فرایند رونویسی و مراحل آن

ویژگی / مقایسه	داشتن نوکلئوتید مکمل	ساخته شدن از روی هر دو رشته ژن	وجود ویرایش در فرآیند ساخت	داشتن پیوند فسفودی استر	استفاده شدن از نوکلئوتیدهای ۳ فسفاته	قطبیت	داشتن پیوند هیدروژنی
RNA	ممکن است داشته باشد	×	×	✓	✓	✓	ممکن است داشته باشد
DNA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

برای هر ژن خاصی، تنها یک رشتهٔ دِنا مورد رونویسی قرار می‌گیرد، در حالی که برای ژن‌های مختلف، هر دو رشتهٔ دِنا مورد رونویسی قرار می‌گیرد.

ویژگی / آنزیم	هیدرولیز پیوند	شکستن پیوند	استفاده از ATP	شکستن پیوند فسفودی استر	تشکیل پیوند فسفودی استر	تشکیل پیوند هیدروژنی	شکستن پیوند هیدروژنی
DNA پلیمراز	✓	✓	✓	✓	✓	×	×
RNA پلیمراز	✓	✓	✓	×	✓	×	✓
هلیکاز	×	✓	✓	×	×	×	✓

جمع بندی مراحل رونویسی	مرحله آغاز	شکستن پیوند هیدروژنی ✓
		تشکیل پیوند هیدروژنی ✓
		تشکیل پیوند فسفودی استر ✓
		تشکیل حباب رونویسی ✓
	مرحله طویل شدن	شکستن پیوند هیدروژنی ✓
		تشکیل پیوند هیدروژنی ✓
		تشکیل پیوند فسفودی استر ✓
		حرکت حباب رونویسی ✓
		شکستن پیوند فسفودی استر ✗
	مرحله پایان	شکستن پیوند H ✓
		تشکیل پیوند H ✓
		تشکیل پیوند فسفودی استر ✓
		حرکت حباب رونویسی ✓
		شکستن پیوند فسفودی استر ✗

ویژگی / فرایند	تعداد آنزیم موردنیاز	نحوه انجام	تعداد در هر چرخه سلولی	محل انجام	محصول	الگوی ساخت
همانندسازی دنای اصلی	زیاد (دِنابسپاراز، هلیکاز و ...)	دو جهته	یک بار و در مرحله S (در پروکاریوت‌ها، چرخهٔ سلولی نداریم)	هسته یوکاریوتی و سیتوپلاسم پروکاریوت	۲ مولکول DNA (با یک رشتهٔ جدید و یک رشتهٔ قدیمی)	هر دو رشته DNA
رونویسی	فقط یکی و RNA پلیمراز	یک جهته	بارها و بسته به نیاز در مراحل متعدد در هر چرخهٔ سلولی	هسته و سیتوپلاسم یوکاریوت و سیتوپلاسم پروکاریوت	۱ مولکول RNA	یک رشته ژن (بخشی از DNA)

- با توجه به این نکته که ۲۰ نوع آمینواسید به کار رفته در ساختار پروتئین‌ها داریم ولی ۶۴ نوع رمزهٔ ۳تایی، بسیاری از آمینواسیدها می‌توانند بیش از یک رمزه داشته باشند.
- هر توالی ۳ تایی موجود در DNA رمز آمینواسید نیست زیرا:

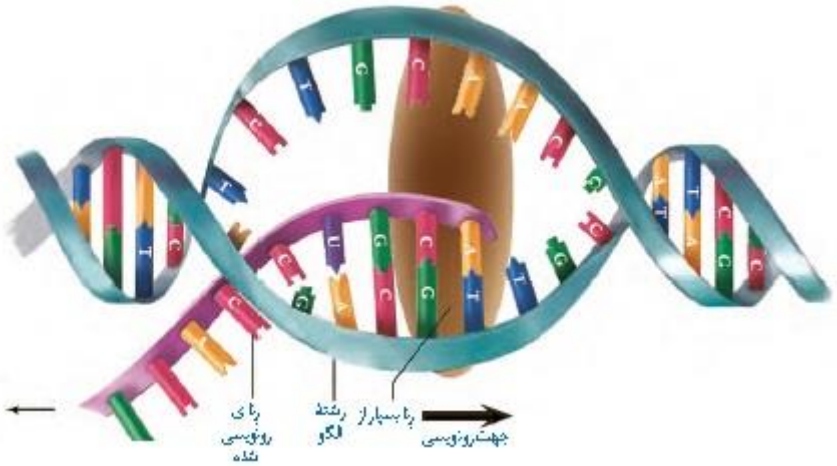
  ۱–امکان دارد روی توالی بین ژنی باشد.

