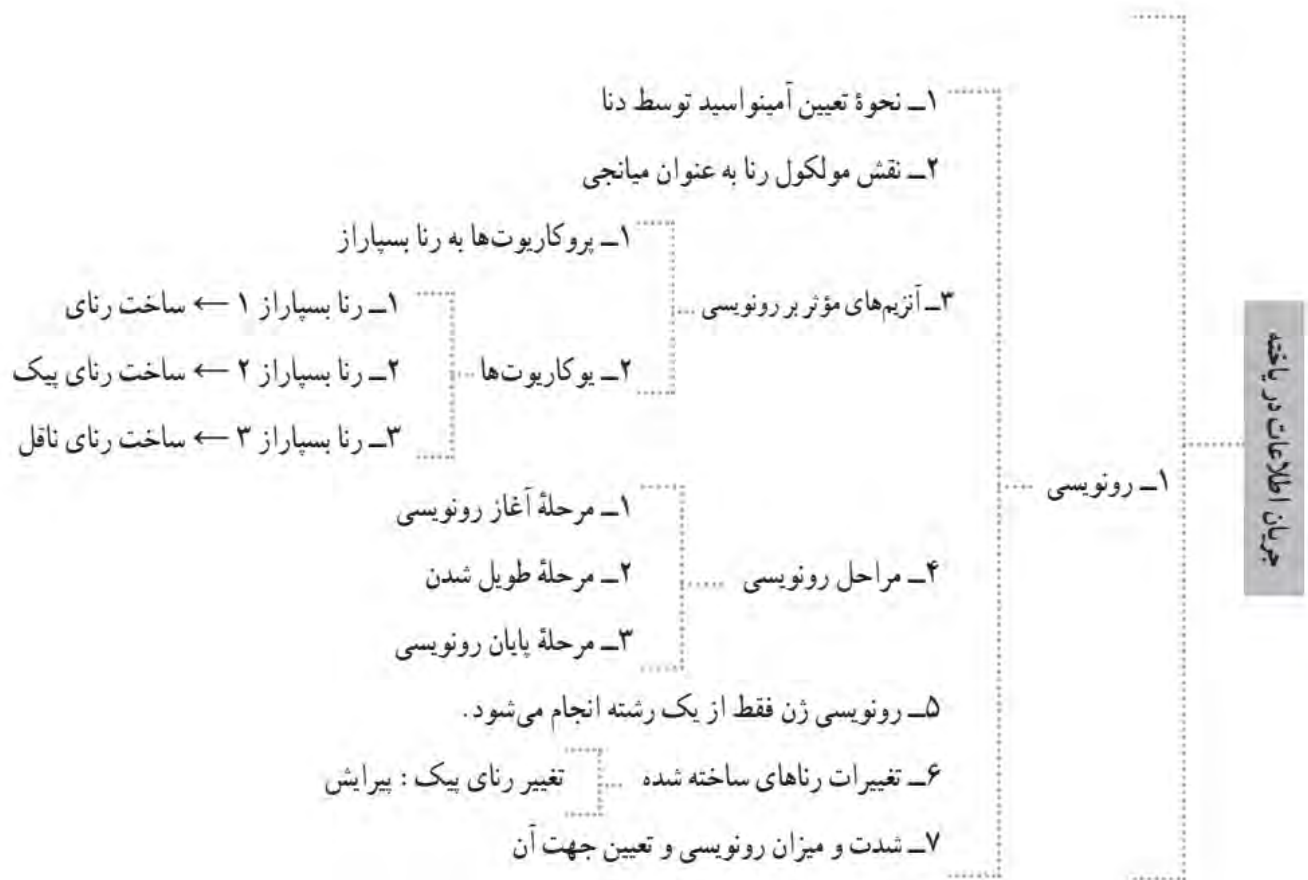
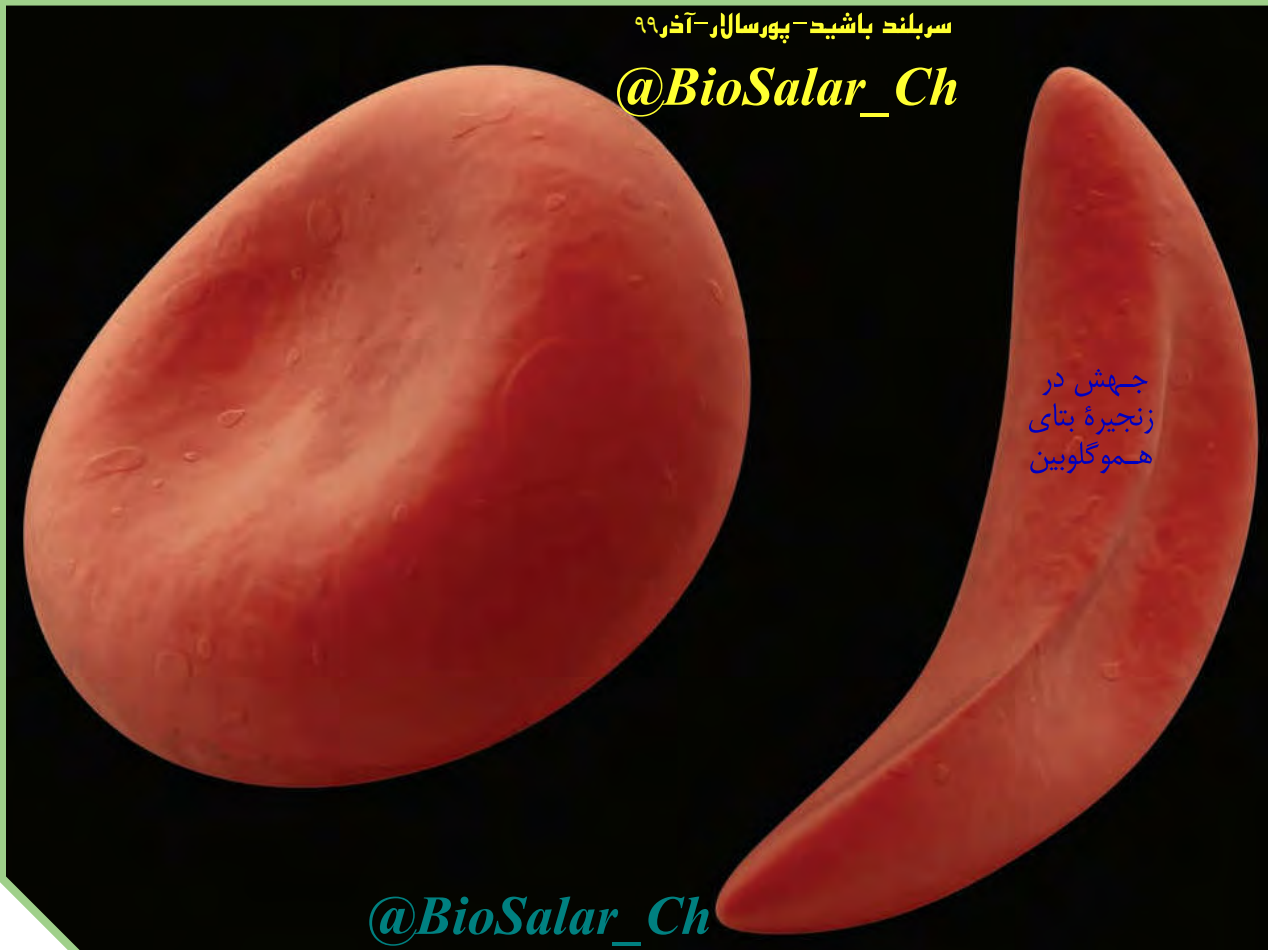


## باسمه تعالی

### نقشه مفهومی ف۲-گ-۱





## فصل ۲

# جریان اطلاعات در یاخته

تصویر بالا دو گویچه قرمز را نشان می‌دهد. گویچه سمت راست مربوط به شخصی است که دچار **آنوزوم مغلوب** نوعی بیماری ارثی به نام **کم خونی داسی شکل** است. علت این بیماری نوعی تغییر ژنی است که باعث می‌شود پروتئین هموگلوبین حاصل از آن دچار تغییر شود که نتیجه آن تغییر شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی شکل است. این تغییر ژنی، بسیار جزئی است و در آن تنها یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید **دنا** در افراد بیمار تغییر یافته است. همچنین این بیماری به نوعی، رابطه بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد. به نظر شما اطلاعات ژن‌ها چگونه در یاخته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ آیا این اطلاعات در سایر یاخته‌ها نیز وجود دارد؟ چرا بعضی ژن‌ها مانند ژن سازنده هموگلوبین فقط در گویچه‌های قرمز بروز می‌کنند و مثلاً در یاخته‌های بافت پوششی پوست بروز نمی‌کنند؟ این موارد نمونه پرسش‌هایی هستند که در این فصل به آنها پاسخ داده می‌شود.

توجه ب ص ۵۶ و ۴۸



طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

در فصل گذشته دیدید که واحد سازنده مولکول دنا، نوکلئوتید است ولی پلی‌پپتیدها از آمینواسید تشکیل شده‌اند. چون دستورالعمل ساخت پلی‌پپتیدها در مولکول دنا قرار دارد، پس باید بین نوکلئوتیدهای ژن و آمینواسیدهای پلی‌پپتید، ارتباطی وجود داشته باشد.

### دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پلی‌پپتید را تعیین می‌کند؟

آموختید که، در مولکول دنا، ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند. درحالی‌که، پلی‌پپتیدها از ۲۰ نوع آمینواسید تشکیل شده‌اند. پس از پژوهش‌هایی مشخص شد که هر توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا، بیانگر نوعی آمینواسید است. با ۴ نوع نوکلئوتید به کار رفته در دنا،  $4^3 = 64$  توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود، که می‌توانند رمز ساخت پلی‌پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند به هر یک از این توالی‌های سه نوکلئوتیدی در دنا رمز می‌گویند.

### نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

می‌دانید که پلی‌پپتیدها بر اساس اطلاعات دنا و توسط رناتن‌ها در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. در یاخته‌های دارای هسته، چون رناتن‌ها درون هسته حضور ندارند\*، فرایند ساخت پلی‌پپتید در آن انجام نمی‌شود. با توجه به اینکه اطلاعات دنا برای ساخت پلی‌پپتید ضروری است و دنا هم از هسته خارج نمی‌شود این سؤال پیش می‌آید که دستورات ساخت پلی‌پپتید چگونه به بیرون هسته منتقل می‌شود؟ پاسخ در مولکول رنا است. همان‌طور که دیدید انواعی از رنا در یاخته وجود دارند که در پروتئین‌سازی نقش دارند. این رناها از روی مولکول دنا ساخته می‌شوند. به ساخته شدن مولکول رنا از روی بخشی از یک رشته دنا، **رونویسی** گفته می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

۱- Transcription

تفاوت	هماندسازی	رونویسی
تعداد رشته الگو	۲	۱
تعداد رشته حاصل	۲	۱
نوع مولکول حاصل	DNA	RNA
نوع نوکلئوتید پیش‌ساز	دوگسی‌ریبونوکلئوتید	ریبونوکلئوتید
بخشی از DNA که الگوست	کل مولکول	بخشی از مولکول
بسته شدن مجدد رشته DNA	نداریم	داریم
مکمل نوکلئوتید A دار	نوکلئوتید T دار	نوکلئوتید U دار
نوع آنزیم پلی‌مراز	DNA پلی‌مراز	RNA پلی‌مراز
فرآیند ویرایش	داریم	نداریم
باز شدن دو رشته	توسط هلیکاز صورت می‌گیرد	توسط RNA پلی‌مراز صورت می‌گیرد

اساس رونویسی شبیه همانندسازی است. در این فرایند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره رنا قرار می‌گیرد و به هم متصل می‌شوند. برخلاف همانندسازی که در هر چرخه یاخته‌ای یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود. آیا می‌توانید تفاوت‌های دیگری برای این دو فرایند بیان کنید؟

**نکته:** دریاخته‌هایی که پروتئین‌سازی نمی‌شود مانند گویچه‌های قرمز و یاخته غربالی، رونویسی رخ نمی‌دهد. **آنزیم‌های ویژه‌ای رونویسی را تسهیل می‌کنند**

در یاخته‌های انواعی از رنا ساخته می‌شود. عمل رونویسی از دنا به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها را، تحت عنوان کلی **رنابسپاراز** نام‌گذاری می‌کنند. **تذکر:** در برخی یاخته‌ها وجود ندارد. در پروکاریوت‌ها یک نوع رنابسپاراز وظیفه ساخت انواع رنا را بر عهده دارد. در یوکاریوت‌ها، انواعی از رنابسپاراز، ساخت رناهای مختلف را انجام می‌دهند؛ مثلاً رنا ییک توسط رنابسپاراز ۲، رنا ناقل توسط رنابسپاراز ۳ و رنا ری‌اننتی توسط رنابسپاراز ۱ ساخته می‌شود. **فراوان‌ترین متنوع‌ترین**

### مراحل رونویسی

رونویسی فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحله **آغاز،** **طویل شدن** و **پایان** تقسیم می‌کنند. در این مراحل، آنزیم رنابسپاراز، عمل رونویسی را از بخشی از یک رشته دنا انجام می‌دهد.

**مرحله آغاز:** در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و دو رشته آن را از هم باز می‌کند. به نظر شما برای باز شدن دو رشته کدام پیوندها در این ناحیه شکسته می‌شوند؟ برای اینکه رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای در دنا وجود دارد که رنابسپاراز آن را شناسایی می‌کند. به این توالی‌ها، **راه‌انداز** گفته می‌شود. راه‌انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا و رونویسی را از آنجا آغاز کند. در این حالت بخش کوچکی از مولکول دنا باز و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می‌شود (شکل ۲- الف). نحوه عمل رنابسپاراز به این صورت است که آنزیم با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی دنا، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می‌دهد و سپس این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته رنا متصل می‌کند. در رونویسی، نوکلئوتید یوراسیل دار رنا به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین دار دنا قرار می‌گیرد.

**مرحله طویل شدن:** در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجه آن، رنا طویل می‌شود. همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رنا از دنا جدا می‌شود و دو رشته دنا مجدداً به هم می‌پیوندند (شکل ۲- ب).

**مرحله پایان:** در دنا توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز

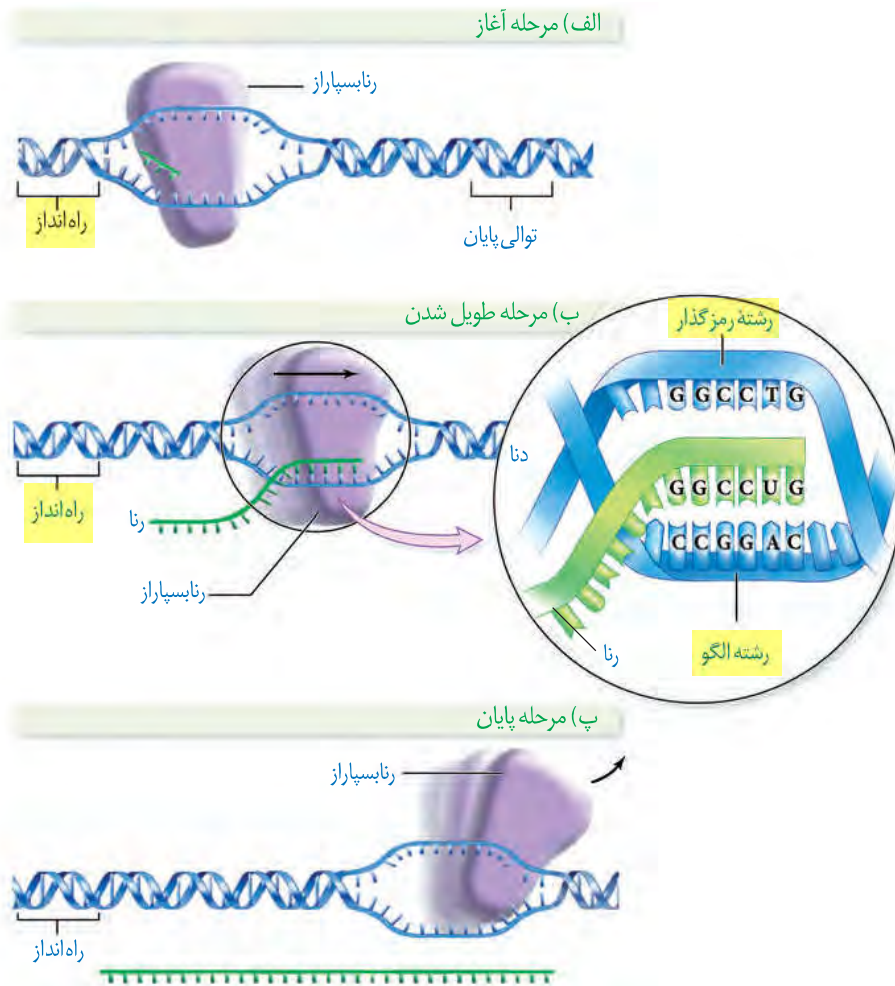
- ۱- RNA Polymerase
  - ۲- Initiation
  - ۳- Promoter
  - ۴- Elongation
  - ۵- Termination
- \* در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها، هر ژن توسط یک نوع رنابسپاراز رونویسی می‌شود. همچنین در هر دو، هر رنابسپاراز می‌تواند چند نوع ژن را رونویسی کند!
- \*\* در هر سه مرحله رونویسی، عمل رونویسی (تشکیل پیوند هیدروژنی و یا فسفودی استر) انجام می‌گیرد.

\*\*\* رنابسپاراز (برخلاف دنابسپاراز) موجب شکستن پیوند هیدروژنی می‌شود.

\*\*\*\* در یوکاریوت‌ها علاوه بر توالی ویژه (راه‌انداز)، پروتئین‌های شروع (عوامل رونویسی) نیز وجود دارند. توجه به ص ۳۵.

\*\*\*\*\* رنابسپاراز (همانند دنابسپاراز) موجب تشکیل پیوند فسفودی استر می‌شود؛ همچنین در تشکیل پیوند هیدروژنی نقشی ندارد.

می‌شوند. در این محل‌ها، آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و دو رشته دنا به هم متصل می‌شوند (شکل ۲- پ).



شکل ۲- مراحل مختلف رونویسی

رنا

### بخشی از فقط یکی از دو رشته دنا در هر ژن رونویسی می‌شود

همان‌طور که گفته شد، ژن بخشی از مولکول دنا دو رشته‌ای است ولی رونویسی از روی هر دو رشته یک ژن انجام نمی‌شود. به نظر شما اگر از روی دو رشته یک ژن رونویسی انجام می‌شد، محصولات این دو رشته مکمل نسبت به هم چگونه می‌شدند؟ مسلماً رنا و پلی‌پپتید ساخته شده از روی دو رشته مکمل دنا بسیار متفاوت می‌شدند. بنابراین برای هر ژن خاص، یکی از دو رشته رونویسی می‌شود. به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است **رشته الگو** می‌گویند (شکل ۲- الف). به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا، **رشته رمزگذار** گفته می‌شود، زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنایی است که از روی رشته الگوی آن ساخته می‌شود. به نظر شما رشته رنا با رشته رمزگذار چه تفاوت‌هایی می‌تواند داشته باشد؟ پاسخ در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است؛ مثلاً به جای نوکلئوتید تیمین دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل دار در رنا قرار دارد.\*

دارای ۲۸ نوع زیر واحد:  
 ۲۰ نوع آمینو اسید در رنابسیاراز  
 ۴ نوع نوکلئوتید دنا  
 ۴ نوع نوکلئوتید رنا

ش ۶  
 رشته مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن های دیگر یکسان یا متفاوت باشد

(شکل ۳).

