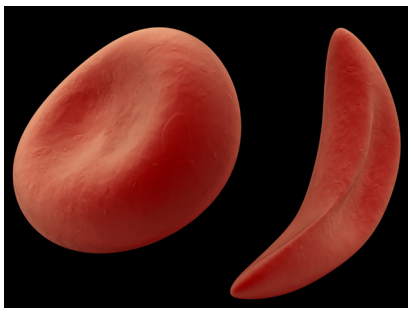
جریان اطلاعات در یاخته



تصویر روبه‌رو دو گویچه قرمز را نشان می‌دهد. گویچهٔ سمت راست مربوط به شخصی است که دچار نوعی بیماری ارثی به نام **کم‌خونی 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، رابطهٔ بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد. به نظر 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.

جهش دگرمعنا

۱ چند مورد صحیح است؟

الف) بیماری کم‌خونی داسی شکل، رابطهٔ بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد.

ب) ژن سازنده هموگلوبین در گویچه‌های قرمز داسی شکل نیز بروز می‌کند.

ج) در افراد مبتلا به کم‌خونی داسی شکل تنها در یک جفت نوکلئوتید با افراد سالم تفاوت وجود دارد.

د) در یاخته‌های بافت پوششی پوست برخلاف گویچه‌های قرمز، ژن هموگلوبین وجود دارد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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 می‌کند؟

آموختید که در مولکول دنا، ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند. درحالی که 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، ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود که می‌توانند رمز ساخت

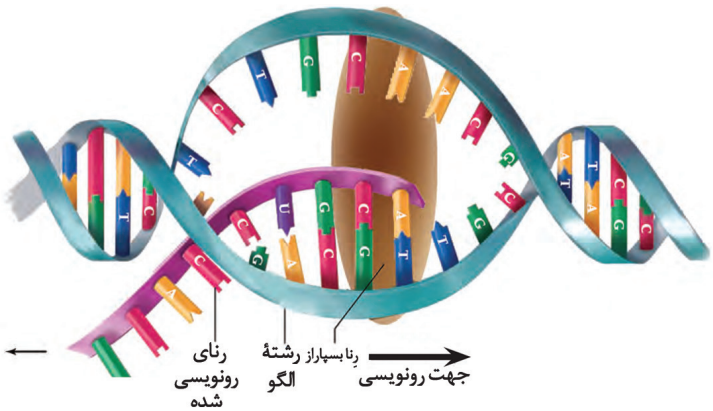
پلی‌پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند؛ به هر یک از این توالی‌های سه نوکلئوتیدی در دنا رمز می‌گویند.

رمزهای DNA: ۶۴ نوع
کدون‌ها: ۶۴ نوع
کدون‌های پایان: ۳ نوع
کدون قابل ترجمه: ۶۱ نوع
آنتی کدون‌ها: ۶۱ نوع
آنزیم‌های اتصال دهندهٔ tRNA آمینواسید: ۶۱ نوع

نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

می‌دانید که پلی‌پپتیدها بر اساس اطلاعات دنا و توسط رِناتَن‌ها در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. در یاخته‌های دارای هسته، چون رِناتَن‌ها 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).



طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

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 یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود.

آنزیم‌های ویژه‌ای رونویسی را تسهیل می‌کنند

در یاخته انواعی از رنا ساخته می‌شود. عمل رونویسی از دنا به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها را، تحت عنوان کلی **رِنابسپاراز** نام‌گذاری می‌کنند.

تنوع رنا بسپارازهای پروکاریوتی کمتر و تنوع عملکرد آنها بیشتر از یوکاریوت‌هاست.

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.

مراحل رونویسی

الف) وقایع مرحلهٔ آغاز:

۱ در این مرحله یک رنابسپاراز به توالی نوکلئوتیدی از دنا به نام راه‌انداز، متصل می‌شود [راه‌انداز یک توالی از دنا است که توسط رنابسپاراز شناسایی می‌شود و مانند باند فرودگاه برای فرود سریع هواپیما است و موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا کرده و بتواند رونویسی را از محل صحیح آغاز کند]

۲ بخش کوچکی از مولکول دنا با شکسته شدن پیوندهای هیدروژنیِ بین بازهای مکمل آن باز می‌شود. [شکستن پیوندهای هیدروژنی توسط رنابسپاراز]

۳ در برابر اولین نوکلئوتید دنا که باید رونویسی شود، ریبونوکلئوتید مکمل آن با تشکیل پیوند هیدروژنی قرار می‌گیرد.

۴ در برابر دومین نوکلئوتید دنا که باید رونویسی شود ریبونوکلئوتید مکمل آن با تشکیل پیوند هیدروژنی قرار می‌گیرد.

۵ دو ریبونوکلئوتید اول با تشکیل پیوند فسفودی‌استر به یکدیگر وصل می‌شوند [تشکیل پیوند فسفودی‌استر توسط رنابسپاراز]

۶ در برابر سومین نوکلئوتید دِنا که باید رونویسی شود نوکلئوتید مکمل آن با تشکیل پیوند هیدروژنی قرار می‌گیرد.

۷ نوکلئوتید سوم رنا، با تشکیل پیوند فسفودی‌استر به نوکلئوتید قبلی آن وصل می‌شود و ... بدین ترتیب زنجیرهٔ کوتاهی از رنا ساخته می‌شود.

ب) وقایع مرحلهٔ طویل شدن

۱ در این مرحله همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود دو رشتهٔ دنا در جلوی آن باز می‌شوند.

۲ نوکلئوتیدهای تشکیل‌دهندهٔ رنا در برابر رشتهٔ الگو قرار گرفته و با پیوند فسفودی‌استر به هم وصل می‌شوند.

۳ چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رشتهٔ رنای تشکیل شده به مرور از رشتهٔ دنای الگو جدا می‌شود و پس از آن دو رشتهٔ دنا مجدداً به هم می‌پیوندند [توجه داشته باشید در مرحلهٔ طویل شدن، رنابسپاراز، ساخت رنا را ادامه می‌دهد و در نتیجه رنا مرتباً طویل می‌شود.]

ج) وقایع مرحلهٔ پایان

در انتهای ژن، توالی ویژه‌ای به نام توالی پایان رونویسی وجود دارد که با رسیدن آنزیم رنابسپاراز به آن، این توالی رونویسی شده و سبب وقوع پایان رونویسی می‌شود ترتیب وقایع مرحلهٔ پایان به شکل زیر است:

۱ دو رشتهٔ دنا در محل توالی پایان رونویسی از هم باز می‌شوند.

۲ رشتهٔ الگوی توالی پایان رونویسی، رونویسی می‌شود.

۳ آنزیم رنابسپاراز و رنای تازه ساخته شده از توالی پایان رونویسی جدا می‌شوند.

۴ دو رشتهٔ دنا در محل توالی پایان رونویسی مجدداً با تشکیل پیوند هیدروژنی به هم متصل می‌شوند.

مراحل رونویسی

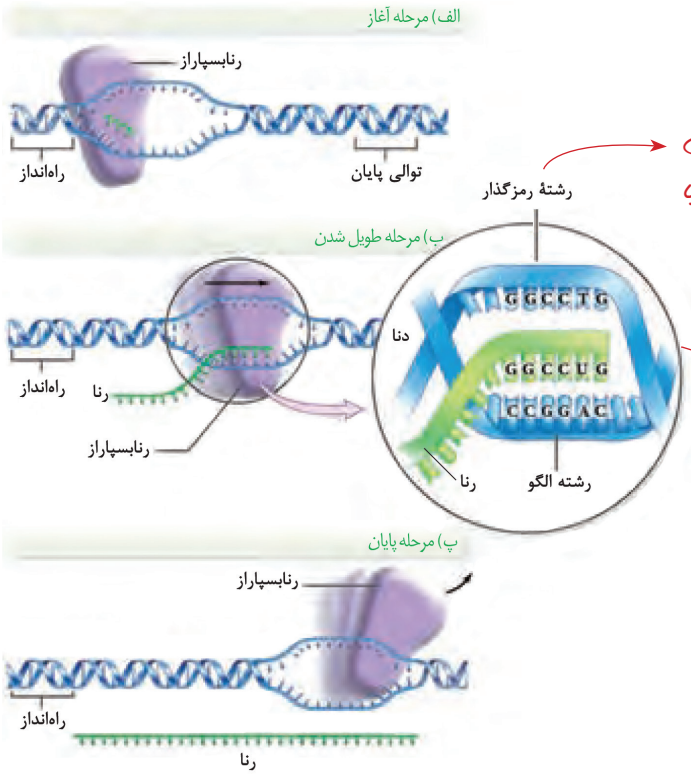
رونویسی فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحلهٔ آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می‌کنند. در این مراحل، آنزیم رنابسپاراز، عمل رونویسی را از بخشی از یک رشته دنا انجام می‌دهد.

مرحله آغاز: در این مرحله، ۱ رنابسپاراز توالی نوکلئوتیدیِ ویژه‌ای در دنا به نام راه‌انداز را شناسایی کرده و به مولکول دنا متصل می‌شود و ۲ با شکستن پیوندهای هیدروژنی، دو رشتهٔ آن را از هم باز می‌کند. راه انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا و رونویسی را از آنجا آغاز کند. در این حالت ۳ بخش کوچکی از مولکول دنا باز و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می‌شود (شکل ۲ 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: در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجهٔ آن، رنا طویل می‌شود. همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، ۱ دو رشته دنا در جلوی آن باز و ۲ در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رنا از دنا جدا می‌شود و ۳ دو رشتهٔ دنا مجدداً به هم می‌پیوندند (شکل ۲ ب).

مرحله پایان: ۱ در دنا توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز می‌شوند. در این محل‌ها، ۲ آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و ۳ دو رشتهٔ دنا به هم متصل می‌شوند (شکل ۲ پ).

آخرین واقعه در رونویسی



مراحل مختلف رونویسی

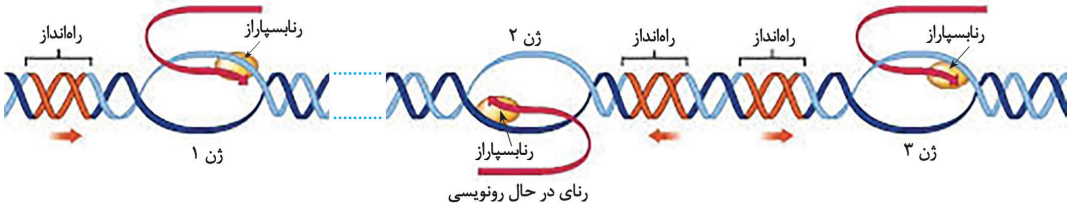
توالی مشابه با رنای در حال ساخت دارد با جایگزینی T و U

* حرکت حباب رونویسی برخلاف حباب همانندسازی یک جهتی است.
* اندازه حباب رونویسی برخلاف حباب همانندسازی تقریباً ثابت است.
* حباب رونویسی ۳ و حباب همانندسازی ۴ رشته دارد.
* در ساختار رشته الگو و در حال ساخت در حباب رونویسی ۸ و در حباب همانندسازی ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد.

فقط یکی از دو رشته 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 ساخته شده 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 ۲ 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 به جای نوکلئوتید تیمین‌دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل‌دار در رنا قرار دارد.

رشتهٔ مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن‌های دیگر یکسان یا متفاوت باشد (شکل ۳).



همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، فقط یکی از دو رشته هر ژن رونویسی می‌شود.

