}N برای همانندسازی استفاده می‌کنند و در نهایت در این محیط کشت (حاوی ^{15}N)، باکتری‌هایی تولید شدند که دنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند. پس یادتان باشد که این جمله که **ابتدا** باکتری‌ها را در محیط حاوی نوکلئوتید ^{15}N کشت دادند، دقیق و درست نیست و درستش این است که باکتری‌ها را در محیط کشت حاوی ^{15}N قرار دادند، نه این‌که از ابتدا باکتری‌ها را در محیط حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N کشت دادند!

۳- مزلسون و استال در ادامه، تعدادی از باکتری‌ها را از محیط کشت جدا کردند و دنایشان را که حاوی ^{15}N بود، استخراج کردند؛ سپس این دناها را در محلول **سزیم کلرید** ریختند و در سانتریفیوژ با سرعت بسیار بالا گریز دادند، چون هر دو رشتهٔ دنا نوکلئوتیدهای دارای ^{15}N داشتند، **چگالی سنگینی** داشته و پس از سانتریفیوژ در انتهای لوله یک نوار تشکیل شد که حاوی دناهای ^{15}Nدار بود.

مرحلهٔ دوم

۴- در این مرحله، مزلسون و استال باکتری‌های باقی‌مانده از مرحلهٔ قبل (N^{15}دارها) را به محیط کشت حاوی N^{14} منتقل کردند. تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد، در نتیجه این دو دانشمند ۲۰ دقیقهٔ بعد، باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و برای سنجش چگالی دنای باکتری‌ها، دنا را استخراج می‌کردند و دنای استخراج‌شده را در محلول سزیم کلرید در سانتریفیوژ با **سرعت بسیار بالا** گریز دادند.

۵- نتیجه این شد که دیدند دنای باکتری‌های حاصل از **دور اول همانندسازی** در محیط N^{14} (بعد از ۲۰ دقیقه)، پس از سانتریفیوژ یک نوار تشکیل می‌دهد، آن هم در **میانهٔ لوله**! این یعنی این‌که دناهای باکتری‌های دور اول همانندسازی در محیط N^{14}، **چگالی متوسطی** دارند که نه به طرف ته لوله رفته‌اند (مخصوص سنگین‌ها) و نه به طرف سر یا بالای لوله (مخصوص سبک‌ها!) آمده‌اند.

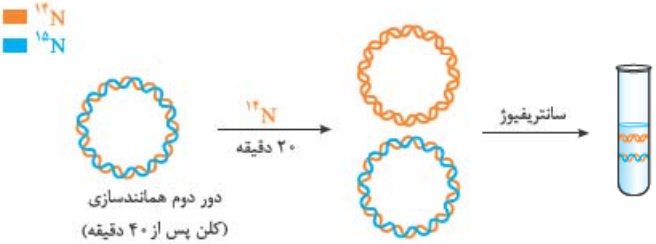


وقتی باکتری‌هایی که دنای N^{15}دار دارند، در محیط کشت حاوی N^{14} قرار می‌گیرند، تقسیم می‌شوند و طی همانندسازی دنای آن‌ها، دو رشتهٔ دنا از هم جدا می‌شوند و مقابل هر رشتهٔ مادری یا قدیمی که N^{15} دارد، یک رشتهٔ مکمل و جدید با نوکلئوتیدهای N^{14} تشکیل می‌شود (چون محیط کشت جدید N^{14} دارد). بنابراین **دناهای دختری، یک رشتهٔ قدیمی N^{15}دار و یک رشتهٔ جدید N^{14}دار دارند!** پس دناهای دختری، چگالی متوسطی دارند که میانگینی از چگالی دنای N^{15}دار و دنای N^{14}دار است.

مرحلهٔ سوم

۱- در این مرحله مزلسون و استال اجازه دادند که باکتری‌های دور اول همانندسازی، باز هم به رشد و تکثیر خود در محیط کشت حاوی N^{14} ادامه دهند و باکتری‌های دور دوم همانندسازی در محیط N^{14} را ایجاد کنند. آن‌ها پس از گذشت ۲۰ دقیقهٔ دیگر (حدود ۴۰ دقیقه از ابتدای قرارگیری در محیط N^{14}) تعدادی از باکتری‌های دور دوم همانندسازی را از محیط کشت جدا کردند و دنایشان را استخراج کردند و در محلول سزیم کلرید ریختند. سپس محلول را با سرعت بسیار بالا سانتریفیوژ کردند.

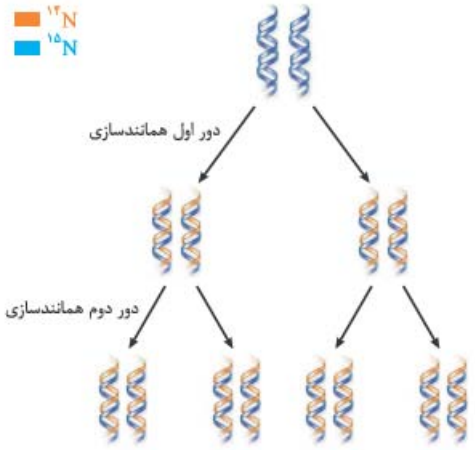
۲- پس از سانتریفیوژ دیدند که ای بابا! این بار **دوتا نوار** تشکیل شده است؛ یک نوار در **میانهٔ لوله** و یک نوار در **بالای (سر)** لوله. این مشاهده حل معمای این ماجرا بود! چون از آن‌جایی که این دو نوار ضخامت یکسانی داشتند، پس یعنی تعداد دناهایی که در این دو نوار جمع شده‌اند، با هم برابرند! بنابراین آن‌ها نتیجه گرفتند که نیمی از دناهای باکتری‌های نسل دوم، **چگالی سبک** (یعنی N^{14}) و نیمی دیگر **چگالی متوسطی** دارند.



هر باکتری حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت N^{14}، یک دنای حلقوی دارد که یک رشتهٔ آن N^{15}دار و رشتهٔ دیگر N^{14}دار است. بنابراین با همانندسازی دنای آن‌ها، این دو رشته از هم جدا می‌شوند، سپس از روی رشتهٔ N^{15}دار، یک رشتهٔ جدید و مکمل N^{14}دار (چون محیط فقط حاوی N^{14} است و N^{15} ندارد) و از روی رشتهٔ دیگر که N^{14}دار است، رشتهٔ جدید و مکمل N^{14}دار تشکیل می‌شود؛ بنابراین پس از دور دوم همانندسازی، دو نوع مولکول دنا از نظر چگالی ایجاد می‌شود که یکی حاوی دو رشتهٔ N^{14}دار است و چگالی سبکی دارد (هر دو رشته در محیط کشت حاوی N^{14} ساخته شده و رشته‌های نوساز هستند) و دیگری حاوی یک رشتهٔ N^{15}دار و یک رشتهٔ N^{14}دار است و چگالی متوسطی دارد (یک رشته در محیط کشت حاوی N^{14} و رشتهٔ دیگر در محیط کشت N^{15} ساخته شده است، یعنی یک رشته نوساز و رشتهٔ دیگر قدیمی است).

نتیجه! مزلسون و استال با انجام این آزمایش‌ها فهمیدند که دنا به روش **نیمه‌حفاظتی** همانندسازی می‌کند. شاید این سؤال به ذهنتان برسد که چه‌طوری طرح‌های پیشنهادی دیگر با این آزمایش‌ها رد می‌شوند؟!

باید خدمتتان عرض کنم که اگر همانندسازی دنا به **روش حفاظتی** باشد، در این حالت در دور اول همانندسازی در محیط کشت N^{14}، از هر باکتری دوتا باکتری جدید ایجاد می‌شود که یکی از آن‌ها هر دو رشته‌اش مادری (قدیمی) است و N^{15} دارد و باکتری دیگر هر دو رشتهٔ نوساز را دارد و دارای N^{14}است. در نتیجه پس از سانتریفیوژ، یک نوار در انتهای لوله (حاوی دنای سنگین) و یک نوار در بالای لوله (حاوی دنای جدید و سبک) تشکیل می‌شود اما در آزمایش مزلسون و استال، پس از سانتریفیوژ در انتهای دور اول همانندسازی، تنها یک نوار در میانهٔ لوله تشکیل



شد. خب مسلمن آقایون مزلسون و استال تا این‌جای کار طرح حفاظتی را رد کردند. می‌ماند طرح‌های نیمه‌حفاظتی و غیرحفاظتی! چرا؟ چون هر دو پس از سانتریفیوژ دور اول یک نوار تشکیل می‌دهند؛ چون بر اساس طرح نیمه‌حفاظتی پس از دور اول همانندسازی دناهایی خواهیم داشت که یک رشتهٔ ^{15}N و یک رشتهٔ ^{14}N دارند و پس از سانتریفیوژ فقط یک نوار در میانهٔ لوله تشکیل می‌دهند! بر اساس طرح غیرحفاظتی هم پس از دور اول همانندسازی دناهایی خواهیم داشت که در هر رشته‌شان قطعاتی از رشته‌های جدید و قدیمی دارند و در ضمن الگوی قرارگیری این قطعات پراکنده هم، یکسان است. خب در این حالت هم پس از دور اول همانندسازی، یک نوار در میانهٔ لوله تشکیل می‌شود. به همین دلیل مزلسون و استال رفتند سراغ مرحلهٔ بعدی آزمایششان و دیدند که وقتی دنای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی را گریز می‌دهند، دو نوار تشکیل می‌شود! یکی در بالای لوله و دیگری در میانه! این مشاهده تاییدکنندهٔ طرح نیمه‌حفاظتی بود. چرا؟ چون اگر الگوی همانندسازی غیرحفاظتی برقرار بود دوباره پس از سانتریفیوژ، فقط **یک نوار** تشکیل می‌شد. چرا که براساس طرح غیرحفاظتی، هر چند مرحلهٔ همانندسازی هم که انجام شود، باز دناهایی ایجاد می‌شود که در هر رشته‌شان دارای قطعاتی از رشته‌های قدیمی و جدید هستند و الگوی قرارگیری این قطعات رشته‌های جدید و قدیمی در تمام مولکول‌های دنای آن دور همانندسازی ثابت است (شکل آخر صفحهٔ ۲۷ را ببینید) و در نتیجه تمام این مولکول‌های دنا چگالی یکسانی دارند.

خلاصهٔ آزمایش‌های مزلسون و استال،

مرحلهٔ آزمایش	چه نوع باکتری‌هایی استفاده شد؟	در چه محیط کشتی گذاشته شد؟	این مرحله چه‌قدر طول کشید؟	چه باکتری‌هایی ایجاد شدند؟	کتاب درسی چه اسمی برای باکتری‌های ایجادشده استفاده می‌کند؟	visual کردن اتفاقی که برای کروموزوم اصلی باکتری افتاد	نتیجهٔ سانتریفیوژ
مرحلهٔ اول	باکتری‌هایی با دنای حاوی ^{14}N	حاوی ^{15}N	$< 20'$ [1]	باکتری‌هایی با دنای ^{15}N	باکتری‌های اولیه	باکتری‌های اولیه (^{14}N / ^{15}N)	تشکیل یک نوار در پایین لوله
مرحلهٔ دوم	باکتری‌هایی با دنای حاوی ^{15}N	حاوی ^{14}N	$20'$	باکتری‌هایی با دنایی که یک رشتهٔ ^{14}N و یک رشتهٔ ^{15}N دارند.	باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط ^{14}N	در محیط ^{14}N ← دور اول همانندسازی ← باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط ^{14}N	تشکیل یک نوار در میانهٔ لوله
مرحلهٔ سوم	باکتری‌هایی با دنایی که یک رشتهٔ ^{14}N و یک رشتهٔ ^{15}N دارد.	حاوی ^{14}N	$20'$	باکتری‌هایی که نصف آن‌ها حاوی دنایی با هر دو رشتهٔ ^{14}N هستند و نصف دیگرشان دنایی با یک رشتهٔ ^{15}N و یک رشتهٔ ^{14}N دارند.	باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی در محیط ^{14}N	در محیط ^{14}N ← دور دوم همانندسازی ← باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی در محیط ^{14}N (۸ رشته ایجاد می‌شود که ۲تا ^{15}N و ۶تا ^{14}N دارند.)	تشکیل دو نوار، یکی در میانهٔ لوله و دیگری در بالای لوله

عوامل و مراحل همانندسازی DNA

تا این‌جا فهمیدیم که مزلسون و استال ثابت کردند که DNA به شکل **نیمه‌حفاظتی** همانندسازی می‌کند. در این قسمت دربارهٔ مراحل همانندسازی DNA و عوامل مؤثر در آن صحبت می‌کنیم. با ما همراه باشید ...