  ۲–ممکن است برای ساخت rRNA یا tRNA باشد.
- دنای موجود در میتوکندری همانند دنای اصلی دارای ژن می‌باشد و رونویسی از روی ژن‌های آن انجام می‌شود.
- هر میتوکندری چندین دِنا دارد که همگی با هم یکسان هستند و به غشای داخل میتوکندری متصل نیستند.
- در یک مولکول **DNA**، جهت رونویسی از یک رشته با رشتهٔ دیگر همیشه متفاوت است.
- راه‌اندازهای دو ژن مجاور هیچ‌گاه با یکدیگر اتصال ندارند و بین آن‌ها توالی بین ژنی دیگری وجود دارد.
- نکتهٔ ترکیبی:

  ۱) رِنابسپاراز ← عنوان کلی آنزیم‌های رونویسی‌کننده.

  ۲) پپسینوژن ← عنوان کلی پروتئازهای معده
- اگر بین دو توالی راه‌انداز دو ژن، ژنی وجود نداشته باشد، جهت رونویسی در آن دو ژن برخلاف یکدیگر است.
- راه‌انداز دو ژن ممکن است اندازهٔ یکسانی داشته باشند.
- رونویسی از روی بخشی از یکی از رشته‌های دنا انجام می‌شود در حالی که همانند سازی از روی تمام هر دو رشته دنا انجام می‌شود.

نکات شکل



- آنزیم RNA پلیمراز حین رونویسی با هر دورشته دنا در تماس می‌باشد.
- در هر حباب رونویسی همزمان ۳ رشته پلی نوکلئوتیدی مشاهده می‌شود.
- جهت خروج RNA از حباب با جهت حرکت آنزیم RNAپلیمزار درخلاف جهت هم می‌باشد.
- در حباب رونویسی ۳ رشته در تمام طول حباب مشاهده نمی‌شوند به این دلیل که در انتهای حباب RNA مشاهده قابل رویت نیست.
- مولکول RNA در حال ساخت در تمام طول خود به دنا متصل نیست.

تست | پاسخ | گزاره | سؤال | نکته | تعریف | مثال

- در سلول‌های یوکاریوتی حداقل ۴ نوع آنزیم RNA پلیمراز مشاهده می‌شود؛ نوع ۱ و نوع ۲ و نوع ۳ مخصوص هسته و نوع پروکاریوتی مخصوص میتوکندری. (علت به کار گرفتن لفظ حداقل به این دلیل است که در کتاب گفته شده RNA پلیمراز نوع I و II و III مثال‌هایی از انواع RNA پلیمزارهای یوکاریوتی هستند.)
- شروع فرآیند رونویسی با رونویسی راه انداز نمی‌باشد. (راه‌انداز، اپراتور و جایگاه اتصال فعال‌کننده بخشی از ژن محسوب نمی‌شوند و رونویسی از آن‌ها صورت نمی‌گیرد.)
- راه انداز توانایی شناسایی اولین نوکلئوتید مناسب را به آنزیم جهت آغاز رونویسی می‌دهد.
- با توجه به اینکه راه انداز رونویسی نمی‌شود پس نه میانه است نه بیانه.
- نوکلئوتیدهای موجود در توالی پایان آخرین نوکلئوتیدهایی هستند که رونویسی می‌شود.
- جایگاه آغاز رونویسی برخلاف راه‌انداز و توالی پایان رونویسی صرفاً یک جفت نوکلئوتید است و نمی‌توان آن را توالی نامید.
- در هر مرحله رونویسی شکستن پیوند هیدروژنی و تشکیل پیوند هیدروژنی و تشکیل پیوند فسفودی استر را می‌توان مشاهده کرد.
- در مرحله پایان رونویسی، جدا شدن رنا از دنا مقدم بر جدا شدن آنزیم از دنا می‌باشد.
- در مرحله آغاز یک رشته کوتاه RNA ایجاد می‌شود یعنی اینکه بیش از یک نوکلئوتید رونویسی می‌شوند.
- هیچگاه یک ژن چند راه انداز ندارد در کنار هم قرار گرفتن چند راه انداز به دلیل جهت متفاوت رونویسی دو ژنی است که در کنار هم می‌باشند.
- در پروکاریوت‌ها، چندین ژن ممکن است یک توالی راه‌انداز مشترک داشته باشند (نظیر ژن‌های مربوط به تجزیهٔ لاکتوز و مالتوز).
- در رونویسی همانند همانندسازی شکستن پیوند هیدروژنی با استفاده از آنزیم و تشکیل پیوند هیدروژنی به صورت خودبه خودی انجام می‌گیرد.
- راه انداز همانند توالی پایان رونویسی، قسمتی از یک رشته DNA نیست بلکه شامل هر ۲ رشته نیز می‌باشد.
- در مرحلهٔ طویل‌شدن و پایان رونویسی برخلاف مرحلهٔ آغاز علاوه بر تشکیل پیوند هیدروژنی بین رنا و دنا ،تشکیل پیوند هیدروژنی بین ۲ رشته DNA نیز مشاهده می‌شود.

