**باسمه تعالی**

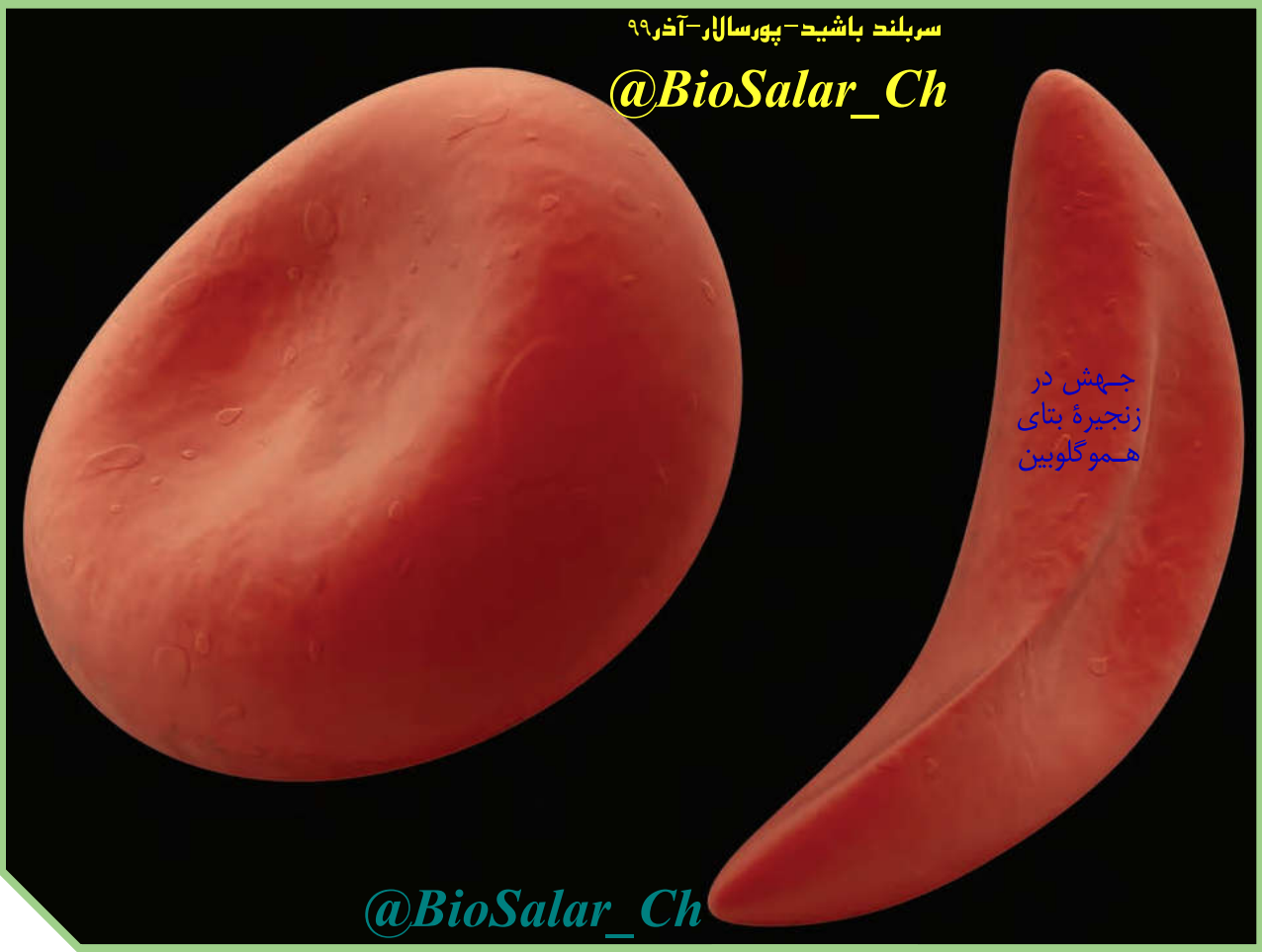
## نقشه مفهومی ف۲-گ-۱

- جریان اطلاعات در یاخته
  - ۱ــ رونویسی
    - ۱ــ نحوهٔ تعیین آمینواسید توسط دنا
    - ۲ــ نقش مولکول رنا به عنوان میانجی
    - ۳ــ آنزیم‌های مؤثر بر رونویسی
      - ۱ــ پروکاریوت‌ها به رنا بسپاراز
      - ۲ــ یوکاریوت‌ها
        - ۱ــ رنا بسپاراز ۱ ← ساخت رنای
        - ۲ــ رنا بسپاراز ۲ ← ساخت رنای پیک
        - ۳ــ رنا بسپاراز ۳ ← ساخت رنای ناقل
    - ۴ــ مراحل رونویسی
      - ۱ــ مرحلهٔ آغاز رونویسی
      - ۲ــ مرحلهٔ طویل شدن
      - ۳ــ مرحلهٔ پایان رونویسی
    - ۵ــ رونویسی ژن فقط از یک رشته انجام می‌شود.
    - ۶ــ تغییرات رناهای ساخته شده
      - تغییر رنای پیک : پیرایش
    - ۷ــ شدت و میزان رونویسی و تعیین جهت آن

@BioSalar_Ch

باسمه تعالی

"با کمال امتنان،پذیرای پیشنهادها و نظرهای علمی و ادبی عزیزان هستیم."




فصل ۲

# جریان اطلاعات در یاخته

تصویر بالا دو گویچه قرمز را نشان می‌دهد. گویچهٔ سمت راست مربوط به شخصی است که دچار نوعی بیماری ارثی به نام **کم‌خونی داسی‌شکل**[۱] 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 داسی‌شکل 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، رابطهٔ بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد. به‌نظر شما اطلاعات ژن‌ها چگونه در این 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 نمونهٔ پرسش‌هایی هستند که در این فصل به آنها پاسخ داده می‌شود.

توجه ب ص ۴۸و۵۶

اتوزوم مغلوب

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

۱ـ Sickle cell anemia

# گفتار ۱ رونویسی

در فصل گذشته دیدید که واحد سازندهٔ 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 می کند؟

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 به‌کار رفته در دنا، ۶۴=$۴^۳$ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود، که می توانند رمز ساخت پلی‌پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند به هر یک از این توالی‌های سه نوکلئوتیدی در دنا **رمز** (کد) می گویند.

## 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.[۱] با توجه به اینکه اطلاعات دنا برای ساخت پلی‌پپتید ضروری است و[۲] دنا هم از هسته خارج نمی‌شود این سؤال پیش می آید که دستورات ساخت پلی‌پپتید چگونه به بیرون هسته منتقل می‌شود؟

پاسخ در مولکول رنا است. همان‌طور که دیدید (ص ۸) 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**[۱] گفته می‌شود (شکل ۱).

شکل ۱ــ طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

۱ــ Transcription

* ریبوزوم(رناتن)ها درون هسته و در هستک ساخته می شود اما فعالیت آن پس از خروج ازطریق منافذ هسته، در سیتوپلاسم می باشد.

| تفاوت | همانندسازی | رونویسی |
|---|---|---|
| تعداد رشته الگو | ۲ | ۱ |
| تعداد رشته حاصل | ۲ | ۱ |
| نوع مولکول حاصل | DNA | RNA |
| نوع نوکلئوتید پیش‌ساز | دئوکسی‌ریبونوکلئوتید | ریبونوکلئوتید |
| بخشی از DNA که الگوست | کل مولکول | بخشی از مولکول |
| بسته شدن مجدد دو رشته DNA | نداریم | دارایم |
| مکمل نوکلئوتید A دار | نوکلئوتید T دار | نوکلئوتید U دار |
| نوع آنزیم پلی‌مراز | DNA پلی‌مراز | RNA پلی‌مراز |
| فرایند ویرایش | دارایم | ندارایم |
| باز شدن دو رشته | توسط هلیکاز صورت می‌گیرد | توسط RNA پلی‌مراز صورت می‌گیرد |

همانندسازی و رونویسی دارای تفاوت‌های متعددی می‌باشند که این تفاوت‌ها عبارتند از:

@BioSalar_Ch

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 چرخهٔ یاخته‌ای یک‌بار 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: دریاخته هایی که پروتئین سازی نمی شود مانند گویچه های قرمز و یاخته غربالی، رونویسی رخ نمی دهد.

## آنزیم‌های ویژه‌ای رونویسی را تسهیل می کنند

در یاخته انواعی از رنا ساخته می‌شود. عمل رونویسی از دنا به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها را، تحت عنوان کلی **رِنابسپاراز**[۱] نام‌گذاری می‌کنند. تذکر: در برخی یاخته ها وجود ندارد.

در پروکاریوت‌ها یک نوع رنابسپاراز وظیفهٔ ساخت انواع رنا را بر عهده دارد. در یوکاریوت‌ها، انواعی از رنابسپاراز، ساخت رناهای مختلف را انجام می‌دهند*؛ مثلاً رنای پیک توسط رنابسپاراز ۲، رنای ناقل توسط رنابسپاراز ۳ و رنای رِناتَنی توسط رنابسپاراز ۱ ساخته می‌شود.

متنوع ترین

فراوان ترین

## مراحل رونویسی

رونویسی فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحلهٔ **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**[۲]: در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و دو رشتهٔ 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**[۳] گفته می‌شود.[۱] راه انداز موجب می‌شود**** رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به‌طور دقیق پیدا و رونویسی را از آنجا آغاز کند. در این حالت[۲] بخش کوچکی از مولکول دنا باز و[۳] زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می‌شود (شکل ۲ــ الف). نحوهٔ 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 یوراسیل‌دار رنا به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین‌دار دنا قرار می‌گیرد.

**مرحله طویل شدن**[۴]: در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجهٔ آن، [۲] رنا طویل می‌شود. همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، [۱] دو رشته دنا در جلوی آن باز و [۳] در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رنا از دنا جدا می‌شود و [۴] دو رشتهٔ دنا مجدداً به هم می‌پیوندند (شکل ۲ــ ب).

**مرحله پایان**[۵]: در دنا [۱] توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز

---

۱ــ RNA Polymerase
۲ــ Initiation
۳ــ Promoter
۴ــ Elongation
۵ــ Termination

*در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها، هر ژن توسط یک نوع رنابسپاراز رونویسی می شود. همچنین در هر دو، هر رنابسپاراز می تواند چند نوع ژن را رونویسی کند!

