

گفتار اول

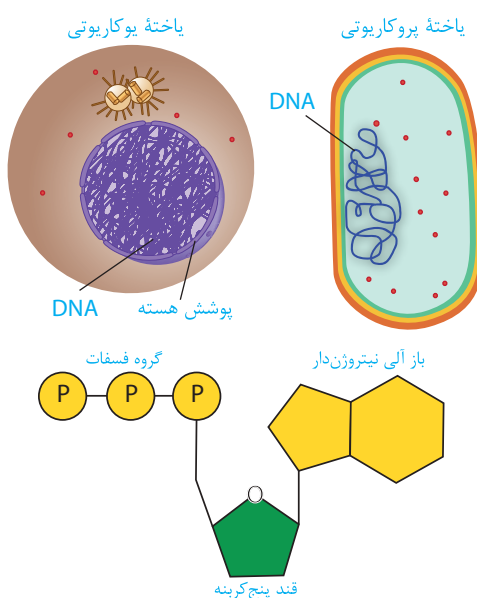
ارونیسی

آقا فیلی پاکریم! سلام، حالتون چگونه بچه‌ها؟ همه پی رو به راهه؟ شروع کردید به درس فوندن و دارید می‌ترکونید دیگه؟ حداقل کمکی که من می‌تونم بکنم اینه که بوری بهتون مطالب رو آموزش بدم تا بنزید هش و پال زیست کنکور و در بیارید! مطالب این فصل رو که یکی از مهم‌ترین فصل‌های زیست دوازدهم بوری آموزش دادم که تستاشو سر جلسه کنکور تیکه پاره می‌کنید 😊. تست‌های میکی‌موس رو بزنی هتمن!

رمزهای وراثتی و کم‌خونی داسی‌شکل

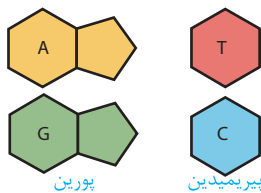
درسنامه (۱)

یادآوری از قبل

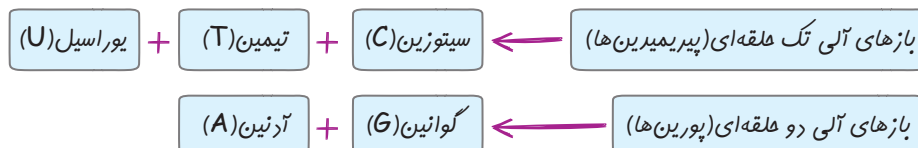


برای اینکه این فصل چغرو بد بدن رو مثل آب خوردن یاد بگیرید نیاز به سری چیزمیز رو به شما یادآوری کنم. پس خواهش غرنزید. تو فصل قبل خوندیم که داخل یاخته‌ها به ماده‌ای هست به اسم DNA یا همون دناي خودمون. DNA چی بود؟ بچه‌ها DNA مخفف واژه دئوکسی ریبونوکلئیک اسید هستش و حاوی دستورالعمل‌هایی است که این دستورالعمل‌ها ویژگی‌های یاخته و جاندار رو از هر نظر (شکل، اندازه، توانایی‌ها و غیره) تعیین و هدایت می‌کنن. به عبارت بهتر مولکول DNA ماده ذخیره‌کننده اطلاعات وراثتی می‌باشد. در جانداران یوکاریوتی (یعنی در جانوران، گیاهان، قارچ‌ها و آغازیان) مولکول DNA خطی داخل هسته یاخته قرار گرفته است (در واقع مولکول‌های DNA در یوکاریوت‌ها توسط پوششی به نام هسته محصور شده‌اند) ولی در جانداران پروکاریوتی (یعنی باکتری‌ها) مولکول DNA حلقوی در سیتوپلاسم یاخته و متصل به بخشی از غشا یاخته می‌باشد و برخلاف جانداران یوکاریوتی هیچ غشایی آن را احاطه نکرده است. DNA یک مولکول دو رشته‌ای هستش که بین دو تا رشته‌اش پیوندهای هیدروژنی وجود داره و این موضوع باعث شده تا این دو تا رشته روبروی هم دیگه بتونن فیکس باشن. نوکلئیک اسیدها (DNA و RNA) از واحدهای تکرار شونده‌ای به اسم نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. اگر خاطرتون مونده باشه خوندیم که هر نوکلئوتید سه تا بخش داره که عبارتند از:

۱ قند پنج‌کربنه (پنتوز): قند به کار رفته در ساختار نوکلئوتیدهای سازنده DNA از نوع دئوکسی‌ریبوز هستش و قند به کار رفته در ساختار نوکلئوتیدهای سازنده RNA از نوع ریبوزه.



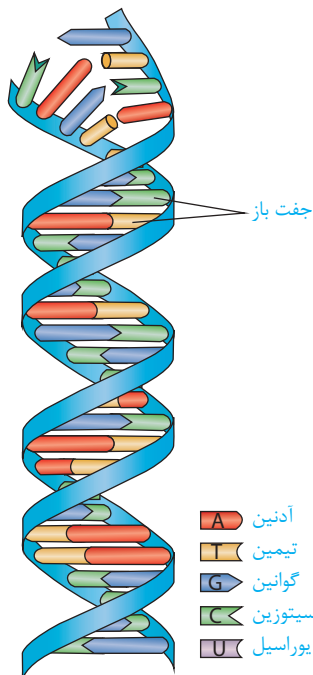
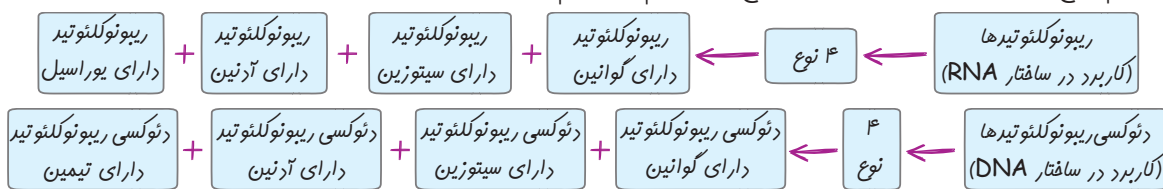
۲ باز آلی نیتروژن‌دار: بازهای آلی نیتروژن‌دار مولکول‌هایی هستند که ساختار حلقه‌ای دارن! حالا یک سری هاشون تک‌حلقه‌ای هستند و به سری دیگه هم دو حلقه‌ای! بچه‌ها به بازهای آلی تک‌حلقه‌ای میگن پیریمیدین و به بازهای آلی دو حلقه‌ای میگن پورین. پورین‌ها و پیریمیدین‌ها شامل چه بازهایی میشن؟ بازهای آلی گوانین و آدنین بازهای پورینی هستند و پیریمیدین‌ها هم شامل تیمین، سیتوزین و یوراسیل می‌باشن. اگه بخوام خلاصه چیزایی که گفتیم رو نشون بدم اینجوری میشه:



واسه این که راحت‌تر حفظ کنید؛ آله عروف اول پیریمیدین‌ها رو بزاری کنار هم میشه CUT یا همون سوتا وقتی تو کوفه تک و تنها قدم می‌زنی پیکار می‌کنی؟ سوتا می‌زنی! بقیه بازهای آلی هم میشن جزء پورین‌ها.

همه بازهای آلی که اسم بدم تو ساختار هر دو نوع نوکلئوتید یعنی هم در ساختار ریبونوکلئوتیدها و هم در ساختار دئوکسی ریبونوکلئوتیدها به کار میرن به جز بازهای آلی تیمین و یوراسیل. بچه‌ها باز آلی تیمین (T) فقط تو ساختار دئوکسی ریبونوکلئوتیدها و باز آلی یوراسیل هم فقط تو ساختار ریبونوکلئوتیدها به کار میره.

پس اگر بخواهیم انواع نوکلئوتیدها را از نظر باز آلی و نوع قند تقسیم‌بندی کنیم اینجوری میشه:



۳ گروه فسفات: تو ساختار هر نوکلئوتید ۱ تا ۳ گروه فسفات (PO_4^{3-}) وجود دارد. از اونجایی که گروه‌های فسفات بارشون منفیه، نوکلئوتیدها هم دارای بار منفی خواهند بود و به تبع اون نوکلئیک‌اسیدها هم دارای بار منفی هستند (یعنی دنا و رنا). نوکلئوتیدها وقتی بخوان در ساختار DNA و یا RNA قرار بگیرن فسفات‌های اضافی خودشون رو از دست میدن و فقط یک فسفات در ساختارشان نگه میدارن. بین گروه‌های فسفات هر نوکلئوتید پیوندهای پرانرژی وجود داره که در خودشون مقداری انرژی ذخیره کرده‌اند.

بچه‌ها نوکلئوتیدها به وسیله نوعی پیوند کووالانسی به هم وصل شدن و نوکلئیک‌اسیدها رو به وجود آوردن. به این صورت که از اتصال دئوکسی رَبونوکلئوتیدها به هم مولکول DNA ساخته میشه و از اتصال رَبونوکلئوتیدها به هم RNA ساخته میشه. پیوندی که باعث اتصال طولی دو تا نوکلئوتید به هم میشه، نوعی پیوند قند-فسفات هستش که بهش می‌گیم فسفودی‌استر. از اتصال چندین عدد نوکلئوتید توسط پیوندهای فسفودی‌استر به هم، رشته پلی‌نوکلئوتیدی به وجود میاد (پلی یعنی زیاد و پلی‌نوکلئوتید یعنی تعداد زیادی نوکلئوتید!). RNA ها از یک رشته پلی‌نوکلئوتیدی و DNA ها از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده‌اند. در ساختار DNA دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی توسط پیوندهای هیدروژنی که بین نوکلئوتیدهایی که روبه‌روی هم قرار دارند، نگه داشته شده‌اند. رفقا لطفن همین الان برید از فصل اول دوازدهم بفش‌های مربوط به «رنا و انواع آن» و «ژن چیست» رو مطالعه کنید. کلن دو صفحه نمیشه. این مطالب پیش‌نیاز این فصله. چون فردین بفون! چون گوریل بفون!

● رمزهای وراثتی

همون‌طور که گفتیم در مولکول DNA اطلاعاتی وجود داره که از روی این اطلاعات یاخته میاد مواد پروتئینی و مولکول‌های RNA مورد نیاز خودش رو می‌سازه. بچه‌ها این اطلاعات در DNA به صورت رمز ذخیره شدن! به این رمزها میگن رمزهای ژنتیکی! رمزها در واقع همون توالی‌های نوکلئوتیدی هستند. همه شما تو فیلم‌های سینمایی، نقشه گنج دیدید! تو نقشه گنج به یک زبان خاصی و به کمک علامت‌هایی، نحوه پیدا کردن گنج رمزگذاری شده. یه سری دستورالعمل‌ها وجود داره که به شما میگه قدم به قدم چه کارهایی انجام بدین تا به گنج برسید! داستان رمزهای ژنتیکی هم همین مدلیه. تو ساختار ژن‌های DNA نحوه ساخت پروتئین‌ها به یک زبان خاصی رمزگذاری شده! به این زبان میگن زبان نوکلئیک‌اسیدی! یعنی چی بچه‌ها؟ یعنی اینکه وقتی هر کدوم از این نوکلئوتیدها پشت‌سر هم قرار می‌گیرن یه معنی خاصی رو میدن! یه رمز خاصی هستن! اجازه بدین یه مثال بزنم تا مطلب براتون جا بیافته. همین کتاب فاگو رو در نظر بگیرید. خب این کتاب از جمله‌های مختلفی تشکیل شده، درسته؟ هر جمله خودش از چندین کلمه مختلف تشکیل شده و این کلمات هم خودشون از حروف مختلفی تشکیل شدن. یعنی اینجوری:



همون‌طور که دیدید، از حرف به کلمه رسیدیم و بعدش جمله و این جمله‌ها کنار هم قرار گرفتن و یک کتاب به اسم فاگوزیست ایجاد شد تا شما زیست‌شناسی کنکور رو تیکه‌باره کنید و ۱۰۰ بنزید! حالا اگر من بخوام زبان نوکلئیک‌اسیدی رو با توجه به مثال بالا تعریف کنم اینجوری میشه که هر کدوم از نوکلئوتیدها حکم یک حرف رو دارن (معادل حرف). وقتی این حرف‌ها کنار هم قرار می‌گیرن یک رمز رو می‌سازن (معادل کلمه) و وقتی این رمزها کنار هم قرار می‌گیرن یک ژن رو می‌سازن (معادل جمله) و وقتی این ژن‌ها کنار هم قرار می‌گیرن DNA رو می‌سازن (معادل کتاب). اینجوری:

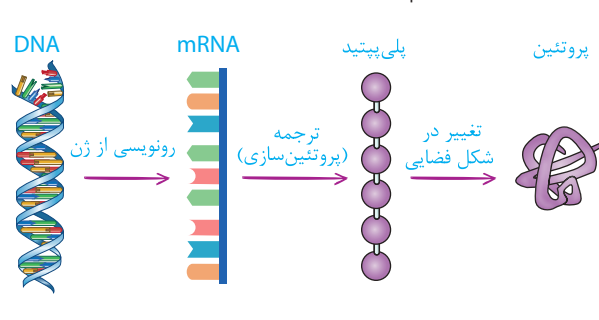


خب یه سوال دارم از تون، رفقا بهم بگید ببینم زبان نوکلئوتیدی چند حرفیه؟ ببین الان زبان فارسی ما چند حرفیه؟ ۳۲ تا حرف داریم دیگه درسته؟ با این ۳۲ تا حرف، واژه‌ها رو می‌سازیم. زبان نوکلئوتیدی ۴ حرفیه چون در ساختار یک مولکول DNA و یا مولکول RNA حداکثر ۴ نوع نوکلئوتید خواهیم داشت. همه نوکلئوتیدهای به کار رفته در ساختار یک مولکول DNA یا RNA، قندهاشون مشابه هستش، گروه‌های فسفات‌شون هم همین‌طور و تنها چیزی که باعث افتراقشون میشه بازهای آلی هستند و بازهای آلی به کار رفته در DNA شامل سیتوزین، گوانین، آدنین و یوراسیل هستش. چند جور آمینواسید داریم؟ تو فصل قبل خوندید که انواع مختلفی از آمینواسیدها رو در طبیعت داریم اما فقط ۲۰ نوع از اون در بدن جانداران به کار میره. گفتیم که اطلاعات وراثتی در DNA به صورت رمز ذخیره شده است و هر رمز بیانگر یک آمینواسید هستش. الان می‌خوایم بدونیم رمزهای ذخیره شده در DNA چند حرفی هستند؟ اگر رمزهای ذخیره شده در DNA ...

- **یک حرفی باشند** (یعنی هر نوکلئوتید بیانگر یک رمز باشد)، اون موقع چون زبان نوکلئوتیدی کلن ۴ تا حرف بیشتر نداره، فقط و فقط ۴ رمز در DNA خواهیم داشت که این تعداد پاسخگوی ۲۰ نوع آمینواسید نیست. پس **رمزها تک حرفی نیستند**.
 - **دو حرفی باشند** (یعنی هر دو تا نوکلئوتید مجاور هم معادل یک رمز باشد)، اون موقع چون زبان نوکلئوتیدی کلن ۴ تا حرف بیشتر نداره، فقط و فقط ۱۶ تا رمز در DNA خواهیم داشت (با ۴ تا حرف حداکثر ۱۶ تا رمز دو حرفی میشه ساخت) که باز هم پاسخگوی این تعداد آمینواسید (۲۰ نوع) نیست.
 - **سه حرفی باشند** (یعنی هر سه نوکلئوتید مجاور هم یک رمز باشد)، اون موقع با توجه به اینکه ۴ تا حرف داریم، در مجموع میشه ۶۴ تا رمز سه حرفی ساخت که نه تنها پاسخگوی ۲۰ نوع آمینواسید هستش بلکه زیاده!
- بچه‌ها بعد از پژوهش‌ها و مشقت‌های زیاد! که توسط پژوهشگران بچه درسخون انجام شد، به این نتیجه رسیدن که آقا گویا هر **توالی ۳ تایی** از نوکلئوتیدهای دنا، معادل نوعی آمینواسید هستش. یعنی **رمزهای DNA سه حرفی هستند**. رفقا به توالی‌های ۳ تایی نوکلئوتیدها در ساختار DNA ها می‌گن رمز. هر رمز یک معنی خاصی میده. مثلن توالی CTT به معنی آمینواسید **گلوتامیک اسید** و توالی CAT به معنی **آمینواسید والین** هستش. (**مصرفین بهت اطلاع**: رمز مجموعه نشانه‌هایی است که برای ذخیره یا انتقال اطلاعات استفاده می‌شود). توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی دنا، **۶۴ حالت یا رمز** ایجاد می‌کنند. از این ۶۴ رمز **۶۱ تایی** اون‌ها معنای یک **آمینواسید خاصی** رو میده و ۳ تای باقی‌مونده هم رمزهایی هستند که معنی آمینواسیدهای خاصی رو نمیدن ولی در روند ترجمه به کار میان که تو درسنامه‌های بعدی با اون‌ها آشنا تون می‌کنم.