نکته ۱: در هر مولکول دنا، برای ژن های مختلف می تواند رشته الگو دنا یکسان یا متفاوت باشد.



شکل ۳- همان طور که در شکل مشاهده می شود، فقط یکی از دو رشته هر ژن رونویسی می شود.

نکته ۲: دو ژنی که رشته الگوشان یک رشته دنا نباشد، قطعاً جهت رونویسی آنها متفاوت است.

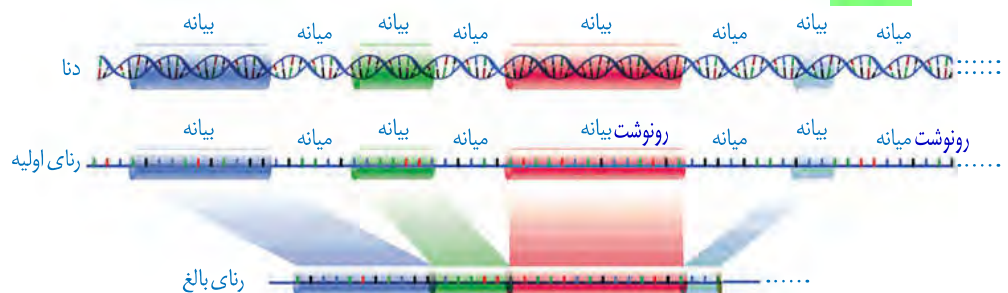
نکته ۳: همیشه انتهای یک ژن در ابتدای ژن بعدی قرار ندارد.

**رناهای ساخته شده دچار تغییر می شوند**

در چند دهه گذشته، پژوهشگران دریافته اند که در یاخته های یوکاریوتی، رنای ساخته شده در رونویسی با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت هایی دارد. بعدها مشخص شد که این مولکول ها برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می شوند.

### تغییرات رنای پیک

رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود. یکی از این تغییرات حذف بخش هایی از مولکول رنای پیک است. در بعضی ژن ها، توالی های معینی از رنای ساخته شده، جدا و حذف می شود و سایر بخش ها به هم متصل می شوند و یک رنای پیک یکپارچه می سازند. به این فرایند پیرایش گفته می شود (شکل ۴).



شکل ۴- پیرایش در بخشی از رنای یک ژن

این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشته الگوی ژن آن در دنا مجاورت دادند. آنها دریافته اند که بخش هایی از دنا الگو با رنای رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می دهند ولی بخش هایی نیز فاقد مکمل باقی می ماند. این بخش ها به صورت حلقه هایی بیرون از مولکول دو رشته ای قرار می گیرند. به این نواحی که در مولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده **میان (اینترون)** می گویند. به سایر بخش های مولکول دنا، که

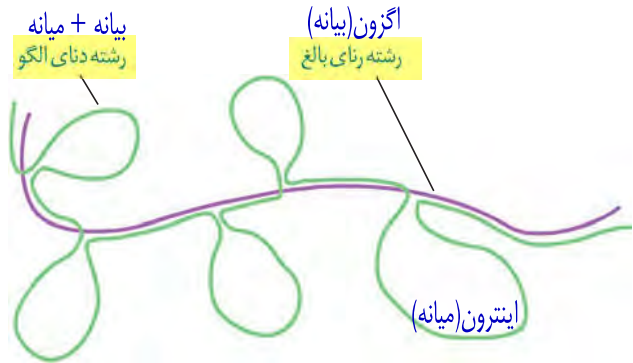
۱- Splicing

۲- Intron

\*تذکر: رونویسی در هسته انجام می گیرد.

\*\*اندازه رشته رنای سیتوپلاسمی > اندازه رشته الگو

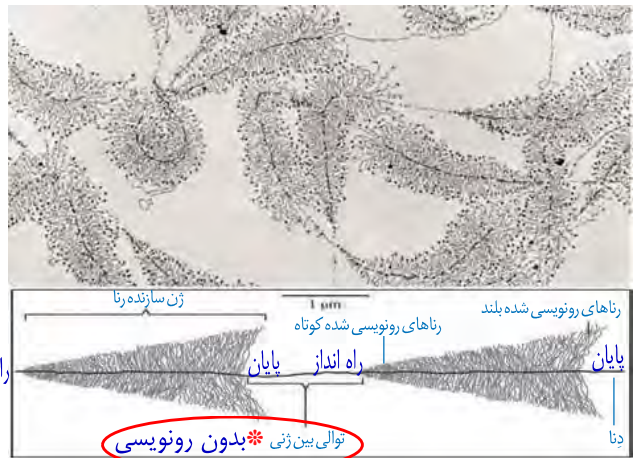
رونوشت آنها حذف نمی شوند **بیانه (اگزون)** گفته می شود (شکل ۵). در واقع رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت های میانه دنا است. به این رنا، **رنای نابالغ یا اولیه** گفته می شود. با حذف این رونوشت ها از رنای اولیه و پیوستن بخش های باقی مانده به هم، **رنای بالغ** ساخته می شود.



شکل ۵- طرح ساده ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن. به نظر شما حلقه های سبز میانه هستند یا بیانه؟

### شدت و میزان رونویسی

به طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فراورده های آن بستگی دارد. بعضی ژن ها، مانند ژن های سازنده رنای رنانتی در یاخته های تازه تقسیم شده بسیار فعال اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رنا را بسازند. در این نوع ژن ها، هم زمان تعداد زیادی رنابسپاراز از ژن رونویسی می کنند. به این دلیل که در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می شود. در این تصاویر رناها از اندازه کوتاه به بلند دیده می شود (شکل ۶). با توجه به شکل آیا می توانید جهت رونویسی هر ژن را مشخص کنید؟



شکل ۶- ساخته شدن هم زمان چندین رنا از روی ژن توجه به ش ۱۵ ص ۳۲

توجه به نکات ↓

### بیشتر بدانید

**نقش زیستی میانه ها و بیانه ها** ← ۱- تنظیم زمان و تعداد رونوشت ۲- پیرایش متفاوت و محصولات متفاوت ۳- کاهش آسیب به رونوشت های ژنی. اندازه میانه ها ممکن است بخش عمده ای از رنای اولیه را تشکیل دهد که در رنای بالغ حذف می شود. با توجه به اینکه یاخته برای رونویسی میانه ها انرژی زیادی صرف می کند، این سؤال پیش می آید که نقش زیستی این اجزا در یاخته چیست؟ به نظر می رسد یکی از نقش های میانه، تنظیم رونویسی و در نتیجه تعداد رونوشت ها است. با افزایش تعداد و اندازه میانه ها، رونویسی از ژن ها بیشتر طول می کشد و در نتیجه محصول کمتری تولید می شود. نقش دیگر میانه ها، ایجاد تنوع در محصول است که نتیجه پیرایش متفاوت رنای بیک است. با اینکه در بعضی ژن ها چسبیدن رونوشت های بیانه یک ژن، به طور منظم و یکنواخت انجام می شود، در بعضی دیگر از ژن ها، چسبیدن رونوشت های بیانه به صورت تصادفی انجام می شود (شکل زیر). پیرایش های متفاوت از یک ژن منجر به ساخته شدن رناهای مختلف می شود که می تواند پلی پپتیدهای متفاوتی را ایجاد کند. در پیرایش حتی ممکن است بخش های بیانه یک رونوشت به بخش هایی از بیانه های رونوشت دیگر متصل شود و بر گوناگونی محصول اضافه کند. نقش دیگری که برای میانه ها در نظر می گیرند، کاهش آسیب های مؤثر به دنا است زیرا برخی آسیب ها ممکن است در محل میانه ها رخ دهند که با حذف آنها، آسیب ها اثری نخواهند داشت.



پیرایش های متفاوت یک ژن: با کنار هم قرار گیری متفاوت بیانه ها، ترکیب های متفاوتی حاصل می شود.

۱- Exon

۲- Precursor mRNA (Pre-mRNA)

۳- Mature messenger RNA

نکته ۱: شکل پرمانند (درخت کریسمس) رونویسی DNA نشان می دهد که همزمان چندین رونویسی انجام می گیرد.

نکته ۲: سه نوع پلیمر DNA + RNA و پروتئین در ساختار پرمانند دیده می شود.

نکته ۳: حداکثر ۲۸ نوع مونومر، ۸ نوع نوکلئوتید و ۲۰ نوع آمینو اسید در ساختار پلیمر های موجود می تواند وجود داشته باشد.