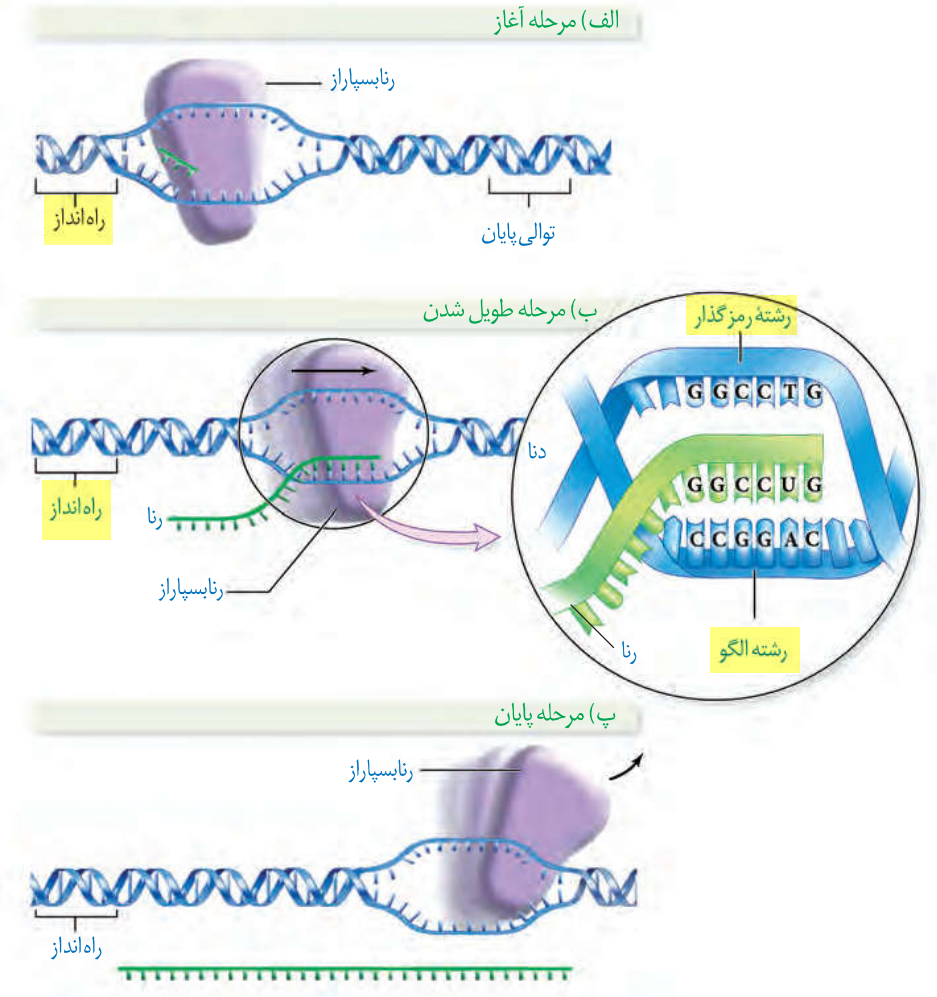
**در هرسه مرحله رونویسی، عمل رونویسی(تشکیل پیوند هیدروژنی و یا فسفودی استر) انجام می گیرد.

***رنابسپاراز(برخلاف دنابسپاراز) موجب شکستن پیوند هیدروژنی می شود.

****در یوکاریوت ها علاوه بر توالی ویژه(راه انداز)، پروتئین های شروع(عوامل رونویسی) نیز وجود دارند. توجه به ص۳۵.

*****رنابسپاراز(همانند دنابسپاراز) موجب تشکیل پیوند فسفودی استر می شود؛ همچنین در تشکیل پیوند هیدوژنی نقشی ندارد.

می‌شوند. در این محل‌ها،[۲] آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و[۳] دو رشتهٔ دنا به هم متصل می‌شوند(شکل ۲ـ پ).




شکل ۲ـ مراحل مختلف رونویسی

رنا

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

همان‌طور که گفته شد، ژن بخشی از مولکول دنای دو رشته‌ای است ولی رونویسی از روی هردو رشته یک ژن انجام نمی‌شود. به نظر شما اگر از روی دو رشتهٔ یک ژن رونویسی انجام می‌شد، محصولات این دو رشتهٔ مکمل نسبت به هم چگونه می‌شدند؟ مسلماً رنا و پلی‌پپتید ساخته‌شده از روی دو رشتهٔ 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**[۱] می‌گویند (شکل ۲ـ الف). به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا، **رشتهٔ 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 به‌جای نوکلئوتید تیمین‌دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل‌دار در رنا قرار دارد.*

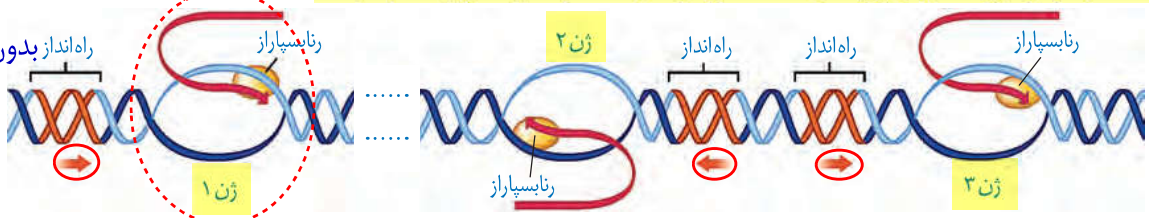
۱ـ Template


*البته در رشته رمزگذار برخلاف رنای رونویسی شده، تیمین و در رنا برخلاف رشته رمزگذار، یوراسیل و قند ریبوز وجود دارد.

دارای ۲۸ نوع زیرواحد:
۲۰نوع آمینواسید در رنابسپاراز
۴نوع نوکلئوتید دنا
۴نوع نوکلئوتید رنا

ش۶
رشتهٔ مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن‌های دیگر یکسان یا متفاوت باشد (شکل۳).

نکته۱: در هر مولکول دنا، برای ژن های مختلف می تواند رشتهٔ الگو دنا یکسان یا متفاوت باشد.




شکل ۳ــ همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، فقط یکی از دو رشته هر ژن رونویسی می‌شود.

نکته۲: دو ژنی که رشتهٔ الگوشان یک رشتهٔ دنا نباشد، قطعا جهت رونویسی آنها متفاوت است.

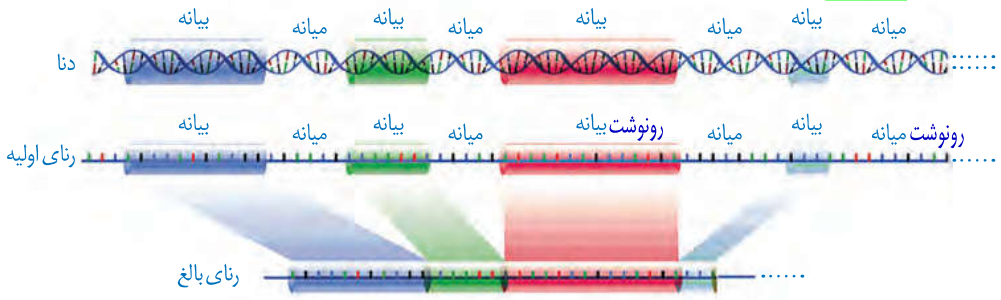
نکته۳: همیشه انتهای یک ژن در ابتدای ژن بعدی قرار ندارد.

## رناهای ساخته شده دچار تغییر می‌شوند

در چند دهه گذشته، پژوهشگران دریافتند که در یاخته‌های یوکاریوتی، رنای ساخته شده در رونویسی* با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت‌هایی دارد. بعدها مشخص شد که این مولکول ها برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می‌شوند.

## تغییرات رنای پیک

رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود. یکی از این تغییرات حذف بخش‌هایی از مولکول رنای پیک است. در بعضی ژن‌ها، توالی‌های معینی از رنای ساخته شده، جدا و حذف می‌شود و سایر بخش‌ها به هم متصل می‌شوند و یک رنای پیک یکپارچه می‌سازند. به این فرایند پیرایش[۱] گفته می‌شود (شکل۴).



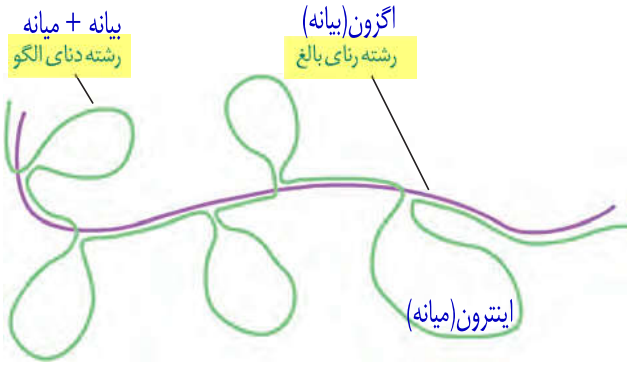

شکل ۴ــ پیرایش در بخشی از رنای یک ژن

این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشتهٔ الگوی ژن آن در دنا مجاورت دادند. آنها دریافتند که بخش‌هایی از دنای الگو با رنای رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می‌دهند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند. این بخش‌ها به‌صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار می‌گیرند.** به این نواحی که درمولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده **میانه** (اینترون)[۲] می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول دنا، که

۱ــ Splicing
۲ــ Intron

*تذکر: رونویسی در هسته انجام می گیرد.
**اندازهٔ رشتهٔ رنای سیتوپلاسمی < اندازهٔ رشتهٔ الگو

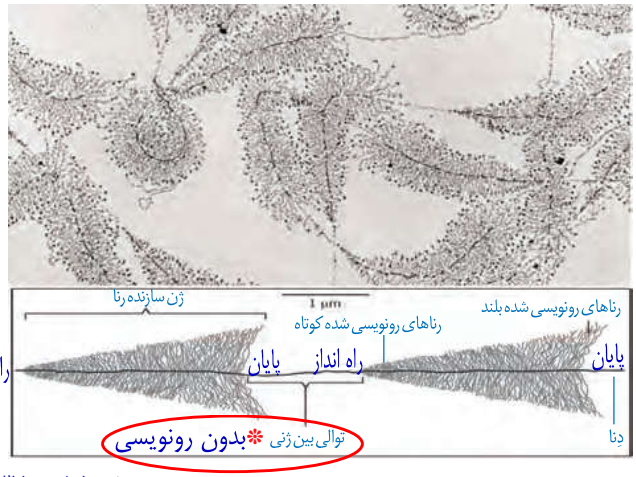
رونوشت آنها حذف نمی‌شوند **بیانه** (اگزون)[1] گفته می‌شود (شکل ۵). در واقع رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت‌های میانهٔ دنا است. به این رنا، **رنای نابالغ یا اولیه**[2] گفته می‌شود. با حذف این رونوشت‌ها از رنای اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده به هم، **رنای بالغ**[3] ساخته می‌شود.




