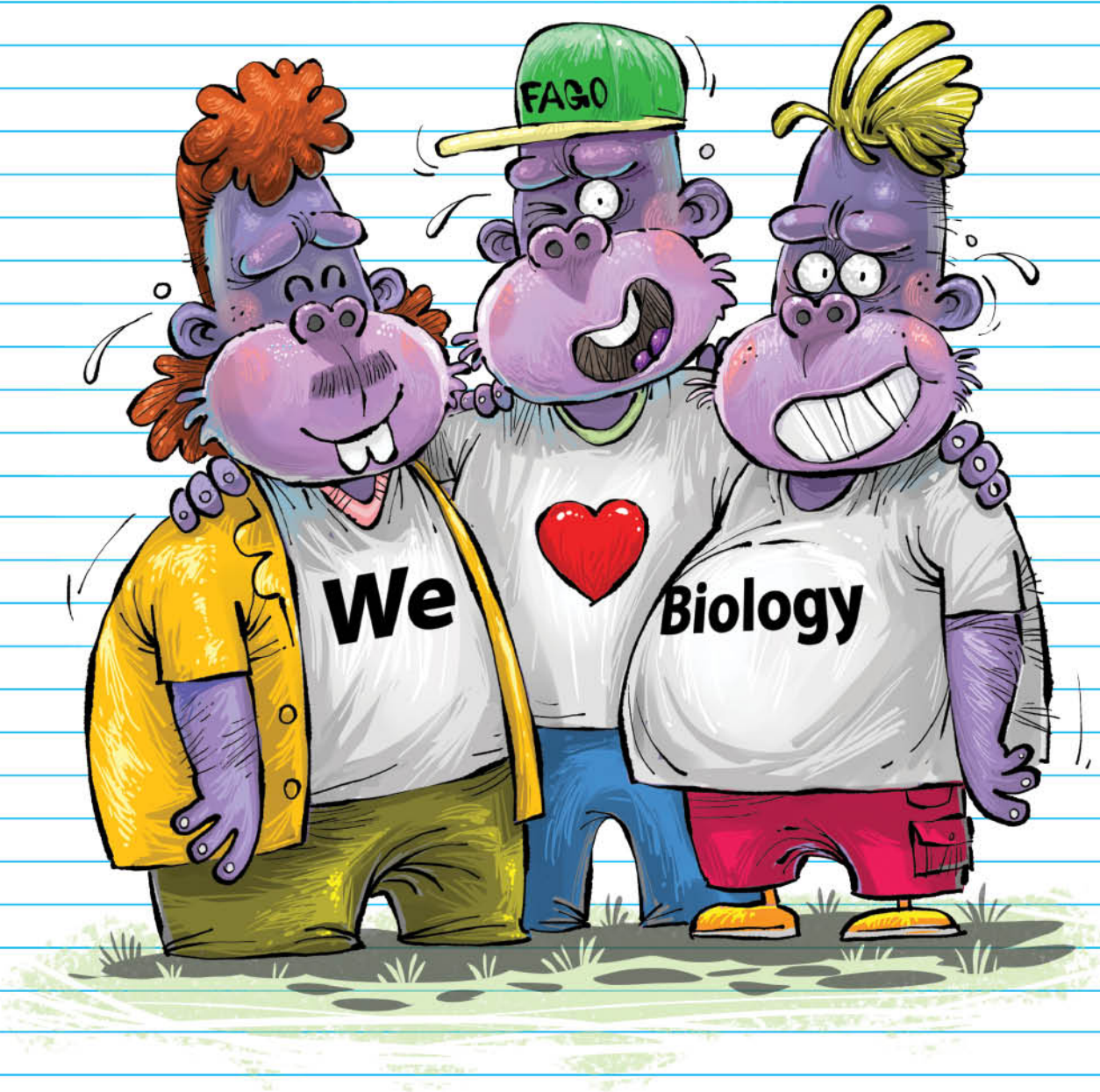


# فصل ۲

## چربان اطلاعات دریاخته



# گفتار اول

## ارو نویسی ۱

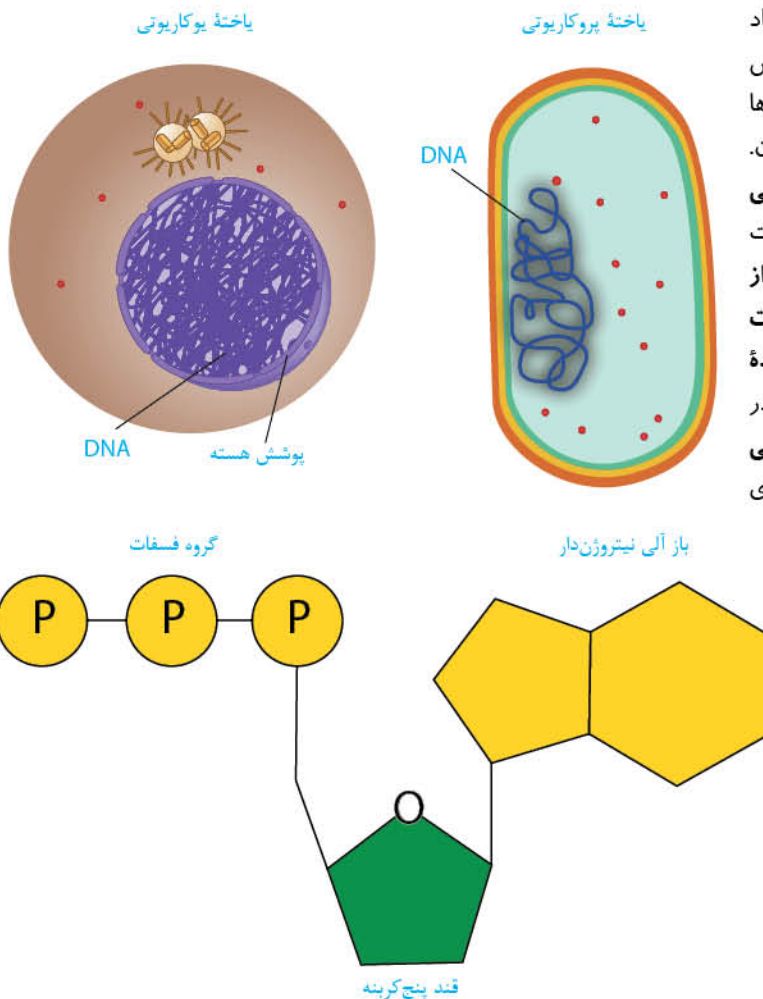
آقا قبلی پاکریم! سلام، هالتون پطوره بپه‌ها؟ همه چی رو به راهه؟ شروع کردید به درس فوندرن و دارید می‌ترکونید دیگه؟ هراقل کمکی که من می‌تونم بکنم اینه که پوری بهتون مطالب رو آموزش بدم تا بنزیر پیش و پال زیست کنکور و در بیارید! مطالب این فصل رو که یکی از مهم‌ترین فصل‌های زیست دوازدهم پوری آموزش دارم که تستاشو سر جلسه کنکور تیکه پاره می‌کنید. مثل همیشه لازمه یادآوری کنم که به سری از مباحث این فصل رو تدریس کردم براتون، از کجا بفهمیم کدوم مباحث؟ کنارشون آیکون فیلم قرار داره. انتهای هر گفتار به سری بارکد گذاشتیم، زیر بارکدها نوشته شده که مربوط به چه موضوعیه. کافیه بارکد مورد نظرت رو اسکن کنی با گوشیت، بهت به لینک میره که با کلیک روی اون می‌تونی فیلم مربوطه رو ببینی. نرم‌افزار بارکد فوان هم توی اپلیکیشن بازار و آپ استور و غیره وجود داره. توصیه می‌کنم هر مبحثی که فیلم داشت، اول فیلمش رو دانلود کنید، ببینید و بعد اون مطلب رو بفونید. آقا من رفتم که شروع کنم...