* با تغییر در جهت رونویسی، رشتهٔ الگو دنا تغییر می‌کند.
* دو ژن متوالی با راه‌اندازهای مجاور، جهت رونویسی مخالف دارند.
* دو ژن متوالی با توالی‌های پایان مجاور، جهت رونویسی مخالف دارند.
* در دو ژن متوالی که راه‌انداز یکی مجاور توالی پایان دیگری است، جهت رونویسی یکسان است.

۲) اگر توالی نوکلئوتیدی رشتهٔ رمزگذار یک ژن به صورت CCAATTGG باشد، در چند نوکلئوتید با بخش مشابه از رنای تازه ساخته شده، دارای تفاوت است؟

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۶

۳) ترتیب صحیحِ مرحلهٔ آغاز رونویسی کدام است؟

الف) شکسته شدن پیوند هیدروژنی
ب) تشکیل پیوند فسفودی‌استر
ج) شناسایی توالی نوکلئوتیدی ویژه
د) پیوستن مجدد دو رشته دنا

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

۴) ترتیب مراحل آغاز ساخت رنا از روی دنا کدام است؟

الف) برقراری پیوند هیدروژنی با نوکلئوتید رشته الگو
ب) برقراری پیوند فسفودی‌استر با نوکلئوتید رنا

۱) الف – الف ـ ب – الف ۲) ب ـ الف ـ ب ـ الف ۳) الف ـ الف ـ ب ـ ب ۴) الف ـ ب ـ الف – ب

۵) در مرحلهٔ طویل شدنِ رونویسی، ..... مرحلهٔ آغاز آن ..... .

۱) برخلاف ـ پیوندهای هیدروژنی شکسته می‌شود
۲) همانند ـ رنا در بخشی، از دنا جدا می‌شود
۳) برخلاف ـ پیوندهای فسفودی‌استر نمی‌شکنند
۴) همانند ـ تشکیل و تخریب پیوند هیدروژنی مشاهده می‌شود

۶ چند مورد در مرحلهٔ پایان رونویسی رخ می‌دهد؟

الف) تشکیل پیوند فسفودی‌استر
ب) تخریب پیوند فسفودی‌استر
ج) تشکیل پیوند هیدروژنی بین دو رشته دنا
د) تخریب پیوند هیدروژنی بین دو رشته دنا

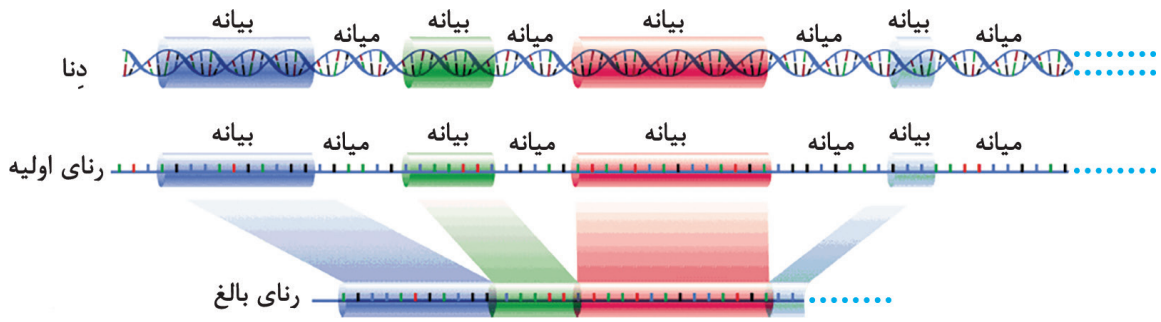
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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 مولکول‌ها برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می‌شوند.

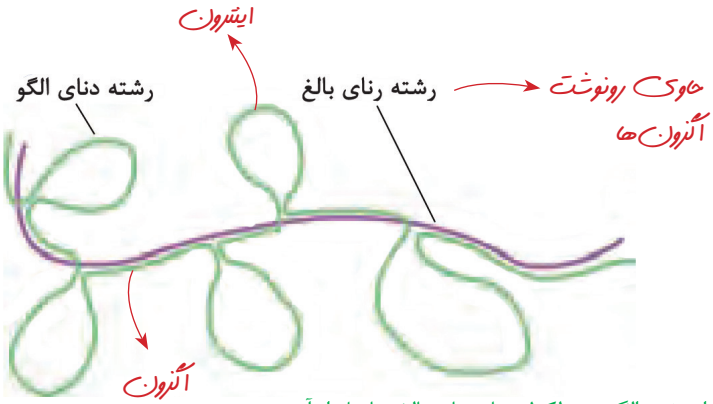
تغییرات رنای پیک

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** گفته می‌شود (شکل ۴).



پیرایش در بخشی از رنای یک ژن

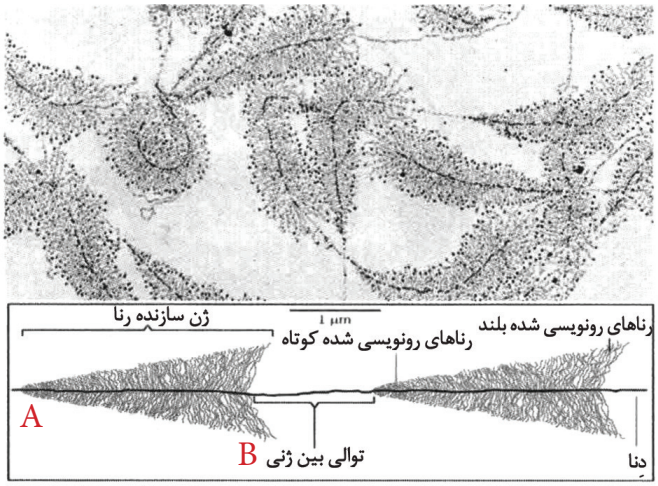
این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشتهٔ الگوی ژن آن در دنا مجاورت دادند. آنها دریافتند که بخش‌هایی از دنای الگو با رنای رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می‌دهند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند. این بخش‌ها به صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار می‌گیرند. به این نواحی که درمولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده میانه (اینترون) می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول دنا، که رونوشت آنها حذف نمی‌شوند **بیانه (اگزون)** 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** گفته می‌شود. با حذف این رونوشت‌ها از رنای اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده به هم، **رنای بالغ** ساخته می‌شود.



طرح ساده‌ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن.

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، هم زمان 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).



ساخته شدن هم‌زمان چندین رنا از روی ژن

* جهت رونویسی از سمت A به B است.

* راه‌انداز در سمت A و توالی پایان در سمت B است.

* در این دو ژن، رشتهٔ الگو مشابه است.

۷) پیرایش برخلاف ویرایش ..... .

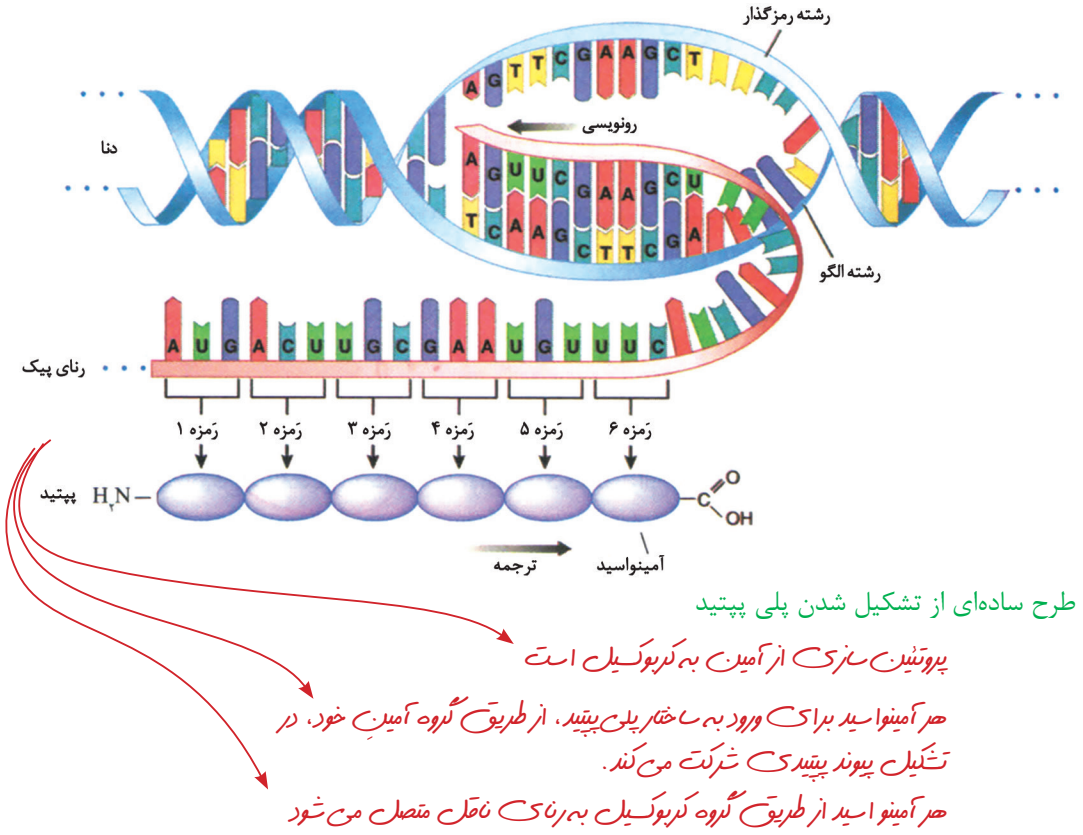
۱) در هسته صورت می‌پذیرد
۲) در سیتوپلاسم رخ نمی‌دهد
۳) با تخریب پیوند اشتراکی همراه است
۴) روی ساختار ژن‌ها اثرگذار است

گفتار ۲ به سوی پروتئین

پلی‌پپتیدها از مهم‌ترین فراورده‌های ژن‌ها هستند. پروتئین‌ها اعمال مختلفی را در بدن انجام می‌دهند که پیش از این با برخی از آنها آشنا شده‌اید.

تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به پلی‌پپتیدی

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** می‌گویند. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی‌پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).



رمزه‌ها (کدون‌ها): ۱ توالی‌های سه نوکلئوتیدی رنای پیک‌اند که ۲ تعیین می‌کنند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی‌پپتید قرار بگیرد. ۳ در یاخته ۶۴ نوع رمزه وجود دارد. ۴ رمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند. ۵ رَمزه‌های UAA، UGA و UAG هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آنها رَمزهٔ پایان می‌گویند، ۶ حضور این رَمزه‌های پایان در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. ۷ رَمزهٔ آغاز یا AUG رَمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. ۸ این رمزه AUG، معرف آمینواسید متیونین نیز است.

۸) می‌توان گفت در زمان، ساخت پروتئین انسولین در یاخته‌های درون‌ریز پانکراس ..... در تشکیل پیوند پپتیدی شرکت نکرده است.

۱) انتهای کربوکسیل تیروزین و انتهای آمینِ متیونین
۲) انتهای آمینِ تیروزین و انتهای کربوکسیل متیونین
۳) انتهای آمینِ دو آمینواسید تیروزین
۴) انتهای کربوکسیل دو آمینو اسیدِ متیونین

۹) چند مورد جملهٔ زیر را به شکل صحیحی تکمیل می‌کند؟

«هر کدون آغازیا پایان .....»

الف) فاقد باز G، دارای دو باز پورینی است.

ب) دارای دو باز یکسان، دارای ۸ حلقه آلی در ساختار خود است.

ج) دارای باز G، لزوماً دارای بازهای A و U می‌باشد.