۱- این مرحله، بیش از ۲۰ دقیقه بود. در واقع اجازه دادند که باکتری‌ها چندین مرحله رشد و تکثیر کنند تا باکتری‌هایی ایجاد شوند که کلن ^{15}N دار هستند!

⑥ به طور کلی عوامل مختلفی در همانندسازی DNA نقش دارند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:
۱- مولکول دنا (به عنوان الگو) ۲- نوکلئوتیدهای آزاد ۳- آنزیم‌ها

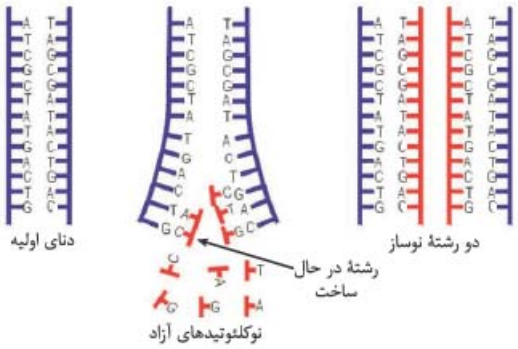
مولکول دنا

⑦ *اینو به قدری گفتیم که دیگه زبونمون مو درآورد! آقا!* طی همانندسازی، دنای مادری به عنوان الگو عمل می‌کند و دوتا مولکول دنای یکسان ایجاد می‌کند. کمی جلوتر می‌خوانید که **آنزیم دنابسپاراز** با توجه به نوکلئوتیدهایی که در هر رشتهٔ دنای مادری (الگو) وجود دارد، رشتهٔ مکمل (نوساز) آن را می‌سازد.

نوکلئوتیدهای آزاد

⑧ نوکلئوتیدها، واحدهای سازندهٔ دنا هستند؛ پس هر جا که قرار است دنایی ساخته شود، باید واحدهای آن هم وجود داشته باشد تا آنزیم دنابسپاراز بتواند این نوکلئوتیدها را کنار همدیگر قرار دهد و رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی جدید را بسازد.

⑨ از گفتار قبل به یاد دارید که نوکلئوتیدها از سه قسمت قند، فسفات و باز آلی تشکیل شده‌اند.



هر نوکلئوتید آزاد، در ابتدا دارای **سه گروه فسفات** است که وقتی دنابسپاراز آن را انتخاب می‌کند تا در ساختار دنای جدید قرار دهد، در لحظهٔ اتصال به رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی در حال ساخت، **دو گروه فسفاتش** را از دست می‌دهد و **تک‌فسفاته** می‌شود.

قند همهٔ نوکلئوتیدهای آزادی که بعدن در ساختار دنا قرار می‌گیرند، از نوع دئوکسی‌ریبوز است و باز آلی‌شان ممکن است یکی از بازهای آدنین، تیمین، سیتوزین و یا گوانین باشد.

آنزیم‌ها

⑩ آنزیم‌های مختلفی در فرایند همانندسازی دنا نقش دارند که مهم‌ترین آن‌ها، **آنزیم هلیکاز و دنابسپاراز** (DNA پلی‌مراز) است. کمی جلوتر با کار این آنزیم‌ها آشنا می‌شوید.

داستان همانندسازی دنا

⑪ در سلول‌های یوکاریوتی، چرخهٔ یاخته‌ای شامل مراحل اینترفاز و تقسیم (میتوز یا میوز + تقسیم سیتوپلاسم) است. خود اینترفاز شامل ۳ مرحلهٔ G_1، S و G_2 است. G_1 اولین مرحلهٔ چرخهٔ یاخته‌ای است. در این مرحله یاخته رشد می‌کند. در G_1 دنای موجود در هستهٔ یوکاریوت‌ها به شکل رشته‌های باریک و در هم تنیدهٔ کروماتین است. کروماتین با پروتئین‌هایی همراه است که مهم‌ترین آن‌ها هیستون‌ها هستند. کار این پروتئین‌ها کمک به فشرده‌کردن دنا است.

سلول وقتی که وارد مرحلهٔ S می‌شود، دنای هسته‌ای آن همانندسازی می‌کند. در این مرحله به عنوان اولین اقدام جهت همانندسازی پیچ و تاب دنا باز می‌شود، سپس پروتئین‌های هیستون از دنا جدا می‌شوند؛ بنابراین نوکلئوزوم‌های موجود در هسته، باز می‌شوند و فشردگی کروماتین از بین می‌رود.

⑫ حالا مولکول‌های دنا، هیستون‌هایشان جدا شده و آمادهٔ همانندسازی هستند. از گفتار قبل به یاد دارید که طبق مدل مولکولی نردبان مارپیچ واتسون و کریک، دنا مولکولی دورشته‌ای است که حول یک محور فرضی، پیچیده است. برای این‌که از روی دنای مادری، همانندسازی شود، در ابتدا باید حالت مارپیچی آن باز شود؛ **هلیکاز** آنزیمی است که *این حرکت بشردوستانه را می‌زند* و پیچ و تاب دنا را باز می‌کند.

⑬ عجله نکنید! فعلن کار هلیکاز تمام نشده است. بعد از این‌که هلیکاز پیچ و تاب دنا را باز می‌کند، در قسمتی از دنا، با **شکستن پیوندهای هیدروژنی** بین بازهای مکمل، دو رشتهٔ آن را از هم جدا می‌کند.

حواستان باشد که این‌جوری نیست که هلیکاز همان اول کار، دو رشتهٔ دنا را کاملن از هم جدا کند! بلکه فقط در **منطقهٔ خاصی** دو رشتهٔ دنای مادری را از هم جدا می‌کند و بقیهٔ قسمت‌های دنا بسته می‌مانند، سپس به صورت تدریجی این کار را ادامه می‌دهد و *آروم‌آروم!* همان‌طور که رشته‌ها در محل‌های مخصوص باز می‌شوند همانندسازی هم انجام می‌شود تا این‌که در نهایت دو مولکول دنا خواهیم داشت.

⑭ قسمتی از دنای مادری که دو رشته‌اش توسط آنزیم هلیکاز از هم جدا می‌شود، ظاهری متورم و حباب‌مانند دارد.

خب به نظر شما همانندسازی از کدام طرف بخش حباب‌مانند (بخش بازشدهٔ دنا) شروع می‌شود و چه‌طوری؟

همانندسازی هم می‌تواند از چپ انجام شود و هم از راست! هر کدام از این دو جهت یک **دوراهی همانندسازی** هستند که جلوتر خوب یاد می‌گیریمش!

اگر همانندسازی از هر دو جهت انجام شود، در یک بخش حباب‌مانند و یا همان بخش بازشدهٔ دنا، دوتا دوراهی همانندسازی خواهیم داشت و همانندسازی سریع‌تر انجام می‌شود، اما اگر همانندسازی فقط از یک جهت آغاز شود، تنها یک دوراهی همانندسازی خواهیم داشت.

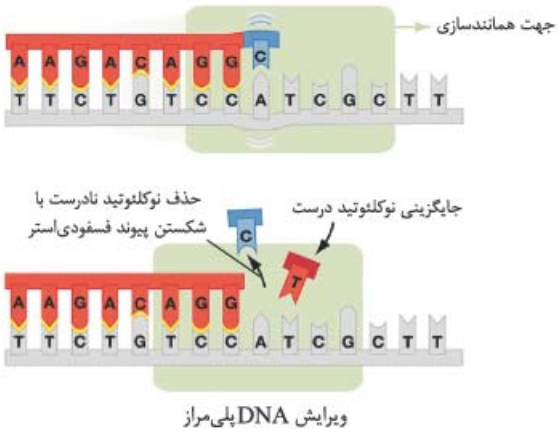
(۱۵) خب بعد از این‌که هلیکاز قسمتی از دنای مادری را باز می‌کند، انواع دیگری از آنزیم‌ها وارد عمل می‌شوند! مهم‌ترین این آنزیم‌ها، آقای **دنابسپاراز** (DNA پلی‌مراز) است. دنابسپاراز در طول رشتهٔ مادری حرکت می‌کند و نوکلئوتیدهای آن را یکی‌یکی نگاه می‌کند و نوکلئوتیدهایی با باز مکمل را در مقابل آن‌ها قرار می‌دهد، یعنی در مقابل Tها، A (و بالعکس) و در مقابل Cها، G (و بالعکس) را قرار می‌دهد. همین‌طور که دنابسپاراز در طول رشتهٔ مادری جلو می‌رود و مقابل نوکلئوتیدهای آن، نوکلئوتیدهای جدید و مکمل قرار می‌دهد، بین نوکلئوتیدهای جدید مجاور هم پیوند فسفودی‌استر تشکیل می‌دهد. به این کار دنابسپاراز، **فعالیت پلی‌مرازی (بسپارازی)** گفته می‌شود، پس در فعالیت بسپارازی، بین نوکلئوتیدها، پیوند فسفودی‌استر ایجاد می‌شود. یعنی مثلن اگر رشتهٔ مادری حاوی دو نوکلئوتید پشت سر هم با بازهای A و C باشد، دنابسپاراز ابتدا مقابل A، T و سپس در مقابل C، G را قرار می‌دهد و طی یک *حرکت لفتن!* بین نوکلئوتید حاوی باز T و نوکلئوتید حاوی باز G، پیوند فسفودی‌استر تشکیل می‌دهد و این‌جوری رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید را تولید می‌کند.

(۱۶) زمانی که نوکلئوتیدی در برابر نوکلئوتید مکملش قرار می‌گیرد، بین بازهای آلی آن‌ها، پیوندهای هیدروژنی تشکیل می‌شود!

پس می‌توان گفت دنابسپاراز **به طور غیرمستقیم** در تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین بازهای مکمل رشتهٔ مادری و رشتهٔ جدید نقش دارد و شرایط را برای تشکیل این پیوندها فراهم می‌کند.

(۱۷) به خاطر وجود رابطهٔ مکملی بین بازهای آلی نیتروژن‌دار، دنابسپاراز، مکمل هر باز را در روبه‌رویش قرار می‌دهد. به خاطر همین همانندسازی دنا با دقت زیادی انجام می‌شود *اما قلب آدم جایزالخطاست!* و دنابسپاراز هم ممکن است اشتباه کند و نوکلئوتید غیرمکملی را در برابر نوکلئوتیدهای رشتهٔ مادری قرار دهد؛ مثلن در مقابل نوکلئوتیدی با باز A، به جای T، نوکلئوتیدی با باز C را قرار دهد.

دنابسپاراز برای جلوگیری از این اشتباه، هر بار بعد از این‌که نوکلئوتید جدیدی را مقابل نوکلئوتیدهای رشتهٔ مادری قرار می‌دهد و آن را با پیوند فسفودی‌استر به نوکلئوتید مجاور متصل می‌کند، می‌ایستد! و به پشت سرش نگاه می‌کند! برمی‌گردد و نوکلئوتید جدیدی را که در رشته قرار داده، ورانداز می‌کند! اگر نوکلئوتید درستی انتخاب کرده بود که هیچ، در غیر این صورت نوکلئوتید نادرست را برمی‌دارد و به جایش نوکلئوتید صحیح را می‌گذارد. برای این کار، پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید جدید نادرست و نوکلئوتید مجاورش را می‌شکند و نوکلئوتید نادرست را برمی‌دارد. به توانایی بریدن دِنا، **فعالیت نوکلئازی** می‌گویند که در آن پیوند فسفودی‌استر شکسته می‌شود. دنابسپاراز به جای نوکلئوتید نادرست، نوکلئوتید جدید صحیح را قرار می‌دهد و بین آن و نوکلئوتید مجاور، پیوند فسفودی‌استر برقرار می‌کند. به فرایندی که در آن با **فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز**، اشتباهات همانندسازی رفع می‌شود، **ویرایش** می‌گویند.