شکل ۵ــ طرح ساده‌ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن.
به نظر شما حلقه‌های سبز میانه هستند یا بیانه؟

## شدت و میزان رونویسی

به‌طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فراورده‌های آن بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده رنای رِناتَنی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال‌اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رِنا را بسازند. در این نوع ژن‌ها، هم‌زمان تعداد زیادی رنابسپاراز از ژن رونویسی می‌کنند. به این دلیل که در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود. در این تصاویر رناها از اندازهٔ کوتاه به بلند دیده می‌شود (شکل ۶). با توجه به شکل آیا می‌توانید جهت رونویسی هر ژن را مشخص کنید؟




توجه به نکات

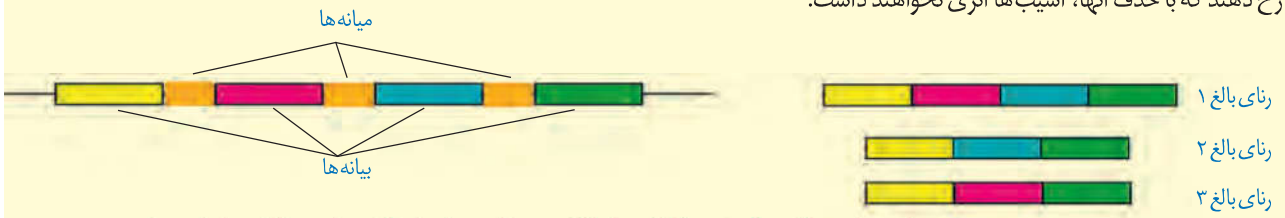
شکل ۶ ــ ساخته شدن هم‌زمان چندین رنا از روی ژن توجه به ش۱۵ص۳۲

## بیشتر بدانید

**نقش زیستی میانه‌ها و بیانه‌ها** ← ۱-تنظیم زمان و تعداد رونوشت۲-پیرایش متفاوت و محصولات متفاوت۳-کاهش آسیب به رونوشت های ژنی.

اندازهٔ میانه‌ها ممکن است بخش عمده‌ای از رنای اولیه را تشکیل دهد که در رنای بالغ حذف می‌شود. با توجه به اینکه یاخته برای رونویسی میانه‌ها انرژی زیادی صرف می‌کند، این سؤال پیش می‌آید که نقش زیستی این اجزا در یاخته چیست؟

به نظر می‌رسد[1] یکی از نقش‌های میانه، تنظیم رونویسی و در نتیجه تعداد رونوشت‌ها است. با افزایش تعداد و اندازه میانه‌ها، رونویسی از ژن‌ها بیشتر طول می‌کشد و در نتیجه محصول کمتری تولید می‌شود.[2] نقش دیگر میانه‌ها، ایجاد تنوع در محصول است که نتیجهٔ پیرایش متفاوت رنای پیک است. با اینکه در بعضی ژن‌ها چسبیدن رونوشت‌های بیانه یک ژن، به‌طور منظم و یکنواخت انجام می‌شود، در بعضی دیگر از ژن‌ها، چسبیدن رونوشت‌های بیانه به‌صورت تصادفی انجام می‌شود (شکل زیر). پیرایش‌های متفاوت از یک ژن منجر به ساخته شدن رناهای مختلف می‌شود که می‌تواند پلی‌پپتیدهای متفاوتی را ایجاد کند. در پیرایش حتی ممکن است بخش‌های بیانه یک رونوشت به بخش‌هایی از بیانه‌های رونوشت دیگر متصل شود و برگوناگونی محصول اضافه کند.[3] نقش دیگری که برای میانه‌ها در نظر می‌گیرند، کاهش آسیب‌های مؤثر به دِنا است زیرا برخی آسیب‌ها ممکن است در محل میانه‌ها رخ دهند که با حذف آنها، آسیب‌ها اثری نخواهند داشت.




پیرایش‌های متفاوت یک ژن: با کنار هم قرار گیری متفاوت بیانه‌ها، ترکیب‌های متفاوتی حاصل می‌شود.

۱ــ Exon
۲ــ Precursor mRNA (Pre-mRNA)
۳ــ Mature messenger RNA

نکته۱: شکل پرمانند(درخت کریسمس) رونویسی DNA نشان می دهد که همزمان چندین رونویسی انجام می گیرد.
نکته۲: سه نوع پلیمر RNA، DNA و پروتئین در ساختار پرمانند دیده می شود.
نکته۳: حداکثر ۲۸ نوع منومر، ۸ نوع نوکلئوتید و ۲۰ نوع امینو اسید در ساختار پلیمر های موجود می تواند وجود داشته باشد.


@BioSalar_CH

**باسمه تعالی**

**نقشه مفهومی ف۲-گ-۲**

@BioSalar_Ch

@BioSalar_CH

# گفتار ۲ به سوی پروتئین

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 نحوهٔ تبدیل اطلاعات وراثتیِ رنا، به پروتئین می‌پردازیم.

## تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به زبان پلی پپتیدی

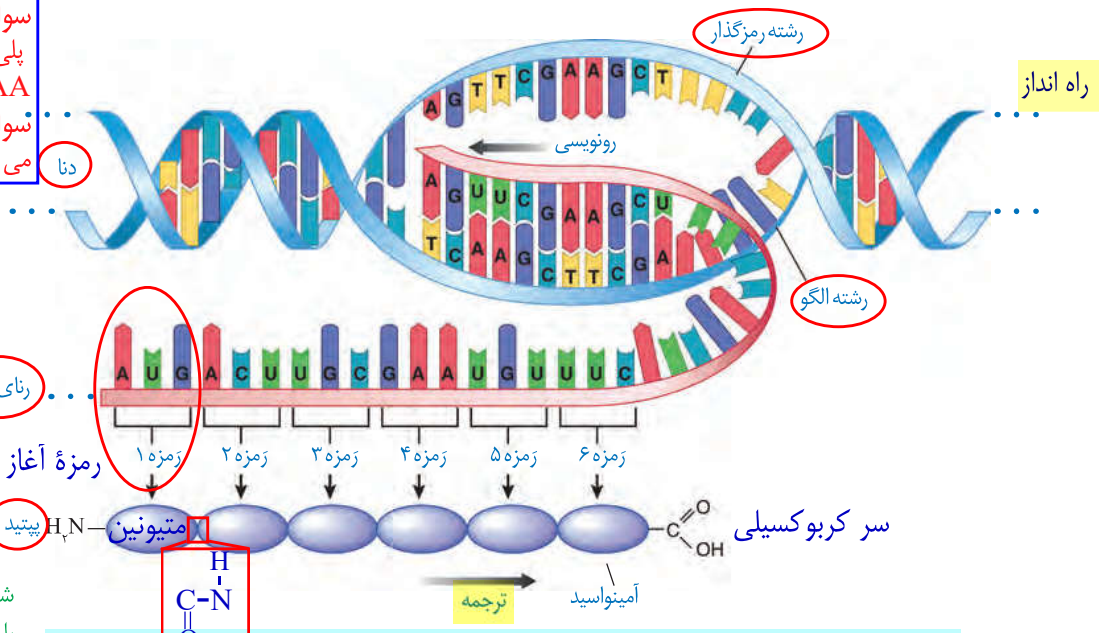
دانستید که در فرایند رونویسی از روی توالی‌های دنا، رنا ساخته می‌شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. ولی در ساختار پلی‌پپتیدها، آمینواسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، **ترجمه**[۱] می‌گویند. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی‌پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).

سوال ۱: رنای پیکی با ۶۰ نوکلئوتید، پس از ترجمه پلی پپتید حاصل از آن حداکثر چند آمینواسید خواهد داشت؟

سوال ۲: رنای پیکی با توالی زیر توانایی تولید پلی پپتیدی با چند آمینواسید را خواهد داشت؟

UCGAUGACCGCGUGAAAA

سوال ۳: سومین آنتی کدونی که در جایگاه A قرار می گیرد چه توالیی خواهد داشت؟




شکل ۷ـ طرح ساده‌ای از تشکیل شدن پلی‌پپتید

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی‌پپتید قرار بگیرد. به این توالی‌ها، **رمزه** (کُدون)[۲] گفته می‌شود. در یاخته ۶۴ نوع رَمزه وجود دارد. نکته قابل توجه این است که رَمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟ وجود اجداد مشترک

۶۴=۶۱+۳

رَمزه‌های **UAA**، **UGA** و **UAG** هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آنها **رَمزهٔ پایان** می‌گویند، زیرا حضور این رَمزه‌ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. **رَمزهٔ آغاز** یا **AUG** رَمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رَمزه، معرف آمینواسید متیونین نیز است.

۱ـ Translation
۲ـ Codon

*پلی پپتیدها تنها فراورده های ژن ها نمی باشند بلکه علاوه بر رنای پیک، رنای ناقل، رنای ریبوزومی، رناهای دخیل در تنظیم بیان ژن و رناهای آنزیمی نیز محصول رونویسی از ژن می باشند.

## بیشتر بدانید

### انواع رَمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها

mRNA

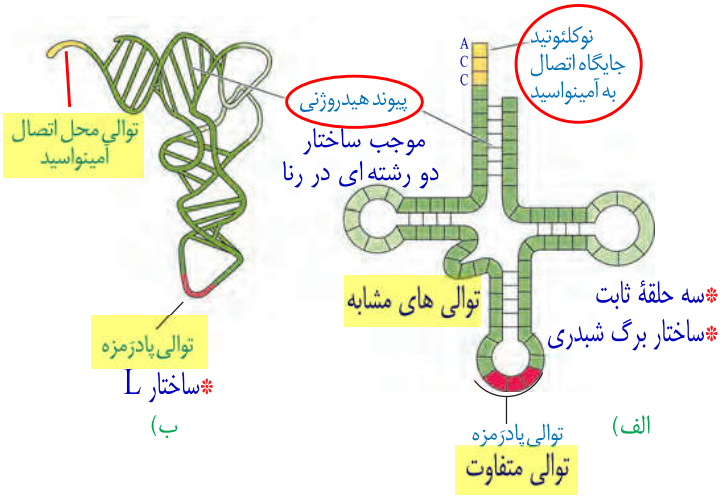
**طرح پرسش از این جدول در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**

## 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[1] رَمزه‌های رنای پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه،[2] آمینواسیدها هستند.[3] رِناتَن‌ها و[4] رناهای ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی‌پپتید هم از مولکول‌های پر انرژی مانند[5] ATP به‌دست 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 ۸ــ الف). رنای ناقل تاخوردگی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه‌بعدی را




شکل ۸ ــ رنای ناقل
الف) تاخوردگی اولیه (ساختار دوم غیرفعال)
ب) ساختار سه بعدی (ساختارسوم فعال)