د) که با باز آلی U شروع نمی‌شود، به باز آلی مکمل سیتوزین ختم می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

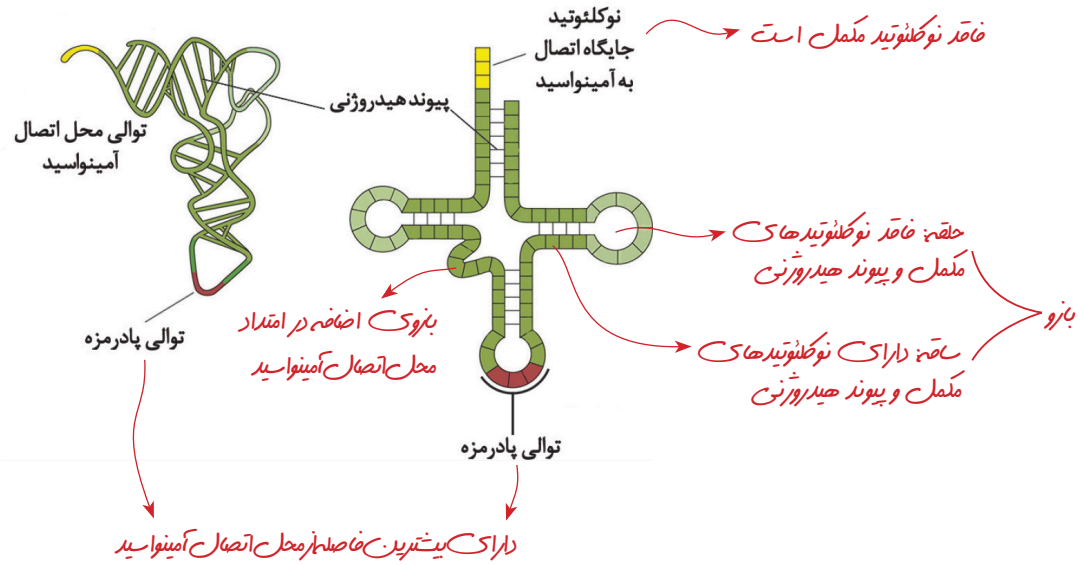
عوامل لازم در ترجمه

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 رمزه‌های رنای پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمینواسیدها هستند. رِناتَن‌ها و رناهای ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی‌پپتید هم از مولکول‌های پر انرژی مانند ATP به دست می‌آید.

تشکیل پیوند پپتیدی نیازمند مصرف ATP است.

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 سه بعدی را به وجود می‌آورد. 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 نام‌گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رَمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند.



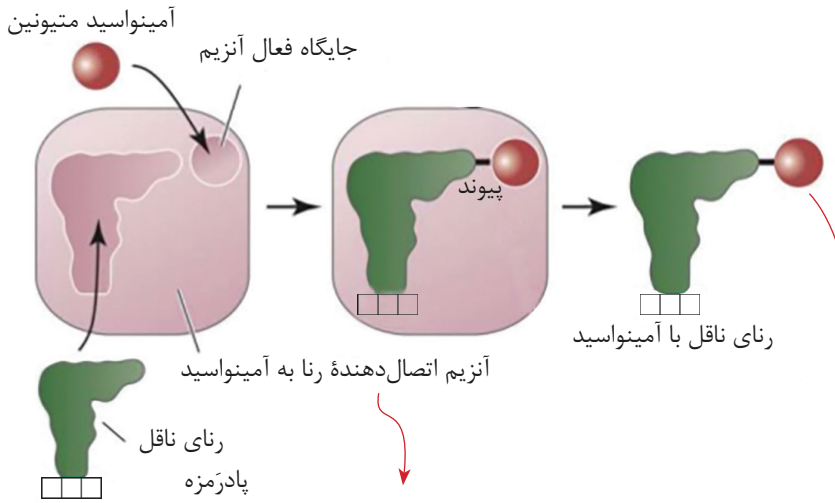
در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پاد رمزه‌ای، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند. انتظار این است که به تعداد انواع رمزه‌ها، پاد رمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پاد رمزه‌ها کمتر از رمزه‌ها است؛ مثلاً برای رمزه‌های پایان، رنای ناقل وجود ندارد.

نحوهٔ عمل رنای ناقل: همان طور 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 پادَرمزه‌ای در این اتصال چیست؟

در واقع در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادَرمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می‌کنند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادَرمزه 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 رمزه‌ها خوانده‌اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادَرمزه‌ای می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟

* توالی UAC



نحوهٔ پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژهٔ آن

پیوند اشتراکی که پپتیدی یا فسفودی‌استرینست

* ۶۱ نوع دارد

۱۰ در ساختار ..... رنای ناقل ..... دیده می‌شود.

۱) تاخوردگی اولیه ـ بیش از ۳ جفت نوکلئوتید در محل اتصال آمینواسید

۲) تاخوردگی اولیه ـ تنها ۳ نوکلئوتید در حلقه‌ای که با رمزه پیوند برقرار می‌کند.

۳) سه‌بعدی ـ حلقهٔ دارای توالی متفاوت با سایر رناهای ناقل، دور از محل اتصال آمینواسید

۴) سه بعدی ـ تنها یک بخش حلقه مانندِ فاقد پیوند هیدروژنی

ساختار رِناتَن

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

مراحل ترجمه

- **وقایع مرحلهٔ آغاز**
  1. اتصال زیرواحد کوچک رناتن به رنای پیک
  2. هدایت زیرواحد کوچک رناتن به سوی رمزهٔ آغاز توسط بخش‌هایی از رنای پیک
  3. ورود رنای ناقل حامل آمینواسید متیونین و دارای پادرمزهٔ UAC به جایگاه P رناتن و تشکیل ۷ پیوند هیدروژنی بین رمزه و پادرمزه
  4. افزوده شدن زیر واحد بزرگ رناتن به مجموعهٔ قبلی و تکمیل ساختار رناتن.
- **وقایع مرحلهٔ طویل‌شدن**
  1. ورود رناهای ناقل مختلف به جایگاه A رناتن و ترک این جایگاه در صورت عدم وجود رابطهٔ مکملی
  2. استقرار رنای ناقلی که پادرمزهٔ آن مکمل رمزهٔ جایگاه A است.
  3. جدا شدن آمینواسید جایگاه P از رنای ناقل خود
  4. برقراری پیوند پپتیدی بین آمینواسید [های] جدا شده از رنای ناقل جایگاه P با آمینواسید متصل به رنای ناقل جایگاه A رناتن
  5. حرکت رناتن به اندازهٔ یک رمزه به سوی رمزهٔ پایان که همزمان با آن رنای ناقل حامل پپتید از جایگاه A خارج شده و در جایگاه P قرار می‌گیرد و جایگاه A خالی می‌شود ضمناً رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می‌گیرد.
  6. خروج رنای بدون آمینواسید از جایگاه E، [شکسته شدن پیوند هیدروژنی] ′۱ – ورود رناهای ناقل مختلف به جایگاه A رناتن و ترک این جایگاه در صورت عدم وجود رابطهٔ مکملی ′۲ – استقرار رنای ناقلی که پادرمزهٔ آن مکمل رمزهٔ جایگاه A است ′۳ – و ...
- **وقایع مرحلهٔ پایان**
  1. ورود یکی از رمزه‌های پایان ترجمه به جایگاه A
  2. اشغال جایگاه A توسط پروتئین‌هایی به نام عامل آزادکننده
  3. جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل و همچنین جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم و آزاد شدن رنای پیک توسط عامل آزادکننده.

مراحل ترجمه

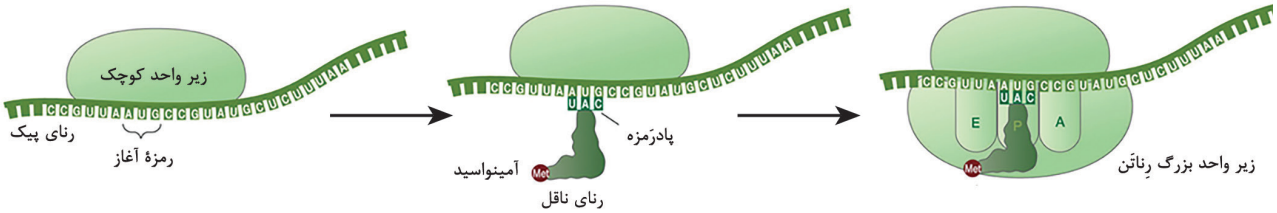
ترجمه نیز فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحلهٔ آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می‌کنند.

ترجمهٔ فقط یک کدون

* در مرحلهٔ آغاز ترجمه، برخلاف مرحلهٔ آغاز رونویسی، پیوند بین مونومرها، تشکیل نمی‌شود.

مرحله آغاز: در این مرحله ۱ بخش‌هایی از رنای پیک، زیر واحد کوچک رِناتَن را به سوی رمزهٔ آغاز، هدایت می‌کند. سپس در این محل ۲ رنای ناقلی که مکمل رمزه آغاز است به آن متصل می‌شود. ۳ با افزوده شدن زیر واحد بزرگ رِناتَن به این مجموعه، ساختار رِناتَن کامل می‌شود.

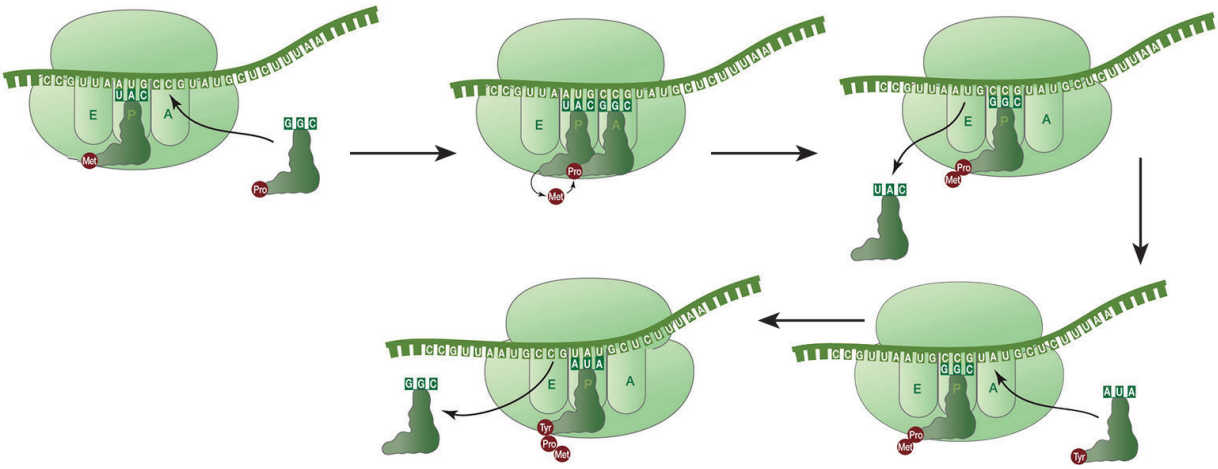
در این مرحله جایگاه P در رِناتَن، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه در ابتدا توسط رنای ناقل متیونین اشغال می‌شود. جایگاه A محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پپتیدی در جایگاه A برقرار می‌شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله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



مرحله آغاز ترجمه

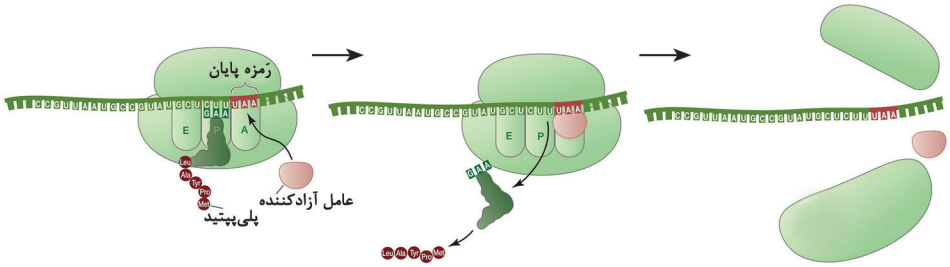
* در مرحلهٔ طویل شدن ترجمه، مانند مرحلهٔ طویل شدن رونویسی، پیوند بین مونومرها، تشکیل می‌شود

مرحلهٔ طویل شدن: در این مرحله ۱ ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رِناتَن شوند ولی ۲ فقط رنایی که مکمل رمزهٔ جایگاه A است، استقرار پیدا می‌کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می‌کند. سپس ۳ آمینواسیدِ جایگاه P از رنای ناقل خود جدا می‌شود و با ۴ آمینواسید جایگاه A پیوند پپتیدی برقرار می‌کند. پس از آن ۵ رِناتَن به اندازهٔ یک رمزه به سوی رمزه پایان پیش می‌رود. در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرار می‌گیرد (علت نام‌گذاری جایگاه P) و جایگاه A خالی می‌شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می‌گیرد و سپس ۶ رنای ناقل بدون آمینواسید از جایگاه E خارج می‌شود. این فرایند بارها تکرار می‌شود و طول زنجیرهٔ آمینواسیدی بیشتر می‌شود تا رِناتَن به یکی از رمزه‌های پایان برسد (شکل ۱۲).