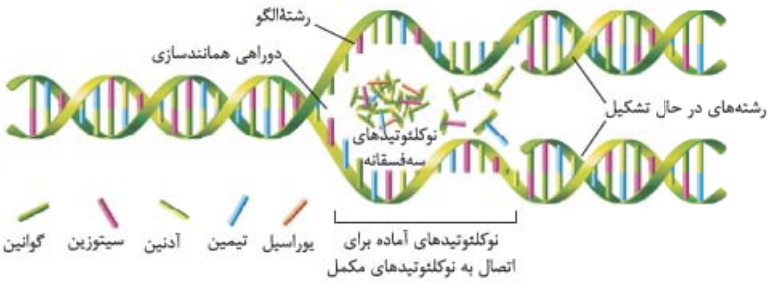
ویرایش DNA پلی‌مراز

پس دنابسپاراز طی همانندسازی دوتا فعالیت دارد؛ **پلی‌مرازی** و **نوکلئازی!**

طی فعالیت پلی‌مرازی از دنای مادری الگوبرداری می‌کند. بین نوکلئوتیدهای مجاور، پیوند فسفودی‌استر تشکیل می‌دهد و رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید را می‌سازد و طی فعالیت نوکلئازی‌اش، برای رفع اشتباه در قراردادن نوکلئوتید مکمل، پیوند فسفودی‌استر را می‌شکند تا نوکلئوتید نادرست را بردارد.

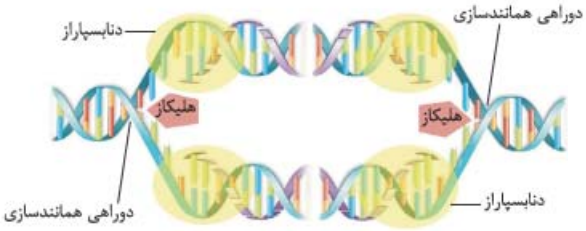
(۱۸) حالا هم‌زمان با این‌که دنابسپاراز از دنای مادری الگوبرداری می‌کند، هلیکاز قسمت‌های جلوتر دنای مادری را مثل زیپ! باز می‌کند؛ دوباره دنابسپاراز در طول دنای مادری جلو می‌رود و فعالیت پلی‌مرازی‌اش را انجام می‌دهد؛ باز دوباره هلیکاز قسمت‌های جلوتر را باز می‌کند و ... .

(۱۹) این روند به قدری انجام می‌شود تا کل دنا همانندسازی شود. در این حالت از روی هر رشته پلی‌نوکلئوتیدی قدیمی، یک رشته پلی‌نوکلئوتیدی جدید ساخته شده است؛ در نهایت هر رشتهٔ قدیمی به همراه یک رشتهٔ جدید، با همدیگر یک دنای دختری را به وجود می‌آورند. دنای دختری حول یک محور فرضی می‌پیچد و مارپیچی‌شکل می‌شود؛ پروتئین‌های هیستون روی آن قرار می‌گیرند و نوکلئوزوم‌ها تشکیل می‌شوند و دنای نوساز فشرده و پیچ‌پیچی می‌شود.



دوراهی همانندسازی

(۲۰) گفتیم که زمانی که هلیکاز دو رشتهٔ دنای مادری را از هم باز می‌کند، قسمت متورم و حباب‌مانندی ایجاد می‌شود. نکتهٔ مهمی که در این‌جا وجود دارد، این است که در این قسمت بازشدهٔ دنا، همانندسازی ممکن است از یک طرف یا از هر دو طرف پیش برود. اگر همانندسازی از یک طرف بخش بازشدهٔ دنا پیش برود، در این حالت می‌گویند **همانندسازی یک‌جهته** انجام می‌شود و اگر همانندسازی از هر دو طرف بخش بازشدهٔ دنا پیش برود، می‌گویند که **همانندسازی دوجهته** انجام می‌شود.



همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، زمانی که همانندسازی دوجهته است، از هر دو طرف بخش بازشدهٔ دنا یک آنزیم هلیکاز دنای مادری را مثل زیپ باز می‌کند و دو رشتهٔ آن را از هم جدا می‌کند. در این حالت هر طرف بخش بازشدهٔ دنا، ظاهر Yشکل دارد که به آن **دوراهی همانندسازی** می‌گویند؛ پس در همانندسازی دوجهته، در یک بخش بازشدهٔ دنا، دوتا دوراهی همانندسازی ایجاد می‌شود.

حالا اگر همانندسازی یک‌جهته باشد، تنها از یک طرف بخش بازشده، دنای مادری توسط آنزیم هلیکاز باز می‌شود و دو رشتهٔ دنا از هم جدا می‌شوند. در این حالت تنها یک دوراهی همانندسازی تشکیل می‌شود، پس در هر بخش بازشدهٔ دنا، حداقل یک و حداکثر دوتا دوراهی همانندسازی (دوتا Y) می‌تواند ایجاد شود.

در هر دوراهی همانندسازی چه چیزهایی دیده می‌شود؟!

۱- **یک آنزیم هلیکاز** و **دوتا دنابسپاراز**[1] و **انواع دیگری از آنزیم‌ها** که کتاب درسی اسم‌شان را نگفته!

۲- شکسته‌شدن پیوندهای هیدروژنی بین دو رشتهٔ دنای مادری توسط آنزیم هلیکاز

۳- فعالیت پلی‌مرازی دنابسپاراز؛ قراردادن نوکلئوتیدهای مکمل مقابل نوکلئوتیدهای مادری (که همراه با تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین آن‌هاست) و اتصال نوکلئوتیدهای جدید به همدیگر با ایجاد پیوند فسفودی‌استر

۴- فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز که طی آن پیوند فسفودی‌استر شکسته می‌شود (البته این مورد را ممکن است ببینیم و آن هم در هنگام ویرایش!).

انواع همانندسازی‌ها از نظر تعداد دوراهی

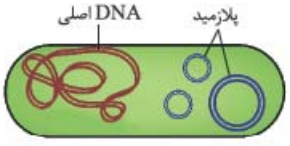
انواع همانندسازی از نظر تعداد دوراهی‌ها در بخش بازشدهٔ دنا	جهت همانندسازی	تعداد هلیکازهای فعال در هر بخش بازشدهٔ دنا	تعداد دنابسپارازهای فعال در هر بخش بازشدهٔ دنا	در چه سلولی دیده می‌شود؟
حاوی یک دوراهی	یک‌جهته	۱	۲	بعضی پروکاریوت‌ها
حاوی دو دوراهی	دوجهته	۲	۴	هم یوکاریوت‌ها و هم بعضی پروکاریوت‌ها

همانندسازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

می‌دانید که همهٔ سلول‌های زنده به دو دستهٔ **یوکاریوتی** (هوسته‌ای) و **پروکاریوتی** (پیش‌هسته‌ای) تقسیم می‌شوند.

پروکاریوت‌ها

پروکاریوت‌ها شامل همهٔ **باکتری‌ها** هستند. این سلول‌ها اندامک‌های غشادار از جمله **هسته** ندارند و مادهٔ وراثتی‌شان در سیتوپلاسم قرار دارد. کروموزوم اصلی باکتری‌ها به صورت یک مولکول **دنای حلقوی** است که در سیتوپلاسم قرار دارد و در قسمتی به غشای پلاسمایی یاخته متصل است.



پروکاریوت‌ها علاوه بر دنای اصلی **ممکن است**، دناهای دیگری هم به نام **پلازمید** (دیسک) داشته باشند که در فصل ۷ کتاب درسی بیشتر با آن‌ها آشنا می‌شوید. پلازمید، یک مولکول دنای دورشته‌ای و حلقوی است که در خارج و جدا از کروموزوم اصلی باکتری قرار دارد و می‌تواند مستقل از کروموزوم میزبان، همانندسازی کند. به پلازمیدها، کروموزوم‌های کمکی می‌گویند چون ژن‌هایی دارند که در کروموزوم اصلی باکتری وجود ندارند و می‌توانند ویژگی‌های دیگری را به میزبان بدهند! مثل افزایش مقاومت باکتری در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها!

یوکاریوت‌ها

یوکاریوت‌ها که شامل **آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران** هستند، اندامک‌های غشادار دارند و دنای اصلی‌شان درون اندامکی به نام **هسته** قرار دارد. به خاطر همین به دنای اصلی یوکاریوت‌ها **دنای هسته‌ای** می‌گویند. دنای هسته‌ای یوکاریوت‌ها از نوع **خطی** است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آن‌ها **هیستون‌ها** هستند، همراه این دنا، قرار دارد. هیستون‌ها باعث فشرده‌شدن دنای خطی می‌شوند. پس یادتان باشد در یوکاریوت‌ها دنای اصلی معادل دنای هسته‌ای است.

۱- البته از نظر علمی تعداد آنزیم‌های دنابسپاراز می‌تواند بیشتر باشد!

یوکاریوت‌ها علاوه بر هسته، در سیتوپلاسم خود هم دنا دارند که به آن **دنای سیتوپلاسمی** گفته می‌شود. دنای سیتوپلاسمی از نوع **حلقوی** است و درون اندامک **پلاست‌ها** (دیسه‌ها)[1] و **میتوکندری** (راکیزه) یوکاریوت‌ها قرار دارد.

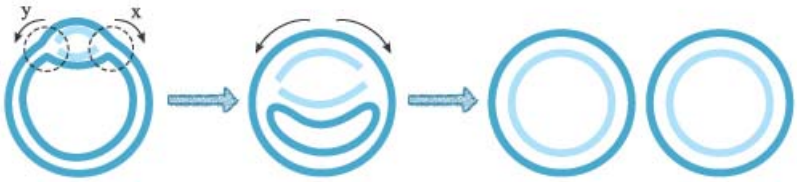
با توجه به جملهٔ کتاب درسی که فرموده «در یوکاریوت‌ها دنا در هر کروموزوم، به صورت خطی است» و این‌که «کروموزوم‌ها درون هسته قرار دارند»، نتیجه می‌گیریم که دنای سیتوپلاسمی یوکاریوت‌ها به شکل کروموزوم دیده نمی‌شوند و **جزء کروموزوم‌های آن‌ها محسوب نمی‌شوند**. مثلن وقتی می‌گوییم که سلول پیکری انسان، ۴۶ کروموزومی است؛ در این حالت منظورمان فقط کروموزوم‌های داخل هسته است و کاری با دنای سیتوپلاسمی نداریم.

مقایسهٔ همانندسازی دنا در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

همانندسازی در پروکاریوت‌ها درون **سیتوپلاسم** انجام می‌شود. در پروکاریوت‌ها هم مانند یوکاریوت‌ها، طی همانندسازی، **دوراهی همانندسازی** تشکیل می‌شود. هلیکاز دو رشتهٔ دنای مادری را از هم جدا و باز می‌کند و دنابسپارازها به ساخت رشته‌های جدید و مکمل از روی رشته‌های مادری می‌پردازند.

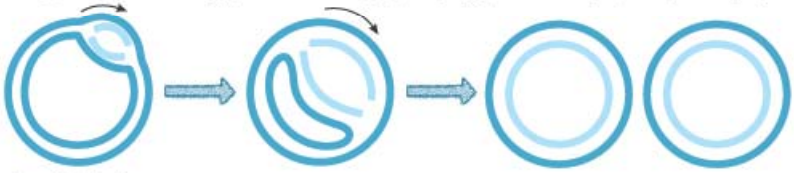
به جایگاه خاصی از مولکول دنا که همانندسازی از آن‌جا شروع می‌شود، **جایگاه آغاز** همانندسازی می‌گویند. **اغلب** پروکاریوت‌ها تنها **یک جایگاه** آغاز همانندسازی در دنای خود دارند. در این جایگاه، هلیکاز و دنابسپارازها و آنزیم‌های دیگر، با همکاری همدیگر، دنای مادری را همانندسازی می‌کنند.