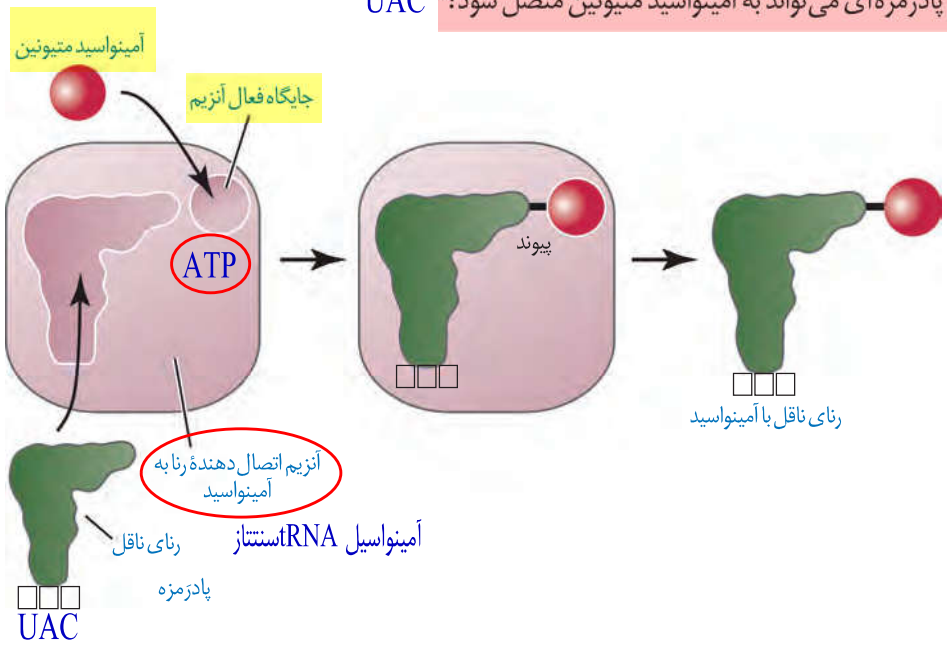
به‌وجود می‌آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه** (آنتی کدون)[۱] است (شکل ۸). به نظر شما علت این نام‌گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رَمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند.

در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پادرَمزه‌ای، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند. انتظار این است که به تعداد انواع رَمزه‌ها (۶۴)، پادرَمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرَمزه‌ها (۶۱) کمتر از رَمزه‌ها است؛ مثلاً برای رَمزه‌های (۳ عدد) پایان، رنای ناقل وجود ندارد.

**نحوهٔ عمل رنای ناقل:** همان‌طور که گفته شد، آمینواسید به رنای ناقل متصل می‌شود. حال پرسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می‌تواند متصل شود؟ اهمیت بخش پادرَمزه‌ای در این اتصال چیست؟

در واقع در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادرَمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می‌کنند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادرَمزه در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می‌کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل ۹).

حال بر اساس آنچه تاکنون دربارهٔ رَمزه‌ها خوانده‌اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادرَمزه‌ای می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟ UAC




شکل ۹ــ نحوهٔ پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژه آن

## ساختار رِناتَن

دانستید که رِناتَن در ساخت پلی‌پپتید نقش دارد. رِناتَن‌ها از دو زیرواحد تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). هر زیرواحد نیز از رنا[۱] و پروتئین[۲] تشکیل شده است. به یاد می‌آورید که رنای رِناتَنی به‌وسیله کدام رنابسپارازها ساخته می‌شود؟ در یاخته، پروتئین‌های رِناتَنی ساخته شده و رنای مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیرواحد کوچک و بزرگ رِناتَن را می‌سازند. رِناتَن در ساختار کامل، سه جایگاه به نام A، P و E دارد که با آنها در ادامه آشنا خواهیم شد.

شکل ۱۰ــ ترتیب قرارگیری زیرواحدهای رِناتَن

آمینواسید — پلی پپتید — خروجی

۱ــ Anticodon

برای پلی پپتیدی با n آمینواسید5

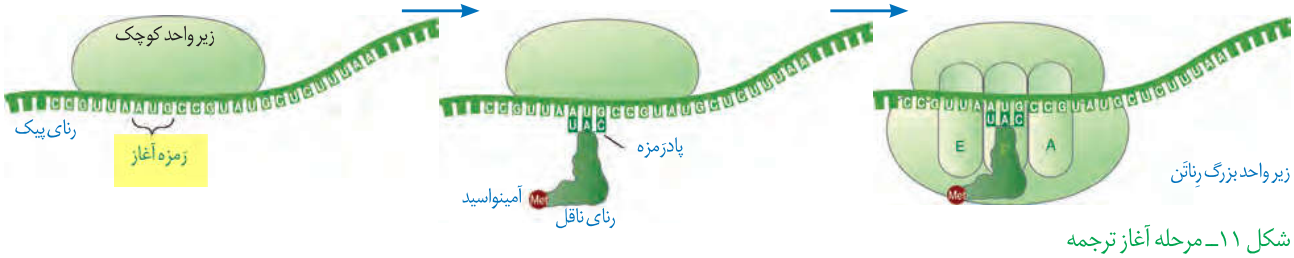
| | |
|---|---|
| ۱-رناتن چندبار حرکت؟ | n-۱ |
| ۲-چند مرتبه آمینواسید در جایگاه A؟ | n-۱ |
| ۳-چند مرتبه آمینواسید در جایگاهP؟ | n |
| ۴-چند مرتبه آمینواسید در جایگاهE؟ | n(, |
| ۵-چند رمز؟ | n+۱ |
| ۶-چند رمزه؟ | n+۱ |
| ۷-چند پادرمزه؟ | n |
| ۸-چند نوکلئوتید؟ | ۳n+۳ |
| ۹-چند مولکول آب؟ | ۱- ؤ |
| ۱۰-چند پیوند پپتیدی؟ | n-۱ |
| 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 مرحلهٔ **آغاز**، **طویل شدن** و **پایان** تقسیم می کنند.

**مرحله آغاز:** در این مرحله بخش‌هایی از رنای پیک (دارای توالی ویژه)، زیرواحد کوچک رِناتَن را به‌سوی رَمزهٔ آغاز، هدایت می کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رَمزه آغاز است به آن متصل می‌شود. با افزوده شدن زیرواحد بزرگ رِناتَن به این مجموعه، ساختار رِناتَن کامل می‌شود.

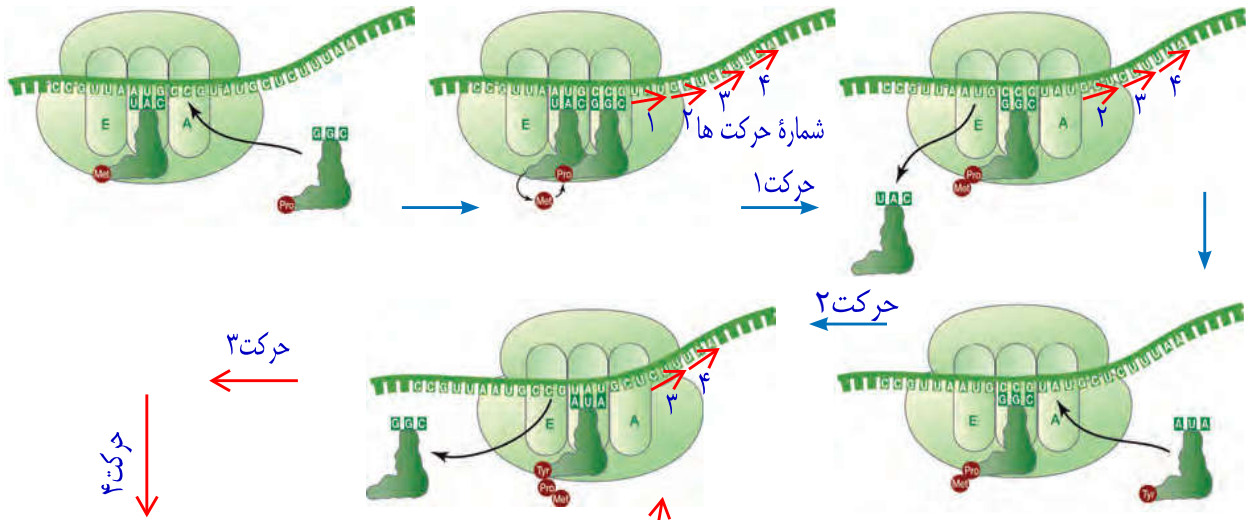
در این مرحله جایگاه P در رِناتَن، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه در ابتدا توسط رنای ناقل متیونین اشغال می‌شود. جایگاه A محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پپتیدی در جایگاه A برقرار می‌شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله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




شکل ۱۱ــ مرحله آغاز ترجمه

**مرحلهٔ طویل شدن:** در این مرحله ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رناتَن شوند ولی فقط رنایی که مکمل رَمزهٔ جایگاه A است، استقرار پیدا می کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می کند. سپس آمینواسیدِ جایگاهP از رنای ناقل خود جدا می‌شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند بر قرار می کند. آیا می‌دانید پیوند حاصل چه نام دارد؟ پپتیدی پس از آن رِناتَن به اندازهٔ یک رَمزه به سوی رَمزه پایان پیش می‌رود. در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرار می‌گیرد (علت نام‌گذاری جایگاهP) و جایگاه A خالی می‌شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می‌گیرد و سپس از این جایگاه خارج می‌شود. این فرایند بارها تکرار می‌شود و طول زنجیرهٔ آمینواسیدی بیشتر می‌شود تا رِناتَن به یکی از رَمزه‌های پایان برسد (شکل ۱۲).

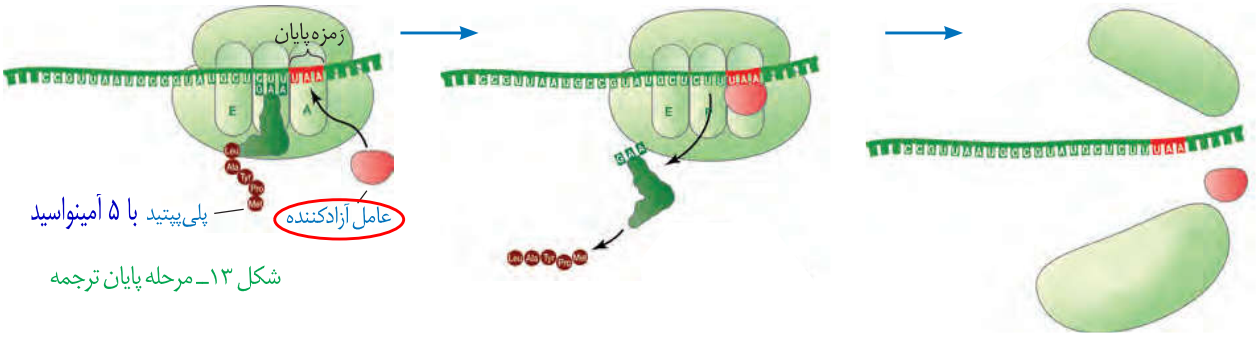
شکل ۱۲ــ مرحله طویل شدن ترجمه




*توجه به پرسش های بالا

**مرحلهٔ پایان:** با ورود[1] یکی از رَمزه‌های پایان ترجمه در جایگاه A، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد،[2] این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام **عوامل آزادکننده**[1] اشغال می‌شود.[3] عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند؛[4] همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رِناتَن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رِناتَن‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).