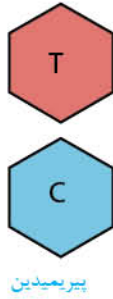
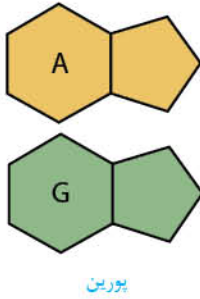
درسنامه (۱)

رمزهای وراثتی و کم‌خونی داسی‌شکل

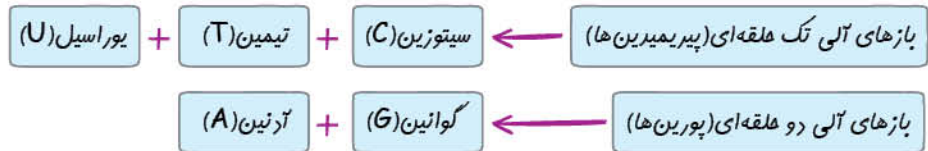
### یادآوری از قبل

برای اینکه این فصل جگر و بد بدن رو مثل آب خوردن یاد بگیرید نیازه که به سری چیزمیز رو به شما یادآوری کنم. پس خواهش غر نکنید. تو فصل قبل خوندم که داخل یاخته‌ها به ماده‌ای هست به اسم DNA یا همون دنای خودمون. DNA چی بود؟ بچه‌ها DNA مخفف واژه دئوکسی ریبونوکلیک‌اسید هستش و حاوی دستورات عمل‌هایی است که این دستورات عمل‌ها 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 خاطر تون مونده باشه خوندم که هر نوکلئوتید سه تا بخش داره که عبارتند از:

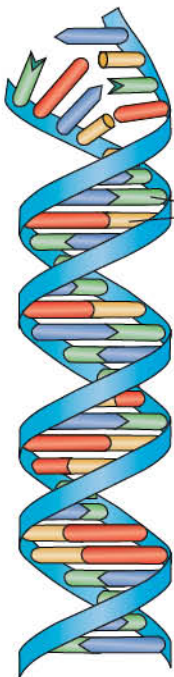




۱ **قند پنج کربنه (پنتوز):** قند به کار رفته در ساختار نوکلئوتیدهای سازنده DNA از نوع **دئوکسی ریبوز** هستند و قند به کار رفته در ساختار نوکلئوتیدهای سازنده RNA از نوع **ریبوز** است.  
 ۲ **باز آلی نیتروژن دار:** بازهای آلی نیتروژن دار مولکولهایی هستند که ساختار **حلقه‌ای** دارند! حالا یک سری هاشون **تک حلقه‌ای** هستند و به سری دیگه هم **دو حلقه‌ای**! بچه‌ها به بازهای آلی تک حلقه‌ای 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** می‌باشند. اگه بخوام خلاصه چیزایی که گفتیم رو نشون بدم اینجوری میشه:



واسه این که راحت تر حفظ کنید، اگه هر حرف اول پیریمیدین‌ها رو بزاری کنار هم میشه **CUT** یا همون **سوت**! وقتی تو کوفه تک و تنها قدم میزنی پیکار می‌کنی؟ **سوت میزنی!** بقیه بازهای آلی هم میشن **بزه پورین‌ها**. همه بازهای آلی که اسم بردم 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 اگه بخوام انواع نوکلئوتیدها رو از نظر باز آلی و نوع قند تقسیم‌بندی کنم اینجوری میشه:



**A** آدنین  
**T** تیمین  
**G** گوانین  
**C** سیتوزین  
**U** یوراسیل

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 ریبونوکلئوتیدها به هم مولکول DNA ساخته میشه و از اتصال ریبونوکلئوتیدها 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). RNAها از یک رشته پلی‌نوکلئوتیدی و DNAها از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده‌اند. در ساختار DNAها دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی توسط پیوندهای هیدروژنی که بین نوکلئوتیدهایی که روبه‌روی هم قرار دارند، نگه داشته شده‌اند. رفقاً لطفن همین الان بربر از فصل اول دوازدهم بخش‌های مربوط به «رنا و انواع آن» و «ژن پیست» رو مطالعه کنید. کلن دو صفحه نمیشه. این مطالب پیش‌نیاز این فصله. چون فرودین بفون! چون گوریل بفون!

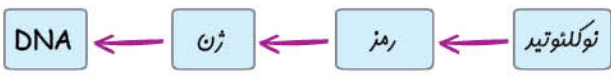
**رمزهای وراثتی**

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

رمز گذاری شده. به سری دستورالعمل‌ها وجود دارد 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 رمز گذاری شده! به این زبان می‌گن زبان نوکلئیک‌اسیدی! یعنی چی بچه‌ها؟ یعنی اینکه وقتی هر کدوم از این نوکلئوتیدها پشت سر هم قرار می‌گیرن به معنی خاصی رو میدن! به رمز خاصی هستن! اجازه بدین به 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:

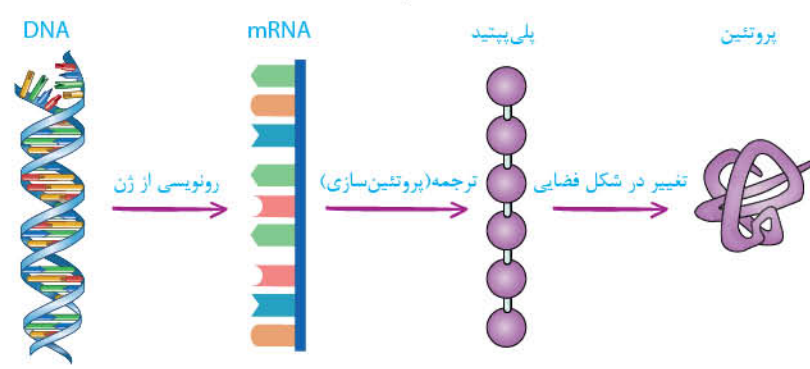


همونطور که دیدید، از حرف به کلمه رسیدیم و بعدش جمله و این جمله‌ها کنار هم قرار گرفتن و یک کتاب به اسم فاگوزیست ایجاد شد تا شما زیست شناسی کنکور رو تیکه‌پاره کنید و ۱۰۰ بزیند! حالا اگه من بخوام زبان نوکلئیک‌اسیدی رو با توجه به مثال بالا تعریف کنم اینجوری میشه که هر کدوم از نوکلئوتیدها حکم یک حرف رو دارن (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 به سوال دارم ازتون، 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 مون 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 هستن، گروه‌های فسفات‌شون هم همینطور و تنها چیزی که باعث افتراق‌شون میشه بازهای آلی هستنند و بازهای آلی به کار رفته در DNA شامل سیتوزین، گوانین، تیمین و آدنین هستن. بازهای آلی به کار رفته در RNA هم شامل بازهای آلی سیتوزین، گوانین، آدنین و یوراسیل هستن. چند جور آمینواسید داریم؟ تو فصل قبل خوندید که انواع مختلفی از آمینواسیدهارو 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 هستن. الان می‌خوایم بدونیم رمزهای ذخیره شده در DNA چند حرفی هستن؟ 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 هستن بلکه زیادم هست!
- 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 هستن. یعنی رمزهای DNA سه حرفی هستن. رفقا به توالی‌های ۳ تایی نوکلئوتیدها در ساختار DNAها می‌گن رمز. هر رمز یک معنی خاصی میده. مثلن توالی CTT به معنی آمینواسید گلوتامیک‌اسید و توالی CAT به معنی آمینواسید والین هستن. (صرفن بهت اطلاع، رمز مهموعه نشانه‌هایی است که برای ژنیریه یا انتقال اطلاعات استفاده می‌شور.) 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 تایی باقی‌مونده هم رمزهایی هستن که معنی آمینواسیدهای خاصی رو نمیدن ولی در روند ترجمه به کار میان که تو درسنامه‌های بعدی با اون‌ها آشنا تون می‌کنم.



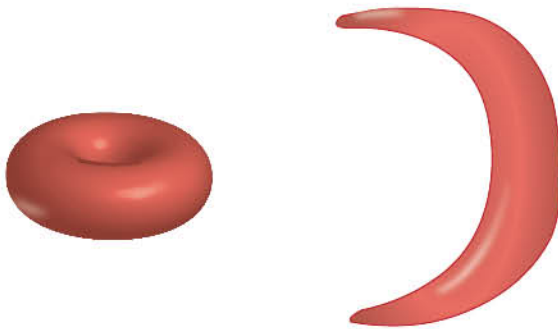
**نکته مهم** با توجه به تعداد رمزها (۶۴ تا) و انواع آمینواسیدها (۲۰ نوع هستن) می‌تونیم بفهمیم که:

- گروهی از آمینواسیدها فقط و فقط یک رمز دارن، 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 می بینید آمینواسید فنیل آلانین دو تا رمز داره. (نیاز نیست حفظ باشید که فنیل آلانین چندتا رمز داره)

● همه رمزا به معنی آمینواسید نیستند بلکه سه تا از رمزا هیچ معنی ندارند و بخشون میگن رمزهای بی معنی چون آمینواسید خاصی رو رمز نمی کنن. فرض کن ۶۱ عدد کلوپه داریم و می شویم این کلوپه ها 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. مثلاً ممکنه به یکی ۳ تا کلوپه برسه. آمینواسیدها هم داستان شون همین مرلیه. فاطر تون هست تو فصل قبل فونریم که در طبیعت انواعی از آمینواسیدها رو داریم اما فقط ۲۰ نوع اون در سافتار یافته ها و برن پانداران 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؟