## باسمه تعالی

### نقشه مفهومی فک-۲-۲



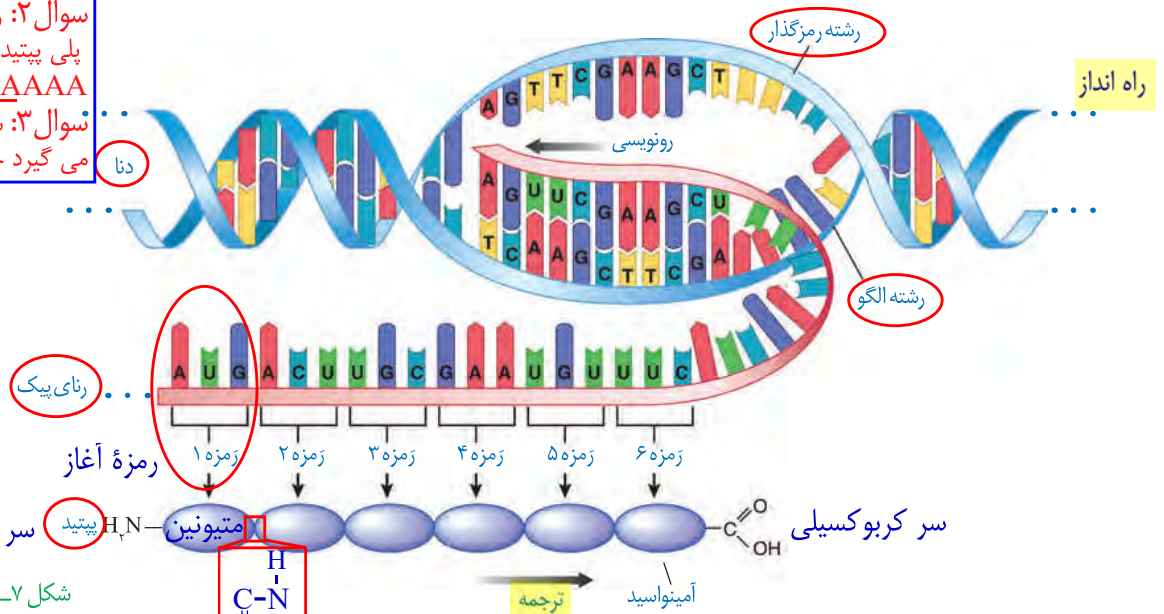


پلی پپتیدها از مهم‌ترین فراورده‌های ژن‌ها هستند\* پروتئین‌ها اعمال مختلفی را در بدن انجام می‌دهند که پیش از این با برخی از آنها آشنا شده‌اید. اینکه چگونه ژن‌ها و پروتئین‌های حاصل از آن، صفات را ایجاد می‌کنند در آینده مورد بحث قرار می‌گیرند. در این گفتار به نحوه تبدیل اطلاعات وراثتی رنا، به پروتئین می‌پردازیم.

### تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به زبان پلی پپتیدی

دانستید که در فرایند رونویسی از روی توالی‌های دنا، رنا ساخته می‌شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. ولی در ساختار پلی پپتیدها، آمینواسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، ترجمه می‌گویند. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).

سوال ۱: رنای پیک با ۶۰ نوکلئوتید، پس از ترجمه پلی پپتید حاصل از آن حداکثر چند آمینواسید خواهد داشت؟  
سوال ۲: رنای پیک با توالی زیر توانایی تولید پلی پپتیدی با چند آمینواسید را خواهد داشت؟  
**UCGAUGACCGCGUGAAAA**  
سوال ۳: سومین آنتی کدونی که در جایگاه A قرار می‌گیرد چه توالی خواهد داشت؟



شکل ۷- طرح ساده‌ای از تشکیل شدن پلی پپتید

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی پپتید قرار بگیرد. به این توالی‌ها، **رمزه (کدون)** گفته می‌شود. در یاخته ۶۴ نوع رمزه وجود دارد. نکته قابل توجه این است که رمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟ وجود اجداد مشترک  $64 = 4^3$   
رمزه‌های **UAA, UAG و UGA** هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آنها **رمزه پایان** می‌گویند، زیرا حضور این رمزه‌ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. **رمزه آغاز** یا **AUG** رمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رمزه، معرف آمینواسید متیونین نیز است.

۱- Translation  
۲- Codon

## انواع ژمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها

mRNA

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

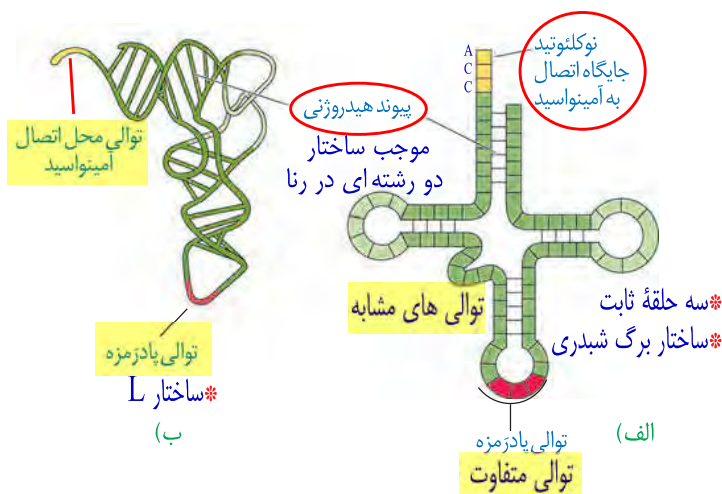
**طرح پرسش از این جدول در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**

## عوامل لازم در ترجمه

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می‌توان به یک فرایند آشپزی از روی کتاب آن تشبیه کرد. براساس دستورالعمل این کتاب، مواد اولیه به مقدار و ترتیب خاصی استفاده و غذای خاصی درست می‌شود. در ترجمه هم براساس ژمزه‌های رنای پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمینواسیدها هستند. <sup>۱</sup>رنتان‌ها و <sup>۲</sup>رناهای ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی‌پپتید هم از مولکول‌های پر انرژی مانند <sup>۳</sup>ATP به دست می‌آید.

## ساختار رنای ناقل

رنای ناقل پس از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. به همین علت رنای تک رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد (شکل ۸- الف). رنای ناقل تاخوردگی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه‌بعدی را



شکل ۸- رنای ناقل  
الف) تاخوردگی اولیه (ساختار دوم غیرفعال)  
ب) ساختار سه‌بعدی (ساختار سوم فعال)

به وجود می آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه (آنتی کدون)** است (شکل ۸). به نظر شما علت این نام گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی ریمه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می کند.

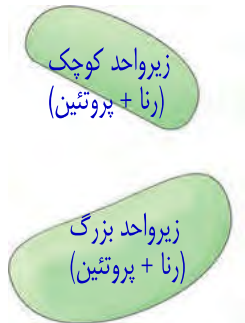
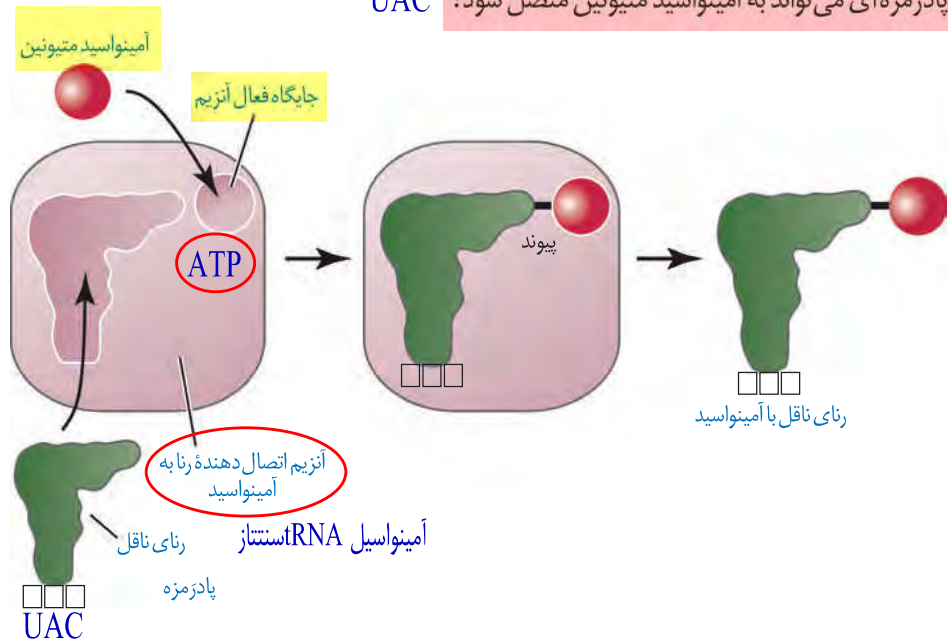
در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پادرمزه ای، انواع توالی های مشابهی وجود دارند. انتظار این است که به تعداد انواع ریمه ها، پادرمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرمزه ها کمتر از ریمه ها است؛ مثلاً برای ریمه های پایان، رنای ناقل وجود ندارد.

**نحوه عمل رنای ناقل:** همان طور که گفته شد، آمینواسید به رنای ناقل متصل می شود. حال پرسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می تواند متصل شود؟ اهمیت بخش پادرمزه ای در این اتصال چیست؟

در واقع در ریخته ها، آنزیم های ویژه ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادرمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می کنند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادرمزه در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل ۹).