* در مرحلهٔ پایان ترجمه، برخلاف مرحلهٔ پایان رونویسی، پیوند بین مونومرها، تشکیل نمی‌شود

مرحلهٔ پایان: ۱ با ورود یکی از رمزه‌های پایان ترجمه در جایگاه A، ترجمه به مرحلهٔ پایان می‌رسد ۲ چون رنای ناقل مکمل رمزه‌های پایان وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود. ۳ عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند؛ همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رِناتَن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رِناتَن‌ها می‌توانند مجددًا این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).



مرحله پایان ترجمه

وقایع مخصوص هر مرحله ترجمه

مرحلهٔ آغاز
۱ تکمیل ساختار رناتن
۲ تشکیل پیوند هیدروژنی در جایگاه P رناتن
۳ ورود رنای ناقل از بیرون رناتن به جایگاه P آن
۴ ترجمهٔ رمزهٔ آغاز

مرحلهٔ طویل شدن
۱ ورود رنای ناقل به جایگاه A رناتن
۲ تشکیل پیوند هیدروژنی در جایگاه A رناتن
۳ حرکت رناتن در امتداد رنای پیک
۴ برقراری پیوند پپتیدی
۵ قرارگیری همزمان دو پادرمزه درون رناتن
۶ ترجمهٔ همهٔ رمزه‌های قابل ترجمه، به جزء رمزهٔ آغاز
۷ خروج رنای ناقل از جایگاه E ریبوزوم
۸ شکسته شدن پیوند هیدروژنی در جایگاه E رناتن
۹ تشکیل و شکسته شدن پیوند هیدروژنی بین رمزه و پادرمزه
۱۰ خروج رنای ناقل از جایگاه A ریبوزوم [منظور رنای ناقلی است که وارد جایگاه A می‌شود اما چون مکمل رمزه موجود در این جایگاه نیست، خارج می‌گردد.]

مرحلهٔ پایان
۱ قرارگیری هر یک از رمزه‌های پایان در جایگاه A رناتن
۲ ورود عامل آزادکننده به جایگاه A رناتن و عملکرد آن
۳ خروج رنای ناقل از رناتن از جایگاه P
۴ شکسته شدن پیوند هیدروژنی در جایگاه P رناتن
۵ وجود همزمان ۲ پروتئین در جایگاه‌های P و A.

۱۱ **..... در مراحل آغاز و پایان ترجمه، برخلاف مرحلهٔ طویلِ شدن آن ..... .**

۱) تخریب پیوند هیدروژنی ـ رخ نمی‌دهد.
۲) تشکیل پیوند پپتیدی ـ رخ نمی‌دهد.
۳) ورود رنای ناقل به جایگاه P ـ رخ می‌دهد.
۴) حرکت ریبوزوم در امتداد رنای پیک ـ رخ می‌دهد.

۱۲ **چند مورد جملهٔ زیر را به شکل صحیحی تکمیل می‌کند؟**

«در هر مرحله‌ای از ترجمه که طی آن .....»

الف) ترجمهٔ کدون‌ها صورت می‌پذیرد، امکان تشکیل پیوند هیدروژنی در جایگاه A وجود دارد.
ب) رنای ناقل از جایگاه A ریبوزوم خارج می‌شود، پیوندهای هیدروژنی در این جایگاه تشکیل نمی‌شود.
ج) تنها یک آنتی‌کدون درون ریبوزوم وجود دارد، ساختار ریبوزوم تکمیل می‌شود.
د) نوعی پیوند تشکیل می‌شود، رنای ناقل پس از ورود به رناتن کامل، تشکیل پیوند می‌دهد.

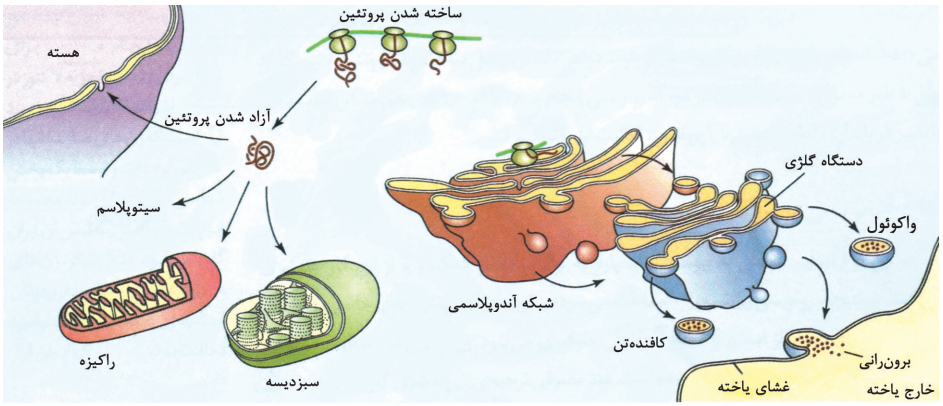
۱) ۱ ۲) ۲
۳) ۳ ۴) ۴

محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آنها

پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته می‌شوند. به طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که رِناتَن‌ها 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 شبکهٔ آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئول (کُریچه) و کافنده تن بروند. بعضی پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا اینکه به راکیزه‌ها، 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).

هدایت‌کننده پروتئین به مقصد آن

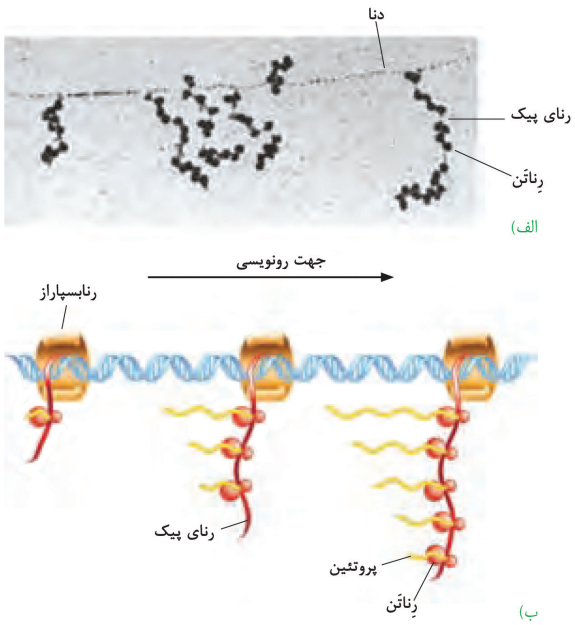


سرنوشت پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم

سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

به طور کلی سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود. در پروکاریوت‌ها ۱ پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا ۲ طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است. در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از رِناتَن‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته شود (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.

در یاخته‌های یوکاریوتی ۱ ساز و کارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، ۲ فرصت بیشتری برای پروتئین‌سازی هست. ۳ در مجموع، این عوامل موجب طولانی‌تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می‌شود.



الف) تصویر میکروسکوپی مجموعه رناتن‌ها
ب) طرحی ساده از رناتن‌هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند.

ساخت نوکلئوپروتئینی:

- DNA (دنا) مثل: ژن هرچیزی - راه‌انداز - توالی پایان رونویسی - اپراتور - جایگاه اتصال فعال‌کننده - دیسک - انتهای چسبنده - (پروکاریوتی) (تک‌رشته‌ای)
  - بیانه - میانه - افزاینده (یوکاریوتی)
  - DNA پلی‌مراز (دنابسپاراز) و هلیکاز
- RNA (رنا)
  - پروکاریوتی‌ها (پیش‌هسته‌ای‌ها) ← رنابسپاراز پروکاریوتی ← ساخت انواع کدون‌ها و آنتی‌کدون‌ها و رناهای پیک و رناهای رناتنی و ... در باکتری‌ها
  - یوکاریوتی‌ها (هوهسته‌ای‌ها) ← رنابسپاراز
    - ۱ ← rRNA (رنای رناتنی)
    - ۲ ← mRNA (رنای پیک) و انواع کدون‌ها (رمزه‌ها)
    - ۳ ← tRNA (رنای ناقل) و انواع آنتی‌کدون‌ها (پادرمزه‌ها)
- **نکته ۱** رونویسی ژن هر پروتئین یوکاریوتی، به عهدهٔ رنابسپاراز ۲ است.
- **نکته ۲** رنابسپاراز ۲ و رنابسپاراز پروکاریوتی، قابلیت رونویسی از ژن خود را دارند.
- پروتئین‌ها مثل: دنابسپاراز - رنابسپاراز - هلیکاز - مهارکننده - عوامل رونویسی - آنزیم برش‌دهنده - هیستون و...
  - ریبوزوم (رناتن)
    - ۱ ستز انسولین:
    - ۲ ستز ژن انسولین:
    - ۳ رونویسی ژن انسولین:
    - ۴ ستز RNA پلی مراز ۲:
    - ۵ ستز ژن RNA پلی مراز ۲:
    - ۶ رونویسی ژن RNA پلی مراز ۲:

با توجه به توالی رنای پیک زیر به سوالات ۱۳ تا ۱۵ پاسخ دهید.

...AUCGAUGCCCAUGAAAGUGUGACAAC...

۱۳) زمانی که آنتی‌کدون GGG از ریبوزوم خارج می‌شود ..... .

۱) آنتی کدون UUU در جایگاه A ریبوزوم قرار دارد.

۲) ریبوزوم به اندازه ۳ کدون در امتداد رناپیک حرکت کرده است.

۳) پلی پپتید در حال ساخت دارای ۳ پیوند پپتیدی است.

۴) رنای موجود در جایگاه P حامل دو متیونین می‌باشد.

۱۴) چهارمین نوع آنتی کدونی که در ترجمه مورد استفاده قرار می‌گیرد ..... می‌باشد.

۱) UUU

۲) UAC

۳) CAC

۴) ACU

۱۵) آخرین آنتی‌کدونی که وارد جایگاه A ریبوزوم می‌شود ..... .