درسته که کتاب درسی مستقیمن اشاره نکرده ولی بدانید و آگاه باشید که در پروکاریوت‌ها هم همانندسازی یک‌جهته و هم دوجهته دیده می‌شود. در همانندسازی دوجهته، در هر بخش بازشدهٔ دنا، دوتا دوراهی همانندسازی وجود دارد. در هر دوراهی، یک آنزیم هلیکاز دو رشتهٔ مادری را از هم جدا می‌کند و دنابسپارازها هم، با الگوبرداری از دنای مادری، رشته‌های جدید را می‌سازند. در این حالت هم در X همانندسازی انجام می‌شود و هم در Y. در همانندسازی دوجهتی در باکتری که دارای یک جایگاه آغاز همانندسازی است، نقطهٔ پایان همانندسازی روبه‌روی جایگاه آغاز است.



همانندسازی دوجهتی

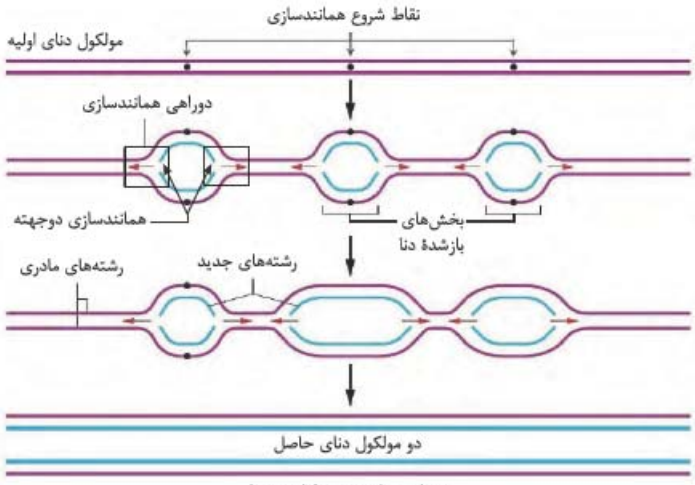
در برخی باکتری‌ها که همانندسازی یک‌جهته دارند، اگر تنها یک نقطهٔ شروع همانندسازی داشته باشند، در بخش بازشدهٔ دنا، یک دوراهی همانندسازی وجود دارد و همانندسازی یا در جهت X و یا در جهت Y انجام می‌شود. در این حالت نقطهٔ شروع همانندسازی همان نقطهٔ پایان است.


همانندسازی تک‌جهتی

همانندسازی دنای اصلی در یوکاریوت‌ها، درون **هسته** انجام می‌شود. یوکاریوت‌ها نسبت به پروکاریوت‌ها، هم تعداد بیشتری دنا دارند و هم این‌که دناهایشان درازتر است! برای همین همانندسازی در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌هاست؛ بنابراین باید در یوکاریوت‌ها یک سری مکانیسم‌ها و استراتژی‌ها وجود داشته باشد تا بتوانند بر این پیچیدگی غلبه کنند و دنا را سریع‌تر همانندسازی کنند.

یکی از این استراتژی‌ها این است که دنای اصلی یوکاریوت‌ها **چندین جایگاه شروع همانندسازی** دارد تا همانندسازی دنای آن از چند نقطه به طور هم‌زمان انجام شود و آنزیم‌ها زودتر کارو ببندن و تحویل بدن!!

عامل دیگری که باعث تسریع در همانندسازی دنای یوکاریوت‌ها می‌شود، این است که دنای خطی یوکاریوت ها به شکل **دوجهته** همانندسازی می‌شود. بدیهی است که همانندسازی دوجهته نسبت به یک‌جهته، سرعت بیشتری دارد. چون عوامل و آنزیم‌های لازم برای همانندسازی، در حالت دوجهته دو برابر حالت یک‌جهته است و مثل این است که یک پروژه بین افراد بیشتری تقسیم می‌شود و کار سریع‌تر انجام می‌شود.



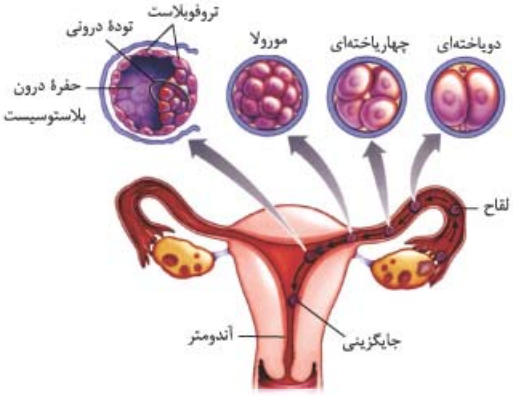
همانندسازی در یوکاریوت‌ها

۱- در اولین صفحهٔ درس‌نامهٔ این فصل گفتیم دنای سیتوپلاسمی در میتوکندری (راکیزه) و پلاست‌ها (سبزدیسه) دیده می‌شود و بعد همان‌جا گفتیم جلوتر توضیح می‌دهیم که چرا می‌گوییم «پلاست‌ها (دیسه‌ها)». ببینید در این فصل کتاب درسی در صفحهٔ ۱۳ می‌گوید دنای سیتوپلاسمی در راکیزه و کلروپلاست دیده می‌شود؛ اما در فصل ۲، مبحث تنظیم بیان ژن در هوسته‌ای‌ها (صفحهٔ ۳۵) کتاب درسی می‌گوید «بیشتر ژن‌ها در هسته و برخی در راکیزه و **دیسه‌ها**» قرار دارد و بعد می‌گوید یاخته بر بیان این ژن‌ها نظارت دارد؛ پس وقتی که کتاب درسی می‌گوید در دیسه‌ها، بیان ژن صورت می‌گیرد، در نتیجه دنای سیتوپلاسمی به‌جز در کلروپلاست، در دیسه‌های دیگر هم می‌تواند مشاهده شود.

تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در دنای اصلی یوکاریوت‌ها، حتمن متعدد و ضمنن **متغیر** است. اول این‌که تعداد این جایگاه‌ها از یاختهٔ‌ای به یاختهٔ دیگر فرق دارد و دوم این‌که تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی حتی در یک سلول، بسته به این‌که **در چه مرحله‌ای از رشد و نمو** قرار دارد، متفاوت است و می‌تواند کم و زیاد شود.

۱ مثلن در گیاهان، **سلول‌های سرلادی** به سرعت تقسیم می‌شوند تا سایر سلول‌های گیاهی را به وجود آورند و یا در انسان، سلول‌های مغز قرمز استخوان سرعت تکثیر بالایی دارند و با تکثیر سریع خود، سلول‌های خونی را می‌سازند؛ بنابراین هم سلول‌های سرلادی و هم سلول‌های مغز قرمز استخوان، به دلیل سرعت بالای تقسیم‌شدن، باید تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در دنایشان بیشتر از سایر سلول‌ها باشد تا دنایشان سریع‌تر همانندسازی کند.

۲ هم‌چنین جانداران مراحل رشد و نمو مختلفی را طی می‌کنند که در برخی از مراحل، سرعت رشد بالایی دارند و سلول‌هایشان با سرعت بیشتری تکثیر می‌شود؛ مثلن در جنین انسان، سلول‌ها در مراحل **مورولا** و **بلاستولا**، سرعت تقسیم بسیار بالایی دارند تا با سرعت لایه‌های زایندهٔ جنین که منشأ بافت‌ها و اندام‌های بدن هستند را تشکیل دهند؛ بنابراین در دناهای خطی این سلول‌ها هم تعداد بیشتری جایگاه آغاز همانندسازی تشکیل می‌شود تا همانندسازی دنا با سرعت بیشتری انجام شود. در مقابل پس از تشکیل اندام‌ها، نیازی به تقسیم تا این حد سریع نیست و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی کاهش می‌یابد.



شاید برایتان سؤال شود که بلاستولا با بلاستوسیست که در سال یازدهم خواندید، چه فرقی دارد؟ ببینید در انسان و سایر پستانداران، چون شکل ظاهری بلاستولا شبیه کیسه است، به بلاستولا، بلاستوسیست (blastocyst) هم می‌گویند. سیست (cyst) معنی‌اش می‌شود کیسه.

در زیست یازدهم خواندید که در لولهٔ رحمی، **اسپرم** و **تخمک** لقاح می‌کنند و سلول تخم تشکیل می‌شود. سپس سلول تخم حدود ۳۶ ساعت پس از تشکیل، حین این‌که در لولهٔ رحمی به طرف رحم حرکت می‌کند، تقسیمات میتوزی خود را شروع می‌کند و به ترتیب تودهٔ دوسلولی، چهارسلولی، هشت‌سلولی و ... را به وجود می‌آورد. این توده زمانی که به رحم می‌رسد، **مورولا** نام دارد. سپس مورولا وارد رحم می‌شود و تغییراتی در آن رخ می‌دهد و به **بلاستوسیست** تبدیل می‌شود. در نهایت بلاستوسیست با عمل جایگزینی در دیوارهٔ رحم نفوذ می‌کند.

نوع سلول	نوع دنا	مثل همانندسازی دنای اصلی	جهت همانندسازی	تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در دنای اصلی	توضیحات
پروکاریوتی	دنای اصلی و پلازمیدها هر دو حلقوی‌اند.	سیتوپلاسم	دوجهته! یک‌جهته!	اغلب یک جایگاه آغاز همانندسازی دارند.	–
یوکاریوتی	دنای هسته‌ای، خطی و دنای سیتوپلاسمی، حلقوی است.	هسته	● دنای اصلی، دوجهته ● دنای سیتوپلاسمی، مثل پروکاریوت	● دنای اصلی، همیشه بیش از یک جایگاه آغاز همانندسازی دارند. ● دنای سیتوپلاسمی، مثل پروکاریوت	در دنای اصلی تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی بسته به نوع سلول و مرحله‌ای از رشد و نمو که سلول در آن قرار دارد، متغیر است.

همانندسازی دنا و روش انجام آن

۴۵- کدام گزینه، عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «در همانندسازی مولکول دنا به روش ..... قطعاً در ..... یاخته (ها) ی حاصل از تقسیم، ..... وجود دارد.»

۱) حفاظتی ـ یکی از ـ دو رشتهٔ دنای اولیه
۲) نیمه‌حفاظتی ـ یکی از ـ دو رشتهٔ دنای اولیه
۳) غیرحفاظتی ـ هر دو ـ قطعاتی از رشته‌های جدید
۴) نیمه‌حفاظتی ـ هر دو ـ یکی از دو رشتهٔ دنای اولیه

۴۶- در نخستین مرحلهٔ آزمایش مزلسون و استال، باکتری *E.coli* در محیط کشت حاوی ..... تکثیر شد و ..... .

۱) N^{14} ـ دناهای فاقد نیتروژن سنگین در بالای لوله قرار گرفتند.

۲) N^{15} ـ محلول سدیم‌کلرید برای فرایند فراگریزانه مورد استفاده قرار گرفت.

۳) N^{15} ـ بعد از ۴۰ دقیقه، دو نوع مولکول دنا با چگالی متفاوت ایجاد شد.

۴) N^{14} ـ دناهای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در میانهٔ لوله قرار گرفتند.

۴۷- در نوعی طرح همانندسازی که پیوند فسفودی‌استر در دنای اولیه شکسته ..... قطعاً ..... .

۱) می‌شود ـ الگوی قرارگیری قطعات رشته‌های قبلی و جدید در دو دنای حاصل از همانندسازی با هم فرق دارد

۲) نمی‌شود ـ یک رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید به هر یاختهٔ حاصل از تقسیم وارد می‌شود

۳) نمی‌شود ـ مولکول دنای اولیه به صورت کامل به یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم وارد می‌شود

۴) می‌شود ـ در هر یک از رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی حاصل از همانندسازی دنا، بخشی از دنای اولیه وجود دارد

۴۸- سه مولکول A، B و C داریم که یکی از آن‌ها فقط N^{14}، یکی فقط N^{15} و یکی دارای یک رشتهٔ حاوی N^{14} و یک رشتهٔ حاوی N^{15} است. اگر ..... فرایند گریزادن، ..... آنگاه قطعاً ..... .