نکته مهم با توجه به تعداد رمزها (۶۴ تا) و انواع آمینواسیدها (۲۰ نوع هستند) می‌تونیم بفهمیم که:

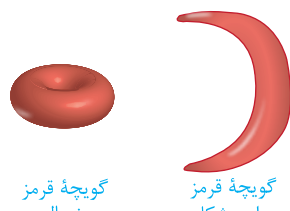
- گروهی از آمینواسیدها فقط و فقط یک رمز دارند، مثلن آمینواسید متیونین: اینجوریه.
- گروهی از آمینواسیدها بیش از یک عدد رمز دارن و همه اون رمزها یک معنی رو میدن. مثلن به جدول صفحه ۲۸ کتاب درسی تون نگاه کنید، همونطور که می‌بینید آمینواسید فنیل آلانین دو تا رمز داره. (نیاز نیست حفظ باشید که فنیل آلانین چند تا رمز داره)



- همه رمزها به معنی آمینواسید نیستند بلکه سه تا از رمزها هیچ معنی ندارند و بهشون می‌گن رمزهای بی‌معنی چون آمینواسید خاصی رو رمز نمی‌کنن. فرض کن ۶۱ عدد کلوپه داریم و می‌خوایم این کلوپه‌ها رو بین ۲۰ نفر پخش کنیم. به طور قطع به هر نفر یرونه کلوپه میرسه و به گروهی از افراد بیش از یک عدد کلوپه فوادر رسیده. مثلن ممکنه به یکی ۴ تا کلوپه برسه. آمینواسیدها هم داستان‌شون همین‌مدریه. فاطرتون هست تو فصل قبل فونریم که در طبیعت انواعی از آمینواسیدها رو داریم اما فقط ۲۰ نوع اون در سافتار یافته‌ها و برن جانداران به کار میره. فب آله ۶۱ نوع رمز ژنتیکی داشته باشیم به طور قطع به سری از آمینواسیدها بیش از یک رمز ژنتیکی دارن. با افتاد؟

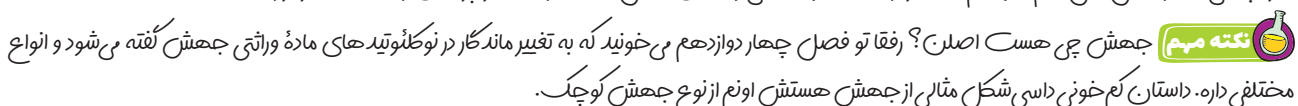
کم‌خونی داسی شکل

بچه‌ها کلن به کاهش تعداد گویچه‌های قرمز و نیز کاهش مقدار هموگلوبین داخل گویچه‌های خونی قرمز می‌گن **کم‌خونی**. بیماری کم‌خونی شکل‌های مختلفی داره و همچنین به دلایل مختلفی می‌تونه بروز پیدا کنه. مثلن یکی از انواع کم‌خونی‌ها، **کم‌خونی داسی شکل** (Sickle cell anemia) هستش. این بیماری، به جور بیماری ارثیه که علت بروز اون نوعی تغییر ژنی هستش. در واقع در کم‌خونی داسی شکل یکی از ژن‌هایی که یکی از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی هموگلوبین رو رمز می‌کنه، دچار جهش شده! یعنی نقشه ساخت این زنجیره مخدوش شده. خب ژن رمز کننده کدوم زنجیره؟ تو فصل چهار کتاب دوازدهم می‌خونید که ژن رمز کننده یکی از زنجیره‌های بتای هموگلوبین دچار جهش اونم از نوع جهش کوچک میشه. این تغییر ژنی خیلی کوچولو و جزئی بوده و فقط یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید ژن مربوطه در افراد بیمار، دچار تغییر شده است. رفقا همین تغییر جزئی و تغییر در نقشه ساخت یکی از زنجیره‌های بتای هموگلوبین، منجر به تولید زنجیره‌های پلی‌پپتیدی غیرنرمال میشه و به دنبال اون هموگلوبین‌های غیرنرمال تولید میشن. تغییر هموگلوبین‌های گویچه قرمز باعث میشه گویچه قرمز از حالت دیسک مقعرالطرفین به حالت داسی شکل در بیاید و به اصطلاح دفرمه میشه! چون گویچه‌های قرمز شبیه به داس هستن، بهشون می‌گن گویچه‌های قرمز داسی شکل.



نکته مهم این بیماری (کم‌خونی داسی شکل) رابطه بین پروتئین و ژن رو نشون میده. یعنی چی؟ همونطور که دیدید در صورت اختلال در ساختار و عملکرد ژن، خودش رو در قالب اختلال در ساختار و عملکرد پروتئین نشون میده. پس بین پروتئین و ژن یک رابطه‌ای وجود داره. اون چیه؟ اینه که پروتئین‌ها از ژن‌ها ساخته می‌شوند.

نکته مهم تو فصل قبل و همین‌طور کتاب دهم خونید هموگلوبین (نوعی رنگدانه قرمز) یک ساختار پروتئینی هستش با ۲ تا زنجیره پلی‌پپتیدی که دو به دو به هم شبیه هستند به این صورت که دو تا زنجیره آلفا داره و دو تا هم زنجیره بتا. به هرکدوم از این زنجیره‌ها یک بخش غیرپروتئینی به اسم گروه هم وصل شده که در مرکز هر هم به دونه اتم آهن قرار داره. هموگلوبین ساختار نخائیش از نوع سطح چهارم بوده و کارش حمل گازهای تنفسی (اکسیژن، دی‌اکسید کربن و مونواکسید کربن) هستش.



جهش ایجاد در افراد مبتلاء به کم‌خونی داسی‌شکل، از نوع جهش جانشینی دگر معنا هستش.

جواب: رفقای نازنین من، اگر خاطرتون موندنه باشه تو فصل ۴ کتاب دهم خوندید که تو مغز قرمز استخوان‌ها **یاخته‌های بنیادی میلوئیدی** تقسیم میشن و **پیش‌سازهای گویچه‌های خونی قرمز** رو به وجود میان. این پیش‌سازها در واقع گویچه‌های خونی قرمز **نا بالغ** هستن و **هسته دارن**. داخل این گویچه‌های قرمز **هموگلوبین‌های مورد نیاز** تولید میشه و چون ژن رمزکننده یکی از زنجیره‌های بتای هموگلوبین دچار جهش شده، هموگلوبین‌های **ناقص و غیرنرمال** تولید میشن. طی فرآیند بلوغ این گویچه‌ها، **هسته و خیلی چیزای دیگه** از بین میرن و داخل‌شون پر از هموگلوبین‌های غیرنرمال میشه. بس داستان از این قرار بود.

نکته مهم  تو افراد مبتلا به کم خونی داسی شکل میزان هماتوکریت (خون بھرا) کم میشه. هماتوکریت چی بود؟ تو فصل ۵ کتاب ۵م می خونید که به نسبت حجم کل یاخته های خونی به حجم کل خون میگن هماتوکریت. خب چرا کم میشه؟ گویچه های خونی قرمز داسی شکل نسبت به گویچه های خونی سالم کوچولوتر هستن و کلرن حجم شون کم میشه. بخش عمده یاخته های خونی رو همین گویچه های قرمز تشکیل دادن. حجم این یاخته ها کم بشه در نهایت هماتوکریت هم کم میشه. مقدار هماتوکریت نرمال در افراد سالم و بالغ به طور معمول ۴۵ درصد می باشد. پس در این افراد کم تر از ۴۵ درصد حجم خون را یاخته های خونی به خصوص یاخته های خونی قرمز به خود اختصاص داده اند.

نکته مهم با توجه به اینکه هموگلوبین این افراد غیرطبیعی است می‌توان استنباط کرد که در آن‌ها اختلال در انتقال گازهای تنفسی دیده می‌شود. خب آله اکسیژن کافی به بافته‌های بدن نرسه و همچنین دی‌اکسید کربن از بافت‌ها به خوبی جمع‌آوری نشده چه اتفاق می‌افته؟ اکسیژن به چه کاری میاد؟ تو اکسیژنه‌ها با استفاده از اکسیژن، مولکول‌های پرانرژی **ATP** تولید میشه. در این افراد چون اکسیژن رسانی به خوبی انجام نمیشه، تولید **ATP** هم کاهش پیدا می‌کنه. پس این افراد در طول روز انرژی کم خواهند داشت چون اکسیژن کافی در اختیار بافته‌هاشون نیست و به اندازه کافی آدنوزین تری فسفات نم‌توانند بسازند.

نکته مهم در کم خونی ها از جمله کم خونی داسی شکل به دلیل اختلال در انتقال اکسیژن، ترشح هورمون اریثروپوئیتین از کلیه ها و کم شدن افزایش می یابد تا با اثر روی مغز استخوان ها تولید گویچه های قرمز را زیاد کند. با افزایش تعداد گویچه های قرمز، تعداد اکسی های انتقال دهنده اکسیژن (گویچه های قرمز) زیاد می شود و بدن اینجور ایرج نقص را سریعتر جبران کند.

نکته مهم: تو فصل ۵ کتاب دهم خواندید که در کم خونی‌ها تولید گویچه‌های خونی قوی‌تر زیاد می‌شود. خب در این صورت مواد اولیه مورد نیاز برای تولید این یاخته‌ها باید بیشتر مصرف بشن. از جمله این مواد می‌تونیم به ویتامین B_{۱۲}، فولیک اسید، آهن و آمینواسیدها اشاره کنیم. پس مصرف این مواد در بدن افراد مبتلا به کم‌خون‌ر داسی شکم افزایش پیدا کنه.

نکته مهم تو فصل چهار کتاب دوازدهم می‌خوانی که بیماری کم‌خونی داسی شکل نوعی بیماری مغلوب هستش. افراد مغلوب خالص ($Hb^S Hb^S$) معمولاً در سنین پایین فوت می‌کنند. افرادی که ژنوتیپ ناخالص دارند (یعنی $Hb^A Hb^S$) فقط زمانی که اکسیژن محیط کم باشه (مثلن ارتفاعات) گویچه‌های قرمز خونی‌شون به شکل داسی شکل در میاد و در محیط‌های با اکسیژن نرمال، همه چی اولویه و داسی شکل نیست و مشکلی ندارند. افرادی هم که ژنوتیپ شون غالب خالص هستش (یعنی $Hb^A Hb^A$) هیچ مشکلی ندارند و سالم هستند.

جولستان پاشه

- **مورد اول:** همونطور که می‌دونید ما انسان‌ها جانورانی دیپلوئید هستیم و از هر ژن دو نسخه داریم. کم‌خونی داسی شکل یک بیماری مغلوب هستش یعنی زمانی این بیماری بروز پیدا می‌کنه که هر دو نسخه ژن مربوطه دچار جهش شده باشن. ژن معیوب رو با Hb^S و ژن سالم رو با Hb^A نشون میدن. اگر فقط یکی از نسخه‌های ژن مربوطه دچار جهش بشن در این صورت هموگلوبین‌ها اونقدری که باید! دچار اشکال نمیشن یعنی اشکال در ساختارشون خیلی کمه. گویچه‌های قرمز این افراد فقط زمانی که در محیط‌های کم‌اکسیژن قرار بگیرن داسی شکل میشن.
- **مورد دوم:** به بیماری داریم به اسم مالاریا که نوعی بیماری انگلی هستش. این انگل وقتی بدن ما رو آلوده می‌کنه، داخل گویچه‌های قرمز رشد و تکثیر پیدا می‌کنه. اگه گویچه‌های قرمز ما سالم نباشن، این انگل‌ها قادر به رشد نیستند و در نتیجه نمی‌تونن فرد رو بیمار کنن. رو این حساب افراد مبتلاء به کم‌خونی داسی شکل (یعنی افراد با ژنوتیپ خالص مغلوب) و همینطور افراد ناقل کم‌خونی داسی شکل (یعنی افراد با ژنوتیپ ناخالص) در برابر بیماری مالاریا مقاوم هستند.

نکته مهم مگه تو فصل قبل نلغتم که حتی با تغییر یک آمینواسید، تمام سطوح ساختاری پروتئین دچار تغییر میشه؟ پس در بیماری کم‌خونی داسی شکل هم تمام سطوح ساختاری پروتئین تغییر می‌کنه.

نکته مهم تو فصل سه کتاب یازدهم تون می‌خوانی که در کم‌خونی‌های شدید، مغز زرد استخوان می‌تونه به مغز قرمز Shift پیدا کنه تا تولید گویچه‌های خونی قرمز افزایش پیدا کنه. در کم‌خونی داسی شکل در صورتی که شدید باشه (حالت مغلوب خالص)، این اتفاق می‌تونه رخ بده.

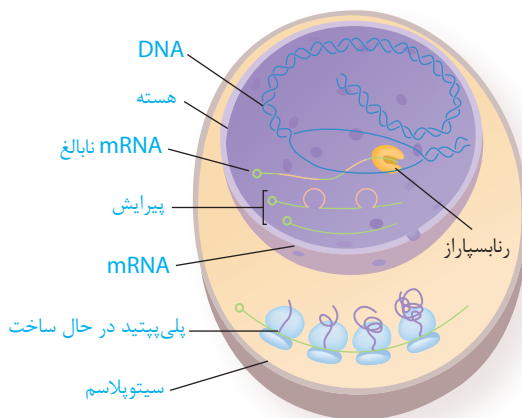
نکته مهم بچه‌ها توجه داشته باشید که اون ژن رمزکننده زنجیره بتا که دچار جهش شده، در همه یاخته‌های پیکر بدن فرد بیمار، جهش یافته هستش و نه فقط در یاخته‌های خونی قرمز نابالغ! چون همونطور که می‌دونید همه یاخته‌های پیکر بدن ما از میتوز تخم به وجود اومدن.

جولستان پاشه

از فصل قبل خاطر تون هست که گفتم همه ژن‌ها در همه یاخته‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گیره بلکه در هر یاخته فقط گروهی از ژن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرن و بیان میشن. ژن‌های رمزکننده پروتئین‌های هموگلوبین فقط در یاخته‌های خونی قرمز نابالغ (گویچه‌های خونی قرمز هسته‌دار) بیان می‌شوند.