۱) مکمل رمزهٔ UGA می‌باشد.

۲) با آخرین آنتی‌کدون P مشابه است.

۳) دارای دو باز دوحلقه‌ای است.

۴) توالی ACU دارد.

گفتار ۳ تنظیم بیان ژن

در سال گذشته آموختید که همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم رِشتمان (میتوز) 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 غیرفعال 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 و به اصطلاح بیان نشده است. 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 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 موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود. یاخته‌های متفاوتی که از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شوند، مثالی مناسب در این مورد هستند.

تنظیم بیان ژن

پروکاریوتی

تنظیم منفی رونویسی: در زمان نبودن گلوکز، وقتی که لاکتوز در اختیار باکتری اشرشیاکلای قرار می‌گیرد وارد این باکتری شده با اتصال به مهارکننده، سبب تغییر شکل آن و جدا شدن آن از اپراتور و جلوگیری از اتصال آن به اپراتور می‌شود که در این حالت رنابسپاراز، رونویسی ژن‌های تجزیه‌کنندهٔ لاکتوز را آغاز می‌کند و در غیر این صورت یعنی در صورت عدم وجود لاکتوز در اطراف باکتری، مهارکننده در اتصال با اپراتور قرار می‌گیرد و مانع پیشروی رنابسپاراز و در نتیجه باعث خاموش شدن ژن‌های تجزیه‌کنندهٔ لاکتوز می‌شود.

تنظیم مثبت رونویسی: در حضور قند مالتوز، **انواعی** از پروتئین به نام فعال‌کننده وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می‌شوند. به این توالی‌ها جایگاه اتصال فعال‌کننده گفته می‌شود. در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال‌کننده به جایگاه خود متصل می‌شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند.
عاملی که سبب می‌شود که فعال‌کننده به جایگاه خود بچسبد مالتوز است. اتصال مالتوز به فعال‌کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می‌شود. ضمناً در صورت عدم وجود مالتوز، رنابسپاراز به راه‌انداز متصل نشده و رونویسی صورت نمی‌پذیرد.

یوکاریوتی: در تنظیم بیان ژن یوکاریوتی از یک سو بعضی عوامل رونویسی با اتصال به نواحی خاصی از راه‌انداز، رنابسپاراز را به محل راه‌انداز هدایت می‌کنند و از سوی دیگر برخی دیگر از عوامل رونویسی با اتصال به توالی افزاینده که ممکن است در فاصلهٔ دوری از ژن قرار داشته باشد متصل می‌شوند. سپس افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن با تشکیل یک حلقه در دنا به مجموعهٔ رنابسپاراز، عوامل رونویسی متصل به آن و راه‌انداز، متصل می‌شوند تا سرعت رونویسی افزایش یابد.

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 مرحلهٔ رونویسی انجام می‌شود. در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

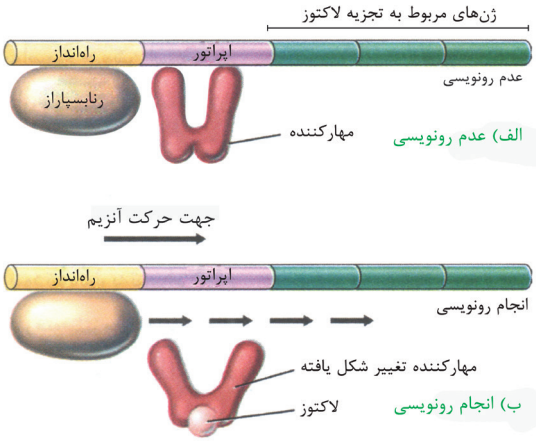
تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

در این نوع تنظیم عواملی به پیوستن رنابسپاراز به توالی راه‌انداز کمک و یا مانعِ حرکت رنابسپاراز 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 **اشرشیاکلای** شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی اشرشیاکلای گلوکز است. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام لاکتوز

رونویسی ژن‌ها به نبودن گلوکز و بودن لاکتوز وابسته است.

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 تجزیه‌کننده آن متوقف یا کاهش پیدا کند. در پروکاریوت‌ها بیان ژن به دو صورت منفی و مثبت تنظیم می‌شود.

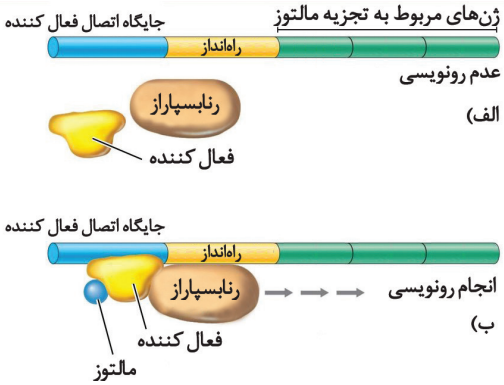
تنظیم منفی رونویسی: در گفتار ۱ آموختید که رونویسی با چسبیدن رنابسپاراز به راه‌انداز مربوط به ژن شروع می‌شود. حال اگر مانعی بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی‌شود. به این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی گفته می‌شود. اگر لاکتوز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ۱ مانع پیش‌روی رنابسپاراز که نوعی پروتئین به نام مهارکننده است، به توالی خاصی از دنا به نام اپراتور متصل می‌شود و ۲ جلوی حرکت رنابسپاراز را می‌گیرد ۳ و این‌گونه رونویسی از ژن‌ها صورت نمی‌پذیرد. (شکل ۱۶ الف). لاکتوز موجود در محیط ۱ به باکتری وارد می‌شود و ۲ با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می‌دهد. ۳ تغییر شکل مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می‌کند و نیز ۴ مانع از اتصال آن به اپراتور می‌شود. ۵ با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می‌تواند رونویسی ژن‌ها را انجام دهد (شکل ۱۶ ب). ۶ محصولات این ژن‌ها تجزیه لاکتوز را ممکن می‌کند.



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

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 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 به صورت مثبت انجام می‌شود. در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام فعال کننده وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می شوند. به این توالی‌ها جایگاه اتصال فعال‌کننده گفته می‌شود. (شکل ۱۷ - الف) در حضور مالتوز در محیط، ۱ مالتوز به فعال‌کننده متصل می‌شود ۲ پروتئین فعال‌کننده همراه با مالتوز به جایگاه خود در مجاورت راه‌انداز متصل می‌شود و ۳ پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و ۴ رونویسی را شروع کند. توجه داشته باشید که اتصال مالتوز به فعال‌کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می‌شود (شکل ۱۷ - ب).



شکل ۱۷ - تنظیم مثبت رونویسی ژن‌های موثر در تجزیه مالتوز

۱۶) بیان ژن‌هایی که ..... .

۱) دارای رمز TAC می‌باشند، نیازمند عملکرد رناتن‌ها می‌باشد.

۲) توسط رنابسپاراز ۲ رونویسی می‌شوند،تنها با رونویسی ژن، صورت پذیرفته است.

۳) الگوی ساخت رنای رناتنی محسوب می‌شوند، نیازمند وقوع رونویسی و ترجمه است.

۴) شناسایی راه‌اندازشان نیازمند عوامل رونویسی نیست، محدود به رونویسی است.

۱۷) در تنظیم ..... رونویسی در اشرشیاکلای ..... .

۱) منفی ـ وجود لاکتوز در محیط باکتری سبب ساخته‌شدن و فعال شدن مهارکننده درون باکتری می‌شود.

۲) مثبت ـ محصول عملکرد آمیلاز پانکراس می‌تواند با اتصال به بخشی از دنا، سبب افزایش رونویسی باکتری شود.

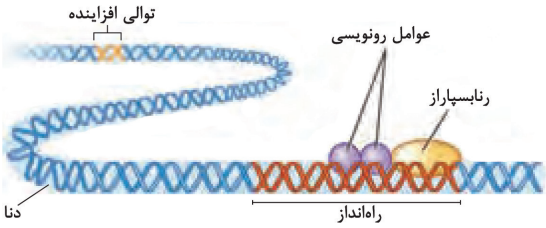
۳) منفی ـ بروز جهش در ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز، روی بیان ژن مهارکننده اثرگذار است.

۴) مثبت ـ ترکیبی که به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود، جنس مشابه موسین دارد.

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

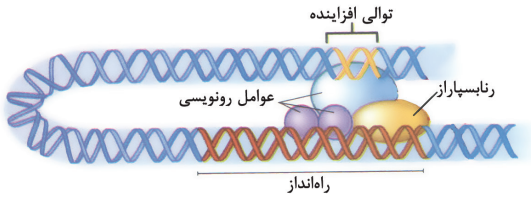
تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها ۱ پیچیده‌تر از پروکاریوت‌هاست و ۲ می‌تواند در مراحل بیشتری انجام شود. یاخته‌های یوکاریوتی به وسیلهٔ غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند. بنابراین، اگر یاخته بخواهد نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد باید این عوامل به طریقی از غشاها عبور کنند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. در یاخته‌های یوکاریوتی، بیشتر ژن‌ها در هسته و برخی در راکیزه 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.

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 به نام عوامل رونویسی 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 ۱۸ - تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

در یوکاریوت‌ها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از دنا به نام توالی افزاینده 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 سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹ - توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی: در یوکاریوت‌ها ۱ تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از آن هم انجام شود. ۲ 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. ۳ روش تنظیم دیگر در سطح فام‌تنی پیش از رونویسی است. به طور معمول بخش‌های فشرده فام‌تن کمتر در دسترس رنابسپارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی فام‌تن در بخش‌های خاصی، دسترسی رنا بسپاراز را به ژن موردنظر تنظیم کند. ۴ 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.

زیست‌شناسی ۳

یافته‌شناسی	پروکاریوت	یوکاریوت
وجود ریبوزوم دو بخشی	+	+
وجود رنای ناقل با شکل سه بعدی و فعال	+	+
اگزون (بیانه)	−	+
اینترون (میانه)	−	+
رنای اولیه	−	+
رنای بالغ	−	+
حذف رونوشت اینترون	−	+
پیرایش	−	+
حذف میانه	−	−
تفاوت طول یک نوع رنا در بخش‌های مختلف یاخته	−	+
رنای چند ژنی	+	−
رونویسی هم زمانِ چند ژن مجاور	+	−
ساخت چند پروتئین از روی یک رنا	+	−
عامل آزادکننده	+	+
وقوع ترجمهٔ رنای پیک مربوط به ژن‌های اصلی، همزمان با رونویسی آن	+	−
تنظیم بیان ژن در سطح خام‌تنی	−	+
وجود رناهای کوچک جلوگیرنده از ترجمه	−	+
فعال‌کننده	+	−
مهارکننده	+	−
افزاینده	−	+
اپراتور	+	−
جایگاه اتصال فعال کننده	+	−
عوامل رونویسی	−	+
حلقه شدن دنا برای افزایش سرعت رونویسی	−	+
اتصال رنابسپاراز به مجموعهٔ راه‌انداز و پروتئین‌های متصل به آن	−	+
وجود ژن‌های گسسته	−	+
دنای خطی	-	+
دنای حلقوی	+	+
نوکلئیک اسید حلقوی (فقط دنا)	+	+
نوکلئیک اسید خطی (دنا و رنا)	+	+
دنابسپاراز	+	+
هلیکاز	+	+