حال بر اساس آنچه تاکنون درباره ریمه ها خوانده اید آیا می توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادرمزه ای می تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟ UAC

شکل ۹- نحوه پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژه آن



شکل ۱۰- ترتیب قرارگیری زیر واحدهای رباتن

## ساختار رباتن

دانستید که رباتن در ساخت پلی پپتید نقش دارد. رباتن ها از دو زیر واحد تشکیل شده اند (شکل ۱۰). هر زیر واحد نیز از رنا و پروتئین تشکیل شده است. به یاد می آورید که رنای رباتنی به وسیله کدام رنا بسیار ازها ساخته می شود؟ در ریخته، پروتئین های رباتنی ساخته شده و رنای مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ رباتن را می سازد. رباتن در ساختار کامل، سه جایگاه به نام E، P، A دارد که با آمینواسید پلی پپتید خروجی

۱- Anticodon

برای پلی پپتیدی با  $n$  آمینواسید

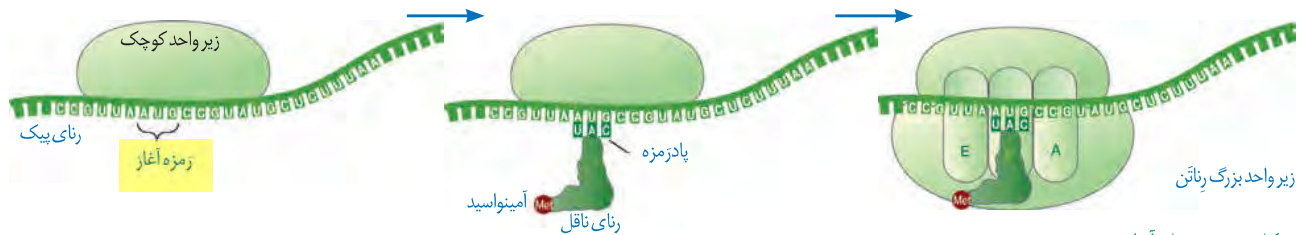
- ۱- رناتن چندبار حرکت؟  $n-1$
- ۲- چند مرتبه آمینواسید در جایگاه A؟  $n-1$
- ۳- چند مرتبه آمینواسید در جایگاه P؟  $n$
- ۴- چند مرتبه آمینواسید در جایگاه E؟  $n(,)$
- ۵- چند رمز؟  $n+1$
- ۶- چند رمز؟  $n+1$
- ۷- چند پادرمزه؟  $n$
- ۸- چند نوکلئوتید؟  $3n+3$
- ۹- چند مولکول آب؟  $-1$  و  $0$
- ۱۰- چند پیوند پپتیدی؟  $n-1$
- ۱۱- کدام رنای ناقل فقط در دو جایگاه ریبوزوم قرار می گیرد؟ اولین و آخرین

### مراحل ترجمه

ترجمه نیز فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحله آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می کنند.

**مرحله آغاز:** در این مرحله بخش هایی از رنای پیک، (دارای توالی ویژه) زیر واحد کوچک رناتن را به سوی رمزه آغاز، هدایت می کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رمزه آغاز است به آن متصل می شود. با افزوده شدن زیر واحد بزرگ رناتن به این مجموعه، ساختار رناتن کامل می شود.

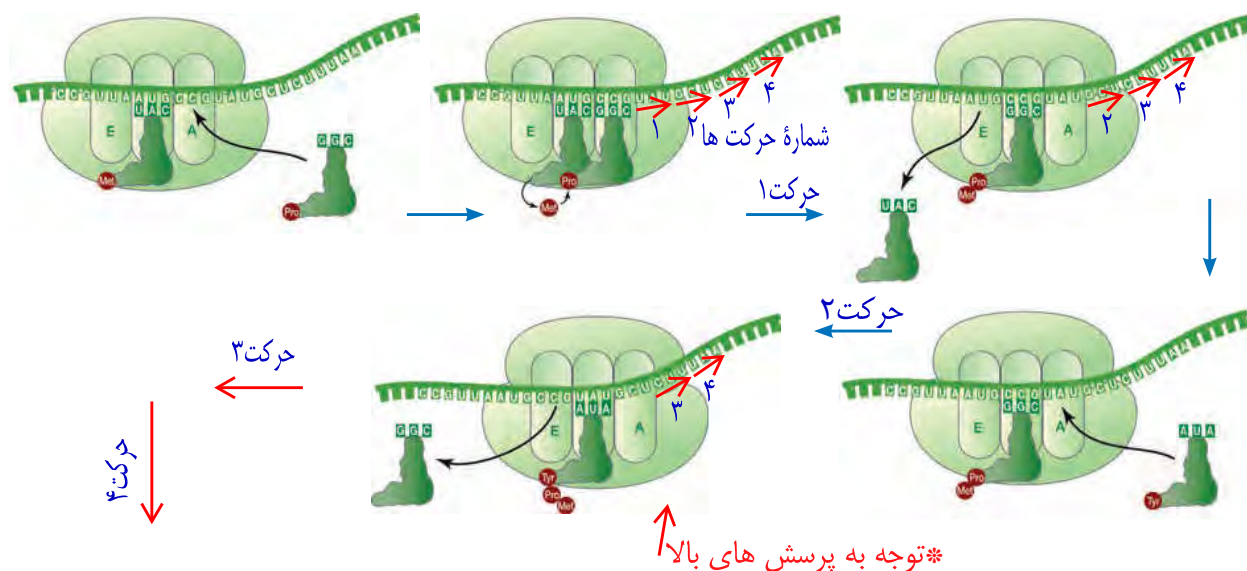
در این مرحله جایگاه P در رناتن، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه ابتدا توسط رنای ناقل متیونین اشغال می شود. جایگاه A محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پپتیدی در جایگاه A برقرار می شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه P پر می شود و جایگاه A و E خالی می ماند (شکل ۱۱).



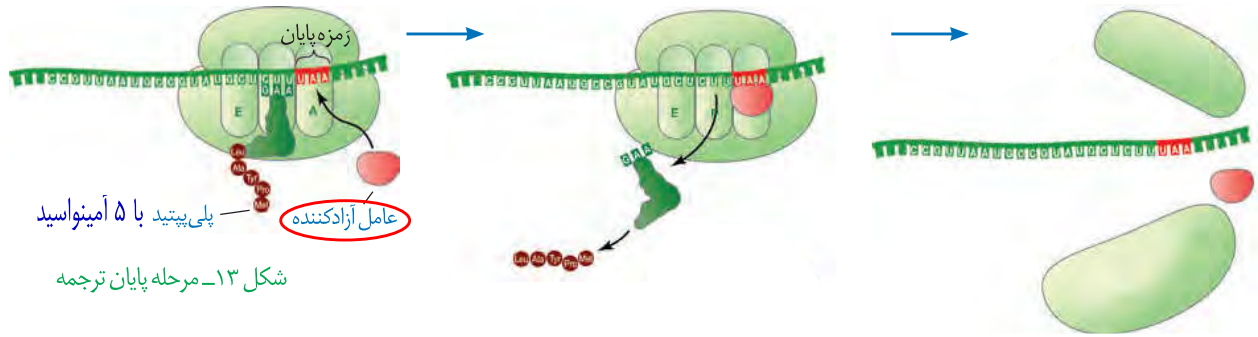
شکل ۱۱- مرحله آغاز ترجمه

**مرحله طویل شدن:** در این مرحله ممکن است رنای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رناتن شوند ولی فقط رنایی که مکمل رمزه جایگاه A است، استقرار پیدا می کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می کند. سپس آمینواسید جایگاه P از رنای ناقل خود جدا می شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند برقرار می کند. آیا می دانید پیوند حاصل چه نام دارد؟ پس از آن رناتن به اندازه یک رمزه به سوی رمزه پایان پیش می رود. در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرار می گیرد (علت نام گذاری جایگاه P) و جایگاه A خالی می شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می گیرد و سپس از این جایگاه خارج می شود. این فرایند بارها تکرار می شود و طول زنجیره آمینواسیدی بیشتر می شود تا رناتن به یکی از رمزه های پایان برسد (شکل ۱۲).

شکل ۱۲- مرحله طویل شدن ترجمه



**مرحله پایان:** با ورود یکی از رمزهای پایان ترجمه در جایگاه A، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود. عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند؛ همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رناتن‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).





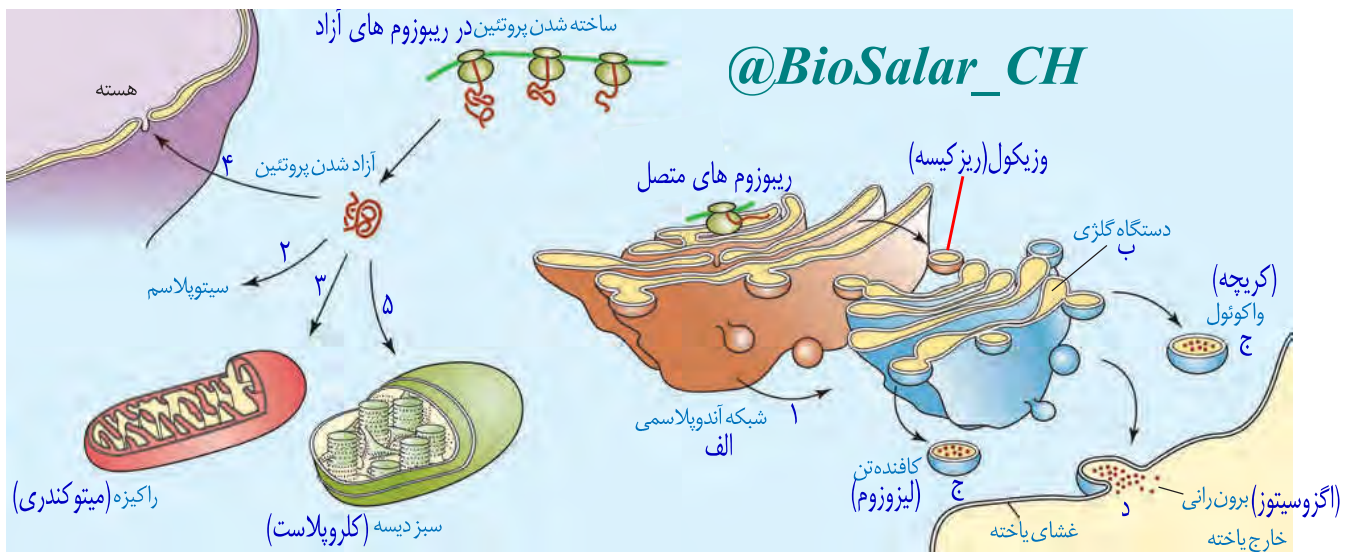
**طرح سؤال از توالی‌های رمز، پادر مزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها در همه‌آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**

### محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آنها

پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته می‌شوند. به طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که رناتن‌ها حضور داشته باشند می‌تواند انجام شود.