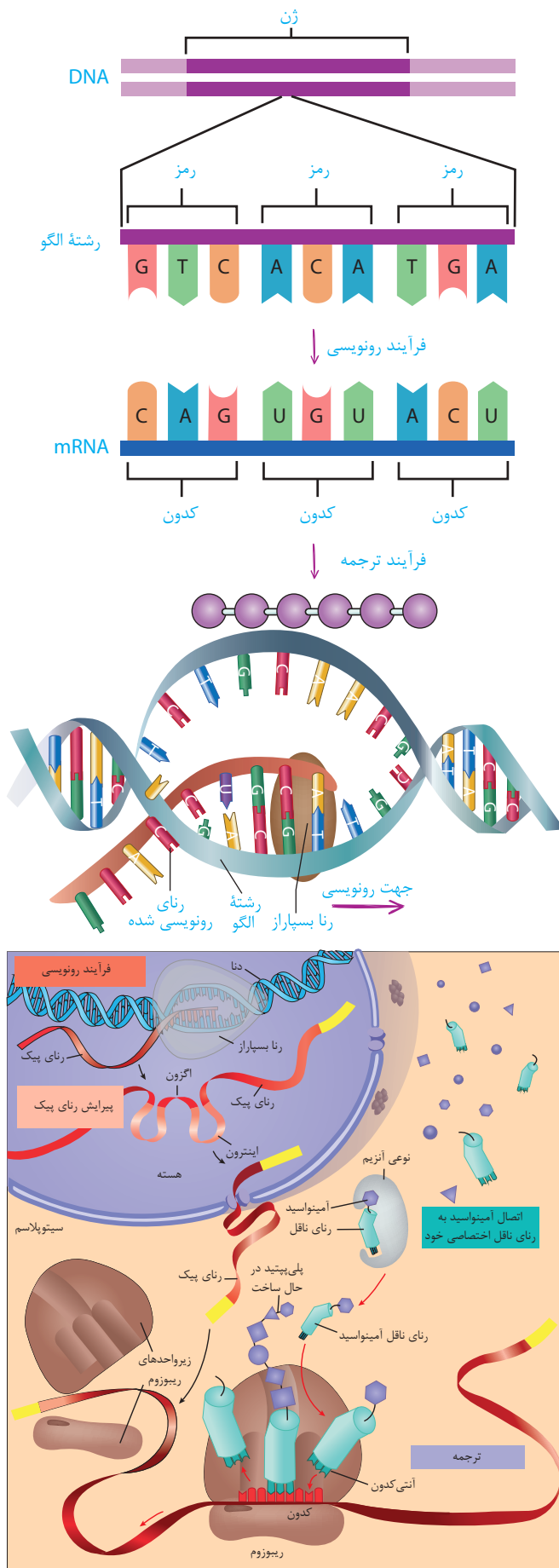
درسنامه (۲)

نقش مولکول DNA به عنوان میانجی



همون‌طور که خدمتتون عارض شدم! از روی اطلاعاتی که در DNA وجود داره (در قالب بسته‌هایی به اسم ژن)، پروتئین ساخته میشه. فرآیند پروتئین‌سازی در سیتوپلاسم یاخته انجام میشه. در جانداران یوکاریوتی و دارای هسته، ریبوزوم‌ها در هسته حضور ندارند و بنابراین فرایند پروتئین‌سازی در هسته انجام نمیشه. خب پس چجوری از اطلاعات ذخیره شده در مولکول‌های دنا برای پروتئین‌سازی استفاده میشه؟ بچه‌ها با وجود نقش اساسی دنا برای ساخت پروتئین‌ها، دنا، هم به دلایل امنیتی! و هم به دلیل درشت مولکول بودن، از مقر خودش یعنی هسته بیرون نمیاد. با توجه به این توضیحات مشخصه که مولکول DNA اطلاعات مستقیم برای پروتئین‌سازی استفاده نمیشه بلکه این اطلاعات به صورت غیرمستقیم توسط یک چیزی یا کسی از هسته به سیتوپلاسم (جایگاه پروتئین‌سازی) برده میشه. به عبارت بهتر به یک میانجی و واسط نیاز داریم. حالا سوال اینجاست که دستورات ساخت پروتئین چجوری به بیرون از هسته و محل پروتئین‌سازی منتقل

میشه و این میانجی کیه؟ رفقا برای این کار باید از روی اطلاعات DNA یک کپی‌برداری بشه و از روی این اطلاعات (و رمزهای) کپی‌برداری شده، پروتئین مورد نظر ساخته بشه. خب این رمزها در قالب چه مولکولی کپی میشن؟ این رمزها طی فرآیندی به اسم رونویسی در قالب مولکول mRNA که یکی از انواع RNAهای درون یاخته هستش، کپی میشن. پس فهمیدیم که این میانجی همون مولکول mRNA هستش و این مولکول دستورات ساخت پلی‌پپتید رو از هسته



خارج کرده و به سیتوپلاسم میاره. به توالی های ۳ تایی نوکلئوتیدها در ساختار mRNA میگویند کدون یا رمزه (حواستون باشه به توالی های نوکلئوتیدی ۳ تایی در دنا می گفتیم رمز). هر کدون به معنی خاصی داره. مثلاً کدون GUA به معنی آمینواسید والین، کدون AUG به معنی آمینواسید متیونین و کدون GAA به معنی آمینواسید گلوتامیک اسید هستش. پس، از روی ژن رمز کننده یک پروتئین، مولکول RNA اونم از نوع mRNA تولید میشه. البته رفقا این واژه کپی برداری از روی DNA در قالب mRNA خیلی صحیح و درست نیست! حالا چرا؟ بعدن می فهمی نگران نباش. خب رفقا یکی باید این کار کپی برداری رو انجام بده دیگه، درست؟ خب کی انجام میدی؟ این کار رو گروهی از آنزیم ها با نام کلی رنابسپاراز یا RNA پلی مرز انجام میدن. بچه ها به این کار میگن رونویسی (Transcription). به عبارت بهتر به ساخته شدن مولکول RNA از روی بخشی از یکی از رشته های DNA. رونویسی می گویند. تو فصل قبل گفتیم که داخل یاخته ما انواعی از رناها (rRNA، tRNA، mRNA) رو داریم که طی فرایند رونویسی از روی DNA ساخته میشن و همگی به نوعی تو فرایند پروتئین سازی نقش دارن. در مورد نقش هر کدون از این مولکول ها هم تو فصل قبل به سری اطلاعات بهتون دادم. تو این فصل به طور مفصل در موردشون صحبت می کنم. خب این آنزیم RNA پلی مرز دقیقن چی کار می کنه؟ بچه ها به ژن رو در نظر بگیرید. این ژن که بخشی از مولکول DNA هستش، دوتا رشته پلی نوکلئوتیدی داره، درست؟ وقتی آنزیم رنابسپاراز میخواد از روی این ژن رونویسی کنه، فقط از رمزهای یکی از رشته ها استفاده می کنه! به این رشته پلی نوکلئوتیدی از ژن میگن رشته الگو و به اون یکی رشته میگن رشته رمز گذار. چرا بهش میگن الگو؟ چون از روی اون RNA ساخته میشه و به عنوان الگو برای آنزیم رنابسپاراز هستش. دیدین وقتی می خوانین به چیزی رو بدین واستون درست کنن مثلاً می رید نجاری و می گید که من به صندلی فلان مدلی می خوام، بعد نجاره می گه خب شما به الگو واسم بیار، چه میدونم مثلاً به عکسی از اون صندلیه بیار برام تا عین همون رو برات بسازم. اینجا هم داستان رشته الگو همینه. خب حالا چرا به اون یکی رشته میگن رشته رمز گذار؟ چون توالی نوکلئوتیدی اون شبیه رشته رنایی هست که ساخته میشه. تنها تفاوتش با رشته رنای ساخته شده در نوکلئوتیدهای مورد استفاده می باشد. به این صورت که به جای نوکلئوتید تیمین دار در رشته رمز گذار DNA، نوکلئوتید یوراسیل دار در RNA تولید شده قرار گرفته. همچنین قند نوکلئوتیدهای رنا از نوع ریبوز و قند نوکلئوتیدهای رشته رمز گذار از نوع دئوکسی ریبوز می باشد. آنزیم RNA پلی مرز (رنابسپاراز) میاد دونه به دونه نوکلئوتیدهای رشته الگوی DNA رو نگاه می کنه و در مقابل هر دئوکسی ریبونوکلئوتید یک ریبونوکلئوتید مکمل قرار میدی! یعنی در مقابل دئوکسی ریبونوکلئوتید گوانین دار، ریبونوکلئوتید سیتوزین دار، در مقابل دئوکسی ریبونوکلئوتید سیتوزین دار، ریبونوکلئوتید گوانین دار و در مقابل دئوکسی ریبونوکلئوتید آدنین دار، ریبونوکلئوتید یوراسیل دار قرار میدی. خب آنزیم رنابسپاراز از کجا می فهمه که باید جلوی فلان نوکلئوتید چه چیزی قرار بده؟ رفقا اینو خود ژن به آنزیم می گه! به این کار ژن میگن رمز کردن! یعنی ژن میاد اطلاعات روی خودش رو بر روی mRNA رمز می کنه! به عبارت بهتر رمز کردن یعنی مشخص کردن ترتیب و توالی رشته پلی مری که

می‌خواهد ساخته بشود. شکلی که صفحه قبل می‌بینید داره فرآیند رونویسی رو نشون میده. همونطور که می‌بینید یکی از رشته‌های ژن به عنوان رشته الگو هستش. خب mRNA ساخته شد. قدم بعدی چیه؟ قدم بعدی ساخت پروتئین است! در کجا؟ در **کارخانه پروتئین‌سازی**. آدرس این کارخانه کجاست؟ بچه‌ها **ریبوزوم‌ها** یا همان **رِنا‌ن‌ها کارخانه‌های پروتئین‌سازی** هستند. mRNA ها بعد از اینکه از ساخته شدن، میرن به ریبوزوم‌ها و ریبوزوم‌ها **رمزهای اون‌ها رو ترجمه و معنی می‌کنن و با دستورالعمل‌هایی که در این مولکول‌ها وجود داره، پلی‌پپتید مورد نظر را می‌سازن**. پروتئین‌ها واحد سازنده‌شون چیه؟ تو فصل قبل گفتیم **آمینواسیدها** مونومرهایی هستند که **واحد سازنده پروتئین‌ها** می‌باشند.

از کنار هم قرار گرفتن آمینواسیدهای مختلف و یا مشابه در کنار یکدیگر **رشته پلی‌پپتیدی** حاصل می‌شود. پیوند بین آمینواسیدها **نوعی پیوند کووالانسی** به اسم **پیوند پپتیدی** هستش. تو ریبوزوم چه اتفاقی می‌افته؟ بچه‌ها تو ریبوزوم‌ها یه سری آمینواسید با **ترتیب خاص و تعداد مشخص** کنار هم چیده میشن و توسط یک **آنزیمی** پیوند پپتیدی بین این آمینواسیدها ایجاد میشه و در نتیجه رشته پلی‌پپتیدی به وجود میاد! حالا سوال اینجاست که ریبوزوم از کجا می‌دونه باید کدوم آمینواسیدها رو با چه ترتیب و چه تعدادی کنار هم بچینه؟ از کجا می‌دونه اول باید آمینواسید متیونین رو قرا بده و بعد آمینواسید فنیل آلانین رو؟ ریبوزوم این رو از روی **نقشه ساخت پروتئین** می‌فهمه! **نقشه ساخت پروتئین** در قالب چه مولکولی بود؟ mRNA **نقشه ساخت پروتئین بود!** نقشه ساخت چی داره؟ رمز داره! خب این اطلاعات چجوری رمز شدن؟ ۳ تا ۳ رمز شدن! یعنی چی؟ یعنی بچه‌ها هر ۳ تا نوکلئوتید یک رمز محسوب میشه! مثلاً وقتی در ساختار یک ژن ۳ تا نوکلئوتید با توالی TAC کنار هم قرار می‌گیرن، این توالی یک رمز حساب میشه و این رمز به معنی آمینواسید متیونین هستش. این رمز رونویسی میشه در قالب mRNA و به صورت AUG در میاد (مکمل این نوکلئوتیدها) و از قضا همین معنی رو میده؛ یعنی معنی آمینواسید متیونین رو میده. وقتی mRNA میره به ریبوزوم (کارخانه پروتئین‌سازی)، خود ریبوزوم که نمی‌تونه این رمزها رو بخونه که چی به چی! فقط یک محل و مکان هستش برای پروتئین‌سازی، مثل یک سوله و کارخونه می‌مونه! خب تو کارخونه‌ها ما کارشناس و مهندس داریم درسته؟ این مهندس هستش که دستور میده چه کارهایی و به چه روشی انجام بشن تا محصول تولید بشه! برای اینکه رمزهای موجود در mRNA از زبان نوکلئوتیدی به زبان آمینواسیدی ترجمه بشن، به یک مترجم نیاز داریم. این مترجم کیه؟ **مترجم کارخانه پروتئین‌سازی tRNA است!** به عبارت بهتر، کار بلد ما، مهندس ما، کارشناس ما، مولکول tRNA هستش. tRNA میاد دونه به دونه **رمزها (کدون‌ها) ی mRNA** رو می‌خونه و متناسب با معنی اون‌ها **آمینواسید مربوطه** رو به ریبوزوم میاره تا ریبوزوم کارش رو انجام بده. کی به tRNA میگه که چه آمینواسیدی رو باید بیاری؟ خود mRNA بهش میگه. مگه نقشه ساخت نبود؟ اینجوری بگیرم بهتره: کی نقشه ساخت بود دیگه، یادته؟ رفقا به این کار رنای پیک میگن **رمز کردن**. پس اگه ازتون بپرسن چه کسی کار **رمز کردن** را **حین RNA سازی** (یعنی **فرآیند رونویسی**) انجام میده؟ میگن DNA و اگه ازتون بپرسن چه کسی کار **رمز کردن** رو تو **فرآیند ترجمه** انجام میده میگن mRNA **ساخت رشته پلی‌پپتیدی را رمز می‌کند!** یعنی اونه که میاد تعیین می‌کنه آمینواسیدها با چه ترتیبی پشت سر هم قرار بگیرن. جون فردین حال کردی؟ تا حالا کسی این مدلی تونسته بود بهت این مبحثو بفهمونه؟ ختلی چاکریم! فدا مدلا!



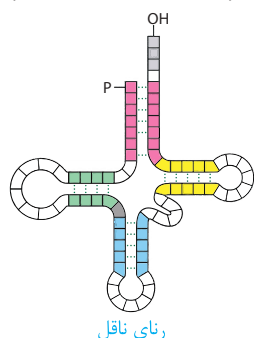
این‌ها کلیاتی بود از این فصل که در ادامه به صورت مفصل در مورد تک تک مراحل صحبت خواهیم کرد.

● انواع رنا بسیاراز و مولکول‌های رنا

همونطور که گفتیم به ساخته شدن مولکول RNA از روی بخشی از یکی از رشته‌های DNA، **رونویسی** گفته می‌شود. فرآیند رونویسی به کمک **آنزیم‌های خاصی** انجام میشه. یعنی انواعی از آنزیم‌ها در فرآیند رونویسی دخیل هستند. این آنزیم‌ها رو تحت عنوان **کلی رنابسپاراز** (RNA پلی‌مراز) صدا می‌زنند. در جانداران یوکاریوتی درون هسته ۳ جور آنزیم RNA پلی‌مراز وجود داره که اون‌ها را رنا بسپاراز ۱، رنابسپاراز ۲ و رنابسپاراز ۳ صدا می‌زنند. اما تو پروکاریوت‌ها (باکتری‌ها) فقط یک نوع آنزیم RNA پلی‌مراز وجود داره و این آنزیم به تنهایی انواع رناهای مورد نیاز یاخته رو می‌سازه.

نکته مهم تو فصل قبل گفتیم که آنزیم‌ها دو جورن، یا برون‌یاخته‌ای هستند و یا درون‌یاخته‌ای. آنزیم رنابسپاراز یک آنزیم درون‌یاخته‌ای هستش.

در داخل یک یاخته (چه یوکاریوت و چه پروکاریوت) انواع مختلفی از RNA ها وجود داره که از جمله این RNA ها می‌تونیم به موارد زیر اشاره کنیم:



● **mRNA**: تو فارسی بهش میگیم **رنای پیک**! mRNA مخفف messenger RNA بوده و به معنای **پیامبر** یا **رنای پیک** هستش. خب وظیفه‌ش چیه؟ وظیفه این نوع RNA انتقال اطلاعات از DNA به ریبوزوم‌هاست. ریبوزوم‌ها **کارخانه‌های پروتئین‌سازی** یاخته محسوب می‌شوند. ریبوزوم با استفاده از اطلاعات رنای پیک، **پروتئین‌ها رو سنتز می‌کنه** که در فصل بعدی به صورت مفصل خواهید خواند. این نوع رنا، تک رشته‌ای است و در ساختار خود فاقد پیوند هیدروژنی می‌باشد.