۴. همچنین باعث جدا شدن رنای ناقل از جایگاه P می شود.




شکل ۱۳ــ مرحله پایان ترجمه

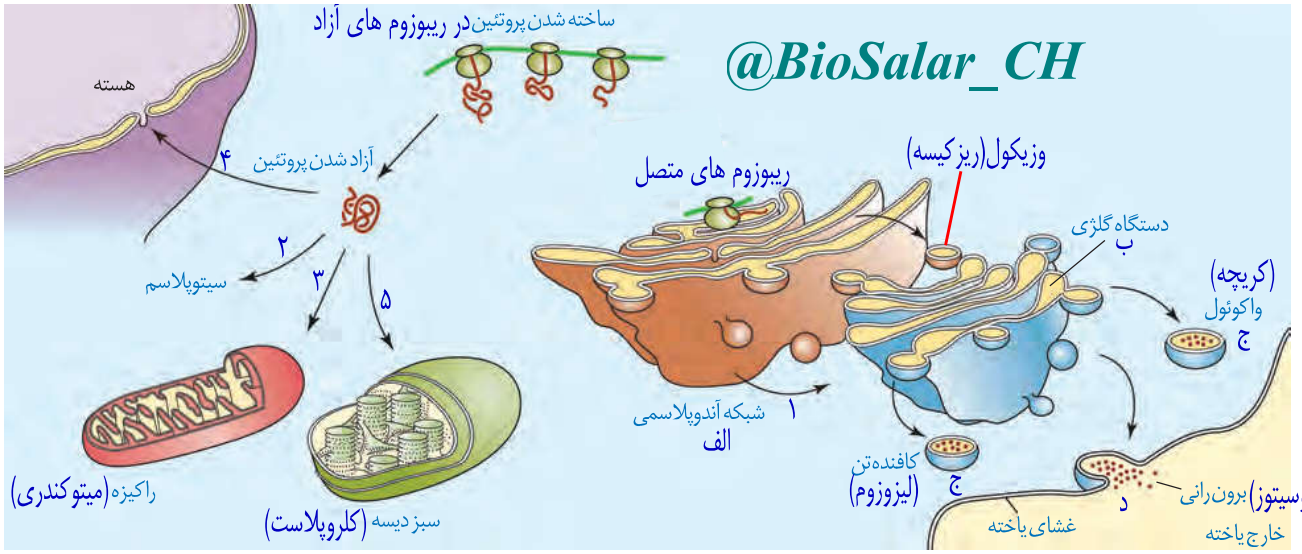
## محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آنها

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

همان‌طور که در شکل ۱۴ می‌بینید، پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم* سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند.[1] بعضی از این پروتئین‌ها به **شبکهٔ آندوپلاسمی** و **دستگاه گلژی** می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئول (کریچه) وکافنده‌تن بروند.[2] بعضی پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و[3] یا اینکه به راکیزه‌ها،[4] هسته و[5] 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).

**طرح سؤال از توالی‌های رمزه، پادرمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**

شکل ۱۴ــ سرنوشت پروتئین‌های ساخته‌شده در سیتوپلاسم



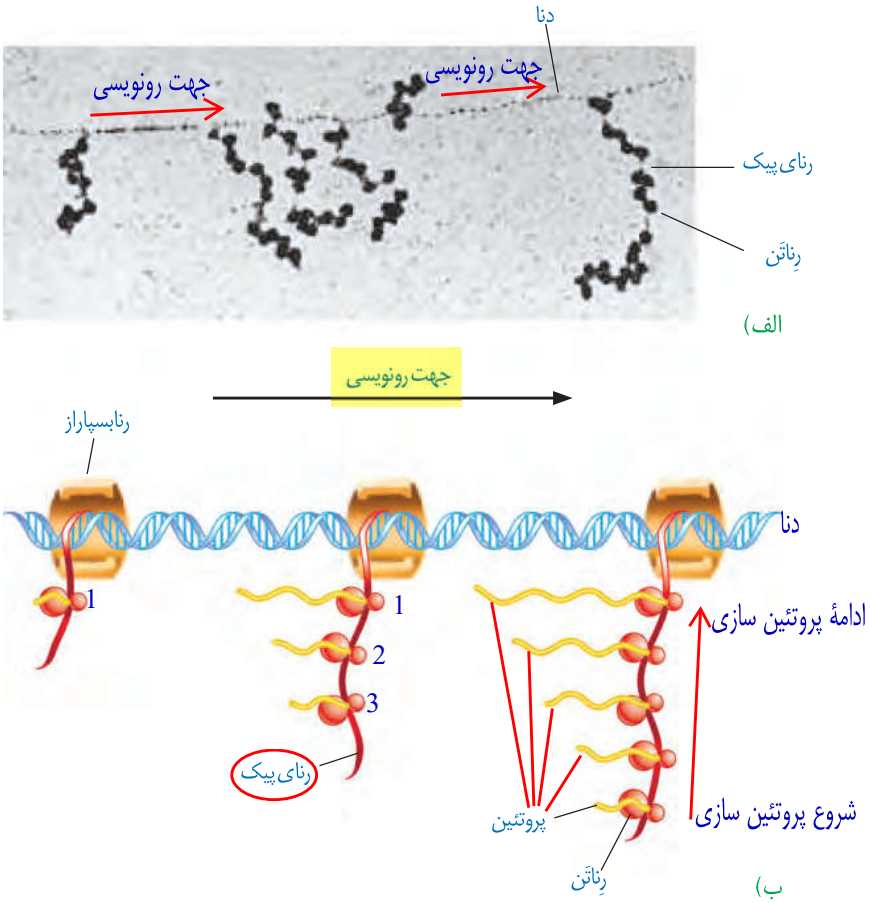

۱ــ Release Factors

*پروتئین سازی در سیتوزول(بصورت آزاد یا متصل به شبکهٔ آندوپلاسمی) و در اندامک ها(میتوکندری و کلروپلاست)که ریبوزوم مجزا دارند؛ انجام می گیرد.

## سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

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

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




شکل ۱۵ــ الف) تصویر میکروسکوپی مجموعهٔ رِناتَن‌ها از روی یک ژن
ب) طرحی ساده از رِناتَن‌هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند.

**نکته:** در پروکاریوت ها یک نوع ژن، یک نوع رنا و یک نوع پروتئین و به تعداد فراوان تولید می شود. اما در یوکاریوت ها به دلیل پیرایش های متفاوت یک ژن یعنی با کنار هم قرار گیری متفاوت بیانه ها، ترکیب های متفاوت رنا و در نتیجه پروتئین های متنوع حاصل می شود.

### فعّالیت ۱

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

الف) هرچه میانگین عمر رنای پیک بیشتر باشد تعداد پلی پپتیدهای ترجمه شده از آن بیشتر خواهد بود.

ب)رونویسی در پروکاریوت ها در سیتوپلاسم ولی در یوکاریوت ها درون هسته انجام می شود.
– رونویسی در پروکاریوت ها توسط یک نوع رنابسپاراز انجام می شود ولی در یوکاریوت ها توسط انواعی از رنابسپاراز انجام می شود.
– ترجمه در پروکاریوت ها ممکن است پیش از پایان رونویسی آغاز شود ولی در یوکاریوت ها ترجمه بعد از رونویسی انجام می شود.
– در پروکاریوت ها ترجمه در سیتوپلاسم انجام می شود ولی در یوکاریوت ها در سیتوپلاسم و اندامک هایی مثل راکیزه و دیسه ها نیز می تواند انجام شود .

نکته: اگر n تعداد آمینواسید ترجمه شده در یک زنجیره ی پلی پپتید باشد آنگاه:
تعداد کدون در mRNA : n+۱
تعداد حرکت ریبوزوم روی mRNA: n-۱
تعداد کدونی که وارد جایگاه P و A می شود: n
تعداد پیوند پپتیدی تشکیل شده: n-۱
توجه بسیار مهم: به هیچ وجه این فرمول ها را حفظ نکنید بلکه سعی کنید که با تحلیل نحوه ی پروتئین سازی، خودتان آنها را بدست آورید.

@BioSalar_CH

*توجه شود که در پروکاریوت ها ژن ها پیوسته اند و توالی اینترونی(میانه) وجود ندارد بنابراین به پیرایش نیاز ندارد.

**باسمه تعالی**

## نقشه مفهومی ف۲-گ۳

ادامهٔ فصل دو

۳ـ تنظیم بیان ژن

- ۱- اهمیت تنظیم بیان ژن
- ۲- مثال‌هایی دربارهٔ تنظیم بیان ژن
  - ۱- ژن سازندهٔ یکی از آنزیم‌های مؤثر بر فتوسنتز و اثر نور بر آنها
  - ۲- بیان بعضی ژنهای یاخته بنیادی مغز قرمز استخوان
- ۳- تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها
  - ۱- مراحل مختلف تنظیم بیان ژن
    - در مرحلهٔ ساخت رنا
    - در مرحلهٔ ساخت پروتئین
    - در مرحلهٔ پس از ساخت پروتئین
  - ۲- تنظیم رونویسی
    - تنظیم منفی
      - ۱ـ مهاری : لاکتوز در E.coli
      - ۲ـ القایی : تریپتوفان در E.coli
    - تنظیم مثبت : مالتوز در E.coli
- ۴ـ تنظیم بیان ژن در یوکاریوتی
  - ۱ـ مراحل مختلف تنظیم بیان ژن
    - ۱ـ پیش از رونویسی
    - ۲ـ هنگام ساخت رنا
    - ۳ـ هنگام ساخت پروتئین
    - ۴ـ پس از ساخت پروتئین
  - ۲ـ تنظیم رونویسی
    - ۱ـ اثر عوامل رونویسی بر راه‌انداز
    - ۲ـ اثر عوامل رونویسی دیگر بر توالی افزاینده
  - ۳- تنظیم بیان ژن در مراحل غیر رونویسی
    - ۱ـ اتصال رناهای کوچک مکمل به رنای پیک (ممانعت از ترجمه)
    - ۲ـ تنظیم بیان ژن با تغییر فشردگی فام‌تن
    - ۳ـ تغییر در طول عمر رنای پیک

@BioSalar_Ch

@BioSalar_CH

# گفتار ۳ تنظیم بیان ژن

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 ادامهٔ 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**[۱] 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 سازندهٔ آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نبود نور این ژن بیان نمی‌شود. همچنین تنظیم بیان ژن می‌تواند[۲] 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[۱] و پروتئین[۲] تأثیر بگذارد ولی به‌طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحلهٔ رونویسی انجام می‌شود.[۳] در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

### تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

- منفی
  - القایی ← لاکتوز
  - مهاری ← تریپتوفان
- مثبت ← مالتوز

در این نوع تنظیم عواملی به پیوستن رنابسپاراز 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 رنابسپاراز است، از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود. نمونهٔ این نوع تنظیم، در نوعی باکتری به نام **اشرشیا کلای**[۲] شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است.