همان‌طور که در شکل ۱۴ می‌بینید، پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم\* سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند. بعضی از این پروتئین‌ها به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئول (کریچه) و کافنده‌تن بروند. بعضی پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا اینکه به راکیزه‌ها<sup>۴</sup> هسته و یا دیسه‌ها می‌روند. در هر یک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند (شکل ۱۴).

شکل ۱۴- سرنوشت پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم



۱- Release Factors

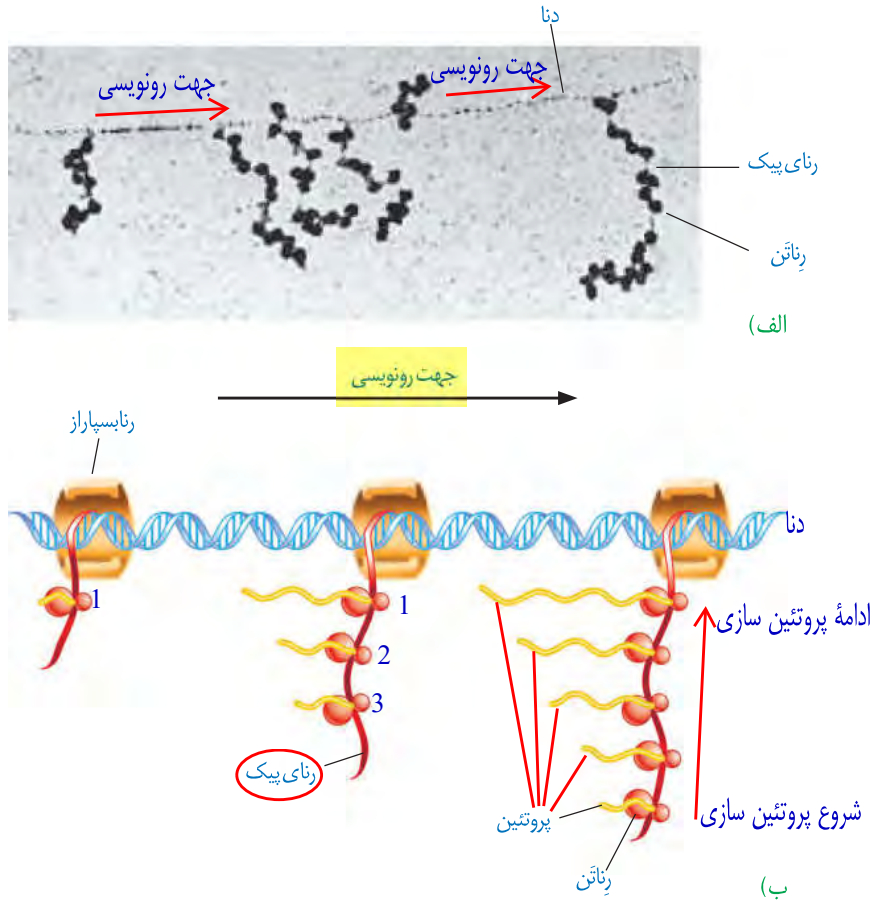
\* پروتئین‌سازی در سیتوزول (بصورت آزاد یا متصل به شبکه آندوپلاسمی) و در اندامک‌ها (میتوکندری و کلروپلاست) که ریبوزوم مجزا دارند؛ انجام می‌گیرد.

## سرعت و مقدار پروتئین سازی

به طور کلی سرعت و مقدار پروتئین سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود. در پروکاریوت‌ها پروتئین سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی RNA پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر RNA پیک در این یاخته‌ها کم است. برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از RNA‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته شود (شکل ۱۵). در این مجموعه، RNA‌ها مانند دانه‌های تسبیح و RNA پیک شبیه نخ است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد. همکاری جمعی RNA‌ها به پروتئین سازی سرعت بیشتری می‌دهد.

تجمع RNA‌ها در یاخته‌های یوکاریوتی نیز دیده می‌شوند. البته در این یاخته‌ها سازوکارهایی برای حفاظت RNA پیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین سازی هست. در مجموع، این عوامل موجب طولانی‌تر شدن عمر RNA پیک پیش از تجزیه می‌شود.

نکته: در پروکاریوت‌ها یک نوع RNA و یک نوع پروتئین و به تعداد فراوان تولید می‌شود. اما در یوکاریوت‌ها به دلیل پیرایش‌های متفاوت یک RNA یعنی با کنار هم قرار گیری متفاوت بیان‌ها، ترکیب‌های متفاوت RNA و در نتیجه پروتئین‌های متنوع حاصل می‌شود.



شکل ۱۵-الف) تصویر میکروسکوپی مجموعه RNA‌ها از روی یک ژن (ب) طرحی ساده از RNA‌هایی که چند RNA در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند.

## فعالیت ۱

الف) چه رابطه‌ای بین طول عمر RNA پیک یاخته‌ها با میزان پروتئین سازی آنها برقرار است؟  
ب) رونویسی و ترجمه در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را با هم مقایسه کنید.

الف) هرچه میانگین عمر RNA پیک بیشتر باشد تعداد پلی‌پپتیدهای ترجمه شده از آن بیشتر خواهد بود.

- ب) رونویسی در پروکاریوت‌ها در سیتوپلاسم ولی در یوکاریوت‌ها درون هسته انجام می‌شود.
- رونویسی در پروکاریوت‌ها توسط یک نوع رنا بسپاراز انجام می‌شود ولی در یوکاریوت‌ها توسط انواعی از رنا بسپاراز انجام می‌شود.
  - ترجمه در پروکاریوت‌ها ممکن است پیش از پایان رونویسی آغاز شود ولی در یوکاریوت‌ها ترجمه بعد از رونویسی انجام می‌شود.
  - در پروکاریوت‌ها ترجمه در سیتوپلاسم انجام می‌شود ولی در یوکاریوت‌ها در سیتوپلاسم و اندامک‌هایی مثل راکیزه و دیسه‌ها نیز می‌تواند انجام شود.

نکته: اگر  $n$  تعداد آمینواسید ترجمه شده در یک زنجیره ی پلی پپتید باشد آنگاه:

تعداد کدون در mRNA:  $n+1$

تعداد حرکت ریبوزوم روی mRNA:  $n-1$

تعداد کدونی که وارد جایگاه P و A می‌شود:  $n$

تعداد پیوند پپتیدی تشکیل شده:  $n-1$

توجه بسیار مهم: به هیچ وجه این فرمول‌ها را حفظ نکنید بلکه سعی کنید که با تحلیل نحوه ی پروتئین سازی، خودتان آنها را بدست آورید.

\*توجه شود که در پروکاریوت‌ها ژن‌ها پیوسته اند و توالی اینترونی (میان‌ه) وجود ندارد بنابراین به پیرایش نیاز ندارد.

@BioSalar\_CH

پورسالر



در سال گذشته آموختید که همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم میتوز (رشتمان) یاخته تخم منشأ می‌گیرند. یاخته‌های حاصل، از نظر فام‌تنی و ژن‌ها یکسان‌اند. با این حال در ادامه تقسیمات و رشد جنین، یاخته‌های متفاوتی ایجاد می‌شوند که اعمال مختلفی انجام می‌دهند؛ مثلاً یاخته‌های عصبی و ماهیچه‌ای بدن یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند ولی دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند. حال این سؤال مطرح می‌شود که چگونه ممکن است یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان تا این حد متفاوت باشند؟ پاسخ این است که در هر یاخته تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیر فعال هستند. هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است و ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد خاموش است و به اصطلاح بیان نشده. مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد و حتی در یک یاخته هم بسته به نیاز متفاوت باشد. به فرایندهایی که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند، فرایندهای تنظیم بیان ژن<sup>۱</sup> می‌گویند. تنظیم بیان ژن فرایندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارند. تنظیم بیان ژن موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد؛ مثلاً در گیاه، نور می‌تواند باعث فعال شدن ژن سازنده آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نبود نور این ژن بیان نمی‌شود. همچنین تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود. یاخته‌های متفاوتی که از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شوند، مثالی مناسب در این مورد هستند. در مورد این یاخته‌ها در کتاب دهم مطالبی را فرا گرفتید. آیا می‌توانید برخی یاخته‌های حاصل از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان را نام ببرید؟

### تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها

محصول ژن، رنا و پروتئین است. بنابراین، تغییر در فعالیت ژن‌ها، بر ساخت این محصولات نیز اثر می‌گذارد. تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی به طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی انجام می‌شود.<sup>۳</sup> در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

منفی | القایی — لاکتوز  
مهاری — تریپتوفان

مثبت — مالتوز

### تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

در این نوع تنظیم عواملی به پیوستن رنا بسپاراز به توالی راه‌انداز کمک و یا مانع حرکت رنا بسپاراز می‌شوند. در نتیجه، رونویسی ژن تسهیل یا ممانعت می‌شود؛ مثلاً با اتصال پروتئین‌های خاصی به بخشی از دنا که سر راه رنا بسپاراز است، از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود. نمونه این نوع تنظیم، در نوعی باکتری به نام اشرشیا کلای<sup>۲</sup> شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است.