● **tRNA**: تو فارسی بهش میگیم **رنای ناقل** یا **حمل**! tRNA مخفف transfer RNA بوده و به معنای RNA ناقل هستش. خب این مولکول وظیفه‌ش چیه؟ بچه‌ها RNA ناقل وظیفه‌اش اینه که **آمینواسیدهای** مورد نیاز برای استفاده در پروتئین‌سازی رو از **سیتوپلاسم** به ریبوزوم‌ها حمل کنه. این نوع RNA هم تک رشته‌ای است ولی در ساختار خود پیوند هیدروژنی دارد.

خلاصه‌ی نقش باشد

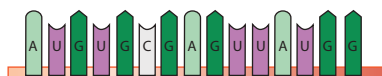
بچه‌ها یه سری از نوکلئوتیدهای به کار رفته در ساختار RNA ناقل، مکمل هم هستند. طی یه سری تاخوردگی‌هایی که در ساختار این مولکول ایجاد شده، این نوکلئوتیدهای مکمل در مجاورت هم قرار گرفتن و بین‌شون پیوند هیدروژنی ایجاد شده برای همین یه جاهایی حالت دورشته‌ای به خودش گرفته اما در اصل و اساس تک‌رشته‌ای هستش.

● **rRNA:** تو فارسی بهش میگیم **رنای رناتی** یا **رنای ریبوزومی**! rRNA مخفف ribosomal RNA بوده و به معنای RNA ریبوزومی هستش. تو فارسی به ریبوزوم میگن رنات! واسه همین به این نوع رنا، رنای رناتی هم گفته میشه. رنای ریبوزومی تک رشته‌ای است و در ساختار خود فاقد پیوند هیدروژنی می‌باشد. این نوع رناها، دو تا کار انجام میدن:

- ۱ در ساختار ریبوزوم‌ها شرکت دارن.
- ۲ نقش آنزیمی دارن و باعث ایجاد پیوند پپتیدی بین دو آمینواسید می‌شوند.



رنای ناقل



رنای پیک



رنای ریبوزومی

● **رنای کوچک:** در مورد این نوع رناها توی این فصل چیزی گفته نشده اما در فصل بعدی یه اشاره ریزی بهشون کرده. اونجا می‌خونید که این رناها در تنظیم بیان ژن دخالت دارن.

مورد مقایسه	آنزیم تولیدکننده در	محل تولید	محل فعالیت	ترجمه	نوع فعالیت	ویژگی
mRNA	RNA پلی‌مراز ۲	پروکاریوت	هسته	سیتوپلاسم	رمز کردن آمینواسیدها	متنوع‌ترین RNA
tRNA	RNA پلی‌مراز ۳	پروکاریوت	هسته	سیتوپلاسم	حمل اسیدهای آمینه	فرد فعال آن به صورت L است
rRNA	RNA پلی‌مراز ۱	پروکاریوت	هسته	سیتوپلاسم	شرکت در ساختار ریبوزوم‌ها و سنتز پیوندهای پپتیدی	فراوانترین RNA

● **نکته مهم:** در پروکاریوت‌ها همه این رناها توسط یک نوع رنابسپاراز ساخته می‌شوند. در یوکاریوت‌ها rRNA توسط رنابسپاراز ۱، mRNA توسط رنابسپاراز ۲ و tRNA توسط رنابسپاراز ۳ ساخته می‌شوند.

خلاصه‌ی نقش باشد

در یوکاریوت‌ها محصول فعالیت آنزیم‌های رنابسپاراز رنای بالغ نیست بلکه پیش‌ساز (اولیه یا نابالغ) اون هستش. رنا بعد از ساخته شدن تغییراتی می‌کنه که به اون رنای بالغ میگن. تو بخش‌های بعدی در موردش مفصل توضیح میدم.

● **نکته مهم:** همه رنای‌ها که اون بالا ذکر شدن، تو یوکاریوت‌ها داخل هسته تولید میشن ولی تو پروکاریوت‌ها درون سیتوپلاسم این اتفاق می‌افته. همچنین هکلی این رناها چه در یوکاریوت‌ها و چه در پروکاریوت‌ها، درون سیتوپلاسم فعالیت می‌کنن. پس در یوکاریوت‌ها محل تولید و فعالیت شون یکی نیست اما در پروکاریوت‌ها یکیه.

● **نکته مهم:** از اونجایی که پروتئین‌های درون یاخته‌ها خیلی متنوع‌اند و پروتئین‌ها هم از رنای mRNA ساخته میشن، می‌تونیم بگیم که متنوع‌ترین (و نه فراوانترین!) RNA درون یاخته، همین RNA های پیک هستن.

● **نکته مهم:** از اونجایی که تعداد ریبوزوم‌ها در یاخته‌ها خیلی زیاده و تو ساختار شون rRNA به کار رفته، می‌تونیم بگیم که فراوان‌ترین (و نه متنوع‌ترین!) RNA درون یاخته، RNA ریبوزومی می‌باشد.

● **نکته مهم:** گفتیم که ۶۱ نوع رمز برای آمینواسیدها داریم. بنابراین می‌توان گفت در فرایند ترجمه حد اکثر ۶۱ نوع RNA ناقل استفاده می‌شود. گروهی از آمینواسیدها توسط بیش از یک رنای ناقل به ریبوزوم حمل می‌شوند و گروهی نیز فقط توسط یک نوع رنای ناقل! (صفرین بهمت اطلاع: دقت داشته باشید که در یافته‌های پستانداران بیش از ۵۱ نوع مولکول tRNA یافت می‌شود)

● **نکته مهم:** تنوع آنزیم RNA پلی‌مراز در یوکاریوت‌ها نسبت به پروکاریوت‌ها بیشتر هستش (۳ نوع رنابسپاراز). در مقابل تنوع عمل و محصول آنزیم RNA پلی‌مراز در پروکاریوت‌ها نسبت به یوکاریوت‌ها بیشتره. چرا که همه انواع رناها رو فقط یک نوع آنزیم رنابسپاراز تولید می‌کنه.

خلاصه‌ی نقش باشد

از بین آنزیم‌های RNA پلی‌مراز در یوکاریوت‌ها، آنزیم نوع ۱ کمترین تنوع محصول رو داره و آنزیم نوع ۲ بیشترین تنوع محصول رو! یعنی مقایسه‌شون اینجوری میشه:

رنابسپاراز ۱ > رنابسپاراز ۳ > رنابسپاراز ۲

نکته مهم یاخته‌هایی که فعالیت پروتئین‌سازی ندارند، نیازی به رنابسپاراز ندارند. کوپچه‌های قرمز بالغ در انسان و بسیاری از پستانداران دیگر و همچنین یاخته‌های آوند آبکش در گیاهان به دلیل نداشتن هسته، کلن DNA ندارند و عمل رونویسی در اون‌ها تعطیل هستش و رفته شمال جوج بزنه! پس این یاخته‌ها نیازی به رنابسپاراز ندارند.

نکته مهم با توجه به اینکه درون یک یاخته مدام پروتئین‌های مختلف ساخته میشن، می‌تونیم بگیم که مدام mRNA ساخته میشه. بنابراین پرمشغله‌ترین رنابسپاراز، رنابسپاراز ۲ هستش.

نکته مهم از بین رناهایی که اسم برده شد، فقط رنای یک توسط ریبوزوم ترجمه میشه و بقیه رناها ترجمه نمیشن هر چند در فرآیند ترجمه نقش ایفا می‌کنند.

نکته مهم بیشتر آنزیم‌ها از جنس پروتئین‌اند. با اینحال گروهی از آنزیم‌ها جنسی غیر از پروتئین دارند. مثلاً rRNA نوعی آنزیم غیر پروتئینی می‌باشد و پیوند بین واحدهای سازنده آن فسفودی استر است. پس این جمله که بگیم همه آنزیم‌ها محصول غیر مستقیم فرآیند رونویسی می‌باشند کاملن غلط هستش! بلکه ما آنزیم‌هایی داریم که محصول مستقیم فرآیند رونویسی می‌باشند که همون rRNA می‌باشد.

نکته مهم بچه‌ها پروتئین‌ها هکلی در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند و در سیتوپلاسم تولید می‌شوند و بعد از اینکه تولید شدن، به سرپاشون به بیرون از یاخته ترشح میشن، به سرپاشون داخل سیتوپلاسم باقی می‌مونن و در یوکاریوت‌ها به سر هم وارد هسته میشن. آنزیم rRNA در یوکاریوت‌ها (و نه پروکاریوت‌ها) برخلاف سایر آنزیم‌ها، درون هسته ساخته میشه و تو سیتوپلاسم فعالیت می‌کنه. پس این جمله که بگیم در یوکاریوت‌ها همه آنزیم‌ها در سیتوپلاسم یاخته‌ها ساخته میشن کاملن غلطه! اما در مورد یاخته‌های پروکاریوتی کاملن صحیح هستش.

نکته مهم پیش ماده رنابسپارازها دئوکسی ریبونوکلیک اسید می‌باشد و محصول فعالیت شون ریبونوکلیک اسید هستش. پیش ساز رنای ریبوزومی، ریبونوکلیک اسید بوده و پیش ماده‌ش هم آمینو اسید هستش. محصول فعالیتش هم پلی پپتیده.

نکته مهم هیچ ژنی وجود نداره که توسط چند نوع آنزیم رنابسپاراز رونویسی بشه! چه در یوکاریوت‌ها چه در پروکاریوت‌ها. هر ژن صرفن توسط یک نوع رنابسپاراز رونویسی می‌شود.

نکته مهم به رنابسپاراز می‌تونه چند نوع ژن رو رونویسی کنه. مثلاً رنابسپاراز ۲ انواع ژن‌ها رو که مربوط به پروتئین‌های مختلف هستند رو رونویسی می‌کنه. رنابسپاراز ۱ انواع ژن‌ها رو که مربوط به انواع رناهای ریبوزومی هست رو رونویسی می‌کنه. رنابسپاراز ۳ هم انواع ژن‌های رمزکننده رنای ناقل رو رونویسی می‌کنه.

نکته مهم دقت داشته باشید که مواد قندی و لیپیدی فاقد ژن رمزکننده هستند! یعنی ما چیزی به اسم نقشه ساخت مستقیم برای تولید قند و لیپید نداریم اما همین قند‌ها و لیپید‌ها بالاخره توسط آنزیم‌ها تولید میشن و آنزیم‌ها هم که می‌دوید از روی ژن‌ها ساخته میشن! پس می‌تونیم بگیم که ژن‌ها در تولید مواد قندی و لیپیدی به صورت غیر مستقیم دخیل هستند.

رونویسی و مراحل آن

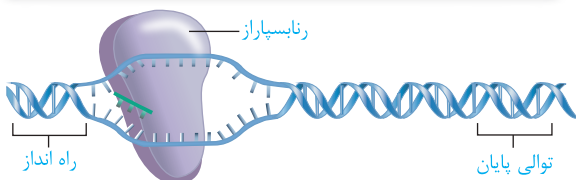
تو تعریف رونویسی گفتیم که رونویسی یعنی ساخته شدن مولکول RNA از روی یکی از رشته‌های بخشی از DNA! که این عمل توسط مجموعه‌ای از آنزیم‌ها با نام کلی RNA پلی‌مراز (رنابسپاراز) انجام میشه. بچه‌ها رونویسی اولین قدم برای تولید پروتئین هستش. یعنی اول باید رونویسی انجام بشه و بعد از روی محصول این فرآیند، عمل پروتئین‌سازی صورت بگیره. به رشته‌ای از ژن (در مولکول DNA) که از روی اون عمل رونویسی انجام میشه میگن رشته الگو و به رشته مقابلش هم میگن رشته رمزگذار. رفقا عمل رونویسی مثل خیلی از فرآیندهای داخل یاخته یک فرآیند پیوسته هستش (مثل تقسیم میتوز، همانندسازی و غیره) اما برای سادگی موضوع و بررسی راحت‌تر، اون رو به سه مرحله تقسیم می‌کنند که عبارتند از:

الف) مرحله آغاز ب) مرحله طویل شدن ج) مرحله پایان

در ادامه تک تک این مراحل رو با هم بررسی می‌کنیم تا ببینیم داستان چیه.

مرحله آغاز

الف - مرحله آغاز



تو فصل قبل گفتیم که مولکول‌های DNA درون هسته یاخته‌های یوکاریوتی در حالت عادی، به صورت کروماتین هستند. یعنی چی کروماتین؟ به رشته‌های درهم تنیده و باریک درون هسته میگن کروماتین. در واقع کروماتین‌ها مولکول‌های DNA پیچ‌خورده به دور مولکول‌های هیستون می‌باشند. همونطور که تو فصل قبل

دیدید، قبل از اینکه عمل همانندسازی شروع بشه، این پیچ و تاب‌های DNA باز میشه و هیستون‌ها و دیگر پروتئین‌ها هم ازش جدا میشن. این کار رو به سری پروتئین‌های خاص انجام میدادن. تو بحث رونویسی هم همین داستان رو داریم، یعنی در ابتدا باید این پیچ و تاب‌ها باز و هیستون‌ها از DNA جدا بشن تا ژنی که قراره از روش عمل رونویسی صورت بگیره، نمایان بشه. بعد از همه این اتفاقات آنزیم رنابسپاراز وارد معر که همیشه تا استارت بزنه کار

رو. ژن‌ها به بخشی دارن به اسم **راه‌انداز**! که در واقع این ناحیه از DNA، یک **توالی نوکلئوتیدی ویژه‌ای** هستش و معمولن در **مجاورت (و نزدیکی)** ژن واقع شده است (**مصرفین بهت اطلاع**: پرا می‌گم معمولن و نمی‌گیم همیشه؟ چون بچه‌ها تو یه سری از ژن‌ها راه‌انداز درون ژن قرار داره و در واقع بخشی از ژن محسوب میشه اما در بیشتر ژن‌ها اینجوری نیست و خارج از ژن واقع شده). راه‌انداز در واقع یک **بخش تنظیمی** هستش. اینکه تنظیمی یعنی چی؟ بعدها متوجه میشی. در **یوکاریوت‌ها** هر ژن موجود در هسته، **راه‌انداز مخصوص به خودش** رو داره و **رناسپاراز** می‌تونه این توالی رو از سایر توالی‌های نوکلئوتیدی موجود در DNA **تشخیص** بده. خب به چه درد می‌خوره و چرا بهش می‌گن راه‌انداز؟ رفقا تو مرحله آغاز (که دوستان فرنگی ما بهش می‌گن Initiation) برای اینکه RNA پلی‌مراز ما گیج نزنه و به بیراهه نره! با **شناسایی توالی راه‌انداز** (اونور آریا Promoter صدش می‌زنن) به اون متصل میشه. راه‌انداز باعث میشه تا RNA پلی‌مراز رونویسی رو از **محل درستی شروع** کنه و مثلن این کار رو از وسط ژن شروع نکنه. در واقع توالی راه‌انداز مثل یک باند فرود، برای فرود صحیح و درست هواپیما هستش، هواپیما کیه؟ آنزیم RNA پلی‌مراز میشه همون هواپیمای مثال ما. راه‌انداز باعث میشه رناسپاراز **اولین نوکلئوتید مناسب رو به طور دقیق** پیدا کنه و رونویسی رو استارت بزنه، رو این حساب بهش می‌گیم راه‌انداز. آنزیم RNA پلی‌مراز برای اینکه بتونه از روی مولکول DNA، مولکول RNA رو بسازه، باید **اول از همه دو تار رشته DNA رو باز کنه** و این کار رو هم انجام میده. با این کار آنزیم RNA پلی‌مراز، **پیوندهای هیدروژنی بین دو تار رشته مولکول DNA شکسته** میشن! یعنی پیوندهای هیدروژنی بین بازهای آلی نیتروژن‌داری که مقابل هم دیگه قرار گرفتن! و در نتیجه بخش کوچکی از دو رشته DNA باز میشه. با باز شدن دو رشته DNA حالتی شبیه به **حباب** ایجاد میشه که به اون **حباب رونویسی** گفته میشه. دقت داشته باشید که رناسپاراز دو رشته DNA رو مثل زیپ پھو باز نمی‌کنه! بلکه دو رشته DNA رو تو **همون منطقه کوچیک** که خودش روی DNA قرار گرفته، باز می‌کنه. آنزیم رناسپاراز تو این مرحله شروع می‌کنه به رونویسی کردن. به این صورت که میاد از روی یکی از رشته‌های ژن (نه هر دو) که بهش رشته **الگو** گفته میشه، نوکلئوتیدها رو می‌خونه و در مقابل اون نوکلئوتیدی که خوند، یک **ریبونوکلئوتید مکمل** قرار میده! یعنی وقتی یک دئو کسی ریبونوکلئوتید (نوکلئوتید DNA) رو خوند و شد مثلن **دئو کسی ریبونوکلئوتید گوانین‌دار**، در مقابل اون **ریبونوکلئوتید سیتوزین‌دار** قرار میده. بین این دوتا نوکلئوتید (بین ریبونوکلئوتید با دئو کسی ریبونوکلئوتید رشته الگو DNA) پیوندهای هیدروژنی به صورت خود به خودی و بدون دخالت آنزیمی تشکیل میشه. آنزیم RNA پلی‌مراز همین‌طوری در طول رشته الگو ویراز میده و دونه دونه نوکلئوتیدهای اون رو می‌خونه و مقابلشون ریبونوکلئوتیدهای مکمل قرار میده. همزمان با این کار، ریبونوکلئوتیدهایی رو که جلوی رشته الگو ردیف کرده بود، از طریق **ایجاد پیوند فسفودی‌استر** به هم دیگه متصل می‌کنه.