### کم خونی داسی شکل



گویچه قرمز نرمال

گویچه قرمز داسی شکل

بچه ها کلن به کاهش تعداد گویچه های قرمز و نیز کاهش مقدار هموگلوبین داخل گویچه های خونی قرمز میگن کم خونی. بیماری کم خونی شکل های مختلفی داره و همچنین به دلایل مختلفی می تونه بروز پیدا کنه. مثلن یکی از انواع کم خونی ها، کم خونی داسی شکل (Sickle cell anemia) هستش. این بیماری، به جور بیماری ارثیه که علت بروز اون نوعی تغییر ژنی هستش. در واقع در کم خونی داسی شکل یکی از ژن هایی که یکی از زنجیره های پلی پپتیدی هموگلوبین رو رمز می کنه، دچار جهش شده! یعنی نقشه ساخت این زنجیره مخدوش شده. خب ژن رمز کننده کدوم زنجیره؟ تو فصل چهار کتاب دوازدهم می خونید که ژن رمز کننده یکی از زنجیره های بتای هموگلوبین دچار یک 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. رفقاً همین تغییر جزئی و تغییر در نقشه ساخت یکی از زنجیره های بتای هموگلوبین، منجر به تولید زنجیره های پلی پپتیدی غیر نرمال میشه و به دنبال اون هموگلوبین های غیر نرمال تولید میشن. تغییر هموگلوبین های گویچه قرمز باعث میشه گویچه قرمز از حالت دیسک مقعرالطرفین به حالت داسی شکل در بیاید و به اصطلاح دفرمه میشه! چون گویچه های قرمز شبیه به داس هستن، بهشون میگن گویچه های قرمز داسی شکل.

**نکته مهم** این بیماری (کم خونی 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 رابطه ای وجود داره. اون چیه؟ اینه که پروتئین ها از روی ژن ها ساخته می شون.

**نکته مهم** تو فصل قبل و همینطور کتاب دهم خونید هموگلوبین (نوعی زنگنه قرمز) یک ساختار پروتئینی هستش با ۲ تا زنجیره پلی پپتیدی که دو به دو به هم شبیه هستن به این صورت که دو تا زنجیره آلفا داره و دو تا هم زنجیره بتا. به هر کدوم از این زنجیره ها یک بخش غیرپروتئینی به اسم گروه هم وصل شده که در مرکز هر هم به دونه اتم آهن قرار داره. هموگلوبین ساختار خاصیش از نوع سطح چهارم بوده و کارش حمل گازهای تنفسی (اکسیژن، دی اکسید کربن و مونواکسید کربن) هستش.

رشته الگوی دنای هموگلوبین طبیعی

رشته الگوی دنای هموگلوبین جهش یافته

رنا ی بیک

هموگلوبین طبیعی

Glu

رشته الگوی دنای هموگلوبین جهش یافته

رنا ی بیک

هموگلوبین یاخته داسی شکل

val

**نکته مهم** تو فصل بعد می خونید طبق بررسی های که انجام شده متوجه شدن هموگلوبین افراد بیمار و افراد سالم فقط تو به دونه آمینواسید اونم تو یکی از زنجیره های بتا با هم فرق دارن و به جای آمینواسید گلوتامیک اسید، آمینواسیدی به اسم والین قرار گرفته. داستان چیه؟ دانشمندان اومدن ژن های مربوط به پروتئین هموگلوبین رو در افراد مبتلا به کم خونی داسی شکل و افراد سالم بررسی کردن و دیدن که در رمز مربوط به این آمینواسید (گلوتامیک اسید)، به جای نوکلئوتید آدنین دار، نوکلئوتید تیمین دار تو رشته الگوی از رشته های دنا که از روی آن عمل رونویسی صورت می گیرد قرار گرفته. توالی رمز کننده آمینواسید گلوتامیک اسید در رشته الگو، توالی CTT هستش. در افراد بیمار

این رمز دچار تغییر شده و به CAT تبدیل شده (این توالی آمینواسید والین رو رمز می‌کنه)، در نتیجه آمینواسید والین به جای گلوتامیک اسید در ساختار رشته پلی پپتیدی می‌شینن. تغییر تو همین یک آمینواسید کار رو خراب می‌کنه. در فصل قبل هم خوندم که تغییر در یک آمینواسید می‌تونه کلن شکل و ساختار و عملکرد پروتئین رو تحت تاثیر قرار بده.

**نکته مهم** جهش چی هست اصلن؟ رفقا تو فصل چهارم دوازدهم می‌خونید که به تغییر ماندگار در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی جهش گفته می‌شود و انواع مختلفی داره. داستان کم خونی داسی شکل مثالی از جهش هستش اونم از نوع جهش کوچک.

## چراستغیون باشه

جهش ایجاد در افراد مبتلا به کم خونی داسی شکل، از نوع جهش جانشینی دگر معنا هستش.

**سوال:** آقا مگه نمی‌گیم گویچه خونی قرمز هسته و دنا نداره؟ پس رو چه حساب می‌گیم توشون جهش رخ میده؟

**جواب:** رفقای نازنین من. اگر خاطرتون مونده 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 نابالغ هستن و هسته دارن. داخل این گویچه‌های قرمز هموگلوبین‌های مورد نیاز تولید میشه و چون ژن رمز کننده 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. پس داستان از این قرار بود.

**نکته مهم** تو افراد مبتلا به کم خونی داسی شکل میزان هماتوکریٹ (خون بصر) کم میشه. هماتوکریٹ چی بود؟ تو فصل ۶ کتاب دهم می‌خونید که به نسبت حجم کل یاخته‌های خونی به حجم کل خون میگن هماتوکریٹ. خب چرا کم میشه؟ گویچه‌های خونی قرمز داسی شکل نسبت به گویچه‌های خونی سالم کوچولوتر هستن و کلن حجم شون کم میشه. بخش عمده یاخته‌های خونی رو همین گویچه‌های قرمز تشکیل دادن. حجم این یاخته‌ها کم بشه در نهایت هماتوکریٹ هم کم میشه. مقدار هماتوکریٹ نرمال در افراد سالم و بالغ به طور معمول ۵۰ درصد می‌باشد. پس در این افراد کم‌تر از ۵۰ درصد حجم خون را یاخته‌های خونی به خصوص یاخته‌های خونی قرمز به خود اختصاص داده‌اند.

**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 یاخته‌های بدن نرسه و همچنین دی‌اکسیدکربن از بافت‌ها به خوبی جمع آوری نشه چه اتفاقی می‌افته؟ اکسیژن به چه کاری میاد؟ تو راکتیزه‌ها با استفاده از اکسیژن، مولکول‌های پرانرژی ATP تولید میشه. در این افراد چون اکسیژن‌رسانی به خوبی انجام نمیشه، تولید ATP هم کاهش پیدا می‌کنه. پس این افراد در طول روز انرژی کمی خواهند داشت چون اکسیژن کافی در اختیار یاخته‌هاشون نیست و به اندازه کافی آدنوزین تری فسفات نمی‌توانند بسازند.

**نکته مهم** در کم خونی‌ها از جمله کم خونی داسی شکل به دلیل اختلال در انتقال اکسیژن، ترشح هورمون اریتروپوئیتین از کلیه‌ها و کبد افزایش می‌یابد تا با اثر روی مغز استخوان‌ها تولید گویچه‌های قرمز را زیاد کند. با افزایش تعداد گویچه‌های قرمز، تعداد تالسی‌های انتقال دهنده اکسیژن (گویچه‌های قرمز) زیاد می‌شود و بدن اینجورن این نقص را سعی می‌کند جبران کند.

**نکته مهم** تو فصل ۶ کتاب دهم خواندید که در کم خونی‌ها تولید گویچه‌های خونی قرمز 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<sub>۱۲</sub>، فولیک اسید، آهن و آمینواسیدها اشاره کنیم. پس مصرف این مواد در بدن افراد مبتلا به کم خونی داسی شکل افزایش پیدا می‌کنه.