۱) حین ـ مولکول C از مولکول B سریع‌تر حرکت کند ـ مولکول B فاقد N^{15} در ساختار خود است

۲) حین ـ مولکول A از مولکول B و C سریع‌تر حرکت کند ـ پس از فراگریزانه مولکول A بالای ظرف قرار می‌گیرد

۳) بعد از ـ مولکول B نسبت به مولکول C به انتهای ظرف نزدیک‌تر باشد ـ مولکول B در ساختار خود N^{14} دارد

۴) بعد از ـ مولکول A فاصلهٔ یکسانی با مولکول B و C داشته باشد ـ مولکول C دارای دو رشتهٔ حاوی یک نوع نیتروژن است

۴۹- کدام گزینه، دربارهٔ نوعی همانندسازی که مولکول‌های دنای مقابل را ایجاد کرده، درست است؟

۱) در دناهای جدید، قطعاتی از دنای قدیمی وجود دارد.

۲) یک رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی هر دنا، متعلق به دنای قدیمی است.

۳) این روش همانندسازی توسط پژوهش‌های مزلسون و استال تأیید شد.

۴) در یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم، هیچ نوکلئوتیدی از دنای قدیمی مشاهده نمی‌شود.

۵۰- کدام گزینه، دربارهٔ پژوهش‌های مزلسون و استال، درست است؟

۱) سرعت حرکت مولکول‌های دنا در لولهٔ آزمایش با وزن مولکولی آن‌ها رابطهٔ مستقیم داشت.

۲) به دنبال خروج باکتری‌های اولیه دارای نیتروژن معمولی از محیط کشت، دنای آن‌ها را در سانتریفیوژ گذاشتند.

۳) این دو پژوهشگر با مشاهدهٔ سرعت حرکت مولکول‌های دنا در لولهٔ آزمایش، نوع دنا را تشخیص دادند.

۴) در فرایند گریزادن دناهای حاوی N^{15} نسبت به دناهای حاوی N^{14} کندتر حرکت می‌کردند.

۵۱- کدام گزینه، دربارهٔ پژوهش‌های مزلسون و استال، درست است؟

۱) در مدت‌زمان یک ساعت، تعداد باکتری‌های موجود در محیط کشت ۳ برابر شد.

۲) دناهای حاوی N^{15} بعد از سانتریفیوژ در بالای لوله قرار می‌گیرند.

۳) پس از سه نسل همانندسازی در محیط حاوی N^{14} فقط ۲۵ درصد باکتری‌های حاصل N^{15} داشتند.

۴) در گریزانه دناهای حاوی N^{15} نسبت به دناهای حاوی N^{14}، کندتر حرکت می‌کردند.

۵۲- N^{14}، در ساختار بخشی از نوکلئوتیدهای دنا حضور دارد که قطعاً ..... .

۱) به یکی از گروه‌های فسفات اتصال می‌یابد

۲) در ساختار خود دارای تنها یک حلقهٔ آلی است

۳) در تشکیل پیوند فسفودی‌استر شرکت می‌کند

۴) با بخش مکمل خود در نوکلئوتید دیگر پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهد

۵۳- با توجه به آزمایش مزلسون و استال، هرگاه در لوله، ..... نوار تشکیل شود، ..... .

۱) یک ـ یک دنا با دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی حاوی N^{15} قابل مشاهده است

۲) دو ـ مولکول‌های موجود در نوار بالاتر با سرعت بیشتری در دستگاه سانتریفیوژ حرکت کرده‌اند

۳) یک ـ قطعاً حدود ۲۰ دقیقه از شروع همانندسازی باکتری‌ها در محیط کشت گذشته است

۴) دو ـ یکی از نوارها، تنها دارای نیتروژن غیرسنگین است

۵۴- کدام‌یک از مولکول‌های دنا در آزمایش‌های مزلسون و استال، فاقد نوکلئوتیدهای باکتری اولیهٔ آزمایش بودند و ویژگی این مولکول‌های دنا چیست؟

۱) مولکول‌های دنای انتهای لوله پس از گریزادن ـ بازهای آلی این مولکول دنا دارای نیتروژن N^{15} هستند.

۲) مولکول‌های دنای بالای لوله پس از گریزادن ـ نسبت به دنای معمولی با سرعت بیشتر در لوله حرکت می‌کند.

۳) مولکول‌های دنای انتهای لوله پس از گریزادن ـ دارای چگالی کم‌تری نسبت به دنای همانندسازی شده در دور اول است.

۴) مولکول‌های دنای بالای لوله پس از گریزادن ـ پس از دو دور همانندسازی دنای باکتریایی در محیط کشت حاوی N^{14} تولید می‌شوند.

۵۵- اگر یک باکتری را که در دنای اولیهٔ خود N^{14} دارد، در محیط کشت حاوی N^{15} قرار دهیم و دنای باکتری‌های حاصل را پس از گذشت ۱۰۰ دقیقه در سانتریفیوژ بگذاریم آن‌گاه، ..... مولکول دنا در ..... لولهٔ آزمایش قرار می‌گیرد.

۱) ۱ ـ وسط ۲) ۳۱ ـ انتهای ۳) ۳۰ ـ بالای ۴) ۲ ـ وسط

۵۶- چند مورد از موارد زیر عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «به دنبال نوعی همانندسازی که مولکول DNA دخترِ حاوی نوکلئوتیدهای جدید و قدیمی ایجاد می‌کند، قطعاً در مولکول‌های DNA نسل ..... .»

الف ـ اول، بین بازهای آلی نوکلئوتیدهای قدیمی و جدید پیوند فسفودی‌استر برقرار می‌شود

ب ـ اول، هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دختر، نوکلئوتیدهای قدیمی یا جدید دارد.

ج ـ دوم، نیمی از مولکول‌های دنا حاوی نوکلئوتیدهای دنای اولیه هستند.

د ـ دوم، تعداد یکسانی از نوکلئوتیدهای جدید و اولیه وجود دارد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) صفر ۴) ۴

عوامل و مراحل همانندسازی ـ فعالیت آنزیم دنابسپاراز

۵۷- در همانندسازی مولکول دنا، قطعاً ..... .

۱) دنابسپاراز، فقط در یک جهت حرکت می‌کند
۲) پیوند کووالان شکسته می‌شود
۳) هلیکاز، پیوندهای هیدروژنی پرانرژی را می‌شکند
۴) شروع همانندسازی از جایگاه‌های متعددی آغاز می‌شود

۵۸- چند غلط علمی در متن زیر وجود دارد؟

«در همهٔ جانداران، در دومین مرحلهٔ چرخهٔ سلولی، همانندسازی DNA اتفاق می‌افتد. در این فرایند تنها دو نوع آنزیم شرکت دارند: هلیکاز و دنابسپاراز. در مطالعات اولیه، سه الگوی اصلی برای همانندسازی دنا مطرح شد: الگوی حفاظتی، نیمه‌حفاظتی و غیرحفاظتی. مزلسون و استال با پژوهش‌های خود به کمک N^{14} و N^{15} در دناهای خطی اثبات کردند که تنها راه منطقی همانندسازی، الگوی نیمه‌حفاظتی است.»

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

۵۹- کدام گزینه، دربارهٔ آنزیم‌هایی که در فرایند همانندسازی دنای خطی فعالیت می‌کنند، درست است؟

۱) دنابسپاراز، نوکلئوتیدها را به ابتدای رشتهٔ در حال تشکیل می‌افزاید.
۲) ساخت رشتهٔ دنای نوساز در مقابل رشتهٔ دنای الگو تنها توسط دنابسپاراز و بدون کمک هلیکاز صورت می‌گیرد.
۳) هلیکاز، ابتدا پیوندهای هیدروژنی را شکسته و سپس پیچ‌خوردگی دنا را باز می‌کند.
۴) هلیکازهای موجود در هر بخش بازشدهٔ دنا در خلاف جهت یکدیگر حرکت می‌کنند.

۶۰- اگر یک مولکول دنای حلقوی دارای ..... در محیط کشت حاوی ..... دو نسل همانندسازی کند، ..... .

۱) N^{14} ـ N^{15} ـ حداکثر سه دوراهی همانندسازی تشکیل می‌شود
۲) N^{14} ـ N^{15} ـ نیمی از مولکول‌های نسل دوم دارای N^{15} نیستند
۳) N^{15} ـ N^{14} ـ در هر نسل تعداد رشته‌های حاوی N^{15} نصف می‌شود
۴) N^{15} ـ N^{14} ـ نسبت رشته‌های N^{15}دار به کل رشته‌ها، در هر نسل نصف می‌شود

۶۱- ضمن تشکیل رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید مقابل رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دنای اولیه، قطعاً ..... .

۱) فقط آنزیم دنابسپاراز وارد عمل می‌شود
۲) گروه‌های فسفات از نوکلئوتیدهای آزاد جدا می‌شوند
۳) دنابسپاراز مقابل باز آلی سیتوزین باز آلی گوانین قرار می‌دهد
۴) هر جفت نوکلئوتید با تعداد پیوند هیدروژنی مشابهی متصل می‌شوند

۶۲- در مرحلهٔ همانندسازی از روی کروموزوم شمارهٔ ۲۱ انسان، ..... .

۱) دنابسپارازهای موجود روی هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی، همگی در یک جهت حرکت می‌کنند
۲) آنزیم هلیکاز فعالیتش را بعد از بازشدن پیچ و تاب مارپیچ دنا آغاز می‌کند
۳) ساختارهای نوکلئوزومی هسته در حال تخریب و تشکیل هستند
۴) یک دنابسپاراز باعث تولید دو مولکول دنای دختر می‌شود

۶۳- کدام گزینه، دربارهٔ ترتیب فرایندهای مربوط به همانندسازی دنای خطی، درست است؟

الف ـ جداشدن هیستون‌ها از مولکول دنا
ب ـ اتصال آنزیم دنابسپاراز به دنا
ج ـ جداشدن گروهای فسفات از نوکلئوتیدهای آزاد
د ـ ایجاد دوراهی‌های همانندسازی در دنا

۱) «الف» ـ «ب» ـ «د» ـ «ج»
۲) «الف» ـ «د» ـ «ب» ـ «ج»
۳) «ب» ـ «الف» ـ «د» ـ «ج»
۴) «د» ـ «الف» ـ «ب» ـ «ج»

۶۴- چند مورد، برای تکمیل عبارت مقابل مناسب نیست؟ «در یاخته‌های یوکاریوتی، در هر ..... .»

الف ـ دو نوکلئوتید مقابل هم در دنا، قطعاً یک باز پیریمیدین وجود دارد

ب ـ حباب همانندسازی، دو آنزیم با قدرت نوکلئازی فعالیت می‌کنند

ج ـ نوع نوکلئیک اسید، تعداد پورین‌ها نصف پیوندهای قند ـ باز است

د ـ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی، تعداد پیوندهای هیدروژنی بیشتر از تعداد پیوندهای فسفودی‌استر است

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶۵- در همانندسازی دنای پروکاریوتی، ..... .

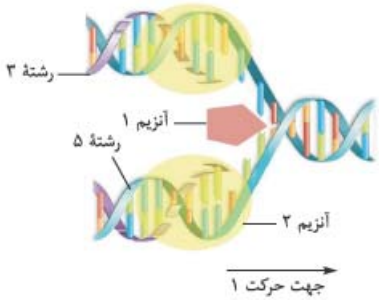
۱) تعداد آنزیم‌های هلیکاز قطعاً با تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی برابر است

۲) هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید، مشابه یکی از رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی قدیمی است

۳) هر پیوند قند ـ فسفات موجود در رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید، توسط DNA پلی‌مراز تشکیل شده است

۴) تعداد پیوندهای فسفودی‌استر تشکیل‌شده با تعداد بازهای آلی استفاده‌شده در همانندسازی برابر نیست

۶۶- چند مورد، دربارهٔ شکل نشان داده شده نادرست است؟



الف ـ آنزیم ۲، همواره در جهت ۱ حرکت می‌کند.

ب ـ رشته‌های ۳ و ۵، قطعاً به دو یاختهٔ متفاوت وارد می‌شوند.

ج ـ آنزیم ۱، قطعاً نوعی پیوند پرانرژی را می‌شکند.