یادآوری: از فصل قبل خاطرتون هست که نوکلئوتیدهای گوانین‌دار و نوکلئوتیدهای سیتوزین‌دار مکمل هم هستند و بیشترین تعداد پیوندهای هیدروژنی بینشون تولید میشه. نوکلئوتیدهای T دار و A دار هم مکمل هم دیگه هستن و بینشون **کمترین تعداد** پیوند هیدروژنی تشکیل میشه. دقت داشته باشید که تو ساختار DNA، در مقابل نوکلئوتید حاوی A نوکلئوتید حاوی T قرار می‌گیره اما تو ساختار RNA ما نوکلئوتید تیمین‌دار نداریم! پس وقتی RNA پلی‌مراز ما در طول رشته الگو به نوکلئوتید A دار رسید به **جای T**، میاد و نوکلئوتید **دارای باز آلی یوراسیل** رو میذاره تو رشته RNA در حال ساخت! **نکته مهم** در پروکاریوت‌ها رناسپاراز به تھامی به راه‌انداز متصل میشه اما تو یوکاریوت‌ها RNA پلی‌مراز به تھامی نمی‌تونه به راه‌انداز متصل بشه بلکه در ابتدا عواملی به اسم عوامل رونویسی به راه‌انداز متصل میشن و یه جورایی حکم راهنما رو برای رناسپاراز دارن و بعد از این اتفاق RNA پلی‌مراز با اتصال به این عوامل رونویسی راه‌انداز رو تشخیص میده.

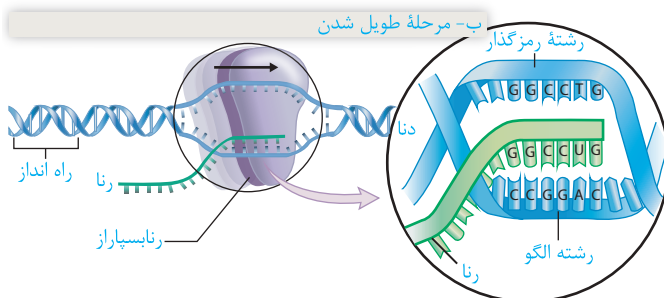
نکته مهم همون‌طوره که تو شکل هم مشخصه، در مرحله آغاز یک مولکول RNA کوچک تشکیل می‌شود که تعداد نوکلئوتیدهای کمی داره (زنجیره کوچکی از RNA ساخته میشه).

نکته مهم همون‌طوره که تو شکل کتاب مشخصه، توالی راه‌انداز رونویسی نمیشه. پس دورشته توالی راه‌انداز هم باز نمیشن و پیوند هیدروژنی بینشون شکسته نمی‌شه.

نکته مهم دقت داشته باشید که منطقه جلوی رناسپاراز و منطقه عقبش هر دو دارای پیچ بوده و دو رشته‌ش به هم وصل هستند (یعنی از هم دور نشدن).

نکته مهم تو بحث رونویسی هم مثل همانند سازی، وقتی نوکلئوتیدها می‌خوان تو ساختار رشته پلی‌نوکلئوتیدی قرار بگیرن دو تا از سه فسفات خودشون رو از دست میدن و به صورت تک فسفات در ساختار RNA قرار می‌گیرن.

● مرحله طویل شدن



تو این مرحله یعنی مرحله طویل شدن (که رفقای فرنگی ما بهش می‌گن Elongation)، رناسپاراز **ساخت مولکول رنا رو ادامه** میده. یعنی رناسپاراز همینجوری میره جلو و روی رشته الگوی ژن حرکت می‌کنه، دو رشته دنا رو از هم باز می‌کنه (**شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین جفت‌بازهای آلی**)، دونه دونه نوکلئوتیدهای رشته الگو رو می‌خونه و جلوی هر دئو کسی ریبونوکلئوتید، **ریبونوکلئوتید مکمل** خودش رو قرار میده و همچنین بین نوکلئوتیدهای مجاور **پیوند فسفودی‌استر** برقرار می‌کنه، در نتیجه به مرور به طول رنای در حال ساخت اضافه میشه! به خاطر همین به این مرحله می‌گن **مرحله طویل شدن**. بچه‌ها همزمان با اینکه رناسپاراز جلو میره، پیوندهای هیدروژنی

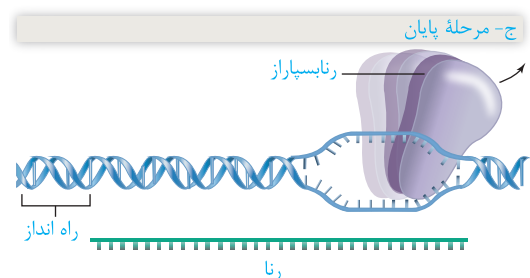
بین رنای در حال ساخت و رشته الگو در عقب آنزیم (که عمل رونویسی از اون قسمت انجام شده و تموم شده رفته پی کارش) به خاطر وزن مولکول رنا و فشاری که وارد می‌کنه، شکسته میشن و اینجوری بخش‌های قبلی رنای در حال ساخت از رشته الگو جدا میشه. حباب همانندسازی هم همزمان با پیش‌روی رنابسپاراز در طول ژن، به جلو پیش‌روی می‌کنه.

نکته مهم همونطور که می‌بینید توی این شکل کتاب درسی جهت رونویسی (جهت حرکت حباب همانندسازی) از سمت چپ به طرف راست هستش. همیشه نگاه کنید ببینید دُم رنای در حال ساخت کدوم طرفه؟ اون سمت میشه سمت شروع و سمت مقابلش میشه مقصد و جهت حرکت.

نکته مهم تو این مرحله صرفن پیوند فسفودی استر تولید میشه اما پیوند هیدروژنی هم تولید و هم شکسته میشه. چجوری؟ به این صورت که:

- شکسته شدن پیوند هیدروژنی: بین ریبونوکلوئوتیدها و دِنوکسی ریبونوکلوئوتیدها در پشت سر آنزیم به صورت خود به خودی
- شکسته شدن پیوند هیدروژنی: بین دِنوکسی ریبونوکلوئوتیدهای دو رشته الگو و رمزگذار ژن در جلوی آنزیم توسط رنابسپاراز
- ایجاد پیوند هیدروژنی: بین ریبونوکلوئوتیدها و دِنوکسی ریبونوکلوئوتیدهای رشته الگو درست در محل حضور آنزیم

مرحله پایان



تو ساختار مولکول DNA یه سری توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای وجود دارن که بهشون میگن توالی‌های پایان! در واقع در DNA خطی یاخته‌های یوکاریوتی برای هر ژن یه توالی پایان داریم که این توالی بخشی از ژن محسوب میشه و درست در انتهای اون قرار گرفته! همونطور که گفتیم این قسمت از ژن یک توالی خاصی داره و وقتی RNA پلی‌مراز به اونجا رسید متوجه میشه که ژن به پایان رسیده و باید دست از رونویسی برداره! یه جورایی خط پایان هستش. رنابسپاراز به عنوان حسن ختام عمل رونویسی، توالی پایان

ژن رو هم رونویسی می‌کنه و در نهایت از DNA و همینطور مولکول RNA تازه ساخت جدا میشه. رنای تازه ساخت هم از رشته الگوی دنا جدا میشه! یعنی پیوندهای هیدروژنی بین رشته الگوی DNA و RNA تازه ساخت، شکسته می‌شوند و هر کی میره سی خودش! اینجاست که میگن کیش کیش هر که رود خانه خویش! در نهایت دو رشته دنا مجددن به هم متصل میشن و بین جفت بازهای رشته الگو و رمزگذار پیوندهای هیدروژنی تشکیل میشه. **نکته مهم** بچه‌ها ترتیب این اتفاقات واسه طراح لنگور خیلی مهمه. توجه داشته باشید که اول رنابسپاراز جدا میشه، بعد رنا از رشته الگو و در آخر هم دو تا رشته دنا به هم وصل میشن.

نکته مهم راه‌انداز و جایگاه پایان رونویسی هر دو توالی‌های نوکلئوتیدی (یعنی چندین نوکلئوتید) از جنس DNA هستن و از دو رشته تشکیل شدن و نه یک رشته. پس در اون‌ها قند ۵' کربنه ریبوز و باز آلای یوراسیل رو نمی‌تونیم پیدا کنیم چرا که این‌ها مخصوص رناها بودن. در این دو توالی پیوند هیدروژنی (بین جفت بازهاشون) و فسفودی استر (بین نوکلئوتیدهاشون) یافت می‌شود.

نکته مهم در هر سه مرحله رونویسی، عمل رونویسی انجام میشه. یعنی در مقابل دِنوکسی ریبونوکلوئوتید رشته الگو، ریبونوکلوئوتید مکمل قرار داده میشه. همونطور که دیدید تو مرحله پایان، توالی پایان رونویسی شد و بعد رونویسی به پایان رسید.

نکته مهم هر ژن موجود در DNA خطی یوکاریوت‌ها (موجود در هسته) واسه خودش یک عدد راه‌انداز و یک عدد جایگاه پایان رونویسی داره.

نکته مهم بچه‌ها واسه طراح لنگور ترتیب شکسته شدن و تشکیل شدن پیوندها در فرآیند رونویسی خیلی اهمیت داره! ترتیب‌ها به این صورت هستش:

- شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته DNA (رمزگذار و الگو)
- تشکیل پیوند هیدروژنی بین اولین ریبونوکلوئوتید رنای تازه ساخت با رشته الگو
- تشکیل پیوند فسفودی استر بین اولین و دومین ریبونوکلوئوتیدهای RNA تازه ساخت
- تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته دنا در پشت سر رنابسپاراز
- شکسته شدن پیوند هیدروژنی بین RNA تازه ساخت با رشته الگو

حواستون باشه

طبق نکته بالا در رونویسی فقط تشکیل شدن فسفودی استر دیده می‌شود اما پیوندهای هیدروژنی هم شکسته می‌شوند و هم تولید می‌شوند. همچنین طبق نکته بالا می‌فهمیم که در طی عمل رونویسی پیوندهای هیدروژنی ۲ بار شکسته شده و ۲ بار هم تولید می‌شوند.

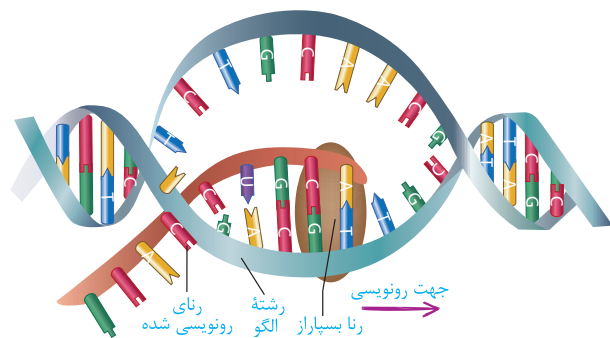
تکته مهم در رونویسی یک رشته پلی نوکلئوتیدی از روی بخشی از دنا که دارای دو رشته پلی نوکلئوتیدی هستش، ساخته میشه. اگر تعداد نوکلئوتیدهای ژن که رونویسی میشه رو بدن، کافیه تعداد نوکلئوتیدهای ژن (هر دو رشته اش) رو تقسیم بر عدد ۲ کنید تا تعداد نوکلئوتیدهای رشته زنا ساخته شده بدست بیاد. مثلاً اگر ژن ۱۰۰ نوکلئوتید داشته باشه، تعداد نوکلئوتیدهای رشته الگو میشه ۵۰ تا! پس زنا که از روی این ژن تولید میشه هم ۵۰ نوکلئوتید داره. با تولید این زنا چند تا فسفات آزاد میشه؟ ۱۰۰ تا! (فقا این هجین محاسباتی نیست! بیشتر مفهومی هستش تا محاسباتی).

تذکر: البته توجه داشته باشید با توجه به اینکه راه انداز رونویسی نمیشه (معمولاً جزئی از ژن نیست) تعداد نوکلئوتیدهای توالی راه انداز نباید جزء نوکلئوتیدهای ژن حساب بشه. پس اگه طرف اومد تعداد نوکلئوتیدهای راه انداز رو هم بهت داد حواست باشه.

● **فب ارسیدیم به جای فیلی باهال قفیه! یدول مقایسه ای فیلی ففن زیر رو بفونید و برید هالشو ببرید.**

مورد مقایسه	مرحله آغاز	مرحله تولید شدن	مرحله پایان
ممل انهام در	یوکلاریوت ها: هم هسته و هم سیتوپلاسم (کلروپلاست و میتوکندری) پروکلاریوت ها: سیتوپلاسم	یوکلاریوت ها: هم هسته و هم سیتوپلاسم (کلروپلاست و میتوکندری) پروکلاریوت ها: سیتوپلاسم	یوکلاریوت ها: هم هسته و هم سیتوپلاسم (کلروپلاست و میتوکندری) پروکلاریوت ها: سیتوپلاسم
اتفاقی که می افتد؟	شناسایی راه انداز، باز کردن دو رشته DNA، شروع رونویسی و حرکت رو به جلو	ادامه رونویسی و پیشروی در طول ژن	شناسایی توالی پایان رونویسی توسط رنا بسیار و توقف عمل رونویسی
هاب رونویسی در آن	دیره می شود.	دیره می شود.	دیره می شود.
شکسته شدن پیوند هیدروژنی	در ممل قرار گیری آنزیم دو رشته دنا از هم باز می شوند.	در ممل آنزیم، بین دو رشته مولکول DNA در پشت آنزیم، بین رشته الگو با رشته مولکول RNA در حال سافت	بین رشته الگو با رشته مولکول RNA سافت شده
تشکیل پیوند هیدروژنی	دیره می شود.	در ممل قرار گیری آنزیم بین نوکلئوتیدهای پدیر RNA در حال سافت با رشته الگو در پشت آنزیم بین دو رشته مولکول DNA	بین دو رشته دنا
شکسته شدن پیوند فسفودی استر	فیر	فیر	فیر
تشکیل پیوند فسفودی استر	دیره می شود.	دیره می شود.	دیره می شود.
	بین ریونوکلئوتیدهای مولکول RNA در حال سافت	بین ریونوکلئوتیدهای مولکول RNA در حال سافت	بین ریونوکلئوتیدهای مولکول RNA در حال سافت

رشته الگو و رشته رمزگذار

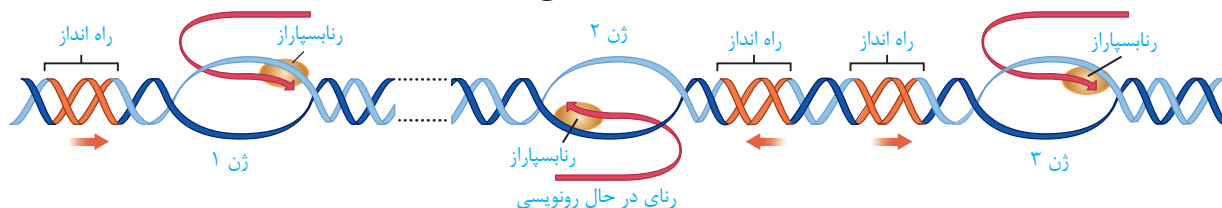


همونطور که دیدید! بارها تاکید کردم که آقا در رونویسی فقط از یک رشته DNA استفاده می شود. به اون رشته ای از دنا که از روش رونویسی میشه، میگن **رشته الگو** یا به قول اونوریا Template. به رشته مقابل رشته الگو در دنا میگن **رشته رمزگذار**. حالا چرا بهش میگن رمزگذار؟ چون توالی نوکلئوتیدی این رشته شبیه **رشته زنا** هست که ساخته میشه و تنها تفاوتشون در نوع قند و بازهای آلی آدنین و یوراسیل هستش. قند به کار رفته در رشته رمزگذار از نوع **دئوکسی ریبوزه** اما در RNA از نوع **ریبوزه**.