**نکته مهم** تو فصل چهارم کتاب دوازدهم می‌خونید که بیماری کم خونی داسی شکل نوعی بیماری مغلوب هستش. افراد مغلوب خالص (Hb<sup>S</sup>Hb<sup>S</sup>) معمولن در سنین پایین فوت می‌کنن. افرادی که ژنوتیپ ناخالص دارن (یعنی Hb<sup>A</sup>Hb<sup>S</sup>) فقط زمانی که اکسیژن محیط کم باشه (مثلن ارتفاعات) گویچه‌های قرمز خونی شون به شکل داسی شکل در میاد و در محیط‌های با اکسیژن نرمال، همه چی اولویه و داسی شکل نیست و مشکلی ندارن. افرادی هم که ژنوتیپ شون غالب خالص هستش (یعنی Hb<sup>A</sup>Hb<sup>A</sup>) هیچ مشکلی ندارن و سالم هستن.

حواسخون باشه

● **مورد اول:** همونطور که می‌دونید ما انسان‌ها جانورانی دیپلوئید هستیم و از هر ژن دو نسخه داریم. کم‌خونی داسی‌شکل 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 داسی‌شکل میشن.

● **مورد دوم:** یه 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 داسی‌شکل (یعنی افراد با ژنوتیپ خالص مغلوب) و همینطور افراد ناقل کم‌خونی داسی‌شکل (یعنی افراد با ژنوتیپ ناخالص) در برابر بیماری مالاریا مقاوم هستند.

🧪 **نکته مهم** مگه تو فصل قبل نگفتم که حتی با تغییر یک آمینواسید، تمام سطوح ساختاری پروتئین دچار تغییر میشه؟ پس در بیماری کم‌خونی داسی‌شکل هم تمام سطوح ساختاری پروتئین تغییر می‌کنه.

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

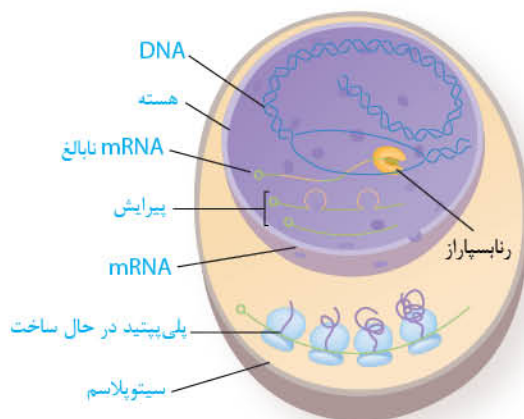
🧪 **نکته مهم** بچه‌ها توجه داشته باشید که اون ژن رمزکننده زنجیره بتا که دچار جهش شده، در همه یاخته‌های پیکر بدن فرد بیمار، جهش یافته هستش و نه فقط در یاخته‌های خونی قرمز نابالغ! چون همونطور که می‌دونید همه یاخته‌های پیکر بدن ما از میتوز تخم به وجود اومدن.

حواسخون باشه

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.

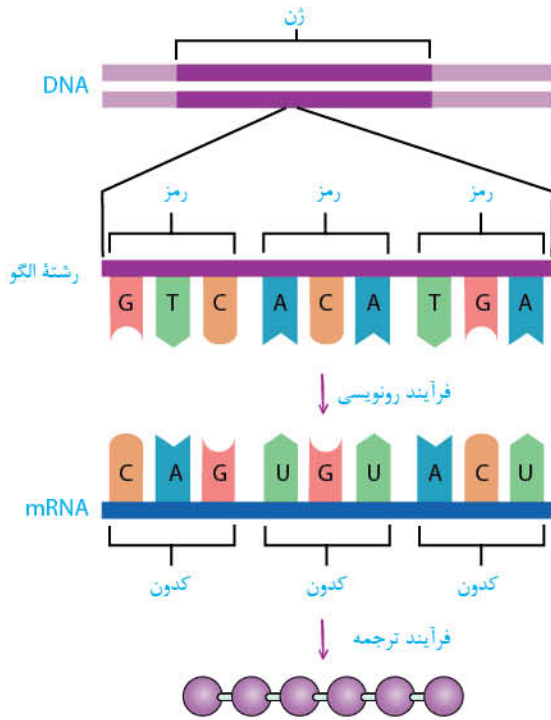
نقش مولکول DNA به عنوان میانجی

رسانه (۷)

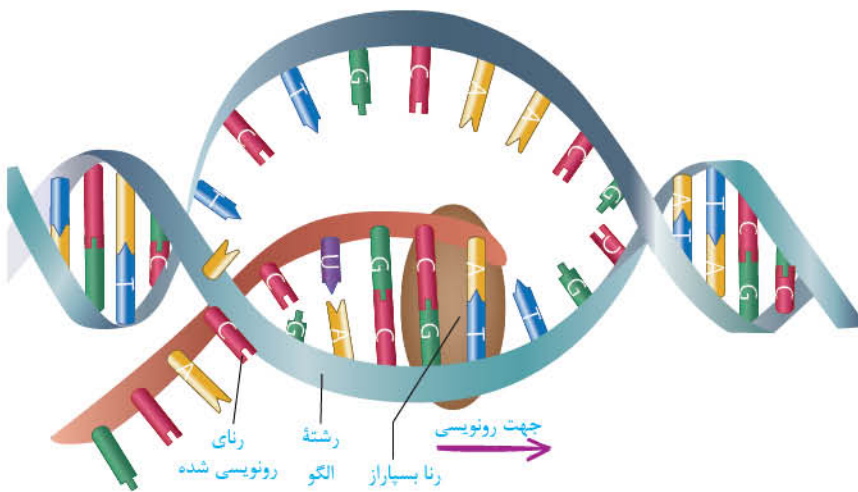


همونطور که خدمتتون عارض شدم! از روی اطلاعاتی که در DNA وجود داره (در قالب بسته‌هایی به اسم ژن)، پروتئین ساخته میشه. فرآیند پروتئین‌سازی در سیتوپلاسم یاخته انجام میشه. در جانداران یوکاریوتی و دارای هسته، ریبوزوم‌ها در هسته حضور ندارند و بنابراین فرآیند پروتئین‌سازی در هسته انجام نمیشه. خب پس چجوری از 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 درشت‌مولکول بودن، از مقر خودش یعنی هسته بیرون نمیداد. 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 کپی برداری بشه و از روی این اطلاعات (و رمزهای) کپی برداری 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 توالی‌های ۳ تایی نوکلئوتیدها در ساختار mRNAها میگویند کدون یا رمزه (حواسخون باشه به توالی‌های نوکلئوتیدی ۳ تایی در دنا می‌گفتیم رمز). هر کدون یه معنی خاصی داره. مثلن کدون GUA به معنی آمینواسید والین، کدون AUG به معنی آمینواسید متیونین



و کدون GAA به معنی آمینواسید گلوتامیک اسید هستند. پس، از روی ژن رمزکننده یک پروتئین، مولکول RNA اونم از نوع mRNA تولید میشه. البته رفقا این واژه کی 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 کی برداری رو انجام بده دیگه، درست؟ خب کی انجام میده؟ این کار رو گروهی از آنزیم‌ها با نام کلی رنابسپاراز یا RNA پلی‌مراز انجام میدن. بچه‌ها به این کار میگن رونویسی (Transcription). به عبارت بهتر به ساخته شدن مولکول RNA از روی بخشی از یکی از رشته‌های DNA، رونویسی می‌گویند. تو فصل قبل گفتیم که داخل یاخته ما انواعی از رناها (tRNA، mRNA و rRNA) رو داریم که طی فرآیند رونویسی از روی DNA ساخته میشن و همگی به نوعی تو فرآیند پروتئین‌سازی نقش دارن. در مورد نقش هر کدوم از این مولکول‌ها هم تو فصل قبل به سری اطلاعات بهتون دادم. تو این فصل به طور مفصل در موردشون صحبت می‌کنم. خب این آنزیم RNA پلی‌مراز دقیقن چی کار می‌کنه؟ بچه‌ها به ژن رو در نظر بگیرید. این ژن که بخشی از مولکول DNA هستند، دوتا رشته پلی‌نوکلئوتیدی داره، درست؟ وقتی آنزیم رنابسپاراز میخواد از روی این ژن رونویسی کنه، فقط از رمزهای یکی از رشته‌ها استفاده می‌کنه! به این رشته پلی‌نوکلئوتیدی از ژن میگن رشته الگو و به اون یکی رشته میگن رشته رمزگذار. چرا بهش میگن الگو؟ چون از روی اون RNA ساخته میشه و به عنوان الگو برای آنزیم رنابسپاراز هستند. دیدین وقتی می‌خوانین یه چیزی رو بدین واستون درست کنن مثلن می‌رید نجاری و می‌گید که من یه صندلی فلان مدلی می‌خوام، بعد نجاره می‌گه خب شما یه الگو واسم بیار، چه میدونم مثلن یه 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 رمزگذار؟ چون توالی نوکلئوتیدی اون شبیه رشته رنایی هست که ساخته میشه. تنها تفاوتش با رشته رنای ساخته شده در نوکلئوتیدهای مورد استفاده می‌باشد. به این صورت که به جای نوکلئوتید تیمین دار در رشته رمزگذار DNA، نوکلئوتید یوراسیل دار