۱- Regulation of gene expression

۲- *Escherichia coli*

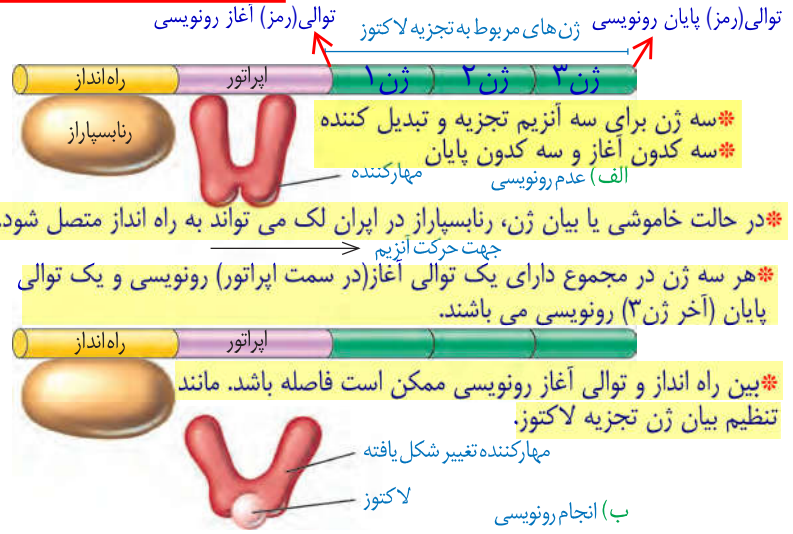
### بیشتر بدانید

در باکتری‌ها ژن‌هایی که محصولات آنها چند فرایند مرتبط به هم را اداره می‌کند در واحدهایی به نام اُپران[۱] قرار گرفته‌اند و بیان یا عدم بیان آنها به‌طور هماهنگ انجام می‌شود. برای مثال برای جذب و تجزیه لاکتوز در باکتری اشرشیاکلای، ۳ آنزیم مورد نیاز است که ژن‌های سازندهٔ آنها در کنار هم قرار دارند و توسط یک بخش تنظیمی اداره می‌شوند. به مجموعهٔ این ژن‌ها و بخش تنظیمی آن اُپران گفته می‌شود. مثال دیگر، ژن‌های مسئول ساخت آمینواسید تریپتوفان است. ۵ ژن در ساخت این آمینواسید دخالت دارند که در یک اُپران قرار دارند.

۱- Operons

اشرشیاکلای
- حضور گلوکز
  - حضور لاکتوز ← بیان ضعیف ژن
  - نبود لاکتوز ← ژن خاموش
- نبود گلوکز
  - حضور لاکتوز ← بیان قوی ژن
  - نبود لاکتوز ← ژن خاموش

مراحل تجزیهٔ قند گلوکز در یاخته را در فصول بعد خواهید آموخت. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام **لاکتوز**[1] در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می‌تواند از این قند استفاده کند. این قند متفاوت از گلوکز بوده است و آنزیم‌های لازم برای مصرف آن نیز متفاوت است. بنابراین وقتی لاکتوز در محیط وجود دارد باکتری باید آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن را بسازد و در نبود یا کاهش لاکتوز نیز ساخت آنزیم‌های تجزیه کننده آن متوقف یا کاهش پیدا کند. حال این پرسش پیش می‌آید که باکتری چگونه می‌تواند حضور لاکتوز را در محیط تشخیص دهد و آنزیم‌های تجزیه کننده آن را بسازد؟ ژن‌هایی که این آنزیم‌ها را می‌سازند چگونه روشن و یا خاموش می‌شوند؟ در پروکاریوت‌ها بیان ژن به دو صورت ۱منفی و ۲مثبت تنظیم می‌شود.




شکل ۱۶ــ الف) عدم رونویسی ژن‌ها در غیاب لاکتوز ب) رونویسی ژن‌ها در حضور لاکتوز

**تنظیم منفی رونویسی:** در گفتار ۱ آموختید که رونویسی با چسبیدن رنابسپاراز به راه‌انداز مربوط به ژن شروع می‌شود. حال اگر مانعی بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی‌شود. به این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی گفته می‌شود. مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام **مهارکننده**[2] است. این پروتئین به توالی خاصی از دنا به‌نام **اپراتور**[3] متصل می‌شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می‌گیرد (شکل ۱۶ــ الف). لاکتوز موجود در محیط به باکتری وارد می‌شود و با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می‌دهد. تغییر شکل مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می‌کند و نیز مانع از اتصال آن به اپراتور می‌شود. با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می‌تواند رونویسی ژن‌ها را انجام دهد (شکل ۱۶ــ ب). محصولات این ژن‌ها پس از ترجمه تجزیه لاکتوز را ممکن می‌کند.

**تنظیم مثبت رونویسی:** در این نوع تنظیم، پروتئین‌های خاصی به رنابسپاراز کمک می‌کنند تا بتواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثال این نوع تنظیم نیز در باکتری اشرشیاکلای وجود دارد. مشخص شده که اگر در محیط باکتری، قند **مالتوز**[4] وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم‌هایی ساخته می‌شوند که در تجزیهٔ آن دخالت دارند. در عدم حضور مالتوز این آنزیم‌ها ساخته نمی‌شوند چون باکتری نیازی به آنها ندارد.

تنظیم رونویسی در مورد این ژن‌ها به‌صورت مثبت انجام می‌شود. در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام **فعال کننده**[5] وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می‌شوند. به این توالی‌ها **جایگاه اتصال فعال کننده**[6] گفته می‌شود. (شکل ۱۷ــ الف) در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال کننده به جایگاه خود متصل می‌شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل

۱ــ Lactose
۲ــ Repressor
۳ــ Operator
۴ــ Maltors
۵ــ Activator
۶ــ Activator Binding Site

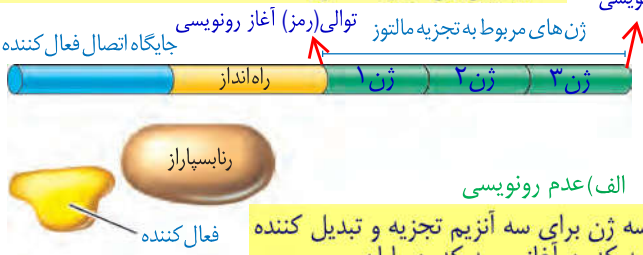
## بیشتر بدانید

تنظیم منفی در پروکاریوت به دو صورت **القایی**[1] و **مهاری**[2] انجام می‌شود. در حالت القایی، حضور یک ماده موجب بیان ژن‌ها می‌شود. تنظیم بیان ژن در حضور لاکتوز مثالی از تنظیم منفی از نوع القایی است. در حالت مهاری، حضور یک ماده موجب خاموش شدن ژن و عدم بیان آنها می‌شود. مثال این نوع تنظیم در مورد آمینواسید **تریپتوفان** دیده می‌شود. در باکتری اشرشیاکلای با حضور تریپتوفان، ژن‌هایی که در ساخت آن دخالت دارند خاموش می‌شوند. وقتی تریپتوفان در محیط نیست، این ژن‌ها روشن می‌شوند تا آنزیم‌های سازندهٔ تریپتوفان ساخته شوند.

۱ــ Inducer
۲ــ Repressor

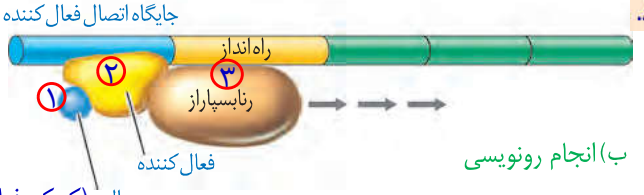
*بین راه انداز و توالی آغاز رونویسی ممکن است فاصله ای نباشد. مانند تنظیم بیان ژن تجزیه مالتوز.

شود و رونویسی را شروع کند. چه عاملی سبب می‌شود 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 می‌شود. (شکل ۱۷ــ 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 ژن۳) رونویسی می باشند.




ب) انجام رونویسی

*فقط در حالت بیان ژن، رنابسپاراز در اپران لک می تواند به راه انداز متصل شود.

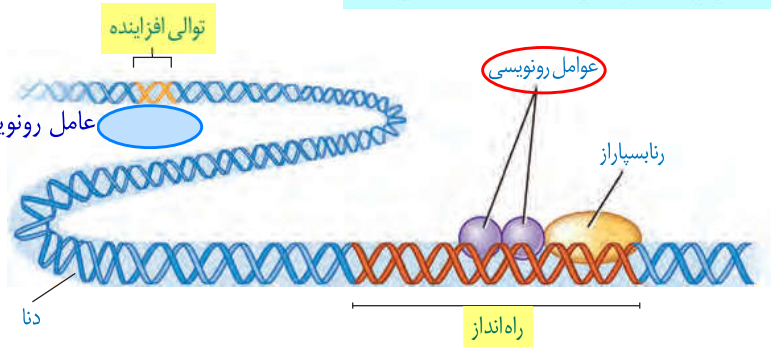
شکل ۱۷ــ تنظیم مثبت رونویسی ژن‌های مؤثر در تجزیه مالتوز

## تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها پیچیده‌تر از پروکاریوت‌هاست و می‌تواند در مراحل بیشتری انجام شود.[1] یاخته‌های یوکاریوتی به‌وسیلهٔ غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند. بنابراین، اگر یاخته بخواهد نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد باید آن ماده به طریقی از غشاها عبور کنند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند.[2] در یاخته‌های یوکاریوتی، بیشتر ژن‌ها در هسته و برخی در راکیزه‌ها و دیسه‌ها قرار دارند. در هر یک از این محل‌ها، یاخته می‌تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد. بنابراین تنظیم بیان ژن می‌تواند در مراحل متعددی انجام شود.