همچنین بازهای آلی تیمین رو در RNA نداریم و به جای اون باز آلی **یوراسیل** به کار میره. باز آلی یوراسیل رو تو رشته رمزگذار نداریم. بنابراین توالی نوکلئوتیدی RNA تولید شده مشابه توالی نوکلئوتیدی رشته رمزگذار با این تفاوت که تو RNA تولید شده **قندهای ۵ کربنه همگی ریبوز** هستند و باز آلی تیمین نداریم بلکه جاش یوراسیل داریم. بچه ها حواستون باشه که همواره و فقط یکی از رشته های یک ژن برای رونویسی مورد استفاده قرار می گیرد یا به عبارت دیگر هیچ ژنی را نمی توان یافت که هر دو تا رشته اش به عنوان رشته الگو مورد استفاده قرار بگیره. به طور قطع اگر یک بار یکی از رشته ها به عنوان الگو قرار بگیره و دفعه بعد رشته مقابلش الگو بشه، رناهای ساخته شده از این ژن، **بسیار متفاوت** از هم خواهند بود چرا که توالی های نوکلئوتیدی شون **متفاوت** از هم هستش. فرض کنید برای ژن رمز کننده یک پلی پپتید این اتفاق رخ بده. در این صورت دو نوع **mRNA مختلف و متفاوت** از هم خواهیم داشت و در نتیجه دو نوع **پلی پپتید مختلف** ساخته خواهد شد که هر کدوم شکل، اندازه و کار متفاوتی خواهند داشت. بنابراین در یک ژن، رشته الگو همیشه و همواره ثابت است! یعنی اینجوری نیست یک دفعه این رشته بشه رشته الگو و دفعه بعد اون یکی رشته بشه رشته الگو! همیشه یکی از رشته ها و تا آخر عمر هم همون رشته به عنوان رشته الگو هستش. البته این موارد در صورتی هست که همه چی نرمال باشه! ممکنه اتفاقاتی بیافته که باعث بشه رشته الگو بشه اون یکی رشته! یعنی جای رمزگذار و الگو عوض بشه. پس در حالت عادی و سالم بودن یاخته و اوکی بودن شرایط همواره یکی از رشته ها به عنوان رشته الگو هستش.

سوال: فرض کنید در طول یک مولکول DNA مثلن ۲۰ تا ژن داریم که هر کدام ژن رمز کننده پلی پپتید خاصی هستند. درسته؟ خب وقتی RNA پلی مرز می خواد از روی این ژن ها رونویسی انجام بده، آیا رشته الگوی همه این ژن ها مثلن رشته بالایی هستش؟ منظور از رشته بالایی، براساس شکل کتاب درسی هستش.

جواب: نه بچه ها همچین چیزی نیست. تو به ژن ممکنه رشته الگو رشته بالایی باشه و تو به ژن دیگه رشته پایینی به عنوان رشته الگو باشه. منتهی تو به ژن همواره رشته الگو ثابت و برای هر ژن همیشه یکی از دو تا رشته رونویسی میشه. شکلی که می بینید داره تصویر کتاب درسی رو نشون میده. توی این شکل ۳ تا ژن مختلف رو نشون داده و با شماره های ۱ تا ۳ نام گذاری کرده. همونطور که می بینید رشته الگو در ژن های ۱ و ۳ در یک رشته دنا قرار دارند اما رشته الگو در ژن ۲ در رشته دیگر دنا واقع شده است.



نکته مهم: از این شکل کتاب درسی می توان اینطور استنباط کرد که رونویسی همه ژن ها، در یک جهت مشابه نیست. بلکه ممکنه است متفاوت باشه. مثلاً در ژن ۱ جهت رونویسی از چپ به راست است اما در ژن ۲ جهت رونویسی برعکس بوده و از راست به چپ می باشد. این موضوع بری گرده به رشته الگو در واقع دو ژن که رشته الگو شون در یک رشته دنا قرار نداشته باشه به طور قطع جهت رونویسی شون مخالف هم خواهد بود.

نکته مهم: گفتیم که ژن ها پشت سر هم در دنا واقع شده اند. هر ژن یک ابتدا و یک انتها داره. ممکنه ابتدای یک ژن در مجاورت و نزدیکی یک ژن دیگه باشه. همچنین ممکنه ابتدای دو ژن در کنار هم باشه. همچنین ممکنه انتهای دو ژن در مجاورت هم باشند! حال کروی نکته رو؟

!! حواسمون باشه

همونطور که توی شکل می بینید اینجوری نیست که وقتی یک ژن تموم شد، توالی نوکلئوتیدی ژن بعدی شروع بشه بلکه ژن بعدی به خرد اونیورتر قرار داره! یعنی بین دو ژن یک توالی نوکلئوتیدی کوتاه وجود داره که جزء هیچ کدام از ژن ها نیست. پس هر توالی نوکلئوتیدی در DNA الزاماً جزئی از یک ژن نیست. همونطور که راه اندازها هم جزئی از ژن ها نیستند.

نکته مهم: تو یوکاریوت ها رونویسی از روی دنا خطی، در هسته و رونویسی از روی دنا حلقوی، در کروموسوم و میتوکندری انجام میشه. تو پروکاریوت ها رونویسی در سیتوپلاسم انجام می شود.

نکات شکل ۱ (طرح ساده ای از فرآیند رونویسی)

این شکلی که می بینید داره بخشی از یک ژن در حال رونویسی شدن رو نشون میده. تو این شکل آنزیم رنا بسپاراز، جهت رونویسی، رشته رنا در حال ساخت، رشته الگو و رشته رمز گذار رو می بینیم. آنزیم رنا بسپاراز در حال رونویسی کردن از روی رشته الگوی ژن هستش و جهت حرکت آنزیم تو این شکل از چپ به راسته. رفا بگید ببینم این شکل مربوط به کدام مرحله از رونویسی هستش؟ مربوط به مرحله طویل شدن رونویسی است. خب همونطور که از فصل قبل تو خاطر مبارک تون! هست در ساختار یک مولکول DNA حداکثر ۴ نوع نوکلئوتید از نظر نوع باز آلی داریم. این نوکلئوتیدها عبارتند از: دئوکسی ریبونوکلئوتید آدنین دار، دئوکسی ریبونوکلئوتید گوانین دار، دئوکسی ریبونوکلئوتید تیمین دار و دئوکسی ریبونوکلئوتید سیتوزین دار. قند همه این نوکلئوتیدها هم از نوع دئوکسی ریبوزه. همچنین تو فصل قبل خوندم که در ساختار یک مولکول RNA حداکثر ۴ نوع نوکلئوتید از نظر نوع باز آلی داریم. این نوکلئوتیدها عبارتند از: ریبونوکلئوتید آدنین دار، ریبونوکلئوتید گوانین دار، ریبونوکلئوتید تیمین دار و ریبونوکلئوتید سیتوزین دار. قند همه این نوکلئوتیدها هم از نوع ریبوزه. حالا بچه ها به حباب رونویسی این شکل نگاه کنید و بعد تک تک سوال های پایین رو پاسخ بدین.

سوال: چند نوع نوکلئوتید از نظر باز آلی و نوع قند در حباب رونویسی این شکل وجود دارد؟

جواب: طبق شکل (۱) کتاب درسی ۴ نوع نوکلئوتید از نظر نوع باز آلی در ساختار DNA موجود در حباب رونویسی داریم که قند همگی از نوع دئوکسی ریبوز هستش و ۴ نوع (از نظر باز آلی) هم نوکلئوتید در مولکول RNA در حال ساخت داریم که قند همگی از نوع ریبوزه. پس جمعاً ۸ نوع نوکلئوتید در حباب رونویسی این شکل بکار رفته است. رفا دقت داشته باشید که این حالت حداکثری هستش! ممکنه همه بازهای آلی رشته الگو از یک نوع باشن (مثلن همگی سیتوزین دار باشن) که در این صورت فقط ۳ نوع نوکلئوتید خواهیم داشت. پس در یک حباب رونویسی حداکثر ۸ نوع و حداقل ۳ نوع نوکلئوتید مشاهده می شود.

سوال: چند نوع نوکلئوتید از نظر نوع باز آلی در شکل مشاهده می‌شود؟



جواب: ۵ نوع! که عبارتند از: نوکلئوتیدهای آدنین‌دار، گوانین‌دار، سیتوزین‌دار، تیمین‌دار و یوراسیل‌دار. بازم حواستون باشه که این حالت حداکثری هستش. ممکنه همه نوکلئوتیدهای رشته الگوی درون حباب رونویسی، بازهای آلی مشابه داشته باشن (یعنی همگی از یک نوع باشن، مثلن همگی از نوع سیتوزین‌دار باشن) که در این صورت ۲ نوع نوکلئوتید فارغ از نوع قند خواهیم داشت. البته دقت داشته باشید اگر همه نوکلئوتیدهای رشته الگوی درون حباب رونویسی از نوع آدنین‌دار باشن، در این صورت نوکلئوتیدهای رشته رمزگذار تیمین‌دار خواهند بود و نوکلئوتیدهای رنای در حال ساخت هم یوراسیل‌دار خواهند بود! در این حالت ۳ نوع باز آلی در حباب رونویسی خواهیم داشت. حال کردی؟

سوال: چند نوع نوکلئوتید از نظر نوع قند به کار رفته در حباب رونویسی می‌توان یافت؟



جواب: در اینجا دیگه حداقل و حداکثر نداریم! دو نوع نوکلئوتید خواهیم داشت: دئوکسی ریبونوکلئوتید (در DNA) و ریبونوکلئوتید (در RNA)

سوال: در این شکل حداکثر چند مونومر می‌توان یافت؟



جواب: خب بچه‌ها گفتیم که ۸ نوع نوکلئوتید در این شکل وجود دارد. اما اینجا از ما انواع مونومرها رو خواسته! خب اگر شکل را نگاه کنید در این شکل فقط رنا و دنا نداریم بلکه RNA پلی‌مراز هم داریم. این آنزیم از جنس پروتئین (آمینواسید) است. در فصل قبل خواندیم که حداکثر ۲۰ نوع آمینواسید در یاخته‌ها به کار می‌رود. پس می‌توانیم بگوییم در این شکل حداکثر ۲۸ نوع (۲۰ تاش مال آمینواسیدها و ۸ تاش مال نوکلئوتیدها) مونومر می‌توان یافت و حداقل ۹ نوع! حداقل زمانی است که تمامی آمینواسیدهای به کار رفته در ساختار یک پروتئین از یک نوع باشن. غیر ممکنه همگی از یک نوع باشه! ولی خب واسه کنکور مجبوریم. 😊



سوال: به مرحله طویل شدن شکل (۲) کتاب درسی‌تون نگاه کنید. اونی که داخل دایره‌س داره حباب رونویسی رو نشون میده. به شکل ۷ کتاب درسی‌تون هم نگاه کنید. در رابطه با حباب رونویسی این شکل‌ها، همه سوال‌هایی که برای شکل (۱) پرسیدم رو خودتون از خودتون بپرسید و جواب بدید.

تغییر در رناهای ساخته شده

درسنامه (۴)

تو فصل قبل گفتیم که یاخته‌های پروکاریوتی فاقد هسته هستند اما یاخته‌های یوکاریوتی هسته دارن. تو یاخته‌های یوکاریوتی فرآیند رونویسی داخل هسته انجام میشه اما در یاخته‌های پروکاریوتی در سیتوپلاسم این اتفاق می‌افته. در پروکاریوت‌ها RNA بعد از این که تولید شد بلافاصله وارد فرآیند ترجمه و پروتئین‌سازی میشه و تغییراتی در ساختار RNA تولید شده هم ایجاد نمیشه اما در یاخته‌های یوکاریوتی این مدلی نیست. تو یاخته‌های یوکاریوتی وقتی RNA داخل هسته تولید شد، از منافذ هسته عبور می‌کنه و وارد فضای سیتوپلاسم میشه. حدود چند دهه قبل پژوهشگران متوجه شدن که تو یاخته‌های یوکاریوتی (و نه پروکاریوتی)، رناهایی که تو هسته تولید شدن با رناهایی که در سیتوپلاسم هستن، یه سری تفاوت‌ها با هم دارن. بعدها معلوم شد که رناها برای انجام وظایف خودشون دستخوش تغییراتی قرار می‌گیرن که تو این درسنامه در موردش می‌خوام صحبت کنم.



نکته مهم: البته دقت داشته باشید که همه RNAها بعد از تولید شدن، دچار تغییر نمیشن. بلکه گروهی از RNAها در یوکاریوت‌ها بدون تغییر وارد سیتوپلاسم میشن. پس اغلب رناها دچار تغییرات میشن.

نکته مهم: رفقای نازنین من حواستون باشه که این تغییرات هم می‌تونه حین عمل رونویسی روی RNA در حال ساخت ایجاد بشه و هم می‌تونه بعد از عمل رونویسی این اتفاق رخ بده.



توجه داشته باشید که این تغییرات داخل هسته انجام میشه و نه در سیتوپلاسم.

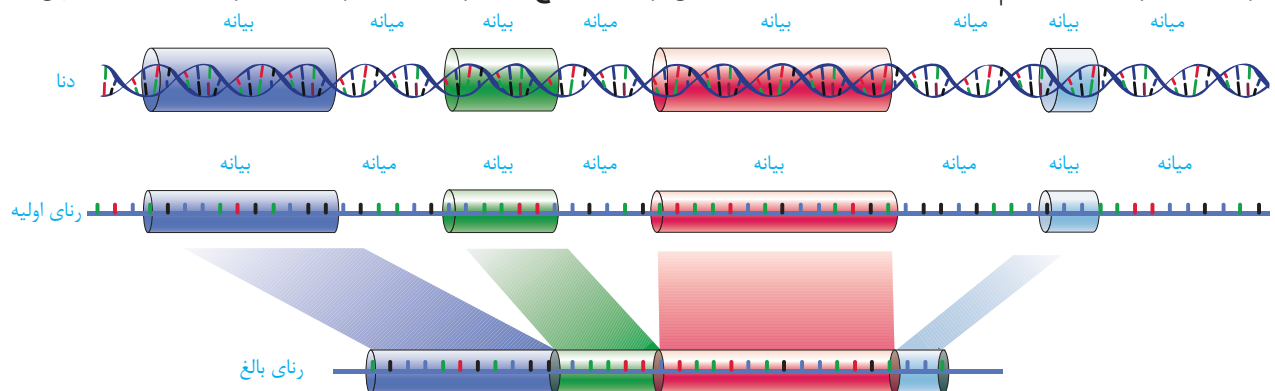
تغییر رنای پیک و پیرایش

وقتی آنزیم رنابسپاراز از روی ژن رمزکننده یک پلی‌پپتید خاص رونویسی می‌کنه، رنای پیک تولید شده ممکنه (نه اینکه حتم!) دستخوش یک سری تغییرات قرار بگیره. این تغییرات حین رونویسی و یا پس از رونویسی روی رنای پیک اعمال میشه. پس طبق متن کتاب درسی ممکنه یه رنای پیک بعد از تولید شدن اصلن تغییراتی روش اعمال نشه! واسه همین بود همین چند دقیقه پیش بهت گفتم که اغلب رناها دچار تغییر میشن و نه همه‌شون! خب داشتم می‌گفتم، بچه‌ها یکی از تغییراتی که در یوکاریوت‌ها، اونم پس از رونویسی خیلی شایع و متداول هستش، فرآیندی هستش به اسم پیرایش یا به قول رفقای اونور آبی‌مون Splicing. تو این فرآیند بخش‌هایی از مولکول mRNA تولید شده حذف میشه و بقیه بخش‌ها به هم متصل میشن و یک رنای پیک یکپارچه رو می‌سازن. به رنای پیک اولیه که هنوز چیزی ازش حذف نشده میگن رنای نابالغ یا Precursor mRNA. به رنای پیک جدیدی که یه سری مناطق ازش حذف شدن و کوچولو کوچولو تر از رنای قبله، میگیم رنای بالغ یا Mature RNA.