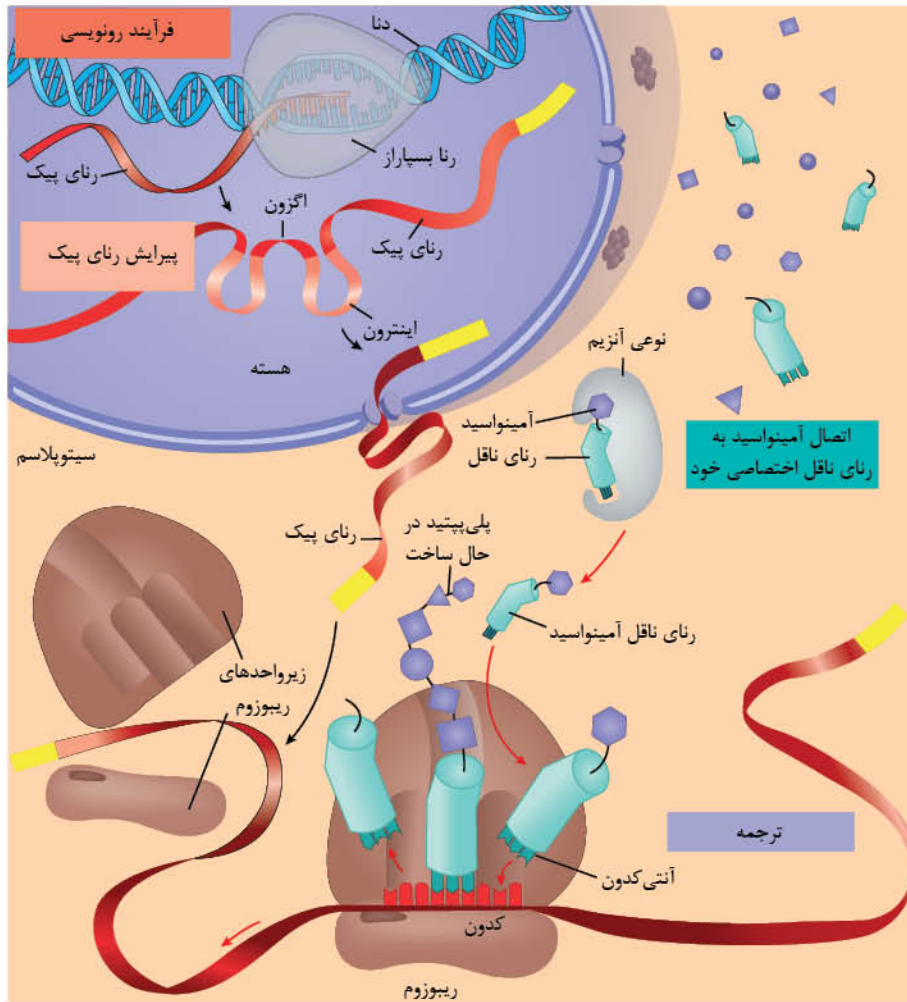


در RNA تولید شده قرار گرفته. همچنین قند نوکلئوتیدهای رنا از نوع ریبوز و قند نوکلئوتیدهای رشته رمزگذار از نوع دئوکسی‌ریبوز می‌باشد. آنزیم RNA پلی‌مراز (رنابسپاراز) میاد دونه به دونه نوکلئوتیدهای رشته الگوی DNA رو نگاه می‌کنه و در مقابل هر دئوکسی‌ریبونوکلئوتید یک ریبونوکلئوتید مکمل قرار میده! یعنی در مقابل دئوکسی‌ریبونوکلئوتید گوانین دار، ریبونوکلئوتید سیتوزین دار، در مقابل دئوکسی‌ریبونوکلئوتید سیتوزین دار، ریبونوکلئوتید گوانین دار و در مقابل دئوکسی‌ریبونوکلئوتید آدنین دار، ریبونوکلئوتید یوراسیل دار قرار میده. خب آنزیم رنابسپاراز

از کجا می‌فهمه که باید جلوی فلان نوکلئوتید چه چیزی قرار بده؟ رفقا اینو خود ژن به آنزیم می‌گه! به این کار ژن میگن رمز کردن! یعنی ژن میاد اطلاعات روی خودش رو بر روی mRNA رمز می‌کنه! به عبارت بهتر رمز کردن یعنی مشخص کردن ترتیب و توالی رشته پلی‌مری که می‌خواهد ساخته بشود. شکلی که بالا می‌بینید داره فرآیند رونویسی رو نشون میده. همونطور که می‌بینید یکی از رشته‌های ژن به عنوان رشته الگو هستند. 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 رئاتن‌ها کارخانه‌های پروتئین‌سازی هستند. mRNA ها بعد از اینکه از ساخته شدن، میرن به ریبوزوم‌ها و ریبوزوم‌ها رزمه‌های 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 هستند. تو ریبوزوم چه اتفاقی می‌افته؟ بچه‌ها تو ریبوزوم‌ها به 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 پلی پپتیدی به وجود میاد! حالا سوال اینجاست که ریبوزوم از کجا می دونه باید کدوم آمینواسیدها رو با چه ترتیب و چه تعدادی کنار هم بچینه؟ از کجا می دونه اول باید آمینواسید متیونین رو قرا بده و بعد آمینواسید فنیل آلانین رو؟ ریبوزوم این رو از روی نقشه ساخت پروتئین می فهمه! نقشه ساخت پروتئین در قالب چه مولکولی بود؟ mRNA نقشه ساخت پروتئین بود! این اطلاعات چجوری رمز شدن؟ تا ۳ تا ۳ رمز شدن! یعنی چی؟ یعنی بچه ها هر ۳ تا نوکلئوتید یک رمز محسوب میشه! مثلن وقتی در ساختار یک ژن ۳ تا نوکلئوتید با توالی TAC کنار هم قرار می گیرن، 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 پروتئین سازی)، خود ریبوزوم که نمی تونه این رمزه ها رو بخونه که چی به چی! فقط یک محل و مکان هستش برای پروتئین سازی، مثل یک سوله و کارخونه می مونه! خب تو کارخونه ها ما کارشناس و مهندس داریم درست؟ این مهندس هستش که دستور میده چه کارهایی و به چه روشی انجام بشن تا محصول تولید بشه! برای اینکه رمزه های موجود در mRNA از زبان نوکلئوتیدی به زبان آمینواسیدی ترجمه بشن، به یک مترجم نیاز داریم. این مترجم کیه؟ مترجم کارخانه پروتئین سازی tRNA است! به عبارت بهتر، کار بلد ما، مهندس ما، کارشناس ما، مولکول tRNA هستش. tRNA میاد دونه به دونه رمزه ها (کدون ها) ی mRNA رو می خونه و متناسب با معنی اون ها 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 بگیم بهتره: کی نقشه ساخت بود دیگه، یادته؟ رفاقا به این کار رنا پییک میگن رمز کردن. پس اگه ازتون بپرسن چه کسی کار رمز کردن را حین RNA سازی (یعنی فرآیند رونویسی) انجام میده؟ میگین DNA و اگه ازتون بپرسن چه کسی کار رمز کردن رو تو فرآیند ترجمه انجام میده میگین mRNA ساخت رشته پلی پپتیدی را رمز می کنه! یعنی اونه که میاد تعیین می کنه آمینواسیدها با چه ترتیبی پشت سر هم قرار بگیرن. چون فردین حال کردی؟ تا حالا کسی این مدلی تونسته بود بهت این مبحثو بفهمونه؟ خیلی چاکریم! فدا مد!

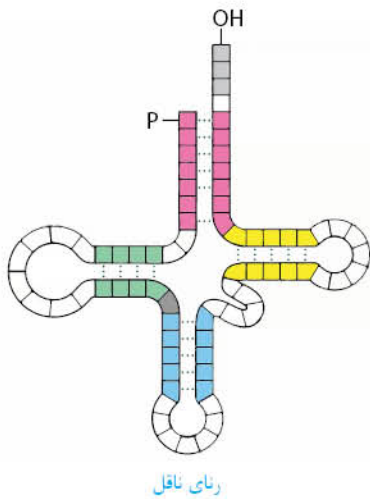


این ها کلیاتی بود از این فصل که در ادامه به صورت مفصل در مورد تک تک مراحل صحبت خواهیم کرد.