یافته‌شناسی	پروکاریوت	یوکاریوت
همانندسازی دو جهتی	+	+
یک نقطهٔ همانندسازی روی یک مولکول دنای اصلی	+	−
بیش از یک نقطه همانندسازی روی یک مولکول دنای اصلی	− اغلب	+
یک حباب همانندسازی روی یک مولکول دنای اصلی	+	−
بیش از یک حباب همانندسازی روی یک مولکول دنای اصلی	− اغلب	+
تنها ۲ دوراهی همانندسازی روی یک مولکول دنای اصلی	+ اغلب	−
بیش از ۲ دوراهی همانندسازی روی یک مولکول دنای اصلی	− اغلب	+
نقاط آغاز همانندسازی متغیر	−	+
دوراهی‌های مربوط به یک نقطهٔ آغاز همانندسازی در دنای اصلی ابتدا دور و بعد نزدیک شوند.	+ اغلب	−
دوراهی‌های مربوط به یک نقطه آغاز همانندسازی در دنای اصلی فقط از هم دور شوند.	− اغلب	+
نقاط آغاز و پایان همانندسازی در دنای اصلی مقابل هم باشد	+ اغلب	−
ویرایش	+	+
یک نوع رنابسپاراز	+	−
چند نوع رنابسپاراز	−	+
رنابسپاراز ۱	−	+
رنابسپاراز ۲	−	+
رنابسپاراز ۳	−	+
تنوع عملکردی بالای رنابسپاراز	+	−
تنوع عملکردی پایین رنابسپاراز	−	+
نوع رنا ۳	+	+
ساخت رناهای مختلف توسط یک نوع رنابسپاراز	+	−
ساخت رمزه و پادرمزه توسط یک نوع رنابسپاراز	+	−
راه‌انداز	+	+
توالی پایان	+	+
یک راه‌انداز برای چند ژن	+	−
هر یک ژن لزوماً یک راه‌انداز دارد	−	+
رونویسی یک جهتی	+	+
تشکیل حباب رونویسی	+	+
وقوع رونویسی در محل همانندسازی	+	+
وقوع ترجمه در محل رونویسی دنای اصلی	+	−
وقوع ترجمه در محل همانندسازی دنای اصلی	+	−

۱۸) در یاخته‌ای، در بخش‌هایی از رنای پیک، دو رشتهٔ ریبونوکلئوتیدی مکمل دیده می‌شود، در این یاخته ..... .

۱) طول عمر رنای پیک با توجه به شرایط مختلف یاخته، دچار تغییر نمی‌شود.

۲) یک نوع رنابسپاراز، امکان رونویسی از چند ژن مربوط به یک مولکول دنا را ندارد.

۳) بخش‌های فشرده فام‌تن‌ها کمتر در دسترس رنابسپارازها قرار می‌گیرند.

۴) شروع همانندسازی دنا با بازشدن پیچ و تاب کروموزوم‌ها همراه است.

کنکور

۱. در یوکاریوت‌ها، چند مورد را می‌توان مربوط به تنظیم بیان ژن پیش از رونویسی دانست؟ (سراسری ۱۴۰۰)

الف) میزان دسترسی پیش‌ماده به آنزیم

ب) اتصال رناهای کوچک به نوعی ریبونوکلئیک اسید

ج) تغییر در فشردگی واحدهای تکراری در رشتهٔ کروماتین

د) خمیدگی یا عدم خمیدگی در بخشی از مولکول دنا (DNA)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینهٔ ۳

---

۲. چند مورد، در ارتباط با مراحل ترجمه در یوکاریوت‌ها درست است؟ (سراسری ۱۴۰۰)

الف) هر tRNA که فقط حامل یک آمینواسید است، ابتدا به جایگاه A رناتن (ریبوزوم) وارد می‌شود.

ب) هر tRNA که وارد جایگاه A رناتن (ریبوزوم) می‌شود، با رمزه (کدون) ارتباط مکملی برقرار می‌کند.

ج) هر tRNA که ارتباط خود را با زنجیره‌ای از آمینواسیدها قطع می‌کند، به جایگاه E رناتن (ریبوزوم) منتقل می‌شود.

د) هر tRNA که پس از تکمیل رناتن (ریبوزوم) در جایگاه خود مستقر می‌شود، می‌تواند به توالی‌ای از آمینواسیدها متصل گردد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینهٔ ۱

---

۳. وجه مشترک هر دو نوع تنظیم مثبت و منفی رونویسی در باکتری اشرشیاکُلای کدام است؟ (سراسری ۱۴۰۰)

۱) هر پروتئینی که بر روی توالی خاصی از DNA قرار می‌گیرد، ژن یا ژن‌های سازندهٔ آن با نوع دیگری رنابسپاراز، رونویسی شده است.

۲) هر پروتئینی که آنزیم رونویسی‌کننده را به سمت راه‌انداز حرکت می‌دهد، می‌تواند به قند دی‌ساکاریدی اتصال یابد.

۳) هر پروتئینی که ژن‌های مربوط به تجزیهٔ قند را رونویسی می‌کند، توسط فعال‌کننده به راه‌انداز متصل می‌شود.

۴) هر پروتئینی که به قندی متفاوت از گلوکز متصل می‌گردد، در شروع حرکت آنزیم رونویسی‌کننده نقش دارد.

گزینهٔ ۴

---

۴. در ارتباط با فرایند همانندسازی در یوکاریوت‌ها، چند مورد صحیح است؟ (سراسری ۱۴۰۰)

الف) آنزیمی که از وقوع جهش در مادهٔ ژنتیکی ممانعت به عمل می‌آورد، می‌تواند نوکلئوتیدها را به صورت تک‌فسفاته به رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی متصل نماید.

ب) آنزیمی که باعث جداشدن هیستون‌ها از مولکول دنا (DNA) می‌شود، مارپیچ دنا (DNA) و دو رشتهٔ آن را از هم جدا می‌کند.

ج) آنزیمی که نوکلئوتیدها را به صورت مکمل روبه‌روی هم قرار می‌دهد، انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد.

د) آنزیمی که پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته مکمل را برقرار می‌کند، تنها آنزیم دوراهی همانندسازی محسوب می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینهٔ ۲

۵. چند مورد، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

«با توجه به فرایند ترجمه در یوکاریوت‌ها می‌توان بیان داشت: پس از آن‌که رنای ناقل (tRNA) ..... رناتن (ریبوزوم) استقرار پیدا می‌کند، به‌طور حتم، ..... منتقل خواهد شد.»

* در جایگاه tRNA-Aی بدون آمینواسید به جایگاه E
* در جایگاه tRNA-Eی حامل یک آمینواسید به جایگاه A
* حامل توالی آمینواسیدی در جایگاه tRNA-P بدون آمینواسید به جایگاه E
* دارای پادرمزهٔ (آنتی‌کدونِ) UAC در جایگاه tRNA-P حامل آمینواسید به جایگاه A

۱) چهار ۲) سه ۳) دو ۴) یک

گزینهٔ ۴

---

۶. مطابق با مطالب کتاب درسی، کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر نامناسب است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

«در پی تغییر محیط کشت باکتری اشرشیاکُلای، از محیطی که تنها قند آن ..... است به محیطی که تنها قند آن ..... است و به منظور تنظیم بیان ژن د ر این باکتری ..... .»

۱) لاکتوز ـ گلوکز ـ تغییر در ساختار مهارکننده به‌وجود می‌آید.
۲) لاکتوز ـ مالتوز ـ نوعی پروتئین به رنابسپاراز متصل می‌شود.
۳) مالتوز ـ لاکتوز ـ مهارکننده از فعالیت فعال‌کننده ممانعت به‌عمل می‌آورد.
۴) گلوکز ـ لاکتوز ـ رنابسپاراز بر روی توالی نوکلئوتیدی مجاور راه‌انداز قرار می‌گیرد.

گزینهٔ ۳

---

۷. کدام مورد، عبارت زیر را به‌طور مناسب کامل می‌کند؟ (سراسری ۱۴۰۱)

«همهٔ جانداران تولیدکننده‌ای که با کمک .....»

۱) ترکیبی غیر از آب، مواد آلی می‌سازند، می‌توانند در صورت لزوم، رنای بالغ بسازند.
۲) سبزینه (کلروفیل) a، مادهٔ آلی می‌سازند، می‌توانند در مواضع متعدد چندین دوراهی همانندسازی ایجاد کنند.
۳) دی‌اکسید کربن، اکسیژن تولید می‌کنند، می‌توانند در محل تشکیل دیوارهٔ جدید، صفحهٔ یاخته‌ای تشکیل دهند.
۴) واکنش‌های اکسایشی و بدون حضور نور، از مواد معدنی، مواد آلی می‌سازند، می‌توانند هم‌زمان با رونویسی، عمل ترجمه را به انجام برسانند.

گزینهٔ ۴

---

۸. در خصوص اتفاقات موجود در یک یاختهٔ جانوری فعال، کدام عبارت نادرست است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

۱) هنگام همانندسازی ژن، همواره نوعی آنزیم، مارپیچ دنا (DNA) و دو رشتهٔ آن را از هم باز می‌کند.
۲) هنگام همانندسازی ژن، تشکیل پیوند فسفواستر همواره کمی قبل از شکسته‌شدنِ پیوند اشتراکی رخ می‌دهد.
۳) پس از ترجمه، با تغییر pH می‌توان گروه‌های R آمینواسیدهای یک پروتئین را در وضعیت جدیدی قرار داد.
۴) در یک رنای ناقل (tRNA)، سرانجام دو ناحیهٔ دارای نوکلئوتیدهای غیرمکمل در مجاورت هم قرار می‌گیرند.

گزینهٔ ۲

۹. کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر، نامناسب است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

«در همهٔ جاندارانی که .....»

۱) با ریشهٔ گیاهان رابطهٔ همزیستی دارند، رنای پیک در حین یا پس از رونویسی دستخوش پیرایش می‌شود.

۲) می‌توانند ناقل همانندسازی را دریافت و تکثیر کنند، نوعی رنا (RNA)، در کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها نقش دارد.

۳) با استفاده از بخش‌های رویشی تکثیر می‌یابند، مولکول‌های حامل الکترون در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم یاخته تولید می‌شوند.

۴) فام‌تن (کروموزوم) اصلی موجود در سیتوپلاسم آنها به غشای یاخته اتصال دارد، آنزیم رنابسپاراز، راه‌انداز تمام ژن‌ها را شناسایی می‌کند.

گزینهٔ ۱

---

۱۰. چند مورد، در خصوصِ یک یاختهٔ سالم و فعال انسان درست است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

* پروتئین‌های غیرترشحی پس از ساخته‌شدن، به‌طور حتم جزیی از ساختار یک اندامک می‌شوند.
* آنزیم‌های کافنده‌تن (لیزوزوم)، حین ساخته‌شدن از سر آمینی خود به شبکهٔ آندوپلاسمی وارد می‌شوند.
* پروتئین خارج‌شده از شبکهٔ آندوپلاسمی زبر، به سطحی از دستگاه گلژی وارد می‌شود که از غشای یاخته دورتر است.
* پروتئین‌هایی که به درون مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم آزاد می‌شوند، به‌طور حتم، توسط رناتن (ریبوزوم)های همان یاخته ساخته شده‌اند.

۱) یک ۲) دو ۳) سه ۴) چهار

گزینهٔ ۲

---

۱۱. برای تکمیل عبارت زیر، کدام مورد، مناسب نیست؟ (سراسری ۱۴۰۱)

«هر بسپاری که به طور کامل ساخته شده و محصول مستقیم یکی از رشته‌های دنا (DNA)ی هستهٔ اوگلناست، ..... است.»