د ـ آنزیم ۲، وظیفه‌اش تنها تشکیل پیوندهای پرانرژی است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶۷- کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «به هنگام مضاعف‌شدن کروماتیدهای یکی از کروموزوم‌های جنسی در یاخته‌های انسان، ممکن نیست ..... .»

۱) دو باز آلی پیریمیدینی در مقابل یکدیگر قرار بگیرند

۲) تعداد پیوندهای هیدروژنی دو مولکول تولیدشده با هم برابر نباشد

۳) در صورت سالم طی‌شدن چرخهٔ سلولی، هسته تقسیم نشود

۴) تعداد دوراهی‌های آن با کروموزوم جنسی دیگر برابر باشد

همانندسازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

۶۸- فرایند همانندسازی در همهٔ جانداران، ..... صورت می‌گیرد.

۱) در پی جداسازی هیستون‌ها از دنا

۲) به کمک جایگاه‌های آغاز همانندسازی متعددی

۳) با کمک آنزیم‌های هلیکاز و دنابسپاراز

۴) به کمک عوامل همانندسازی موجود در هسته

۶۹- هر مولکول دنای ..... قطعاً در ..... مشاهده می‌شود.

۱) خطی ـ مجاورت هیستون‌ها

۲) حلقوی ـ یاخته‌ای با قدرت تقسیم

۳) خطی ـ سیتوپلاسم جانداری پیش‌هسته‌ای

۴) حلقوی ـ ساختار یاخته‌ای فاقد هسته

۷۰- دنای خطی ..... دنای حلقوی، قطعاً ..... .

۱) برخلاف ـ در یاخته‌های جانوری مشاهده می‌شود

۲) همانند ـ دارای رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی با دو سر متفاوت است

۳) برخلاف ـ کم‌تر از تعداد نوکلئوتیدهای خود، پیوند فسفودی‌استر دارد

۴) همانند ـ به کمک چند جایگاه آغاز همانندسازی این فرایند را انجام می‌دهد

۷۱- می‌توان گفت همواره هر دنای ..... .

۱) سیتوپلاسمی، درون میتوکندری و کلروپلاست است

۲) سیتوپلاسمی، نوعی دنای حلقوی است

۳) باکتریایی، حاوی نوکلئوتیدهای همان باکتری است

۴) حلقوی، مستقیماً به غشای یاخته متصل است

۷۲- چند مورد، دربارهٔ همانندسازی دنای هستهٔ یاخته‌های یوکاریوتی، درست است؟

الف ـ حین فرایند همانندسازی، هیستون‌ها از مولکول دنا جدا می‌شوند.

ب ـ دنابسپاراز با خاصیت نوکلئازی خود، هر پیوند قند ـ فسفات را می‌شکند.

ج ـ در بعضی از بخش‌های بازشدهٔ دنا، یک دوراهی همانندسازی مشاهده می‌شود.

د ـ دوراهی‌های ایجادشده در یک بخش بازشدهٔ دنا، همواره از یکدیگر دور می‌شوند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

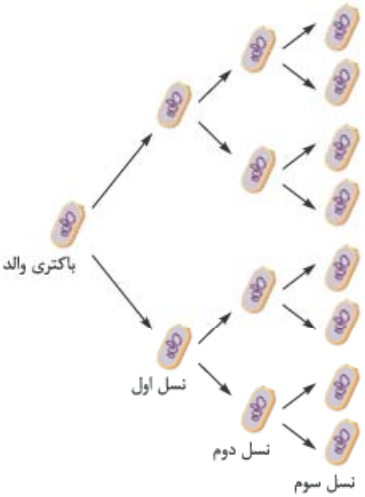
۴۹- گزینهٔ «۱» تصویر مربوط به فرایند همانندسازی غیرحفاظتی است. در این طرح همانندسازی هر یک از دناهای جدید قطعاتی از رشته‌های قدیمی و جدید را به صورت پراکنده در ساختار خود دارند.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۲): در طرح همانندسازی نیمه‌حفاظتی، به هر یاختهٔ حاصل از تقسیم، یک رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دنای اولیه و یک رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید (نوساز) وارد می‌شود./ گزینهٔ (۳): همانندسازی نیمه‌حفاظتی، توسط پژوهش‌های مزلسون و استال تأیید شد./ گزینهٔ (۴): این موضوع مربوط به همانندسازی حفاظتی است ولی در طرح غیرحفاظتی همون‌طور که گفتیم هر دو یاختهٔ حاصل از تقسیم، بخشی از دنای رشته‌های قدیمی و نوساز (جدید) رو دارن!

۵۰- گزینهٔ «۱» سرعت حرکت مولکول‌ها در لولهٔ آزمایش با چگالی و در نتیجه وزن مولکولی آن‌ها رابطهٔ مستقیم داشت. *یعنی هرکی بامش بیش برفش بیشتر!!! بیخشید یه لحظه فط رو فط شد!!* هردنایی که وزنش بیشتر سرعتش هم بیشتر!

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۲): باکتری‌های اولیه حاوی نوکلئوتیدهایی بودند که در ساختار آن‌ها نیتروژن ^{15}N وجود داشت نه نیتروژن معمولی! در ضمن باکتری‌ها را نمی‌گذاشتند داخل سانتریفیوژ! بلکه دنای آن‌ها را استخراج می‌کردند و بعد در سانتریفیوژ گریز می‌دادند./ گزینهٔ (۳): مزلسون و استال براساس محل قرارگیری دنا پس از فرایند گریزدادن (نه سرعت حرکت مولکول‌ها حین گریزدادن، اخه اینقد سریعه که کسی نمی‌تونه ببینه راستش!) نوع مولکول‌های دنا را تشخیص دادند./ گزینهٔ (۴) در سانتریفیوژ دناهای حاوی ^{15}N نسبت به دناهای حاوی ^{14}N، سریع‌تر حرکت کرده و در قسمت پایین‌تری از لولهٔ آزمایش قرار گرفتند.

۵۱- گزینهٔ «۳» پس از ۳ نسل همانندسازی یک باکتری، ۸ باکتری در محیط کشت وجود خواهد داشت. از کجا می‌گوییم؟ چون در هر نسل تعداد باکتری‌ها دو برابر می‌شود.



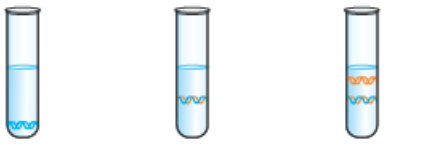
در هر نسلی که بگویید، فقط ۲تا از باکتری‌ها در ساختارشان ^{15}N دارند! چرا؟ چون دنای مادری ۲ رشته داشت و هر چند نسلی هم که بگذرد فقط همین ۲ رشته هستند که براساس طرح نیمه‌حفاظتی، می‌توانند در باکتری‌ها وجود داشته باشند. ۲تا باکتری که هر کدامشان ۱ رشتهٔ مادری (حاوی ^{15}N) و ۱ رشتهٔ نوساز (حاوی ^{14}N) دارند. خب ۲ باکتری از ۸ باکتری ($\frac{2}{8}$) دارای ^{15}N هستند! یعنی ۲۵ درصد! حواستون باشه اگه این آزمایش با هر چندتا باکتری دیگه هم شروع بشه در نهایت پس از سه نسل همانندسازی ۲۵ درصد باکتری‌ها، توی ساختارشون ^{15}N خواهند داشت.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): طبق کتاب درسی در مدت‌زمان حدود ۲۰ دقیقه، باکتری‌ها دو برابر می‌شوند؛ بنابراین در مدت ۶۰ دقیقه باکتری‌ها سه نسل همانندسازی می‌کنند و یک باکتری می‌شود ۸ باکتری، پس در مدت‌زمان یک ساعت، تعداد باکتری‌های موجود در محیط کشت ۸ برابر می‌شود./ گزینهٔ (۲): دنایی که هر دو رشته‌اش حاوی ^{15}N است، چون چگالی سنگینی دارد، پس از سانتریفیوژ یک نوار در پایین لوله تشکیل می‌دهد. دنایی که حاوی یک رشتهٔ ^{15}N و یک رشتهٔ ^{14}N هم هست در وسط لوله قرار می‌گیرد./ گزینهٔ (۴): در گریزانه دناهایی که ^{15}N دارند، نسبت به دناهای حاوی ^{14}N، سریع‌تر حرکت کرده و در قسمت انتهایی لولهٔ آزمایش قرار گرفتند. کلن در گریزانه میزان حرکت مواد محلول براساس چگالی آن‌ها است و مواد سنگین‌تر تندتر حرکت می‌کنند.

۵۲- گزینهٔ «۴» نیتروژن در ساختار بازهای آلی نوکلئوتیدها مشاهده می‌شود. در ساختار دنا، هر باز آلی یک رشته با باز آلی رشتهٔ مقابل پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهد.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): باز آلی به قند متصل است نه به گروه فسفات!/ گزینهٔ (۲): در ساختار بازهای پورینی دو حلقهٔ آلی وجود داره!/ گزینهٔ (۳): گروه فسفات و قند دئوکسی‌ریبوز در تشکیل پیوند فسفودی‌استر شرکت می‌کنند، نه باز آلی *(کلن توانایی نه گفتنم رو توی پاسخ این سؤال به رخ کشید!)*.

۵۳- گزینهٔ «۴» در آزمایش مزلسون و استال، دو نوار پس از ۴۰ دقیقه رشد و تکثیر باکتری در محیط کشت ^{14}N به وجود آمد و همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید یکی از این نوارها تنها دارای نیتروژن سبک (^{14}N) است و در بالای لوله قرار می‌گیرد.



بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): بعد از ۲۰ دقیقه (دور اول همانندسازی) هم یک نوار در لوله تشکیل می‌شود. این نوار مربوط به مولکول‌های دنایی است که یک رشتهٔ حاوی ^{15}N و یک رشتهٔ حاوی ^{14}N دارند./ گزینهٔ (۲): میزان حرکت مواد در سانتریفیوژ به چگالی آن‌ها بستگی دارد، مواد سنگین‌تر تندتر حرکت می‌کنند. بعد از ۴۰ دقیقه دو نوار در لوله مشاهده شد، نوار پایینی سنگین‌تر است و در نتیجه مولکول دنای آن با سرعت بیشتری حرکت کرده است./ گزینهٔ (۳): همان لحظهٔ اول هم که دنای باکتری را که دوتا رشتهٔ حاوی ^{15}N دارد، سانتریفیوژ می‌کنیم؛ یک نوار در لوله تشکیل می‌شود. لزومی ندارد حتمن ۲۰ دقیقه از همانندسازی گذشته باشد.

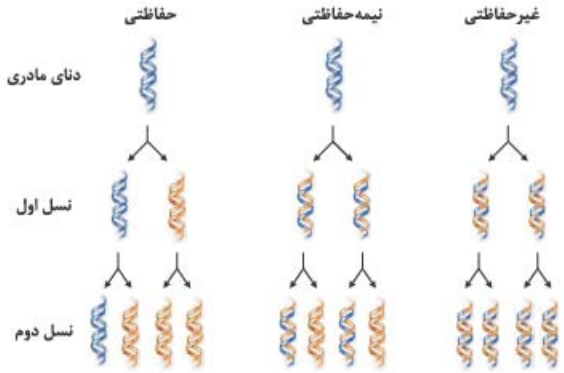
۵۴- گزینهٔ «۴» باکتری‌های اولیه دارای نوکلئوتیدهایی با ^{15}N هستند. پس مولکول‌های دنایی که فاقد ^{15}N هستند، می‌شوند مولکول‌های دنای فاقد نوکلئوتیدهای باکتری اولیه! خب مولکول‌های دنایی که در بالای لولهٔ آزمایش قرار می‌گیرند فقط دارای ^{14}N هستند و این دنا پس از دور دوم همانندسازی باکتری‌ها (بعد از ۴۰ دقیقه) در محیط کشت حاوی ^{14}N ایجاد می‌شود.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): مولکول‌های قرارگرفته در انتهای لوله، همان دنای مربوط به باکتری‌های اولیه است که همگی ^{15}N دارند./ گزینهٔ (۲): این

مولکول‌های دنا در ساختار خود ^{14}N دارند و در واقع همون دنای معمولی هستند!/ گزینهٔ (۳): چگالی دناهای انتهای لوله نسبت به دناهای بخش میانی لوله (دناهای تولیدشده در دور اول همانندسازی) بیشتر است.