### انواع رنا بسپاراز و مولکول های رنا

همونطور که گفتیم به ساخته شدن مولکول RNA از روی بخشی از یکی از رشته های DNA، رونویسی گفته می شود. فرآیند رونویسی به کمک آنزیم های خاصی انجام میشه. یعنی انواعی از آنزیم ها در فرآیند رونویسی دخیل هستند. این آنزیم ها رو تحت عنوان کلی رنا بسپاراز (RNA پلی مرز) صدا می زنند. در جانداران یوکاریوتی درون هسته ۳ جور آنزیم RNA پلی مرز وجود داره که اون ها را رنا بسپاراز ۱، رنا بسپاراز ۲ و رنا بسپاراز ۳ صدا می زنند. اما تو پروکاریوت ها (باکتری ها) فقط یک نوع آنزیم RNA پلی مرز وجود داره و این آنزیم به تنهایی انواع رنا های مورد نیاز یاخته رو می سازه.

**نکته مهم** تو فصل قبل گفتیم که آنزیم‌ها دو جورن، یا برون‌یاخته‌ای هستند و یا درون‌یاخته‌ای. آنزیم‌ها بسیار از یک آنزیم درون‌یاخته‌ای هستند.



در داخل یک یاخته (چه یوکاریوت و چه پروکاریوت) انواع مختلفی از RNAها وجود دارد که از جمله این RNAها می‌توانیم به موارد زیر اشاره کنیم:

- mRNA:** تو فارسی بهش میگیم **رناى پیک**! mRNA مخفف messenger RNA بوده و به معنای RNA پیامبر یا رناى 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 رناى 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 **رناى ناقل یا حامل**! 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.

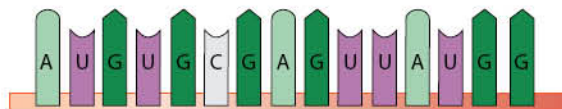
## خوابش باش

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 به جاهایی حالت دورشته‌ای به خودش گرفته اما در اصل و اساس تک‌رشته‌ای هستش.

- rRNA:** تو فارسی بهش میگیم **رناى رناتنى یا رناى ریبوزومى**! rRNA مخفف ribosomal RNA بوده و به معنای RNA ریبوزومی هستش. تو فارسی به ریبوزوم میگن رناتن! واسه همین به این نوع رنا، رناى رناتنى هم گفته میشه. رناى ریبوزومى تک رشته‌ای است و در ساختار خود فاقد پیوند هیدروژنی می‌باشد. این نوع رناها، دو تا کار انجام میدن:
  - در ساختار ریبوزوم‌ها شرکت دارن.
  - نقش آنزیمی دارن و باعث ایجاد پیوند پپتیدی بین دو آمینواسید می‌شوند.



رناى ناقل



رناى پیک



رناى ریبوزومى

- رناهای 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.

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

**نکته مهم** در پروکاریوت ها همه این رناها توسط یک نوع رنابسپاراز ساخته می شوند. در یوکاریوت ها rRNA توسط رنابسپاراز ۱، mRNA توسط رنابسپاراز ۲ و tRNA توسط رنابسپاراز ۳ ساخته می شوند.

**حواسهترین باشه !!**

در یوکاریوت ها محصول فعالیت آنزیم های رنابسپاراز رنای بالغ نیست بلکه پیش ساز (اولیه یا نابالغ) اون هستش. رنا بعد از ساخته شدن تغییراتی می کنه که به اون رنای بالغ میگن. تو بخش های بعدی در موردش مفصل توضیح میدم.

**نکته مهم** همه رناهایی که اون بالا ذکر شدن، تو یوکاریوت ها داخل هسته تولید میشن ولی تو پروکاریوت ها درون سیتوپلاسم این اتفاق می افتد. همچنین هکلی این رناها چه در یوکاریوت ها و چه در پروکاریوت ها، درون سیتوپلاسم فعالیت می کنند. پس در یوکاریوت ها محل تولید و فعالیت شون یکی نیست اما در پروکاریوت ها یکنه.

**نکته مهم** از اونجایی که پروتئین های درون یاخته ها خیلی متنوع اند و پروتئین ها هم از رنای mRNA ساخته میشن، می تونیم بگیم که متنوع ترین (و نه فراوانترین!) RNA درون یاخته، همین RNA های پیک هستن.

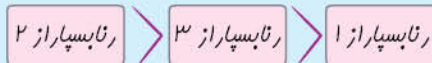
**نکته مهم** از اونجایی که تعداد ریبوزوم ها در یاخته ها خیلی زیاده و تو ساختار شون rRNA به کار رفته، می تونیم بگیم که فراوان ترین (و نه متنوع ترین!) RNA درون یاخته، RNA ریبوزومی می باشه.

**نکته مهم** لگتیم که ۶۱ نوع رمز برای آمینواسید ها داریم. بنابراین می توان گفت در فرآیند ترجمه حداکثر ۶۱ نوع RNA ناقل استفاده می شود. گروهی از آمینواسید ها توسط بیش از یک رنای ناقل به ریبوزوم کل می شوند و گروهی نیز فقط توسط یک نوع رنای ناقل! (صرفن جهت اطلاع: دقت داشته باشید که در یافته های پستانداران بیش از ۱۵۰ نوع مولکول tRNA یافت می شود)

**نکته مهم** تنوع آنزیم RNA پلی مراز در یوکاریوت ها نسبت به پروکاریوت ها بیشتر هستش (۳ نوع رنابسپاراز). در مقابل تنوع عمل و محصول آنزیم RNA پلی مراز در پروکاریوت ها نسبت به یوکاریوت ها بیشتره. چرا که همه انواع رناها رو فقط یک نوع آنزیم رنابسپاراز تولید می کنه.

**حواسهترین باشه !!**

از بین آنزیم های RNA پلی مراز در یوکاریوت ها، آنزیم نوع ۱ کمترین تنوع محصول رو داره و آنزیم نوع ۲ بیشترین تنوع محصول رو! یعنی



مقایسه شون اینجوری میشه:

**نکته مهم** یاخته هایی که فعالیت پروتئین سازی ندارن، نیازی به رنابسپاراز ندارن. کوچیکه های قرمز بالغ در انسان و بسیاری از پستانداران دیگر و همچنین یاخته های آوند آبکش در گیاهان به دلیل نداشتن هسته، کلن DNA ندارند و عمل رونویسی در اون ها تعطیل هستش و رفته شمال جوج بزنه! پس این یاخته ها نیازی به رنابسپاراز ندارند.

**نکته مهم** با توجه به اینکه درون یک یاخته مدام پروتئین های مختلف ساخته میشن، می تونیم بگیم که مدام mRNA ساخته میشه. بنابراین پر مشغله ترین رنابسپاراز، رنابسپاراز ۲ هستش.

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

**نکته مهم** بیشتر آنزیم ها از جنس پروتئین اند. با این حال گروهی از آنزیم ها جنسی غیر از پروتئین دارن. مثلن rRNA نوعی آنزیم غیر پروتئینی می باشه و پیوند بین واحدهای سازنده آن فسفودی استر است. پس این جمله که بگیم همه آنزیم ها محصول غیر مستقیم فرآیند رونویسی می باشند کاملن غلط هستش! بلکه ما آنزیم هایی داریم که محصول مستقیم فرآیند رونویسی می باشند که همون rRNA می باشه.

**نکته مهم** بچه ها پروتئین ها هکلی در سیتوپلاسم ساخته می شون. بیشتر آنزیم ها پروتئینی هستن و در سیتوپلاسم تولید می شون و بعد از اینکه تولید شدن، به سرپاشون به بیرون از یاخته ترشح میشن، به سرپاشون داخل سیتوپلاسم باقی می مونن و در یوکاریوت ها به سر هم وارد هسته میشن. آنزیم rRNA در یوکاریوت ها (و نه پروکاریوت ها) برخلاف سایر آنزیم ها، درون هسته ساخته میشه و تو سیتوپلاسم فعالیت می کنه. پس این جمله که بگیم در یوکاریوت ها همه آنزیم ها در سیتوپلاسم یاخته ها ساخته میشن کاملن غلطه! اما در مورد یاخته های پروکاریوتی کاملن صحیح هستش.

**نکته مهم** پیش ماده رنابسیارازها دئوکسی ریبونوکلیک اسید می باشد و محصول فعالیت شون ریبونوکلیک اسید هستش. پیش ساز رنای ریبوزومی، ریبونوکلیک اسید بوده و پیش ماده ش هم آمینواسید هستش. محصول فعالیتش هم پلی پپتیده.

**نکته مهم** هیچ ژنی وجود نداره که توسط چند آنزیم رنابسیاراز رونویسی بشه! چه در یوکاریوت ها چه در پروکاریوت ها. هر ژن صرفن توسط یک نوع رنابسیاراز رونویسی می شود.