۱) در طی ساخته شدن، به تدریج از رشتهٔ الگو جدا شده ۲) حاصل فعالیت بیش از یک کاتالیزور زیستی

۳) در طی فرایندی سه‌مرحله‌ای تولید شده ۴) دارای دو انتهای متفاوت

گزینهٔ ۱

---

۱۲. چند مورد، برای تکمیل عبارت زیر، مناسب است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

«در گروهی از یاخته‌ها، تنظیم بیان ژن از حالت طبیعی خارج شده است. این یاخته‌ها ..... .»

الف) به طور حتم، در مقایسه با یاخته‌های طبیعی، مقدار و زمان استفاده از ژن‌هایشان افزایش می‌یابد.

ب) ممکن است در مقایسه با یاخته‌های طبیعی، گیرنده‌های سطحی کمتری داشته باشند.

ج) به‌طور حتم، بدون دریافت علایمی دستخوش مرگ یاخته‌ای می‌شوند.

د) ممکن است از هر سه نقطه وارسی چرخهٔ یاخته‌ای عبور کند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینهٔ ۲

---

۱۳. با توجه به مطالب کتاب درسی، وجه مشترک دو تنظیم مثبت و منفی، در باکتری اشرشیاکُلای کدام است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

۱) رنابسپاراز، ابتدایی توالی نوکلئوتیدی مجاور نخستین ژن را شناسایی می‌کند.

۲) بسپار آمینواسیدی متصل به نخستین ژن، در تولید رنای نابالغ نقش دارد.

۳) توالی نوکلئوتیدی مجاور راه‌اندار، به نوعی پروتئین چسبیده به قند متصل می‌شود.

۴) در پی اتصال نوعی بسپار آمینواسیدی به راه‌انداز، پیوند میان دو رشتهٔ دنا (DNA) باز می‌شود.

گزینهٔ ۴

۱۴. در خصوص پروتئین‌سازی، کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر نامناسب است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

«در زمانی که ..... ، به‌طور حتم، جایگاه ..... رناتن (ریبوزوم) خالی است.»

۱) tRNA حامل یک آمینواسید در جایگاه A استقرار می‌یابد ـ E

۲) تنها tRNA موجود در رناتن، در جایگاه P قرار دارد ـ E و A

۳) پیوند پپتیدی بین دو آمینواسید برقرار می‌شود ـ E

۴) tRNA از جایگاه E رناتن آزاد می‌شود ـ A

گزینهٔ ۲

---

۱۵. با توجه به فرایندهای تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی، که در کتاب درسی آمده است، چند مورد زیر درست است؟

(سراسری ۱۴۰۲)

الف) در تنظیم مثبت برخلاف تنظیم منفی، در پیِ پیوستن پروتئین به توالی نوکلئوتیدی و پیوستن پروتئین به پروتئین، پیوستن قند به پروتئین امکان‌پذیر می‌شود.

ب) در تنظیم منفی همانند تنظیم مثبت، هر پروتئینی که در تنظیم بیان ژن مؤثر است. جایگاهی برای اتصال به قند دارد.

ج) در نوعی تنظیم، در صورت اتصال بیش از دو پروتئین به توالی‌های نوکلئوتیدی، رونویسی تسریع می‌شود.

د) در نوعی تنظیم، تمایل پیوستن پروتئین‌ها به بخشی از مولکول دیگر، تحت‌تأثیر عواملی تغییر می‌کند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینهٔ ۲

---

۱۶. کدام عبارت در خصوص همهٔ جانداران تک‌یاخته‌ای، صحیح است؟ (سراسری ۱۴۰۲)

۱) در همهٔ بخش‌های رناهای ناقل (tRNA) آن‌ها، توالی‌های مشابهی وجود دارد.

۲) در آن‌ها، آمینواسید مناسب به کمک آنزیم ویژه‌ای به مولکول نوکلئیک اسید متصل می‌شود.

۳) در فرایند تولید هر پلی‌پپتید در آن‌ها، یک رمزه (کدون) پایان، شرکت می‌کنند.

۴) پروتئین‌هایی که در فاصلهٔ بین غشای یاخته و هستهٔ آن‌ها ساخته می‌شود، سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند.

گزینهٔ ۲

---

۱۷. در ارتباط با پروتئین‌سازی یک یاختهٔ یوکاریوتی، چند مورد درست است؟ (سراسری ۱۴۰۲)

الف) در زمانی که اتصال tRNA و توالی آمینواسیدها قطع می‌شود، به‌طور حتم، جایگاه E رناتن (ریبوزوم) خالی است.

ب) در زمانی که tRNA حامل یک آمینواسید در جایگاه A قرار می‌گیرد، به‌طور حتم، tRNA حامل توالی آمینواسیدی در جایگاه P قرار دارد.

ج) بعد از اینکه tRNA حامل توالی آمینواسیدی در جایگاه P قرار گیرد. به‌طور حتم، بر طول رشتهٔ پلی‌پپتیدی افزوده می‌شود.

د) قبل از اینکه tRNA حامل یک آمینواسید در جایگاه A قرار گیرد، به‌طور حتم، tRNA بدون آمینواسید از جایگاه E رناتن خارج شده است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینهٔ ۲

۱۸. فرض می‌کنیم در قطعه‌ای از مولکول دنای ( ) یک یاختهٔ جانوری فعال، دو ژن سازندهٔ رنای رناتنی (tRNA)، با فاصله‌ای در پشت سر هم قرار دارند. در صورتی که رنابسپارازهای این دو ژن، در دو جهت متفاوت حرکت کنند، کدام مورد نادرست است؟ (سراسری ۱۴۰۲)

۱) ممکن است راه‌انداز این دو ژن، به یکدیگر نزدیک باشند.

۲) ممکن است بسپارهای ساخته‌شده در بیان ژن‌ها دخالت داشته باشند.

۳) به‌طور حتم، رشتهٔ رمزگذار یک ژن با رشتهٔ رمزگذار ژن دیگر، متفاوت است.

۴) به‌طور حتم، از روی توالی‌های سه‌تایی رناهای موردنظر، پلی‌پپتیدهایی ساخته می‌شود.

گزینهٔ ۴

---

۱۹. درخصوص فرایند تنظیم بیان ژن در هستهٔ یاختهٔ میانبرگ لوبیا، کدام مورد زیر، به طور حتم صحیح است؟ (سراسری اردیبهشت ۱۴۰۳)

۱) گروهی از لیپیدها در این فرایند نقش مؤثری دارند.

۲) این فرایند بر تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی یاخته بی‌تأثیر است.

۳) فقط نوعی مولکول شیمیایی یا زیستی، محرک اولیهٔ این فرایند است.

۴) هر پروتئین مؤثر در این فرایند، فقط به یک نوع بسپار متصل می‌شود.

گزینهٔ ۱

---

۲۰. درخصوصِ یاخته‌های یوکاریوتی، کدام مورد یا موارد زیر صحیح است؟ (سراسری اردیبهشت ۱۴۰۳)

الف) طول هر بیانه (اگزون) آنها، از طول میانهٔ (اینترونِ) مجاورش بیشتر است.

ب) در میان نوکلئوتیدهای دو انتهای tRNA آنها، پیوند هیدروژنی وجود دارد.

ج) نوکلئوتیدهای آدنین‌دار با جرم‌ها و نقش‌های متفاوت در سیتوپلاسم آنها یافت می‌شود.

د) آمینواسید خارج شده از جایگاه P رناتن آنها، از سمت گروه کربوکسیل خود با آمینواسید جایگاه A پیوند برقرار می‌کند.

۱) «ج» و «د» ۲) «الف» و «ب» ۳) «الف»، «ب» و «د» ۴) «ج»

گزینهٔ ۱

---

۲۱. مطابق با اطلاعات کتاب درسی و با توجه به فرایند تنظیم بیان ژن در هستهٔ یوکاریوت‌ها در مرحلهٔ رونویسی، کدام عبارت نادرست است؟ (سراسری تیر ۱۴۰۳)

۱) بعضی از عوامل رونویسی، در ابتدا به توالی‌هایی متصل می‌شوند که با فاصله زیادی از راه‌انداز قرار دارند.

۲) همهٔ عوامل رونویسی، سرانجام با قرارگرفتن در کنار یکدیگر، سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند.

۳) رنابسپاراز، در ابتدا به توالی خاصی متصل می‌شود و دو رشتهٔ آن را برای رونویسی از هم باز می‌کند.

۴) رنابسپاراز، تحت تأثیر پروتئین‌های ویژه‌ای، مقدار رونویسی ژن‌ها را افزایش یا کاهش می‌دهد.

گزینهٔ ۳

---

۲۲. در ارتباط با موجوداتی که توانایی تولید محصولات لبنی مانند ماست و پنیر را دارند، کدام عبارت نادرست است؟ (سراسری تیر ۱۴۰۳)

۱) هر tRNA آن‌ها، محصول یک ژن است.

۲) فرایند پروتئین‌سازی از ابتدای رنای پیک آن‌ها آغاز می‌شود.

۳) تعداد انواع پادرمزه (آنتی‌کدون)های آن‌ها، کمتر از رمزه (کدون)ها است.

۴) دنای آن‌ها بین جایگاه آغاز و پایان RNA سازی، رونویسی می‌شود.

گزینهٔ ۲

۲۳. اگر توالی بخشی از رشتهٔ رمزگذار ژن زنجیرهٔ بتای هموگلوبین در فرد مبتلا به بیماری گویچه‌های قرمز داسی‌شکل (در شرایط معمولی) به صورت ACTCCTGTAGAG باشد، توالی رشته الگو در یک فرد کاملاً سالم کدام است؟ (سراسری تیر ۱۴۰۳)

۱) ACUCCUGUAGAG
۲) ACTCCTGAAGAG
۳) TGAGGACATCTC
۴) TGAGGACTTCTC

گزینهٔ ۴

خط به خط با کتاب درسی در فصل دوم سال دوازدهم

۱) به هریک از توالی‌های سه نوکلئوتیدی در دنا ..... می‌گویند.

۲) به ساخته شدن مولکول رنا از روی ..... دنا، رونویسی گفته می‌شود.

۳) در پروکاریوت‌ها ..... نوع رنابسپاراز وظیفهٔ ساخت انواع رنا را برعهده دارد. در یوکاریوت‌ها، رنای پیک توسط رنابسپاراز .....، رنای ناقل توسط رنابسپاراز ..... و رنای رناتنی توسط رنابسپاراز ..... ساخته می‌شود.

۴) در مرحله ..... رونویسی رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و با شکستن پیوندهای ..... دو رشتهٔ آن را از هم باز می‌کند.

۵) 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، ..... گفته می‌شود.

۶) در مرحله ..... رونویسی 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 رشتهٔ دنا ..... .

۷) در ..... توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم ..... می‌شوند.

۸) به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است ..... می‌گویند. به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا ..... گفته می‌شود.

۹) در هر ژن ..... دنا، الگوی رونویسی است و با تغییر رشتهٔ الگو، ..... رونویسی نیز تغییر می‌کند.

۱۰) رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در ..... و ..... شود. یکی از این تغییرات حذف بخش‌هایی از مولکول رنای پیک است و ..... نامیده می‌شود.

۱۱) به نواحی که در مولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده ..... می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول دنا، که رونوشت آنها حذف نمی‌شوند ..... گفته می‌شود.

۱۲) به طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار ..... بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده ..... در یاخته‌های تازه تقسیم شده، بسیار فعال‌اند.

۱۳) در ساختارهای حاصل از رونویسی همزمان یک ژن، شاخه‌های کوتاهتر به ..... و شاخه‌های بلندتر به ..... نزدیک‌تراند.