نکته مهم: جلودتر می‌خونیم که tRNA یا رنای ناقل بعد از رونویسی دچار یه سری تغییراتی میشه و در ساختارهای اون پیوندهای هیدروژنی قابل مشاهده‌س. پس یکی از تغییرات RNAها تشکیل ساختار سه بعدی خاصی هستش و صرفن حذف بخش‌هایی از رنا یا پیرایش نیست.

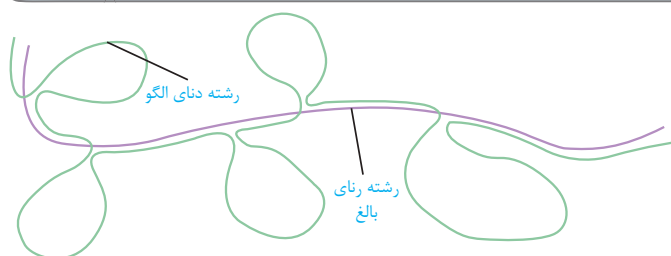
خب دانشمندان از کجا فهمیدن که چه بلایی سر رنایهای پیک میاد؟ رفقا دانشمندان اومدن یک **رنای پیک درون سیتوپلاسم** رو با رشته الگوی ژن مربوط به همین رنا در DNA رو کنار هم گذاشتن و با هم مقایسه کردن. دیدن عه! چه باحال! **طول** این رنا (رنای پیک بالغ) **کوتاه تر** از طول ژن رمز کننده اون هستش. در صورتی که در ابتدای کار و قبل از تغییر، تعداد نوکلئوتیدهای ژن مورد نظر با تعداد نوکلئوتیدهای رنای پیک تولید شده از اون باید برابر باشه دیگه درست؟ ولی اینجوری نبود. اومدن کلی بررسی کردن و داستان ماستان ساختن واسه خودشون و نتیجه این شده که آقا **بخش هایی از رشته الگوی ژن با رنای رونویسی شده دچار تغییرات (رنای بالغ)، مکمل هم هستند ولی بخش هایی از رشته الگوی ژن، توالی شون مکمل این رنا نیست.** الان شکل صفحه بعد رو نگاه کنید، اون **رشته بنفش رنگ همون رنای پیک بالغ (دچار تغییرات) هستش** و رشته **سبز رنگ هم رشته الگوی ژنی هست** که این رنا از روش رونویسی شده. اینا رو گذاشتن کنار هم، چون این رنا از روی این رشته رونویسی شده خب مکمل هم هستن دیگه درست؟ کنار هم که قرار گرفتن اون بخش های مکمل شون با هم **پیوند هیدروژنی** تشکیل دادن (**بین بازهای آلی شون**). در واقع بین بخش های مکمل رشته الگوی ژن و رنای رونویسی شده بالغ پیوندهای هیدروژنی تشکیل شد و یک مولکول دو رشته ای ایجاد شد که یک رشته اون از جنس **دئوکسی ریبونوکلئوتید** و اون یکی رشته ش از جنس **ریبونوکلئوتید**. گفتیم که رشته الگوی ژن **بلندتر از رنای پیک بالغ** هستش، یعنی توالی های نوکلئوتیدی در اون داریم که مکمل اون تو رنای پیک بالغ وجود نداره (هر چند قبل از فرآیند پیرایش این بخش ها رو در **رنای پیک نابالغ به صورت مکمل داشتیم**). بخش های غیرمکمل چون پیوند هیدروژنی تشکیل ندادن، به صورت **حلقه هایی بیرون از مولکول دو رشته ای** قرار می گیرن. طبق نتایجی که حاصل شد دانشمندان به این نتیجه رسیدن که آقا **مکمل این بخش های حلقه ای از مولکول رنای نابالغ حذف شدن**. بخاطر همین اسمش رو گذاشتن **پیرایش**. پس RNA حاصل از رونویسی، در همون ابتدای کار همه مناطق رونویسی شده رشته الگوی ژن رو داره اما دستخوش به سری تغییرات قرار می گیره و وقتی وارد سیتوپلاسم میشه **فاقد به سری نواحیه** و این نواحی از رنا حذف شدن. به این نواحی که در رشته الگوی ژن وجود دارند ولی رونوشت اون ها در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده، میگویند **اینترون (Intron) یا میانه**. همچنین به سایر بخش های مولکول DNA که رونوشت اون ها حذف نمیشه و در رنای پیک هم دیده میشه، میگویند **اکزون (Exon) یا بیانیه**. به این عمل هم میگویند **عمل پیرایش**. بنابراین RNA رونویسی شده از رشته الگوی ژن، دارای **رونوشت اینترون (میانه) و رونوشت اکزون (بیانه)** است و به آن **رنای نابالغ یا اولیه** می گویند. پس از اینکه رنای اولیه تحت عمل پیرایش قرار گرفت و رونوشت های اینترون آن حذف شد، رونوشت های اکزون این رنا به هم متصل شده و به رنای حاصل شده می گویند **رنای بالغ**، که صرفن حاوی رونوشت های اکزون است. حله همه چی؟



نکته مهم همه این کارها توسط آنزیم هایی انجام میشه و این فرآیند نیازمند مصرف انرژی زیستی هستش. به سری آنزیم میخوایم که رونوشت های میانه رو از رنای نابالغ حذف کنن یعنی پیوند فسفودی استر بشکونن و به سری آنزیم هم میخوایم که رونوشت های بیانه رو به هم دیگه متصل کنن یعنی تشکیل پیوند فسفودی استر. **نکته مهم** بچه ها توجه داشته باشید که اینترون و اکزون مخصوص DNA هستش و ما این ها رو در RNA نداریم بلکه رونوشت اون ها رو در RNA داریم. جنس اکزون و اینترون از چیه؟ از دئوکسی ریبونوکلئوتید! پس فاقد یوراسیل و ریبوز هستن. رونوشت شون چی؟ از جنس ریبونوکلئوتید هستند و فاقد دئوکسی ریبوز و تیمین هستند.

چراسترون باشه

اکزون ها یا بیانیه ها توالی هایی از ژن هستند که اطلاعات ذخیره شده درون شون برای تولید پلی پپتید ضروری هستش و اگر نباشن پلی پپتید مورد نظر تولید نمیشه. اینترون ها یا میانه ها هم توالی های معینی از ژن هستند که اطلاعات ذخیره شده در اون ها برای تولید پروتئین نیاز نیست. خب به چه دردی می خورن؟ بچه ها تو بیشتر بدانید کتاب درسی تون در رابطه با این موضوع به سری چیزا گفته حتمن بخونید تا ذهنتون درگیر نشه.



نکته مهم ژن ها دو جورن: به سریا شون علاوه بر توالی های اکزون، دارای توالی های اینترون هم هستند و به سریا شون کلن فاقد اینترون اند! یعنی فقط از اکزون تشکیل شدن. اونایی که فاقد اینترون می باشند نیازن به عمل پیرایش ندارن! پس بخاطر همین کتاب درسی گفته که در بعضی از (و نه همه!) ژن ها، توالی های معینی از رنای ساخته شده حذف می شوند.

نکته مهم بچه ها همونطور که تو شکل ۵۸ کتاب درسی تون مشخصه در یک ژن دارای اینترون، ممکنه تعداد الئون ها یکی بیشتر از تعداد اینترون ها باشه! پس در یک ژن الئون اینترون داشته باشیم، می توانیم $5n+1$ داشته باشیم! البته ممکنه تعدادشون هم برابر باشه.

حواستون باشه!

حتمن خیلی هاتون می گید که تو شکل ۴ کتاب درسی به یک تعداد اینترون و اگرزون داریم! رفقا توجه داشته باشید که این شکل داره بخشی از یک ژن رو نشون میده و نه کل ژن رو!

نکته مهم همونطور که تو شکل های ۵۷ و ۵۸ کتاب درسی تون مشخصه، الئون ها و اینترون ها از نظر اندازه لزومن برابر نیستند. پس اینترون ها و الئون ها از نظر اندازه و تعداد نوکلئوتید، پیوند هیدروژنی، پیوند فسفودی استرو غیره باهم فرق دارن. در ضمن در ساختار یک ژن حاوی اینترون، الئون ها و اینترون ها به صورت یکی در میان قرار گرفتن.

نکته مهم در فرایند کوتاه شدن رنای یک و حذف رونوشت اینترون ها (پیرایش)، در ازای حذف هر یک عدد رونوشت اینترون، دو عدد پیوند فسفودی استر شکسته شده و به دنبال اون دو عدد مولکول آب مصرف میشه و برای اتصال دوتا رونوشت الئون به هم، یک عدد پیوند فسفودی استر تشکیل و یک عدد مولکول آب آزاد میشه!

نکته مهم همه اینترون ها یکی ژن رونویسی می شوند اما رونوشت هیچکدام ترجمه نمی شود چون در RNA بالغ حضور ندارند. راستی اینترون ها حذف نمیشن بلکه رونوشت اینترون ها حذف میشه.

نکته مهم از اونجایی که تو mRNA همه کدون ها و نوکلئوتید ها ترجمه نمیشن (مثل کدون پایان ترجمه همیشه کدون های UAA، UAG و UGA کدون های پایان هستن!) بلکه بیشترشون ترجمه میشن، می توان گفت که همه الئون ها یکی ژن رونویسی می شوند اما بیشتر (نه همه!) رونوشت الئون هاش ترجمه خواهند شد!

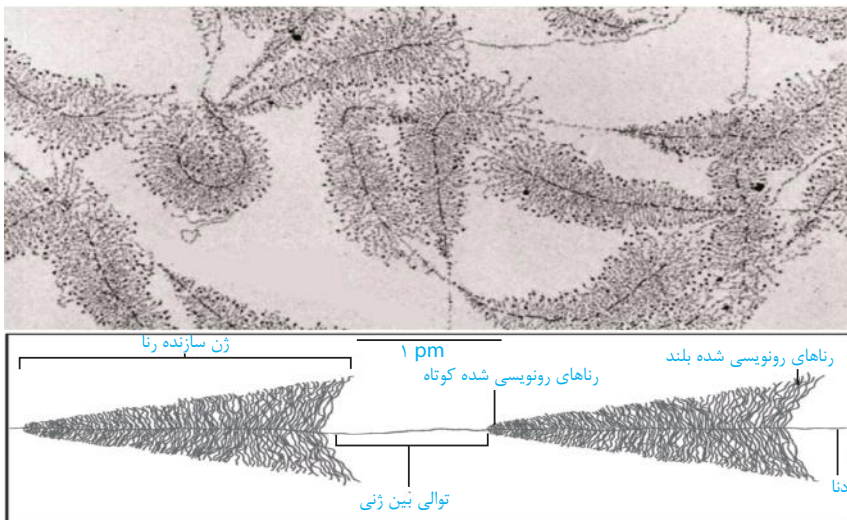
نکته مهم بچه ها آخرین چیزی که در رونویسی، رونویسی می شود چیه؟ توالی پایان رونویسی! گفتیم که همواره ابتدا و انتهای یک رنای یک بالغ رونوشت الئون است. پس می توانیم بگوییم توالی پایان رونویسی جزئی از الئون می باشد و نه اینترون!

نکته مهم تو فصل ۷ کتاب دوازدهم می خونید آنزیمی که پیوند فسفودی استر بین ریبونوکلوئوتید های الئون ها رو ایجاد می کنه، آنزیمی هستش به اسم لیگاز آنزیم لیگاز کارش ایجاد پیوند فسفودی استرو و اتصال قطعات DNA به هم می باشد. پس آنزیمی که رونوشت های الئون رو به هم می چسبونه به چیزی تو مایه های لیگازه! (صرفن جبهه اطلاع: واقعن هم همین لیگاز این کار رو انجام میده).

نکته مهم از اونجایی که تو یاخته های یوکاریوتی محل بلوغ mRNA نابالغ (Precursor mRNA) داخل هسته هستش و رونوشت اینترون ها داخل هسته از mRNA حذف میشن، می توان گفت که در سیتوپلاسم رونوشت اینترون ها و خود اینترون ها را نمی توانیم پیدا کنیم! الئون ها خودشون در هسته قرار دارن اما رونوشت اون ها رو هم تو هسته می توانیم پیدا کنیم و هم تو سیتوپلاسم یاخته!

در سنامه (۵)

شدت و میزان رونویسی



بچه ها میزان رونویسی از روی ژن های مختلف با هم فرق داره! مثلاً یه سری از ژن ها هستن که مدام دارن رونویسی میشن اما یه سری از ژن ها هم هستن که سالی یه بار! اونم چی بشه! از روشن رونویسی میشه. خب چرا یه ژن خیلی رونویسی میشه؟ مشخصه که یاخته لنگ محصول و فرآورده حاصل از رونویسی اون ژن مورد نظر هستش دیگه درسته؟ بچه ها در واقع میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فرآورده های آن بستگی داره. بعضی از ژن ها، زیاد مورد استفاده قرار می گیرن و بعضی دیگه از ژن ها اصلن مورد استفاده قرار نمی گیرن و یا

کم مورد استفاده قرار می گیرن. مثلاً یه سری ژن ها هستن تحت عنوان ژن های سازنده رنای ریبوزومی، این ژن ها تو یاخته هایی که تازه تقسیم شدن، خیلی فعالن، چرا؟ چون یاخته هایی که تازه تقسیم شدن نیاز به پروتئین سازی زیادی دارن. پروتئین ها توسط کارخانه های پروتئین سازی یعنی رناتن ها تولید میشن، خب این رناتن ها یه بخش شون tRNA ها هستن دیگه درسته؟ پس رونویسی از روی ژن های رمز کننده این نوع tRNA ها داخل

این یاخته‌ها افزایش پیدا می‌کنه. خب حالا سوال اینجاست که یاخته چجوری سرعت عمل خودش رو در رونویسی از روی یک ژن افزایش میده؟ بذارید یه مثال دیگه بزنم تا بفهمید داستان از چه قراره. بچه‌ها یاخته پادتن‌ساز رو یادتونه؟ تو فصل ۵ یازدهم باهاش آشنا شدید. همون که میومد پادتن تولید می‌کرد. این یاخته چی تولید می‌کنه؟ پادتن درسته؟ پادتن از جنس چیه؟ از جنس پروتئین هستش. تولید می‌کنه؟ اگر خاطر تون باشه حجم زیادی پادتن رو تولید و ترشح می‌کرد تا با میکروب‌ها به طور موثری مبارزه بشه. خب برای اینکه مقدار زیادی پادتن اونم تو کمترین زمان تولید بشه، نیازه چندین بار از روی ژن رمزکننده پادتن رونویسی انجام بشه تا چندین رنای پیک تولید و به صورت هم‌زمان چندین عدد پادتن در ریبوزوم‌ها تولید بشه. برای تولید چندین رنا از روی یک ژن خاص اینطور نیست که RNA پلی‌مراز بیاد و از روی اون ژن خاص رونویسی کنه و بعد از اینکه تموم شد دوباره از نو شروع کنه. اینجوری کلی وقت یاخته تلف میشه و اون موقع کیک و کلوچه‌ش رو خوردن تموم شده رفته پی کارش! داستان از این قراره که وقتی یه دونه آنزیم RNA پلی‌مراز میره می‌شیننه روی راه انداز و بعد شروع می‌کنه به رونویسی، همین که یه کوچولو روی ژن ویراژ داد و به اصطلاح راه افتاد، آنزیم RNA پلی‌مراز بعدی روی راه انداز فرود میاد و همینطور RNA پلی‌مرازها پشت سر هم میان و روی راه انداز فرود میان و هر کدام جداگانه واسه خودشون رونویسی رو شروع می‌کنن. یعنی در یک زمان، در یک لحظه، در یک آن! روی ژن مورد نظر (توی مثالی که زدیم میشه ژن رمزکننده پادتن) تعداد زیادی آنزیم RNA پلی‌مراز می‌بینیم که در حال رونویسی از روی این ژن هستن و هر کدام برای خودش داره رونویسی می‌کنه و رنا می‌سازه. اینجوری میشه که خیلی سریع کلی رنا تولید میشه و اینجوری در مدت زمان کم مقدار زیادی از محصول نهایی ژن رو خواهیم داشت. حالا اگه زیر میکروسکوپ این صحنه رو بشینیم نگاه کنیم، یه منظره‌ای شبیه به پر می‌بینیم. کدوم صحنه منظوره؟ همین که چندین رنابسپاراز به صورت هم‌زمان در حال رونویسی از روی یک ژن خاص هستن. پر رو تجسم کنید، یه قسمت افقی داره که از این قسمت تعداد زیادی زائده به خارج بیرون زده (به صورت عمودی). بچه‌ها شکلاشون رو مقایسه کنید، می‌بینید چقد شبیه به هم هستن؟ خب حالا چرا اینجوریه؟ رفقا اون خط وسطیه همون ژن مورد نظری هست که داره توسط تعداد زیادی رنابسپاراز رونویسی میشه. اون خطوط عمودی هم در واقع رناها هستن که در حال تولید شدن هستن. چرا طول رناها با هم فرق داره؟ با توجه به اینکه در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستن، طول رناهای در حال ساخت هر کدام متفاوت با دیگری خواهد بود و برای همین در زیر میکروسکوپ الکترونی یک ساختار پرمانند را مشاهده می‌کنیم.