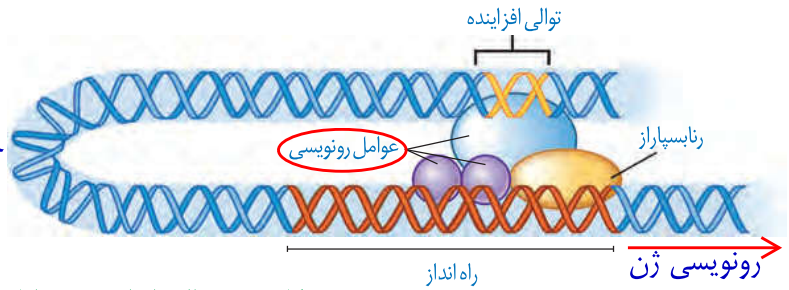
نکته: در پروکاریوت‌ها نیز برای نمونه در تنظیم بیان ژن‌های موثر در تجزیهٔ مالتوز، رنابسپاراز در حضور پروتئین فعال کننده به راه انداز متصل می شود.(توجه به متن ص۳۳)

**تنظیم بیان ژن در مرحلهٔ رونویسی:** در یوکاریوت‌ها نیز مانند پروکاریوت‌ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه‌انداز آغاز می‌شود. در یوکاریوت‌ها رنابسپاراز نمی‌تواند به تنهایی راه‌انداز را شناسایی کند و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین‌هایی به‌نام **عوامل رونویسی**[1] هستند. گروهی از این پروتئین‌ها با اتصال به نواحی خاصی از راه‌انداز، رنابسپاراز را به محل راه‌انداز هدایت می‌کند، چون تمایل پیوستن این پروتئین‌ها به راه‌انداز در اثر عواملی تغییر می‌کنند، مقدار رونویسی ژن آن هم تغییر می‌کند (شکل ۱۸).




شکل ۱۸ــ تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

[2] در یوکاریوت‌ها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از دنا به نام **توالی افزاینده**[2] متصل شوند. با پیوستن این پروتئین‌ها به توالی افزاینده و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند. کنار هم قرارگیری این عوامل، سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند. توالی‌های افزاینده متفاوت از راه‌انداز هستند و ممکن است در فاصلهٔ دوری از ژن قرار داشته باشند. اتصال این پروتئین‌ها بر[1] سرعت و[2] مقدار رونویسی ژن مؤثر است (شکل ۱۹).




شکل ۱۹ــ توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

۱ــ Transcription Factors
۲ــ Enhancer

**بیشتر بدانید**

بعضی ژن‌ها در یاخته‌ها به‌طور دائم بیان می‌شوند. ژن‌های سازنده اجزای رِناتَن از این جمله‌اند. این ژن‌ها رنای رِناتَن و پروتئین‌های آن را می‌سازند. با توجه به نیاز یاخته‌های درحال تقسیم به تعداد زیادی رِناتَن، 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 رِناتَن 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 رنابسپارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی فام‌تن در بخش‌های خاصی، دسترسی رنابسپاراز 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.

**تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها**

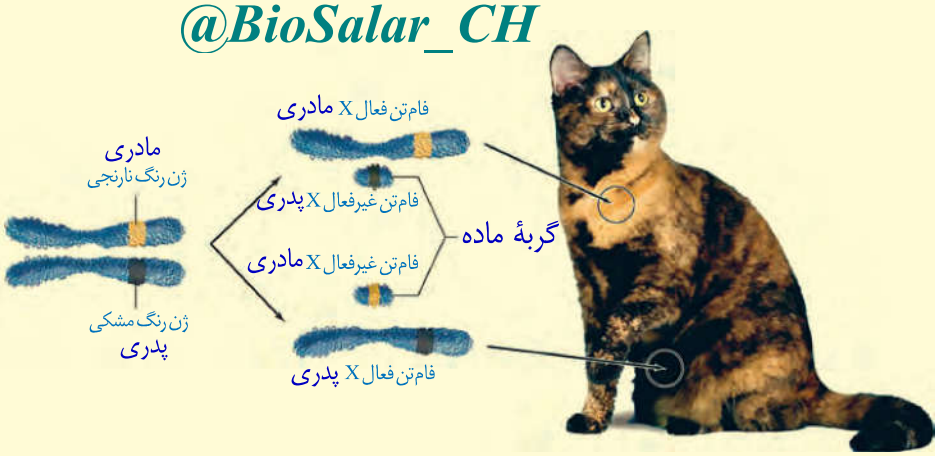
۱- پیش از رونویسی ← فشردگی فام تن در بخش های خاصی
۲- هنگام رونویسی ← اتصال عوامل رونویسی به راه انداز و توالی افزاینده و هدایت رنابسپاراز برای رونویسی
۳- پس از رونویسی ← اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک و توقف کار رناتن و ترجمه
۴- افزایش عمر رنای پیک ← تشکیل چند رناتنی و افزایش تولید پروتئین

**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. نمونهٔ این ژن‌ها، ژن‌های سازندهٔ رنای رِناتَنی است. نوعی از این رنای رِناتَنی 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 غیر فعال 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 به‌صورت تصادفی غیرفعال می‌شوند.

@BioSalar_CH



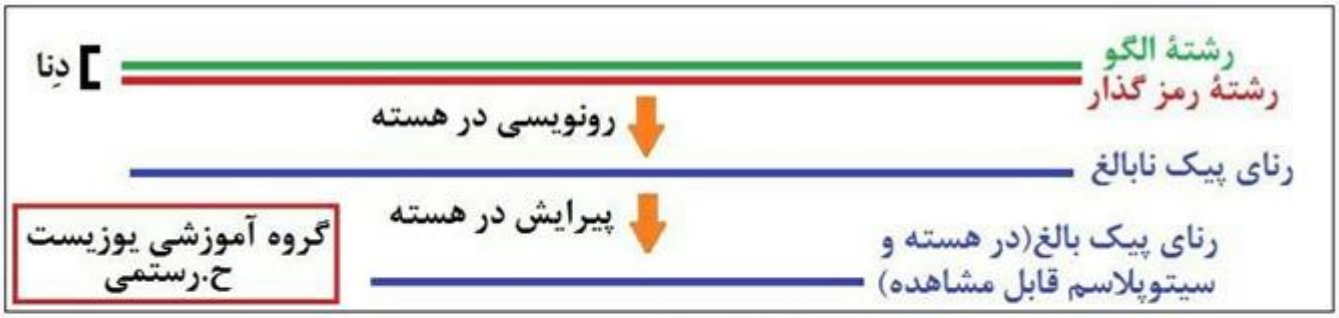

*اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک و تشکیل رنای دو رشته ای که قابل شناسایی توسط ریبوزوم نیست زیرا رمزهٔ AUG توسط مکملش در رنای کوچک پوشانده می شود.


التماس دعا
@BioSalar_Ch

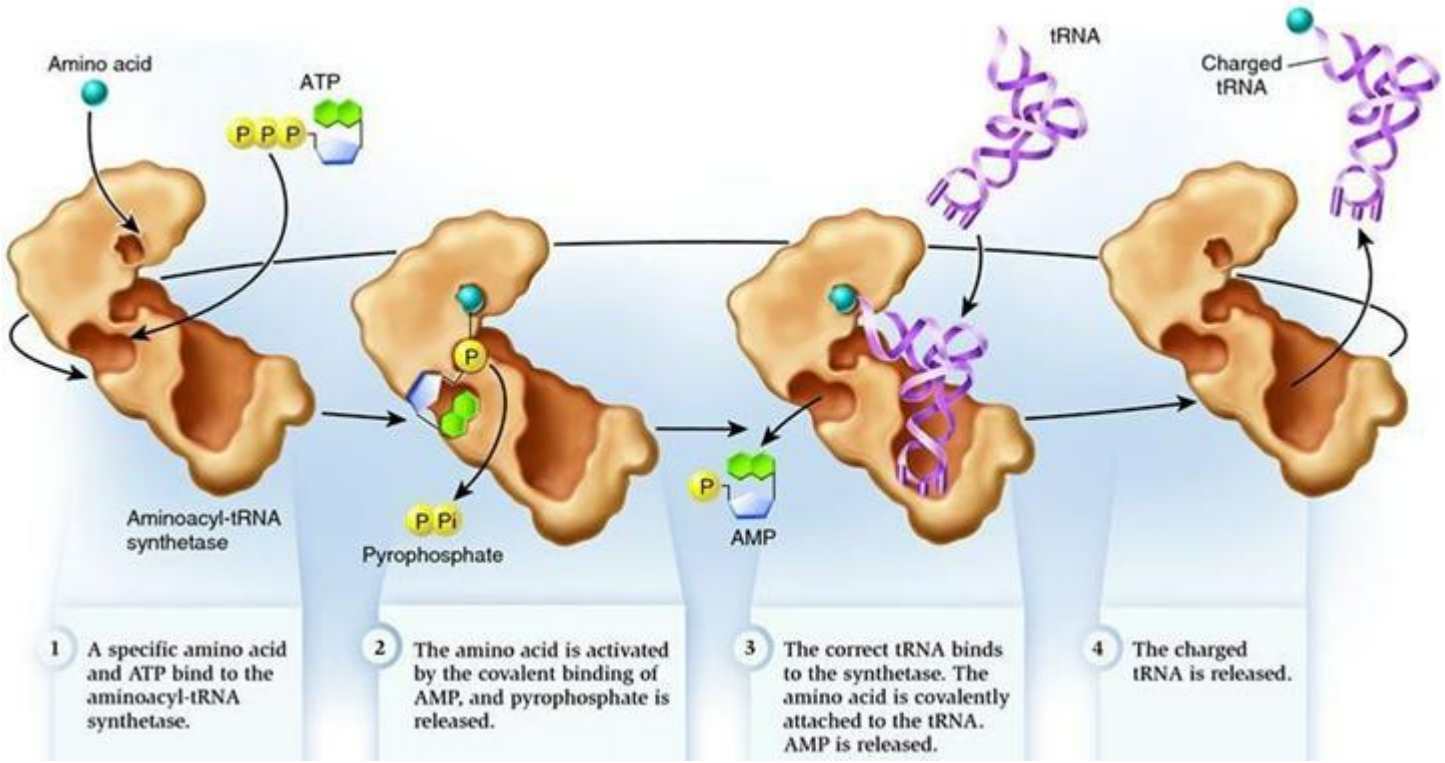
**باسمه تعالی**

## شکل‌های تکمیلی ف۲

پیرایش- با تشکر از استاد رستمی(گروه یوزیست)