۱۴) به توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک ..... گفته می‌شود و در یاخته ..... نوع از این توالی‌ها وجود دارد.

۱۵) رمزه‌های .....، ..... هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آن‌ها رمزهٔ پایان می‌گویند، رمزهٔ آغاز یا ..... رمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رمزه، معرف آمینواسید ..... نیز است.

۱۶ مواد اولیه مصرفی در ترجمه، ..... هستند.

۱۷ ساختار سه بعدی tRNA با پیوندهای ..... شکل می‌گیرد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ..... نوکلئوتیدی به نام ..... است.

۱۸ در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه .....، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند.

۱۹ رمزه‌ها ..... نوع، پادرمزه‌ها ..... نوع و آمینواسیدهای موجود در ساختار پروتئین‌ها ..... نوع‌اند.

۲۰ در مرحلهٔ ..... ترجمه بخش‌هایی از .....، زیرواحد کوچک رناتن را به سوی رمزهٔ .....، هدایت می‌کند. سپس در این محل ..... به آن متصل می‌شود. با افزوده شدن ..... به این مجموعه، ساختار رناتن کامل می‌شود.

۲۱ پیوند پپتیدی در جایگاه ..... برقرار می‌شود. جایگاه ..... محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه ..... پر می‌شود و جایگاه ..... و ..... خالی می‌ماند.

۲۲ در مرحلهٔ ..... ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه ..... رناتن شوند ولی فقط رنایی که ..... است، استقرار پیدا می‌کند؛ سپس آمینواسیدِ جایگاه ..... از رنای ناقل خود جدا می‌شود و با آمینواسید جایگاه ..... پیوند ..... برقرار می‌کند. پس از آن رناتن به اندازه ..... به سوی رمزه پایان پیش می‌رود. در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه ..... قرار می‌گیرد و جایگاه ..... خالی می‌شود. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه ..... قرار می‌گیرد و سپس از این جایگاه خارج می‌شود.

۲۳ در مرحله ..... با ورود یکی از رمزه‌های ..... ترجمه در جایگاه .....، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام ..... اشغال می‌شود.

۲۴ بعضی پروتئین‌ها به شبکهٔ آندوپلاسمی و ..... می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل ..... و ..... بروند. بعضی نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا این‌که به .....، ..... و یا ..... می‌روند در هریک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، ..... در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند.

۲۵ در ..... پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها ..... است.

۲۶ در یاخته‌های ..... سازوکارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین‌سازی هست. در مجموع، این عوامل موجب ..... عمر رنای پیک پیش از تجزیه می‌شود.

۲۷ هرگاه ..... می‌گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است و ژنی که ..... خاموش است و به اصطلاح بیان نشده. .....، ..... و ..... استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد و حتی در یک یاخته هم بسته به نیاز متفاوت باشد.

۲۸ ..... می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود.

۲۹ تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی به‌طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحله ..... انجام می‌شود. در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) ..... یا .....، فعالیت آن را تنظیم کند.

۳۰ اگر گلوکز در محیط باکتری ..... وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام ..... در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می‌تواند از این قند استفاده کند.

۳۱ در تنظیم منفی رونویسی مانع پیش‌روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام ..... است. این پروتئین به توالی خاصی از دنا به نام ..... متصل می‌شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می‌گیرد. لاکتوز موجود در محیط به باکتری وارد می‌شود و با اتصال به .....، شکل آن را تغییر می‌دهد. سپس این مولکول از ..... جدا می‌شود و نیز مانع از اتصال آن به ..... می‌شود.

۳۲ در تنظیم ..... رونویسی پروتئین‌های خاصی به رنابسپاراز کمک می‌کنند تا بتواند به ..... متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثلاً اگر در محیط باکتری، قند ..... وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم‌هایی ساخته می‌شوند که در تجزیهٔ آن دخالت دارند.

۳۳ در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام ..... وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می‌شوند. به این توالی‌ها ..... گفته می‌شود. در حضور مالتوز در محیط، پروتئین ..... به جایگاه خود متصل می‌شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به ..... متصل شود و رونویسی را شروع کند.

۳۴ اتصال مالتوز به ..... باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال فعال‌کننده شده و رونویسی شروع می‌شود.

۳۵ در یوکاریوت‌ها ممکن است عوامل رونویسی به بخش‌های خاصی از دنا به نام ..... متصل شوند. با پیوستن این پروتئین‌ها به این توالی و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند و ..... را افزایش می‌دهند.

۳۶ در یوکاریوت‌ها تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از آن هم انجام شود. اتصال بعضی ..... به رنای پیک مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی است. با اتصال این رناها ..... در نتیجه، عمل ترجمه ..... و رنای ساخته شده پس از مدتی ..... می‌شود.

۳۷ تغییر فشردگی فام‌تن روش تنظیم بیان ژن‌های ..... در سطح ..... است به طوری که در بخش‌های فشرده، فام‌تن ..... در دسترس رنابسپاراز قرار می‌گیرد.

۳۸ یکی از روش‌های تنظیم بیان ژن طول عمر رنای پیک است. افزایش طول عمر رنای پیک موجب ..... محصول می‌شود.

خط به خط با کتاب درسی در فصل دوم سال دوازدهم

۱) به هریک از توالی‌های سه نوکلئوتیدی در دنا **رمز** می‌گویند.

۲) به ساخته شدن مولکول رنا از روی **بخشی از یک رشته** دنا، رونویسی گفته می‌شود.

۳) در پروکاریوت‌ها **یک** نوع رنابسپاراز وظیفهٔ ساخت انواع رنا را برعهده دارد. در یوکاریوت‌ها، رنای پیک توسط رنابسپاراز **۲**، رنای ناقل توسط رنابسپاراز **۳** و رنای رناتنی توسط رنابسپاراز **۱** ساخته می‌شود.

۴) در مرحله **آغاز** رونویسی رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و با شکستن پیوندهای **هیدروژنی** دو رشتهٔ آن را از هم باز می‌کند.

۵) 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.

۶) در مرحله **طویل شدن** رونویسی 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 رشتهٔ دنا **مجدداً به هم می‌پیوندند.**

۷) در **دنا** توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم **رنابسپاراز** می‌شوند.

۸) به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است **رشته الگو** می‌گویند. به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا **رشتهٔ رمزگذار** گفته می‌شود.

۹) در هر ژن **یک رشته** دنا، الگوی رونویسی است و با تغییر رشتهٔ الگو، **جهت** رونویسی نیز تغییر می‌کند.

۱۰) 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 و **فرایند پیرایش** نامیده می‌شود.

۱۱) به نواحی که در مولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده **میانه (اینترون)** می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول دنا، که رونوشت آنها حذف نمی‌شوند **بیانه (اگزون)** گفته می‌شود.

۱۲) به طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار **نیاز یاخته به فراورده‌های آن** بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده **رنای رناتنی** در یاخته‌های تازه تقسیم شده، بسیار فعال‌اند.

۱۳) در ساختارهای حاصل از رونویسی همزمان یک ژن، شاخه‌های کوتاهتر به **راه‌انداز** و شاخه‌های بلندتر به **توالی پایان** نزدیک‌تراند.

۱۴) به توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک **رمزه (کُدون)** گفته می‌شود و در یاخته **۶۴** نوع از این توالی‌ها وجود دارد.

۱۵) رمزه‌های **UAA ، UGA ، UAG** هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آن‌ها رمزهٔ پایان می‌گویند، رمزهٔ آغاز یا **AUG** رمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رمزه، معرف آمینواسید **متیونین** نیز است.

۱۶ مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمینواسیدها هستند.

۱۷ ساختار سه بعدی tRNA با پیوندهای هیدروژنی شکل می‌گیرد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام پادرمزه (آنتی‌کدون) است.

۱۸ در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پادرَمزه‌ای، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند.

۱۹ رمزه‌ها ۶۴ نوع، پادرمزه‌ها ۶۱ نوع و آمینواسیدهای موجود در ساختار پروتئین‌ها ۲۰ نوع‌اند.

۲۰ در مرحلهٔ آغاز ترجمه بخش‌هایی از رنای پیک، زیرواحد کوچک رناتن را به سوی رمزهٔ آغاز، هدایت می‌کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رمزه آغاز است به آن متصل می‌شود. با افزوده شدن زیرواحد بزرگ رناتن به این مجموعه، ساختار رناتن کامل می‌شود.

۲۱ 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.

۲۲ در مرحلهٔ طویل شدن ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رناتن شوند ولی فقط رنایی که مکمل رمزهٔ جایگاه A است، استقرار پیدا می‌کند؛ سپس آمینواسیدِ جایگاه P از رنای ناقل خود جدا می‌شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند پپتیدی برقرار می‌کند. پس از آن رناتن به اندازه یک رمزه به سوی رمزه پایان پیش می‌رود. در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرار می‌گیرد و جایگاه A خالی می‌شود. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می‌گیرد و سپس از این جایگاه خارج می‌شود.

۲۳ در مرحله پایان با ورود یکی از رمزه‌های پایان ترجمه در جایگاه A ، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود.

۲۴ بعضی پروتئین‌ها به شبکهٔ آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئول (کریچه) و کافنده‌تن بروند. بعضی نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا این‌که به راکیزه، هسته و یا دیسه‌ها می‌روند در هریک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند.

۲۵ در پروکاریوت‌ها پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است.

۲۶ در یاخته‌های یوکاریوتی 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.

۲۷ 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.

۲۸ تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود.

۲۹ تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی به‌طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی انجام می‌شود. در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

۳۰ اگر گلوکز در محیط باکتری اشرشیاکلای وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام لاکتوز در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می‌تواند از این قند استفاده کند.

۳۱ در تنظیم منفی رونویسی مانع پیش‌روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام مهارکننده است. این پروتئین به توالی خاصی از دنا به نام اپراتور متصل می‌شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می‌گیرد. لاکتوز موجود در محیط به باکتری وارد می‌شود و با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می‌دهد. سپس این مولکول از اپراتور جدا می‌شود و نیز مانع از اتصال آن به اپراتور می‌شود.

۳۲ در تنظیم مثبت رونویسی پروتئین‌های خاصی به رنابسپاراز کمک می‌کنند تا بتواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثلاً اگر در محیط باکتری، قند مالتوز وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم‌هایی ساخته می‌شوند که در تجزیهٔ آن دخالت دارند.

۳۳ در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام فعال‌کننده وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می‌شوند. به این توالی‌ها جایگاه اتصال فعال‌کننده گفته می‌شود. در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال‌کننده به جایگاه خود متصل می‌شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند.

۳۴ اتصال مالتوز به فعال‌کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال فعال‌کننده شده و رونویسی شروع می‌شود.

۳۵ در یوکاریوت‌ها ممکن است عوامل رونویسی به بخش‌های خاصی از دنا به نام توالی افزاینده متصل شوند. با پیوستن این پروتئین‌ها به این توالی و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند و سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند.

۳۶ 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.

۳۷ تغییر فشردگی فام‌تن روش تنظیم بیان ژن‌های یوکاریوتی در سطح فام‌تن است به طوری که در بخش‌های فشرده، فام‌تن کمتر در دسترس رنابسپاراز قرار می‌گیرد.

۳۸ یکی از روش‌های تنظیم بیان ژن طول عمر رنای پیک است. افزایش طول عمر رنای پیک موجب افزایش محصول می‌شود.