نکته مهم همونطور که توشکل کتاب درسی هم مشخصه، طول RNAهای در حال ساخت هم انداز نیستند. RNA پلی‌مراز که زودتر از بقیه، فرآیند رونویسی رو شروع کرده، به انتهای ژن (یعنی جایگاه پایان رونویسی) نزدیک تر بوده و در نتیجه طول RNA ای که توسط این رنابسپاراز در حال ساخت هستش، بلندتره. در مقابل، RNA پلی‌مراز که دیرتر از بقیه (آخر از همه) رونویسی رو شروع کرده، به ابتدای ژن (یعنی توالی راه انداز) نزدیکتره، در نتیجه RNA ای که توسط این آنزیم در حال ساخت هستش، کوتاهتره.

حواستون باشه

پس بچه‌ها هر چقدر از ابتدای ژن به انتهای ژن بریم، طول RNAهای در حال ساخت افزایش پیدا می‌کنه. پس جهت رونویسی ژن از سمت RNAهای کوتاه‌تر به سمت RNAهای بلندتره. تو شکل کتاب درسی جهت رونویسی از چپ به راست هستش.

نکته مهم جایگاه پایان رونویسی به RNAهای بلندتر نزدیک‌تره و توالی راه انداز هم به RNAهای کوتاه‌تر نزدیک‌تره.

نکته مهم تو ساختار پرمانند یک خط افقی داریم که این خط افقی همون مولکول DNA هستش پس از جنس دئوکسی ریبونوکلوئیدیه و توش نی‌تونیم قند ریبوز و باز آلای یوراسیل رو پیدا کنیم. به غیر این خط، یه سری خطوط عرضی (عمود) هم می‌بینیم. این خطوط در واقع همون RNAهای هستن که در حال ساخته شدن از روی این ژن خاص می‌باشن. پس تو این خطوط قند دئوکسی ریبوز و باز آلای T رونی‌تونیم پیدا کنیم.

نکته مهم از روی یک نوع ژن فقط یک نوع آنزیم رنابسپاراز خاص رونویسی می‌کنه، درسته؟ پس در یک ساختار پرمانند همه رنابسپارازها از یک نوع‌اند. مثلاً اگر ژن مورد نظر مربوط به ژن یه نوع پروتئین یوکاریوتی باشه، RNAهای در حال ساخت هکلی از نوع mRNA هستن که هکلی توسط آنزیم RNA پلی‌مراز ۲ ساخته می‌شوند. پس تو این ساختار (پرمانند) همه رناها از یک نوع‌اند. مثلاً هکلی رنای پیک‌اند و یا هکلی رنای ناقل می‌باشند و یا هکلی رنای ریبوزومی‌اند.

نکته مهم این ژنایی که توشکل کتاب درسی نشون داده شدن، ما نمی‌دونیم ژن‌های رمزکننده چی هستن. این ژن‌ها می‌تونن ژن هر چیزی باشن. پس اینکه بگیم این RNAها پس از رونویسی حتمن برای ترجمه به ریبوزوم‌ها ارسال می‌شوند غلطه. چون ممکنه این ژن‌ها، مثلاً ژن رمزکننده tRNA باشن و یا ژن رمزکننده rRNA باشن! همونطور که می‌دونید این نوع رناها ترجمه نمی‌شوند.

نکته مهم کتاب درسی میگه در یاخته‌های تازه تقسیم شده رونویسی از روی ژن رمزکننده رنای رناتی بالاست! خب یاخته‌های تازه تقسیم شده مثل کیا؟ مثل یاخته‌های حاصل از تقسیم یاخته‌های بنیادی، یاخته‌های حاصل از تقسیم زگلوکوت (مورولا و بلاستوسیسست و غیره). مورد بعدی اینکه کی ژن رمزکننده رنای رناتی رو رونویسی می‌کنه؟ آنزیم رنابسپاراز نوع ۳ در یوکاریوت‌ها، درسته؟ پس فعالیت این آنزیم توی این یاخته‌ها به شدت بالاست. به تعداد زیادی هم از این آنزیم‌ها نیاز داریم.

نکته مهم تو فصل ۶ کتاب دهم می خونید که کوچیکه های خونی قرمز نابالغ (هسته دار)، هسته خودشون رواز دست میدن و مقدار زیادی هموگلوبین فضای درون سیتوپلاسم رو پر می کنه. پس در این یاخته ها به مقدار زیادی از رز (رنگ کننده پروتئین های هموگلوبین عمل رونویسی انجام میشه. کی این کار رو انجام میدن؟ رنابسپاراز نوع ۲.

نکته مهم به شکل ۱ کتاب درسی تون نگاه کنید، به بخشی تحت عنوان توالی بین ژن بین دو تارن وجود داره. این توالی ها در واقع جزئی از ژن نیستند و این که کارشون چیه ما ربطی نداره. فقط بدونید از رز این بخش ها رونویسی انجام نمیشه.

نکته مهم تو فصل بعدی (فصل ۳ کتاب دوازدهم) می خونید که گروهی از ژن ها دارای رابطه باز و ضغنگی می باشند. مثلاً آلل D بارز است و آلل d ضغقه می باشد. آلل عبارت است از ژن هایی که شکل های مختلف یک صفت را بروز می دهند. رونویسی ژن های بارز بیشتر از رونویسی ژن های ضغقه می باشد.

در سنامه (۶)

تفاوت ها و شباهت های رونویسی و همانندسازی

اساس رونویسی شباهت زیادی با همانندسازی دارد. با اینحال یکسری تفاوت ها هم بین این دو فرآیند وجود دارد. قبل از اینکه تفاوت ها و شباهت های این دو فرآیند را بخوانید، به تصاویر هر دو فرآیند در کتاب درسی خود نگاه کنید.

● شباهت ها و تفاوت های آن ها به صورت زیر است:

- طبق اطلاعات کتاب درسی فرآیند همانندسازی توسط چند نوع آنزیم انجام می شود که دوتا از آنها دنابسپاراز و هلیکاز است رونویسی هم توسط انواعی از آنزیم ها صورت می پذیرد و آن رنابسپاراز می باشد. اما خود رنابسپارازها انواع مختلفی دارند.
- در همانندسازی هر دو تا رشته DNA به عنوان رشته الگو استفاده می شوند اما در رونویسی فقط یکی از رشته ها به عنوان رشته الگو مورد استفاده قرار می گیرد.
- فرآیند همانندسازی در پروکاریوت ها از یک نقطه به اسم نقطه آغاز همانندسازی شروع می شود و در یک نقطه به اسم نقطه پایان همانندسازی تمام می شود. در یوکاریوت ها و در یک DNA خطی همانندسازی از چندین جا شروع و در چندین جا تمام می شود. در رونویسی فقط و فقط یک عدد نقطه آغاز رونویسی برای هر ژن و یک عدد جایگاه پایان رونویسی داریم.
- جایگاه پایان همانندسازی همانند جایگاه پایان رونویسی یک توالی نوکلئوتیدی می باشد. در همانندسازی دو رشته جایگاه پایان از هم باز می شوند. در رونویسی هم دو رشته جایگاه پایان رونویسی از هم باز می شوند.
- در فرآیند همانندسازی تمام طول مولکول DNA همانندسازی میشه اما در رونویسی فقط بخشی از مولکول DNA رونویسی میشه (یک ژن خاص!)
- هم در همانندسازی و هم در رونویسی قانون جفت شدن بازها حاکم است!
- در همانندسازی اونی که باعث شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی می شود هلیکاز است اما در رونویسی RNA پلی مرز این کار را خودش انجام می دهد.
- در رونویسی همانند همانندسازی پیوندهای هیدروژنی هم شکسته می شوند و هم تولید می شوند. اما پیوند فسفودی استر در رونویسی فقط تشکیل می شود و در همانندسازی هم تشکیل می شود و هم ممکن است شکسته شود (حین عمل ویرایش)
- رونویسی همانند همانندسازی در یوکاریوتی در سیتوپلاسم انجام می شود اما در یاخته های یوکاریوت، هر دو فرآیند هم در سیتوپلاسم و هم در هسته انجام می شود.
- محصول همانندسازی، دئوکسی ریبونوکلئیک اسید می باشد اما محصول رونویسی، ریبونوکلئیک اسید است. محصول هر دو نوعی پلی مر است.
- در هر دو فرآیند حباب تشکیل می شود. در همانندسازی DNA خطی چندین حباب همانندسازی و در همانندسازی DNA حلقوی یک عدد حباب همانندسازی تشکیل می شود. در رونویسی هر ژن بین یک تا چندین حباب ممکن است تشکیل شود.
- در همانندسازی جهت همانندسازی در همه DNA های خطی و در بیشتر DNA های حلقوی دو جهته می باشد (در برخی از دناهای حلقوی تک جهته است). در فرآیند رونویسی جهت رونویسی تمامی ژن ها در تمامی دناها در یک جهت است.
- در رونویسی عمل ویرایش نداریم اما در همانندسازی داریم. عمل ویرایش توسط آنزیم DNA پلی مرز انجام می شود.
- در فرآیند رونویسی فقط بخشی از پیوندهای هیدروژنی مولکول DNA شکسته می شود (پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای ژن) اما در همانندسازی پیوند هیدروژنی بین تمام نوکلئوتیدهای مولکول DNA شکسته می شود.
- نوکلئوتیدهای مورد استفاده در همانندسازی از نوع دئوکسی ریبونوکلئوتید می باشند اما نوکلئوتیدهای مورد استفاده در رونویسی از نوع

ریبونوکلئوتید هستند.

۱۶ هر دو فرآیند انرژی‌خواه هستند و آنزیم‌هایشان با مصرف ATP فعالیت می‌کنند. در هر دو فرآیند همانندسازی و رونویسی مولکول‌های آب تولید می‌شود. البته در همانندسازی به دلیل عمل ویرایش که نوعی هیدرولیز محسوب می‌شود، ممکن است مولکول آب مصرف شود.

۱۷ بعد از اتمام همانندسازی دو تا رشته الگو برای همیشه از هم جدا می‌شوند و بین‌شان پیوند هیدروژنی برقرار نمی‌شود اما در رونویسی بعد از اتمام فرآیند، پیوند هیدروژنی بین دو رشته DNA مجدداً برقرار می‌شود.

۱۸ برخلاف همانندسازی که در چرخه یاخته‌ای یکبار انجام می‌شود، رونویسی از روی یک ژن می‌تواند بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود.

۱۹ در رونویسی انواعی از رناها ساخته می‌شود اما در همانندسازی همواره یک نوع DNA تولید می‌شود که در صورت عدم وقوع جهش (تغییر در ساختار دنا) کاملن مشابه DNA مادری است.

۲۰ در یوکاریوت‌ها، بسیاری از رشته‌های رنا حاصل از رونویسی دستخوش تغییراتی می‌شوند، یکی از این تغییرات حذف رونوشت‌های میانه (اینترون) از رشته رنا پیک اولیه است (پیرایش). یکی دیگر از تغییرات تاخوردگی مجدد ساختار تاخوردگی اولیه رنا ناقل است که موجب فعال شدن آن می‌شود.

همه این چیزایی که گفتیم رو در قالب جدول صغفه بعد براتون آوردم و مقایسه کردم. برید هالشو ببیرید و واسه بچه ملاتون تعریف کنید. ☺

مورد مقایسه	فرآیند همانندسازی	فرآیند رونویسی
محل انجام آن در	- یوکاریوت‌ها: هسته، میتوکندری و کلروپلاست - پروکاریوت‌ها: سیتوپلاسم	- یوکاریوت‌ها: هسته، میتوکندری و کلروپلاست - پروکاریوت‌ها: سیتوپلاسم
آنزیم‌های دخیل	چندین نوع، مثل هلیکاز و DNA پلی‌مراز	RNA پلی‌مراز
شکسته شدن پیوند هیدروژنی توسط	هلیکاز	RNA پلی‌مراز
تشکیل پیوند هیدروژنی توسط	فود به فود (بین دو رشته DNA)	فود به فود (بین رنا در حال سافت و رشته الگو DNA)
شکسته شدن پیوند فسفودی‌استر توسط	آنزیم DNA پلی‌مراز در عمل ویرایش	مگه داریم؟ (ناریم عشقم!)
تشکیل پیوند فسفودی‌استر توسط	DNA پلی‌مراز	RNA پلی‌مراز
تعداد رشته الگو	هر دو رشته DNA	یکی از رشته‌های مولکول DNA
ماده مصرفی اصلی	دئوکسی ریبونوکلئوتید	ریبونوکلئوتید
ماده تولیدی اصلی	دئوکسی ریبونوکلئیک اسید (دو رشته‌ای)	ریبونوکلئیک اسید (تک رشته‌ای)
وجود پیوند هیدروژنی در محصول	قطع پیوند هیدروژنی دارا	ممکن است پیوند هیدروژنی داشته باشد! ممکن است نداشته باشد!
محل فعالیت محصول	- در یوکاریوت‌ها: هسته - در پروکاریوت‌ها: سیتوپلاسم	- در یوکاریوت‌ها: سیتوپلاسم - در پروکاریوت‌ها: سیتوپلاسم
جهت انجام فرآیند	معمولاً ۵' به ۳'	همواره ۵' به ۳'
نیمه حفاظت شده	می‌باشد.	نمی‌باشد.
عمل ویرایشی	انجام می‌شود.	انجام نمی‌شود.
مولکول آب توسط آنزیم پلی‌مراز دخیل در آن	هم تولید می‌شود و هم می‌تواند مصرف شود.	فقط تولید می‌شود.
نوع فرآیند از نظر انرژی	سنتز آبرهی - انرژی فواید	سنتز آبرهی - انرژی فواید
پیروی از قوانین جفت شدن	بله!	بله!
نوکلئوتیدی که استفاده نمی‌شود؟	نوکلئوتید یوراسیل دار	نوکلئوتید تیمین دار
نقاط یا توالی‌های آغاز و پایان فرآیند روی DNA	- در یوکاریوت‌ها: چندین نقطه - در پروکاریوت‌ها: یک نقطه	۱ نقطه آغاز و ۱ نقطه پایان به ازاء هر ژن (البته در یوکاریوت‌ها)
چه مقدار از مولکول DNA به عنوان الگو؟	تمام مولکول DNA	بخش کوچکی از مولکول DNA آن هم فقط یک رشته