۵۵- گزینهٔ «۴» پس از ۱۰۰ دقیقه، باکتری‌ها ۵ نسل همانندسازی می‌کنند و تعداد آن‌ها به ۳۲ عدد می‌رسد. در این حالت، دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دنای اولیه (که حاوی ^{14}N بوده و سبک‌تر از سایر مولکول‌های دنا هستند) براساس فرایند همانندسازی نیمه‌حفاظتی در ساختار ۲ دنا از این ۳۲ دنا قرار دارند. در این حالت، ۳۰ دنا فقط ^{15}N و ۲ دنا دارای یک رشته با ^{15}N و یک رشته با ^{14}N دارند؛ بنابراین، ۲ مولکول دنا در وسط لولهٔ آزمایش و ۳۰ مولکول دنا در انتهای لولهٔ آزمایش قرار خواهند گرفت.

۵۶- گزینهٔ «۳» همهٔ موارد نادرست هستند.



(الف): مولکول DNA دخترِ حاصل از همانندسازی‌های غیرحفاظتی و نیمه‌حفاظتی، حاوی نوکلئوتیدهای جدید و قدیمی است. فقط در همانندسازی غیرحفاظتی بین نوکلئوتیدهای جدید و قدیمی پیوند فسفودی‌استر برقرار می‌شود./ (ب): در مولکول‌های DNA نسل اول حاصل از همانندسازی غیرحفاظتی، در هر رشته هم نوکلئوتیدهای قدیمی وجود دارد و هم نوکلئوتیدهای جدید؛ نه فقط یکی از آن‌ها!/ (ج): این مورد فقط برای همانندسازی نیمه‌حفاظتی صدق می‌کند؛ در حالی که در همانندسازی غیرحفاظتی، همهٔ مولکول‌های دنای نسل دوم، حاوی نوکلئوتیدهای دنای اولیه هستند./ (د): نه دیگه! این مورد دربارهٔ طرح نیمه‌حفاظتی صدق نمی‌کند. چون پس از دور دوم همانندسازی ۴ مولکول دنا (۸ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی) داریم که تنها ۲تا از این رشته‌ها حاوی دنای اولیه یا دنای مادری می‌باشند و بقیهٔ رشته‌ها جدید هستند.

۵۷- گزینهٔ «۲» در همانندسازی مولکول دنا، از نوکلئوتیدهای آزاد سه‌فسفاته استفاده می‌شود؛ ولی این نوکلئوتیدها با یک گروه فسفات در ساختار رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی قرار می‌گیرند. برای جداشدن دو گروه فسفات از نوکلئوتید سه‌فسفاته، پیوند کووالان شکسته می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در هنگام همانندسازی برای جلوگیری از اشتباه، دنابسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر، یک بار برمی‌گردد و نوکلئوتید را بازبینی می‌کند و اگر اشتباه بود، آن را حذف می‌کند. به این فعالیت دنابسپاراز می‌گویند ویرایش! و دنابسپاراز در حین همانندسازی و ویرایش در دو جهت مختلف حرکت می‌کند./ گزینهٔ (۳): پیوندهای هیدروژنی به صورت تکی (منفرد) پیوندهای کم‌انرژی هستند./ گزینهٔ (۴): اغلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنای خود دارند پس در دنای حلقوی، همانندسازی ممکن است فقط از یک جایگاه آغاز، شروع شود.

۵۸- گزینهٔ «۲» این متن سه‌تا غلط علمی داره که با ۱، ۲ و ۳ نشون می‌دیم:

۱- «در همهٔ جانداران، در دومین مرحلهٔ چرخهٔ سلولی، همانندسازی DNA رخ می‌دهد»: این جمله غلطه! چون همهٔ جانداران، چرخهٔ سلولی ندارند. چرخهٔ سلولی و مراحل G_1، S، G_2 و ... مربوط به یوکاریوت‌هاست. پروکاریوت‌ها تقسیم میتوز و چرخهٔ سلولی ندارند.

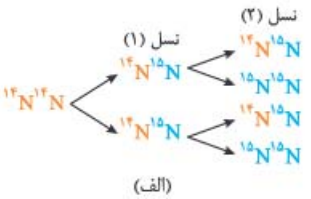
۲- «در فرایند همانندسازی تنها دو نوع آنزیم شرکت دارند»: غلطه! در کتاب می‌خوانیم که در همانندسازی، علاوه بر هلیکاز، انواع دیگری از آنزیم‌ها فعالیت می‌کنند تا یک رشتهٔ دنا در مقابل رشتهٔ الگو ساخته شود و یکی از مهم‌ترین آن‌ها DNA پلی‌مراز است، پس آنزیم‌های دیگری به‌جز هلیکاز و DNA پلی‌مراز هم در همانندسازی وجود دارند.

۳- «مزلسون و استال با پژوهش‌های خود در دناهای خطی اثبات کردند»: مزلسون و استال در آزمایشات خود از دنای باکتری *E.coli* استفاده کردند. خب می‌دانید که دنای باکتری‌ها حلقوی است نه خطی؛ پس جملهٔ آخر متن هم غلط است.

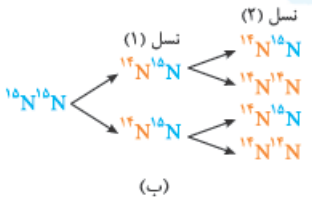
۵۹- گزینهٔ «۴» بله در دنای خطی هلیکازهای موجود در هر بخش بازشدهٔ دنا، در دو جهت مخالف یکدیگر حرکت می‌کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): دنابسپاراز، نوکلئوتیدها را **به انتهای** رشتهٔ در حال تشکیل می‌افزاید. آخه ابتداش که همون اول تشکیل شده، پس باید نوکلئوتیدها رو به انتها اضافه کند./ گزینهٔ (۲): انواعی از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشتهٔ دنای نوساز را در مقابل رشتهٔ الگو بسازند و دنابسپاراز یکی از مهم‌ترین این آنزیم‌هاست که کتاب درسی داستانش را تعریف کرده است./ گزینهٔ (۳): آنزیم هلیکاز، ابتدا پیچ‌خوردگی دنا را باز کرده و سپس پیوندهای هیدروژنی را می‌شکند.

۶۰- گزینهٔ «۴»



همانندسازی دنای ^{14}N دار در محیط ^{15}N



همانندسازی دنای ^{15}N دار در محیط ^{14}N

همان‌طور که در شکل (ب) می‌بینید وقتی دنای ^{15}N در محیط ^{14}N، دو نسل همانندسازی کند، نسبت رشته‌های ^{15}N دار به کل رشته‌ها، هر نسل نصف می‌شود. شکل هم نشان می‌دهد که این نسبت در نسل اول $\frac{1}{2}$ است و در نسل بعد می‌شود $\frac{1}{4}$ و اگر همانندسازی ادامه پیدا کند، همین‌طوری در هر نسل نصف می‌شود.

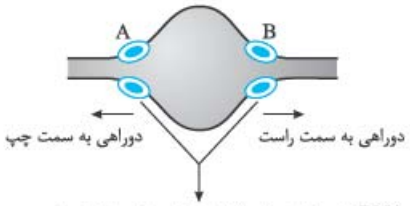
بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): وقتی دنا دو نسل همانندسازی کند، سه بار همانندسازی انجام شده است. دنای موردنظر حلقوی است و می‌تواند یک یا دو دوراهی همانندسازی داشته باشد؛ پس **حداقل** ۳ دوراهی می‌تواند تشکیل شود. تازه در کتاب درسی می‌خوانیم که **اغلب** پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنای خود دارند./ گزینهٔ (۲): شکل (الف) رو ببینید. همهٔ مولکول‌های نسل دوم داری ^{15}N هستند. حالا بعضی‌هاشون کلن دارای ^{15}N هستند (هر دو رشته ^{15}N دارد). بعضی‌هاشون هم فقط یک رشتهٔ حاوی ^{15}N دارند! ولی در هر صورت دارای ^{15}N هستند./ گزینهٔ (۳): همان‌طور که در شکل می‌بینید اگر یک مولکول دنای حلقوی حاوی ^{15}N، ۲ نسل در محیط ^{14}N همانندسازی کند، تعداد رشته‌های حاوی ^{15}N از دنای والد تا نسل دوم همواره ثابت و ۲ عدد است! در واقع فقط رشته‌های اولیه ^{15}N هستند و رشته‌های نوساز همگی ^{14}N اند!

۶۱- گزینهٔ «۲» در همانندسازی مولکول دنا از نوکلئوتیدهای آزاد سه‌فسفاته، دو گروه فسفات جدا می‌شود و این نوکلئوتیدها با یک گروه فسفات در ساختار رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی قرار می‌گیرند.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): یکی از مهم‌ترین آنزیم‌هایی که نوکلئوتیدهای جدید را با نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگو جفت می‌کند، دنابسپاراز است./ گزینهٔ (۳): ضمن تشکیل رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید مقابل رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دنای اولیه، ممکن است دنابسپاراز اشتباهن در مقابل سیتوزین، بازی غیر از گوانین قرار دهد./ گزینهٔ (۴): تعداد پیوند هیدروژنی بین سیتوزین و گوانین، بیشتر از تعداد پیوند هیدروژنی بین آدنین و تیمین است.

۶۲- گزینهٔ «۳» در ابتدای مرحلهٔ S، پروتئین‌های هیستون از دنا جدا می‌شوند؛ برای این‌که فشردگی کم‌تر بشود و دنا آمادهٔ همانندسازی شود. در واقع با جداشدن هیستون‌ها از دنا، نوکلئوزوم تخریب می‌شود. در انتهای مرحلهٔ S که همانندسازی تمام می‌شود، دوباره هیستون‌ها به دنا متصل و ساختارهای نوکلئوزومی تشکیل می‌شود.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): نه‌خیر! گفتیم در هر بخش بازشدهٔ دنا، دوراهی‌های همانندسازی از هم دور می‌شوند؛ پس دنابسپاراز (DNA پلی‌مراز) A و B که هر دو روی یک رشته هم هستند، از هم دور می‌شوند. در ضمن دنابسپاراز فعالیت نوکلئازی هم داشت که در آن برمی‌گشت و نوکلئوتید اشتباه را برمی‌داشت و ادامهٔ ماجرا. خب این‌جا هم تغییر جهت می‌دهد دیگر!/ گزینهٔ (۲): نه‌خیر! اگر گفتی چرا؟ چون خود هلیکاز پیچ و تاب مارپیچ دنا را باز می‌کند! اصلن هلیکاز این‌کاره است!/ گزینهٔ (۴): به شکل ۱۱ نگاه کنید. در هر دوراهی همانندسازی، دوتا دنابسپاراز وجود دارد. یکی مکمل رشتهٔ مادری بالایی را می‌سازد و دیگری رشتهٔ دختری مکمل رشتهٔ مادری پایینی! پس یک دنابسپاراز نمی‌تواند باعث تولید دو مولکول دنای دختری شود.



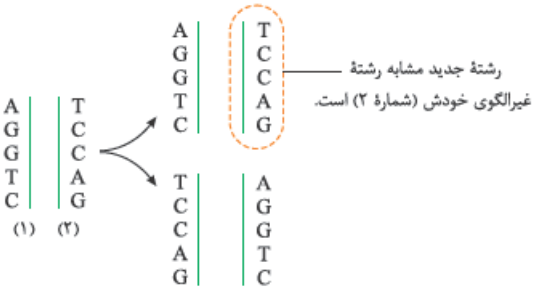
۶۳- گزینهٔ «۲» طی همانندسازی دنای خطی، به ترتیب مراحل زیر صورت می‌گیرد:

۱- جداشدن هیستون‌ها از دنا (الف)، ۲- ایجاد دوراهی همانندسازی به کمک آنزیم هلیکاز (د)، ۳- اتصال دنابسپاراز به مولکول دنا (ب) و ۴- جداشدن گروه‌های فسفات از نوکلئوتیدهای آزاد و قرارگرفتن نوکلئوتیدهای تک‌فسفاته در رشتهٔ نوکلئوتیدی در حال ساخت (ج). دقت کنید که ابتدا هیستون‌ها از دنا جدا می‌شوند، پیچ و تاب‌خوردگی (نردبان مارپیچ دنا) باز می‌شود و سپس دو رشتهٔ دنا از هم جدا می‌شوند و در محل این جدایی ساختار Y مانند (دوراهی همانندسازی) ایجاد می‌شود.