### بیشتر بدانید

در باکتری‌ها ژن‌هایی که محصولات آنها چند فرایند مرتبط به هم را اداره می‌کند در واحدهایی به نام آپران<sup>۴</sup> قرار گرفته‌اند و بیان با عدم بیان آنها به طور هماهنگ انجام می‌شود. برای مثال برای جذب و تجزیه لاکتوز در باکتری اشرشیا کلای، ۳ آنزیم مورد نیاز است که ژن‌های سازنده آنها در کنار هم قرار دارند و توسط یک بخش تنظیمی اداره می‌شوند. به مجموعه این ژن‌ها و بخش تنظیمی آن آپران گفته می‌شود. مثال دیگر، ژن‌های مسئول ساخت آمینواسید تریپتوفان است. ۵ ژن در ساخت این آمینواسید دخالت دارند که در یک آپران قرار دارند.

۱- Regulation of gene expression

۲- *Escherichia coli*

۱- Operons



حضور لاکتوز ← بیان ضعیف ژن  
 نبود لاکتوز ← ژن خاموش  
 حضور لاکتوز ← بیان قوی ژن  
 نبود لاکتوز ← ژن خاموش

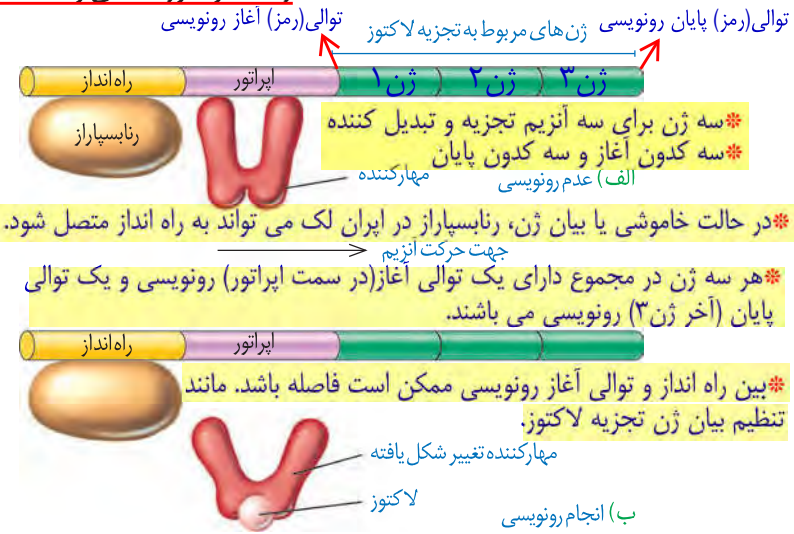
حضور گلوکز  
 نبود گلوکز

اشرشیا کلاهی

مراحل تجزیه قند گلوکز در باخته را در فصول بعد خواهید آموخت. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام **لاکتوز**<sup>۱</sup> در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می تواند از این قند استفاده کند. این قند متفاوت از گلوکز بوده است و آنزیم های لازم برای مصرف آن نیز متفاوت است. بنابراین وقتی لاکتوز در محیط وجود دارد باکتری باید آنزیم های تجزیه کننده آن را بسازد و در نبود یا کاهش لاکتوز نیز ساخت آنزیم های تجزیه کننده آن متوقف یا کاهش پیدا کند. حال این پرسش پیش می آید که باکتری چگونه می تواند حضور لاکتوز را در محیط تشخیص دهد و آنزیم های تجزیه کننده آن را بسازد؟ ژن هایی که این آنزیم ها را می سازند چگونه روشن و یا خاموش می شوند؟ در پروکاریوت ها بیان ژن به دو صورت منفی و مثبت تنظیم می شود.

شکل ۱۶- الف) عدم رونویسی ژن ها در غیاب لاکتوز (ب) رونویسی ژن ها در حضور لاکتوز

**تنظیم منفی رونویسی:** در گفتار ۱ آموختید که رونویسی با چسبیدن رنابسپاراز به راه انداز مربوط به ژن شروع می شود. حال اگر مانعی بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی شود. به این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی گفته می شود. مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام **مهارکننده**<sup>۲</sup> است. این پروتئین به توالی خاصی از **دنا** به نام **اپراتور**<sup>۳</sup> متصل می شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می گیرد (شکل ۱۶- الف). لاکتوز موجود در محیط به باکتری وارد می شود و با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می دهد. تغییر شکل مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می کند و نیز مانع از اتصال آن به اپراتور می شود. با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می تواند رونویسی ژن ها را انجام دهد (شکل ۱۶- ب). محصولات این ژن ها پس از ترجمه تجزیه لاکتوز را ممکن می کند.



### بیشتر بدانید

تنظیم منفی در پروکاریوت به دو صورت **القایی**<sup>۱</sup> و **مهار**<sup>۲</sup> انجام می شود. در حالت القایی، حضور یک ماده موجب بیان ژن ها می شود. تنظیم بیان ژن در حضور لاکتوز مثالی از تنظیم منفی از نوع القایی است. در حالت مهار، حضور یک ماده موجب خاموش شدن ژن و عدم بیان آنها می شود. مثال این نوع تنظیم در مورد آمینواسید **تریپتوفان** دیده می شود. در باکتری اشرشیا کلاهی با حضور تریپتوفان، ژن هایی که در ساخت آن دخالت دارند خاموش می شوند. وقتی تریپتوفان در محیط نیست، این ژن ها روشن می شوند تا آنزیم های سازنده تریپتوفان ساخته شوند.

۱- Inducer  
 ۲- Repressor

**تنظیم مثبت رونویسی:** در این نوع تنظیم، پروتئین های خاصی به رنابسپاراز کمک می کنند تا بتواند به راه انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثال این نوع تنظیم نیز در باکتری اشرشیا کلاهی وجود دارد. مشخص شده که اگر در محیط باکتری، **قند مالتوز**<sup>۴</sup> وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم هایی ساخته می شوند که در تجزیه آن دخالت دارند. در عدم حضور مالتوز این آنزیم ها ساخته نمی شوند چون باکتری نیازی به آنها ندارد.

تنظیم رونویسی در مورد این ژن ها به صورت مثبت انجام می شود. در حضور **قند مالتوز**، انواعی از پروتئین به نام **فعال کننده**<sup>۵</sup> وجود دارند که به توالی های خاصی از دنا متصل می شوند. به این توالی ها **جایگاه اتصال فعال کننده**<sup>۶</sup> گفته می شود. (شکل ۱۷- الف) در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال کننده به جایگاه خود متصل می شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می کند تا به راه انداز متصل

۱- Lactose  
 ۲- Repressor  
 ۳- Operator  
 ۴- Maltose  
 ۵- Activator  
 ۶- Activator Binding Site

\* بین راه انداز و توالی آغاز رونویسی ممکن است فاصله ای نباشد. مانند تنظیم بیان ژن تجزیه مالتوز.

توالی (رمز) پایان رونویسی



شود و رونویسی را شروع کند. چه عاملی سبب می شود که فعال کننده به جایگاه خود بچسبد؟ این عامل مالتوز است. اتصال مالتوز به فعال کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می شود. (شکل ۱۷-ب)



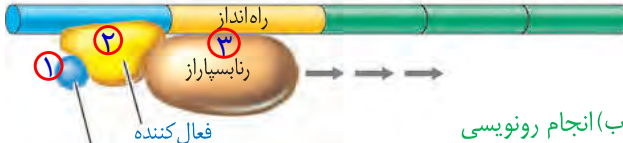
الف) عدم رونویسی

\* سه ژن برای سه آنزیم تجزیه و تبدیل کننده \* سه کدون آغاز و سه کدون پایان

\* هر سه ژن در مجموع دارای یک توالی آغاز (در سمت اپراتور) رونویسی و یک توالی پایان (آخر ژن ۳) رونویسی می باشند.

## تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها پیچیده تر از پروکاریوت هاست و می تواند در مراحل بیشتری انجام شود. یاخته های یوکاریوتی به وسیله غشاهای به بخش های مختلفی تقسیم شده اند. بنابراین، اگر یاخته بخواهد نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد باید آن ماده به طریقی از غشاهای عبور کند و ژن ها را تحت تأثیر قرار دهند. در یاخته های یوکاریوتی، بیشتر ژن ها در هسته و برخی در راکیزه ها و دیسه ها قرار دارند. در هر یک از این محل ها، یاخته می تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد. بنابراین تنظیم بیان ژن می تواند در مراحل متعددی انجام شود.



ب) انجام رونویسی

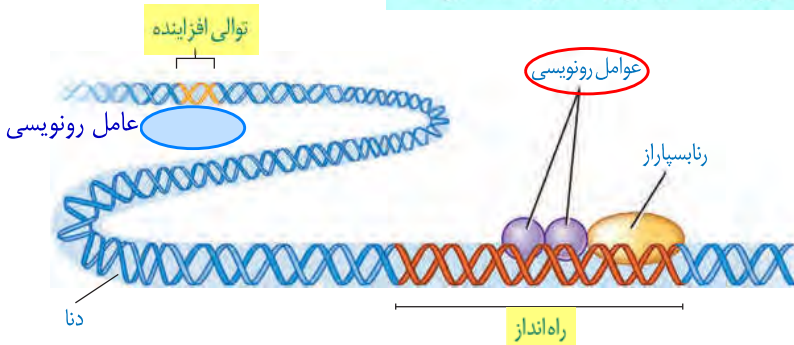
مالتوز (کمک فعال کننده) فقط در حالت بیان ژن، رنابسپاراز در اپران لک می تواند به راه انداز متصل شود.