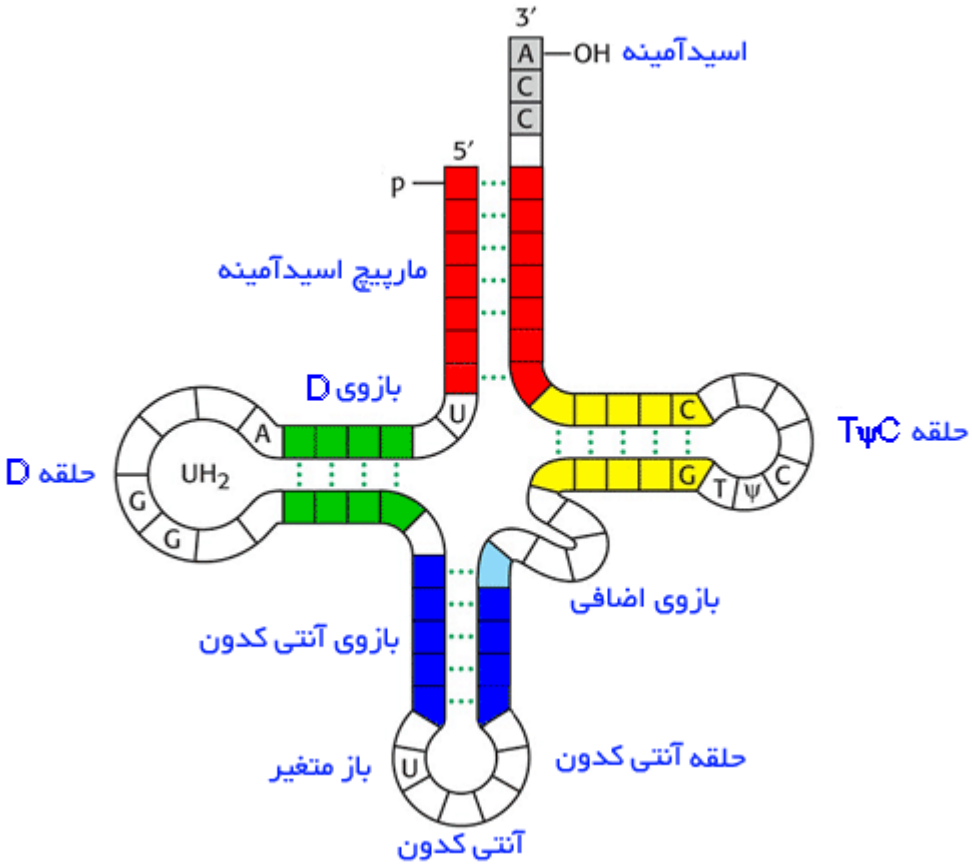


### اتصال آمینواسید به رنای ناقل




@BioSalar_Ch

# ساختار رنای ناقل




@BioSalar_Ch

**باسمه تعالی**

# چند نمونه پرسش فصل۲

## الف-درست یا نادرست؟

۱- پروتئین‌های راکیزه ساخته شده در سیتوپلاسم دارای توالی‌های آمینواسیدی مشخص هستند.(  )

۲- در هر سه مرحله رونویسی، عمل رونویسی و تشکیل پیوند فسفودی استر انجام می‌گیرد.(  )

۳- tRNAیی با توالی آنتی کدونی(پادرمزه) AUU وجود ندارد.(  )

۴- در مرحله آغاز و پایان ترجمه، در جایگاه A ریبوزوم، هیچ tRNAیی قرار نمی‌گیرد.(  )

۵- حداقل و حداکثر ۲۰ و ۶۱ نوع پادرمزه در یاخته وجود دارد.(  )

۶- فشردگی فام‌تن از تنظیمات بیان ژن بعد از رونویسی می‌باشد.(  )

۷- هنگام رونویسی، در محل راه انداز پیوند هیدروژنی شکسته می‌شود.(  )

۸-در کرم خاکی علاوه بر راه انداز، توالی دیگری از دنا در رونویسی دخالت دارند.(  )

۹-در مگس سرکه، تنظیم بیان ژن نمی‌تواند در خارج هسته صورت گیرد.(  )

## ب-انتخابی و یا تکمیلی؟

۱- طی عمل پیرایش در ..... ژن‌ها، توالی‌های معینی از ..... ساخته شده جدا و حذف شده و مابقی یکپارچه می‌شوند.

۲- در همهٔ رناهای(**ناقل-پیک**) به جز در ناحیه پادرمزه‌ای انواع توالی‌های (**مشابه-متفاوت**) وجود دارند.

۳- در حضور لاکتوز و نبود ..... ژن رمزکنندهٔ آنزیم‌های تجزیه کننده ..... روشن می‌شوند.

۴- تشکیل پیوند پپتیدی در جایگاه (A-P)ریبوزوم و خروج آخرین رنای ناقل از جایگاه (E-P) ریبوزوم صورت می‌گیرد.

۵- به هر یک از توالی‌های سه نوکلئوتیدی در دنا ..... و در رنای پیک ..... گویند.

۶- رنابسپاراز  برای تولید رونوشت .....، می‌تواند به تنهایی راه انداز را شناسایی کند.

الف) پروتئین مهار کننده  ب)عوامل رونویسی  پ)رنا بسپاراز۲  د)میوگلوبین

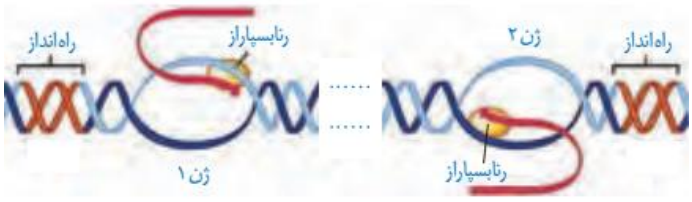
## پ-پرسش تشریحی؟

۱-جنس موارد زیر را مشخص نمایید.

الف-راه انداز:  ب-اپراتور:  پ-فعال کننده:  ت-میانه:  ث-افزاینده:

۲- رنای ناقل بعد از تولید دچار چه تغییراتی می شود؟

۳- در شکل زیر برای هر ژن، رشته الگو، رشته رمزگذار و جهت حرکت رنا بسپاراز را مشخص نمایید




۴- مرحلهٔ آغاز ترجمه را بنویسید.

۵- کدام ژن‌ها در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال هستند؟ چرا در هنگام رونویسی به شکل زیر دیده می‌شوند؟

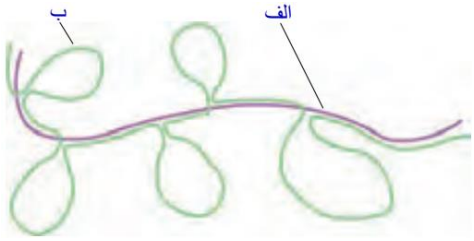
@BioSalar_Ch

۶- نقش رنای کوچک مکمل در تنظیم بیان ژن چیست؟

۷- چهار تفاوت تنظیم رونویسی منفی و تنظیم رونویسی مثبت در پروکاریوت ها( باکتری اشرشیا کلای) را بنویسید.

۸-چرا تنظیم بیان ژن در پارامسی پیچیده‌تر از استرپتوکوکوس نومونیا می‌باشد؟(چرا تنظیم بیان ژن در پارامسی نسبت به استرپتوکوکوس نومونیا می‌تواند در مراحل متعددی انجام گیرد؟)

۹- رشته **رنا** و **دنا** را در شکل زیر (بخش الف و ب) نام‌گذاری کرده و علت تشکیل حلقه‌ها را بنویسید.

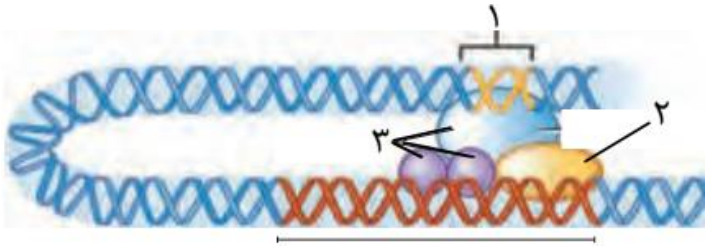


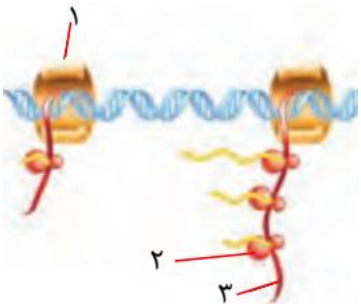

۱۰- رنای پیکی با توالی زیر UCGAUGACCGCGUGAAAA :

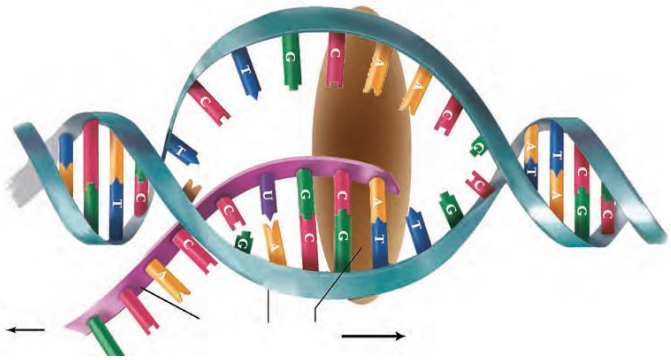
الف) توانایی تولید پلی پپتیدی با چند آمینواسید را خواهد داشت؟

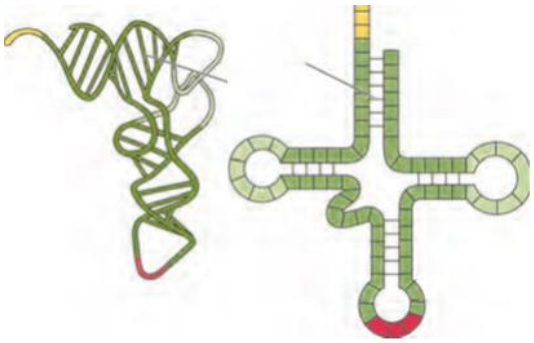
ب) سومین آنتی کدونی که در جایگاهA قرار می گیرد چه توالیی خواهد داشت؟

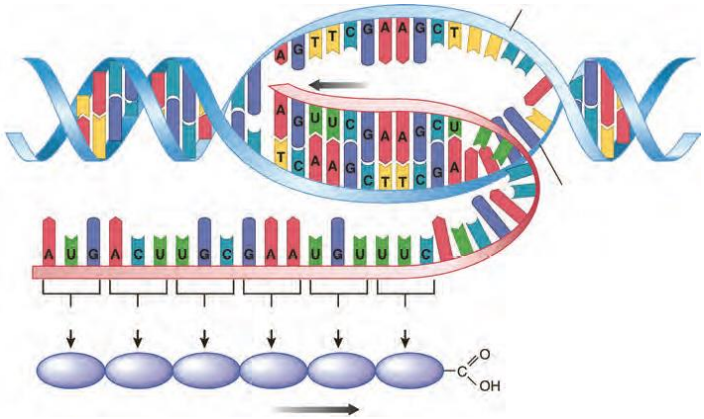
۱۰-نام گذاری شکل‌ها؟

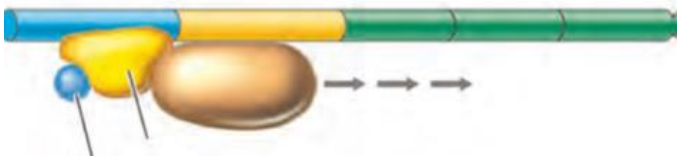






@BioSalar_Ch