۶۴- گزینهٔ «۴» همهٔ موارد نادرست هستند.

(الف): در اثر جهش ممکن است دو نوکلئوتید حاوی باز پورین در ساختار دنا مقابل یکدیگر قرار بگیرند./ (ب): در شکل ۱۱، می‌بینید که در یک حباب همانندسازی (بخش بازشدهٔ دنا) در یک دنای خطی ۴تا دنابسپاراز وجود دارد!/ (ج): در هر نوع نوکلئیک اسید، تعداد پیوندهای قند ـ باز با تعداد نوکلئوتیدها برابر است اما لزومی ندارد که تعداد پورین‌ها نصف تعداد نوکلئوتیدها باشد، مثلن اگر نوکلئیک اسید رنا باشد، پورین‌ها هر تعدادی می‌توانند داشته باشند و هیچ قانونی وجود ندارد. / (د): به صورت سؤال دقت کنید، می‌گوید «در هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی»! خب الان پیوند هیدروژنی موجود در ساختار دنا بین دو رشته است و در ساختار یک رشته نیست! رنا هم که تک‌رشته‌ای است! در رنای تک‌رشته‌ای، در صورتی که رنا تاخوردگی پیدا کند (مثل شکل ۵) بین بعضی از نوکلئوتیدها پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود که خب بیشتر از تعداد پیوند فسفودی‌استر نیست.

۶۵- گزینهٔ «۲» پروکاریوت‌ها دنای حلقوی دارند. در هنگام همانندسازی، هر دو رشتهٔ دنا به عنوان الگو عمل می‌کنند و هر رشتهٔ جدیدی که ساخته می‌شود، مشابه رشته‌ای است که الگوی ساخت آن نبوده. به طرح مقابل توجه کنید:



بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): اغلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنای خود دارند. اگر همانندسازی باکتری یک‌جهتی باشد، فقط یک دوراهی همانندسازی و یک آنزیم هلیکاز دارد، ولی اگر همانندسازی دوجهتی باشد، دوتا دوراهی همانندسازی و دوتا آنزیم هلیکاز دارد./ گزینهٔ (۳): دنابسپاراز پیوند بین قند یک نوکلئوتید با فسفات نوکلئوتید دیگر را برقرار می‌کند اما درون هر نوکلئوتید یک پیوند قند ـ فسفات هم بین قند و فسفات خود آن نوکلئوتید وجود دارد که دنابسپاراز در ایجاد این پیوند نقشی ندارد./ گزینهٔ (۴): در یک دنای حلقوی، تعداد پیوندهای فسفودی‌استر برابر با تعداد نوکلئوتیدها است! هر نوکلئوتید هم که یک باز آلی دارد، پس تعداد پیوند فسفودی‌استر تشکیل‌شده با تعداد بازهای آلی استفاده‌شده در همانندسازی برابر است.

۶۶- گزینهٔ «۴» همهٔ موارد نادرست هستند.

(الف): آنزیم دنابسپاراز برای فرایند ویرایش در خلاف جهت دوراهی همانندسازی (خلاف جهت ۱) حرکت می‌کند./ (ب): نه دیگه! در میوز ۱، این دو رشته با هم وارد یک یاخته می‌شوند. تازه در صورت وقوع پدیدهٔ باهم‌ماندن کروموزوم‌ها هم می‌توانند به یک یاخته بروند./ (ج): هلیکاز (آنزیم ۱) نوعی پیوند کم‌انرژی (پیوند هیدروژنی) را می‌شکند./ (د): آنزیم ۲ (دنابسپاراز) هم فعالیت پلی‌مرازی (تشکیل پیوند پرانرژی فسفودی‌استر) و هم فعالیت نوکلئازی (شکستن پیوند پرانرژی فسفودی‌استر) دارد.

۶۷- گزینهٔ «۳» بله، ممکن نیست، چون چرخه که گفته سالم طی می‌شود. پس اگر قرار باشد تقسیم هسته صورت نگیرد باید یاخته وارد G_0 شود! اما الان در S است و G_0 و G_1 را رد کرده!

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): گفتیم ممکنه در هنگام همانندسازی اشتباه رخ بدهد در اثر این اشتباه ممکن است دو باز آلی پیریمیدینی در مقابل هم قرار بگیرند. در این صورت DNA پلی‌مراز این اشتباه را اصلاح می‌کند که بهش می‌گویند ویرایش./ گزینهٔ (۲): کروموزوم یعنی چی؟ یعنی دنا و پروتئین‌های مرتبط با اون. وقتی کروموزوم همانندسازی می‌کند یعنی هم دنا ساخته می‌شود و هم پروتئین‌هایی مثل هیستون. پس تعداد پیوندهای هیدروژنی در مولکول دنای تولیدشده با مولکول پروتئین تولیدشده برابر نیست (جلوتر می‌خوانید که از ساختار ۲ به بعد پروتئین‌ها، پیوند هیدروژنی داریم)./ گزینهٔ (۴): چرا دیگه ممکن است، زمانی که سلول دو کروموزوم X داشته باشد (یعنی سلول بدن یک زن باشد XX)، هر دو کروموزوم هم‌اندازه و هم‌شکل‌اند؛ بنابراین تعداد دوراهی‌ها برابرند اما اگر یکی X و دیگری Y باشد تعداد دوراهی‌ها برابر نیستند چون خود کروموزوم‌ها اندازه‌شان با هم فرق دارد.

۶۸- گزینهٔ «۳» در همهٔ جانداران حین همانندسازی، آنزیم هلیکاز پیوندهای هیدروژنی را شکسته و آنزیم دنابسپاراز به تولید رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید می‌پردازد.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): در پروکاریوت‌ها هیستون وجود ندارد./ گزینهٔ (۲): اغلب پروکاریوت‌ها به کمک یک جایگاه آغاز همانندسازی، مولکول دنای خود را مضاعف می‌کنند./ گزینهٔ (۴): هسته، توی پروکاریوت‌ها وجود نداره!

۶۹- گزینهٔ «۱» دنای خطی، در هستهٔ هوهسته‌ای‌ها وجود دارد و همراه پروتئین‌های هیستون است.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۲): دنای حلقوی در میتوکندری و پلاست‌های یوکاریوت‌ها نیز وجود دارد. برخی از سلول‌های یوکاریوتی مثل برخی سلول‌های عصبی و آوندهای آبکش قدرت تقسیم ندارند./ گزینهٔ (۳): همان‌طور که گفته شد، دنای خطی در هستهٔ یاخته‌های یوکاریوتی مشاهده می‌شود./ گزینهٔ (۴): میتوکندری و کلروپلاست یوکاریوت‌ها دنای حلقوی دارند.

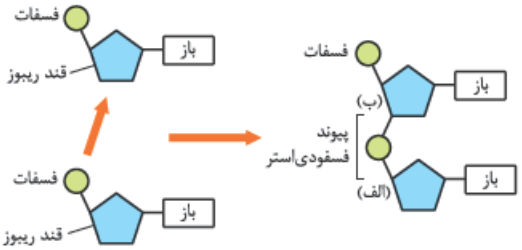
۷۰- گزینهٔ «۳» در دناهای حلقوی، تعداد پیوندهای فسفودی‌استر و تعداد نوکلئوتیدها برابر است؛ ولی در دنای خطی (دورشته‌ای) تعداد نوکلئوتیدها ۲تا بیشتر از پیوندهای فسفودی‌استر است.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): دنای خطی در هسته و دنای حلقوی در راکیزهٔ یاخته‌های جانوری دیده می‌شود./ گزینهٔ (۲): دنای حلقوی، حلقوی است دیگه! پس ابتدا و انتها (سر و ته) نداره که!/ گزینهٔ (۴): دنای خطی، همواره چند جایگاه برای آغاز همانندسازی دارد؛ ولی اغلب پروکاریوت‌ها یک جایگاه آغاز همانندسازی دارند. پروکاریوت‌ها دنای حلقوی دارند.

۷۱- گزینهٔ «۲» دناهای سیتوپلاسمی، عبارت‌اند از دنای میتوکندری و پلاست یوکاریوت‌ها و هم‌چنین پلازمید و دنای اصلی پروکاریوت‌ها. همهٔ این دناها، درون سیتوپلاسم قرار دارند.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۱): پلازمید و دنای اصلی پروکاریوت‌ها نیز درون سیتوپلاسم قرار دارد./ گزینهٔ (۳): پلازمیدها، دناهای کمکی پروکاریوت‌ها هستند و ممکن است از باکتری‌های دیگر دریافت شده باشند./ گزینهٔ (۴): دنای میتوکندری و پلاست‌ها به غشای یاخته متصل نیستند.

۷۲- گزینهٔ «۱» فقط مورد «د» درست است.



(الف): **پیش از** شروع همانندسازی، هیستون‌ها از دنای خطی جدا می‌شوند تا فرایند همانندسازی صورت بگیرد./ (ب): در درس‌نامهٔ گفتار یک برایتان توضیح دادیم که پیوند فسفودی‌استر، پیوند بین دو قند است که به واسطهٔ گروه فسفات ایجاد شده و شامل دو پیوند استری (قند ـ باز) است که یکی از این دو پیوند برای خود نوکلئوتید است (بین فسفات و قند درون نوکلئوتید است، الف مشخص‌شده در شکل) و یکی از این دو پیوند قند ـ فسفات در حین تشکیل رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی در نتیجهٔ اتصال فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل از قند نوکلئوتید دیگر، ایجاد می‌شود (ب مشخص‌شده در شکل). دنابسپاراز با خاصیت نوکلئازی‌اش پیوند قند ـ فسفاتی که بین OH فسفات یک نوکلئوتید با گروه هیدروکسیل نوکلئوتید دیگر برقرار شده را می‌شکند (ب مشخص‌شده در شکل) و به پیوند بین قند و فسفات درون نوکلئوتید کاری ندارد./ (ج): در همانندسازی دناهای خطی، در هر بخش بازشدهٔ دنا، دو دوراهی همانندسازی ایجاد می‌شود چون همانندسازی دنای اصلی یوکاریوت‌ها، دوجهته است./ (د): بله، در دنای خطی، دوراهی‌های ایجادشده در هر بخش بازشدهٔ دنا، همواره از یکدیگر دور می‌شوند.

۷۳- گزینهٔ «۱» دنای خطی، همواره چند نقطه برای آغاز همانندسازی دارد.

بررسی سایرگزینه‌ها گزینهٔ (۲): نع‌خیر! مثلن در شکل ۱۱ کتاب درسی می‌بینید که به دنبال هر هلیکاز در یک دوراهی همانندسازی، ۲ دنابسپاراز حرکت می‌کند چون از روی هر دو رشتهٔ مادری همانندسازی می‌شود نه فقط یک رشته./ گزینهٔ (۳): در کتاب درسی می‌خوانیم که اغلب پروکاریوت‌ها یک جایگاه آغاز همانندسازی دارند و همانندسازی هم در این نقطه می‌تواند دوجهتی باشد، پس فقط اگر در یک دنای حلقوی یک جایگاه آغاز همانندسازی و دو دوراهی همانندسازی وجود داشته باشد، دوراهی‌های همانندسازی ابتدا از یکدیگر دور شده و در نهایت به یکدیگر نزدیک می‌شوند و در نقطهٔ پایان همانندسازی به یکدیگر می‌رسند اما اگر بیش از یک جایگاه آغاز همانندسازی داشته باشند، دوراهی‌های همانندسازی می‌توانند به هم نزدیک شوند (همانند شکل روبه‌رو). گزینهٔ (۴): نع‌خیر! چون تعداد پیوندهای هیدروژنی موجود بین سیتوزین و گوانین بیشتر از پیوندهای بین آدنین و تیمین است.