**نکته مهم** یه رنابسیاراز می تونه چند نوع ژن رو رونویسی کنه. مثلن رنابسیاراز ۲ انواع ژن ها رو که مربوط به پروتئین های مختلف هستند رو رونویسی می کنه. رنابسیاراز ۱ انواع ژن ها رو که مربوط به انواع رناهای ریبوزومی هست رو رونویسی می کنه. رنابسیاراز ۳ هم انواع ژن های رمزکننده رنای ناقل رو رونویسی می کنه.

**نکته مهم** وقت 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 آنزیم ها تولید میشن و آنزیم ها هم که می دونید از رو ژن ها ساخته میشن! پس می تونیم بگیم که ژن ها در تولید مواد قندی و لیپیدی به صورت غیرمستقیم دخیل هستند.

درسنامه (۳)



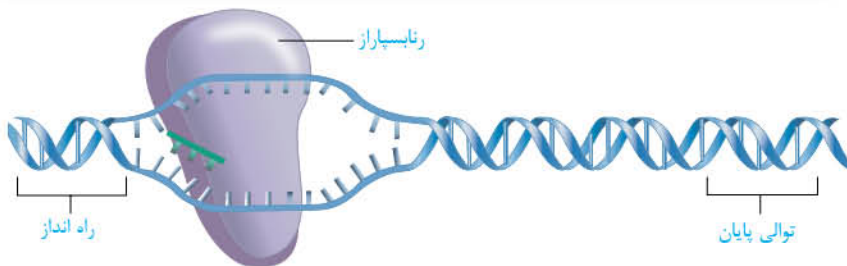
## رونویسی و مراحل آن

تو تعریف رونویسی گفتیم که رونویسی یعنی ساخته شدن مولکول RNA از روی یکی از رشته های بخشی از IDNA که این عمل توسط مجموعه ای از آنزیم ها با نام کلی RNA پلی مراز (رنابسیاراز) انجام میشه. بچه ها رونویسی اولین قدم برای تولید پروتئین هستش. یعنی اول باید رونویسی انجام بشه و بعد از روی محصول این فرآیند، عمل پروتئین سازی صورت بگیره. به رشته ای 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 راحت تر، اون رو به سه مرحله تقسیم می کنند که عبارتند از:

الف) مرحله آغاز (ب) مرحله طویل شدن (ج) مرحله پایان  
در ادامه تک تک این مراحل رو با هم بررسی می کنیم تا ببینیم داستان چیه.

### مرحله آغاز

الف - مرحله آغاز



تو فصل قبل گفتیم که مولکول های DNA درون هسته یاخته های یوکاریوتی در حالت عادی، به صورت کروماتین هستن. یعنی چی کروماتین؟ به رشته های درهم تنیده و باریک درون هسته میگن کروماتین. در واقع کروماتین ها مولکول های DNA پیچ خورده به دور مولکول های هیستون می باشند. همونطور که تو فصل قبل دیدید، قبل از اینکه عمل همانندسازی شروع بشه، این پیچ

و تاب های DNA باز میشه و هیستون ها و دیگر پروتئین ها هم از ش جدا میشن. این کار رو به سری پروتئین های خاص انجام میدادن. تو بحث رونویسی هم همین داستان رو داریم، یعنی در ابتدا باید این پیچ و تاب ها باز و هیستون ها از DNA جدا بشن تا ژنی که قراره از روش عمل رونویسی صورت بگیره، نمایان بشه. بعد از همه این اتفاقات آنزیم رنابسیاراز وارد معرکه میشه تا استارت بزنه کار رو. ژن ها یه بخشی دارن به اسم راه انداز! که در واقع این ناحیه از DNA، یک توالی نوکلئوتیدی ویژه ای هستش و معمولن در مجاورت (و نزدیکی) ژن واقع شده است (صرفن جهت اطلاع؛ پرا میگم معمولن و نمیکیم همیشه؟ چون بچه ها تو یه سری از ژن ها راه انداز درون ژن قرار داره و در واقع بخشی از ژن محسوب میشه اما در بیشتر ژن ها اینبوری نیست و قارچ از ژن واقع شده). راه انداز در واقع یک بخش تنظیمی هستش. اینکه تنظیمی یعنی چی؟ بعدها متوجه میشی. در یوکاریوت ها هر ژن موجود در هسته، راه انداز مخصوص به خودش رو داره و رنابسیاراز می تونه این توالی رو از سایر توالی های نوکلئوتیدی موجود در DNA تشخیص بده. خب به چه درد می خوره و چرا بهش میگن راه انداز؟ رفقا تو مرحله آغاز (که دوستان فرنگی ما بهش میگن Initiation) برای اینکه RNA پلی مراز ما گیج نزنه و به بیراهه نره! با شناسایی توالی راه انداز (اونور آریا Promoter صداس می زنن) به اون متصل میشه. راه انداز باعث میشه تا RNA پلی مراز رونویسی رو از محل درستی شروع کنه و مثلن این کار رو از وسط ژن شروع نکنه. در واقع توالی راه انداز مثل یک باند فرود، برای فرود صحیح و درست هواپیما هستش، هواپیما کیه؟ آنزیم RNA پلی مراز میشه همون هواپیمای مثال ما. راه انداز باعث میشه رنابسیاراز

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 تا رشته DNA رو باز کنه و این کار رو هم انجام میده. با این کار آنزیم RNA پلی‌مراز، پیوندهای هیدروژنی بین دو تا 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 رنابسپاراز دو رشته DNA رو مثل زیپ یهو باز نمی‌کنه! بلکه دو رشته DNA رو تو همون منطقه کوچیک که خودش روی DNA قرار گرفته، باز می‌کنه. آنزیم رنابسپاراز 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 دئوکسی ریبونوکلئوتید (نوکلئوتید DNA) رو خوند و شد مثلن دئوکسی ریبونوکلئوتید گوانین‌دار، در مقابل اون ریبونوکلئوتید سیتوزین‌دار قرار میده. بین این دو تا نوکلئوتید (بین ریبونوکلئوتید با دئوکسی ریبونوکلئوتید رشته الگو DNA) پیوندهای هیدروژنی به صورت خود به خودی و بدون دخالت آنزیمی تشکیل میشه. آنزیم RNA پلی‌مراز همین طوری در طول رشته الگو ویراژ 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 خاطر تون هست که نوکلئوتیدهای گوانین‌دار و نوکلئوتیدهای سیتوزین‌دار مکمل هم هستند و بیشترین تعداد پیوندهای هیدروژنی بینشون تولید میشه. نوکلئوتیدهای T‌دار و A‌دار 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 A‌دار رسید به جای T، میاد و نوکلئوتید دارای باز آلی یوراسیل رو میذاره تو رشته RNA در حال ساخت!

**نکته مهم** در پروکاریوت‌ها رنابسپاراز به تکیه به راه‌انداز متصل میشه اما تو یوکاریوت‌ها RNA پلی‌مراز به تکیه به نی‌تونه به راه‌انداز متصل بشه بلکه در ابتدا عواملی به اسم عوامل رونویسی به راه‌انداز متصل میشن و به جورایی حکم راهنما رو برای رنابسپاراز دارن و بعد از این اتفاق RNA پلی‌مراز با اتصال به این عوامل رونویسی راه‌انداز رو تشخیص میده.

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

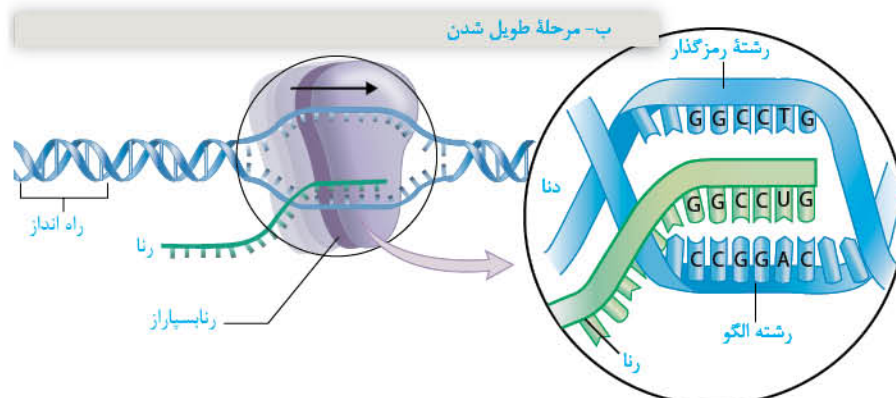
**نکته مهم** همونطور که توی شکل کتاب مشخصه، توالی راه‌انداز رونویسی نمیشه. پس دو رشته توالی راه‌انداز از هم باز نمیشن و پیوند هیدروژنی بینشون شکسته نمی‌شه.