شکل ۱۷- تنظیم مثبت رونویسی ژن های مؤثر در تجزیه مالتوز

**نکته:** در پروکاریوت ها نیز برای نمونه در تنظیم بیان ژن های مؤثر در تجزیه مالتوز، رنابسپاراز در حضور پروتئین فعال کننده به راه انداز متصل می شود. (توجه به متن ص ۳۳)

**تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی:** در یوکاریوت ها نیز مانند پروکاریوت ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه انداز آغاز می شود. در یوکاریوت ها رنابسپاراز نمی تواند به تنهایی راه انداز را شناسایی کند

و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین هایی به نام **عوامل رونویسی** هستند. گروهی از این پروتئین ها با اتصال به نواحی خاصی از راه انداز، رنابسپاراز را به محل راه انداز هدایت می کند، چون تمایل پیوستن این پروتئین ها به راه انداز در اثر عواملی تغییر می کنند، مقدار رونویسی ژن آن هم تغییر می کند. (شکل ۱۸)

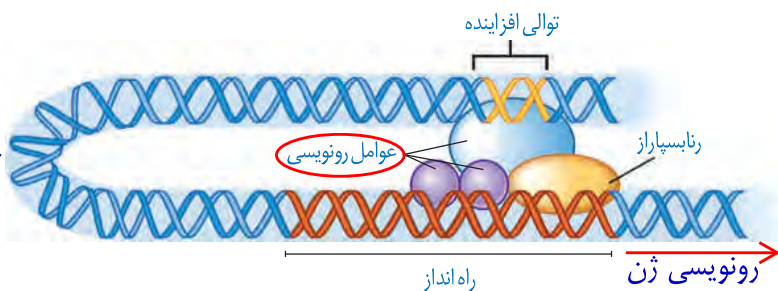


شکل ۱۸- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها

**توالی افزایشده** است عوامل رونویسی دیگری به بخش های خاصی از دنا به نام **توالی افزایشده** متصل شوند. با پیوستن این پروتئین ها به توالی افزایشده و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می گیرند. کنار هم قرارگیری این عوامل،

سرعت رونویسی را افزایش می دهند. توالی های افزایشده متفاوت از راه انداز هستند و ممکن است در فاصله دوری از ژن قرار داشته باشند. اتصال این پروتئین ها بر سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است. (شکل ۱۹)

خمیدگی دنا



شکل ۱۹- توالی افزایشده و عوامل رونویسی متصل به آن

۱- Transcription Factors  
۲- Enhancer

## بیشتر بدانید

بعضی ژن‌ها در یاخته‌ها به‌طور دائم بیان می‌شوند. ژن‌های سازنده اجزای رناتن از این جمله‌اند. این ژن‌ها رنای رناتن و پروتئین‌های آن را می‌سازند. با توجه به نیاز یاخته‌های در حال تقسیم به تعداد زیادی رناتن، این ژن‌ها به‌طور دائم روشن هستند.

**تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی:** در یوکاریوت‌ها تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از آن هم انجام شود. اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک\* مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی است. با اتصال این رناها، از کار رناتن جلوگیری می‌شود. در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و رنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

روش تنظیم دیگر در سطح فام‌تنی است. به‌طور معمول بخش‌های فشرده فام‌تن کمتر در دسترس رنابسیارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشرده‌گی فام‌تن در بخش‌های خاصی، دسترسی رنابسیاراز را به ژن مورد نظر تنظیم کند. به نظر شما این تنظیم بیان ژن پیش از رونویسی است یا پس از آن؟ پیش از رونویسی

از روش‌های دیگر تنظیم بیان ژن طول عمر رنای پیک است. افزایش طول عمر رنای پیک موجب افزایش محصول می‌شود. این فرایندها در میزان پروتئین‌سازی مؤثر خواهند بود. شیوه‌های دیگری نیز در تنظیم بیان ژن مؤثرند که نحوه عمل بسیاری از آنها ناشناخته است.

- ۱- پیش از رونویسی — فشرده‌گی فام‌تن در بخش‌های خاصی
  - ۲- هنگام رونویسی — اتصال عوامل رونویسی به راه انداز و توالی افزاینده و هدایت رنابسیاراز برای رونویسی
  - ۳- پس از رونویسی — اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک و توقف کار رناتن و ترجمه
  - ۴- افزایش عمر رنای پیک — تشکیل چند رناتنی و افزایش تولید پروتئین
- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها**

## بیشتر بدانید

بیان ژن به روش‌های مختلفی ممکن است کاهش یا افزایش یابد. یکی از این روش‌ها افزایش تعداد ژن‌هایی است که به محصولات آنها به مقدار زیادی نیاز است. در این موارد ممکن است یاخته چندین کپی از یک ژن داشته باشد. در نتیجه رونویسی از تعداد بیشتری ژن انجام شود. این حالت موجب ساخت محصول بیشتر در زمان کمتر می‌شود. نمونه این ژن‌ها، ژن‌های سازنده رنای رناتنی است. نوعی از این رنای رناتنی هزاران ژن در یک یاخته دوزیست دارد.

روش دیگر فعال یا غیرفعال کردن برخی فام‌تن‌ها مانند فام‌تن X در انسان است. چون در یاخته‌های پیکری زن، دو نسخه از فام‌تن X و در مرد یک نسخه وجود دارد، برای بیان متعادل در دو جنس، یکی از فام‌تن‌های X در یاخته‌های زن غیرفعال می‌شود تا ژن‌های آن بیان نشوند. در اثر این فرایند ژن‌های فام‌تن X در زن و مرد، به یک نسبت بیان می‌شود. مثالی از بیان ژن‌های روی فام‌تن X و اثرات آن بر روی صفات را در تصویر زیر مشاهده می‌کنید. در یاخته‌ها، یکی از فام‌تن‌های X به صورت تصادفی غیرفعال می‌شوند.

## @BioSalar\_CH



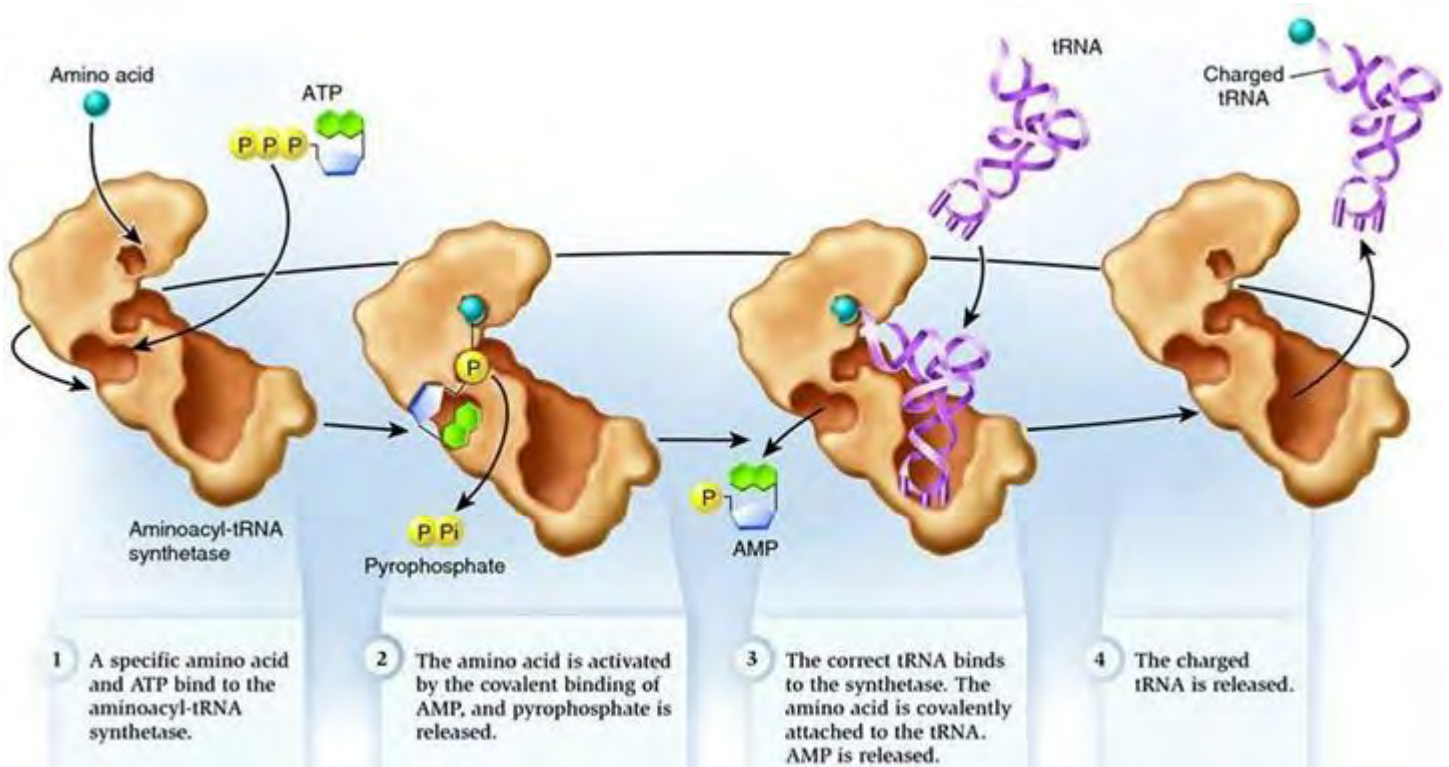
## باسمه تعالی

### شکل‌های تکمیلی ف۲

پیرایش - با تشکر از استاد رستمی (گروه یوزیست)



### اتصال آمینواسید به رنای ناقل



## ساختار RNA ناقل