**نکته مهم** دقت داشته باشید که منطقه جلوی رنابسپاراز 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 هاندساز، 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)، رنابسپاراز ساخت مولکول رنا رو ادامه میده. یعنی رنابسپاراز همینجوری میره جلو و روی رشته الگوی ژن حرکت می‌کنه. دو رشته DNA رو از هم باز می‌کنه (شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین جفت‌بازهای آلی)، دونه دونه نوکلئوتیدهای رشته الگو رو می‌خونه و جلوی هر دئوکسی ریبونوکلئوتید، ریبونوکلئوتید مکمل خودش رو قرار میده



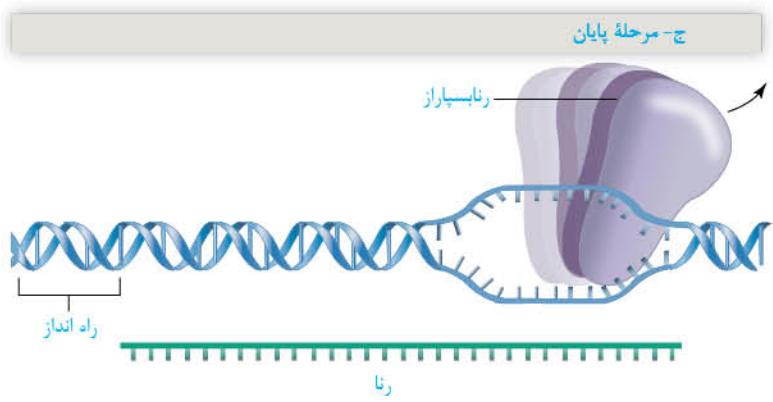
و همچنین بین نوکلئوتیدهای مجاور پیوند فسفودی استر برقرار می‌کند. در نتیجه به مرور به طول رنای در حال ساخت اضافه می‌شود! به خاطر همین به این مرحله می‌گویند **مرحله طویل شدن**. بچه‌ها همزمان با اینکه رنابسیاراز جلو میره، پیوندهای هیدروژنی بین رنای در حال ساخت و رشته‌الگو در عقب آنزیم (که عمل رونویسی از 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 رشته‌الگو جدا میشه. حباب همانندسازی هم همزمان با پیشروی رنابسیاراز در طول ژن، به جلو پیشروی می‌کنه.

**نکته مهم** همونطور که می‌بینید تو این شکل کتاب درسی جهت رونویسی (جهت حرکت حباب رونویسی) از سمت چپ به طرف راست هستش. همیشه نگاه کنید ببینید ژن رنای در حال ساخت کدوم طرفه؟ اون سمت همیشه سمت شروع و سمت مقابلش همیشه 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 دئوکسی ریبونوکلوئوتیدها در پشت سر آنزیم به صورت خود به خودی
- **شکسته شدن پیوند هیدروژنی:** بین دئوکسی ریبونوکلوئوتیدهای دو رشته‌الگو و رمزگذار ژن در جلوی آنزیم توسط رنابسیاراز
- **ایجاد پیوند هیدروژنی:** بین ریبونوکلوئوتیدها و دئوکسی ریبونوکلوئوتیدهای رشته‌الگو در سمت در محل حضور آنزیم

## مرحله پایان



تو ساختار مولکول DNA به سری **توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای** وجود دارن که بهشون می‌گویند **توالی‌های پایان!** در واقع در DNA خطی یاخته‌های یوکاریوتی برای هر ژن به 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! به جورایی **خط پایان** هستش. رنابسیاراز 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 رشته‌الگوی دنا جدا میشه! یعنی پیوندهای هیدروژنی بین رشته‌الگوی DNA و RNA تازه ساخت، شکسته می‌شوند و هر کی میره سی خودش! اینجاست که می‌گن کیش کیش هر که رود خانه خویشت! در نهایت دو رشته دنا مجدداً به هم متصل میشن و بین جفت بازهای رشته‌الگو و رمزگذار پیوندهای هیدروژنی تشکیل میشه.

**نکته مهم** بچه‌ها ترتیب این اتفاقات واسه طراح لنگور خیلی مهمه. توجه داشته باشید که اول رنابسیاراز جدا میشه، بعد رنا از رشته‌الگو و در آخر هم دو تا رشته دنا به هم وصل میشن.

**نکته مهم** راه انداز 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' کربن، ریبوز و باز آلکی یوراسیل رو نمی‌تونیم پیدا کنیم چرا که این‌ها مخصوص رناها بودند. در این دو توالی پیوندهای 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 دئوکسی ریبونوکلوئوتید رشته‌الگو، 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 راه انداز 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 رشته‌الگو
- **تشکیل پیوند فسفودی استر** بین اولین و دومین ریبونوکلوئوتیدهای RNA تازه ساخت

● شکسته شدن پیوند هیدروژنی بین RNA تازه ساخت با رشته آلو

● تشکیل پیوند های هیدروژنی بین دو رشته DNA در پشت سر راناسپاراز

**حواستون باشه!**

طبق نکته بالا در رونویسی فقط تشکیل شدن فسفودی استر دیده می شود اما پیوندهای هیدروژنی هم شکسته می شوند و هم تولید می شوند. همچنین طبق نکته بالا می فهمیم که در طی عمل رونویسی پیوندهای هیدروژنی ۲ بار شکسته شده و ۲ بار هم تولید می شوند.

**نکته مهم** در رونویسی یک رشته پلی نوکلئوتیدی از روی بخشی از DNA که دارای دو رشته پلی نوکلئوتیدی هستند، ساخته میشه. اگر تعداد نوکلئوتیدهای ژنی که رونویسی میشه رو بدن، کافیه تعداد نوکلئوتیدهای ژن (هر دو رشته اش) رو تقسیم بر عدد ۲ کنید تا تعداد نوکلئوتیدهای رشته رنای ساخته شده بدست بیاد. مثلاً اگر ژنی ۱۰۰ تا نوکلئوتید داشته باشه، تعداد نوکلئوتیدهای رشته آلو میشه ۵۰ تا! پس رنای که از روی این ژن تولید میشه هم ۵۰ تا نوکلئوتید داره. با تولید این رنا چند تا فسفات آزا میشه؟ ۱۰۰ تا! رفا این همچین محاسباتی نیست! بیشتر مفهومی هستش تا محاسباتی.

**تذکره:** البته توجه داشته باشید با توجه به اینکه راه انداز رونویسی همیشه (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! رسیریم به جای فیلی باهال قضیه! هرول مقایسه ای فیلی ففن زیر رو بفونید و برید هالشو ببرید.

مورد مقایسه	مرحله آغاز	مرحله طویل شدن	مرحله پایان
محل انجام در	یوکاریوت ها، هم هسته و هم سیتوپلاسم (کلروپلاست و میتوکندری) پروکاریوت ها، سیتوپلاسم	یوکاریوت ها، هم هسته و هم سیتوپلاسم (کلروپلاست و میتوکندری) پروکاریوت ها، سیتوپلاسم	یوکاریوت ها، هم هسته و هم سیتوپلاسم (کلروپلاست و میتوکندری) پروکاریوت 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 بسپاراز و توقف عمل رونویسی
هاب رونویسی در آن	دیره می شود.	دیره می شود.	دیره می شود.
شکسته شدن پیوند هیدروژنی	دیره می شود. در محل قرار گیری آنزیم دو رشته DNA از هم باز می شوند.	دیره می شود. در محل آنزیم، بین دو رشته مولکول DNA در پشت آنزیم، بین رشته آلو با رشته مولکول RNA در حال سافت	دیره می شود. بین رشته آلو با رشته مولکول RNA سافت شده
تشکیل پیوند هیدروژنی	دیره می شود. پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای رنای در حال سافت و رشته آلو برقرار می شود.	دیره می شود. در محل قرار گیری آنزیم آنزیم بین نوکلئوتیدهای برید RNA در حال سافت با رشته آلو در پشت آنزیم بین دو رشته مولکول DNA	دیره می شود. بین دو رشته DNA
شکسته شدن پیوند فسفودی استر	فیر	فیر	فیر
تشکیل پیوند فسفودی استر	دیره می شود. بین ریونوکلئوتیدهای مولکول RNA در حال سافت	دیره می شود. بین ریونوکلئوتیدهای مولکول RNA در حال سافت	دیره می شود. بین ریونوکلئوتیدهای مولکول RNA در حال سافت