- برای ژن‌های مختلف، رشته‌های متفاوتی از مولکول دنا می‌تواند مورد رونویسی قرار گیرد. (دقت کنید برای هر ژن خاصی تنها یک رشتهٔ دنا رونویسی می‌گردد.)
- جهت رونویسی از ژن‌هایی که رشته الگوی آن‌ها مشابه است و روی یک رشته مشابه از دنا قرار دارد، یکسان می‌باشد.

- شکستن پیوند هیدروژنی میان نوکلئوتیدهایی با نوع قند متفاوت (دِنا و رِنا) در مرحلهٔ طویل‌شدن و پایان برخلاف آغاز صورت می‌گیرد.
- هر دو آنزیم RNA پلیمراز و DNA پلیمراز می‌توانند به ۴ نوع نوکلئوتید متصل شوند که از میان آن‌ها هیچکدام از این مولکول‌ها مشابه دیگری نیست زیرا حتی اگر باز یکسان داشته باشند به دلیل متفاوت بودن قند، این نوکلئوتیدها با هم فرق دارند (البته که آنـزیم RNA پلیمراز توانایی اتصال به دنا هم دارد پس در مجموع با ۸ نوع نوکلئوتید در ارتباط است).
- در هیچ مرحله ای از رونویسی پیوند فسفودی استر نمی‌شکند. (فرایند ویرایش توسط رنابسپاراز صورت نمی‌گیرد.)
- در رونویسی شکستن پیوند فسفودی استر نداریم ولی شکستن پیوند کوالانسی مشاهده می‌شود (برای تبدیل ATP به ADP).
- در پروکاریوت‌ها، چندین ژن ممکن است یک توالی راه‌انداز مشترک داشته باشند (نظیر ژن‌های مربوط به تجزیهٔ لاکتوز و مالتوز).
- شکستن پیوند هیدروژنی در هر ۳ مرحله مشاهده می‌شود ولی شکستن پیوند هیدروژنی بین رنا و دنا فقط در مرحله طویل شدن و پایان مشاهده می‌شود.
- پیوند هیدروژنی میان دنا و رنای در حال تشکیل توسط آنزیم RNA پلیمراز نمی‌شکند.
- تعداد حلقه‌های آلی در رنای ساخته شده و رشته رمزگذار مساوی می‌باشد.(البته در صورتی که پیرایش از روی رنای پیک صـورت بگیرد این برابری دیده نمیشود.)
- محصول نهایی آنزیم RNA پلیمراز نوع II می‌تواند الگوی ساخت آنزیم RNA پلیمراز باشد.

گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- بین راه اندازهای ۲ ژن قطعاً رشتهٔ الگوی ژنی وجود دارد.

۲- در دو ژن مجاور جایگاه آغاز رونویسی قطعاً در مجاورت هم قرار می‌گیرد.

۳- در صورتی که در رشته الگو نوکلئوتید A وجود نداشته باشد توالی نوکلئوتیدی رنا و رشته رمزگذار یکسان است.

٤- هر ژنی که مسئول تولید آنزیم باشد قطعاً توسط RNA پلیمراز نوع II رونویسی می‌شود.

٥- در مرحله آغاز، در مقابل همه نوکلئوتیدهای باز شده ریبونوکلئوتید قرار می‌گیرد.

٦- آنزیم RNA پلیمراز در مرحله پایان رونویسی در انتهای حباب مشاهده می‌شود.

۷- در مرحله آغاز رونویسی، دو رشته دنا در محل راه انداز جدا می‌شوند.

۸- همه بخش‌های یک اگزون می‌توانند الگوی آنزیم RNA پلیمراز قرار بگیرند.

۹- آنزیم RNA پلیمراز در تماس با هر ۲ رشته الگو و رمزگذار قرار می‌گیرد.

پاسخ گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- غلط. اگر جهت رونویسی مخالف باشد هیچ الگویی وجود ندارد و راه اندازها کنار هم قرار می‌گیرند.

۲- غلط. ممکن است توالی بین ژنی وجود داشته باشد و یا به علت یکسان بودن جهت رونویسی راه اندازها با هم فاصله داشته باشند.

۳- صحیح. توالی نوکلئوتیدی مشابه است اما دقت کنید نوع قند به کاررفته در نوکلئوتید یکسان نیست.

۴- غلط. اگر آنزیم موردنظر rRNA باشد باید نوع I باشد و در صورتی که در جاندار پروکاریوتی باشد باید توسط RNA پلیمراز پروکاریوتی رونویسی شود.

۵- غلط. فقط در مقابل نوکلئوتیدهای باز شده از رشته الگو ریبونوکلئوتید قرار می‌گیرد.

۶- صحیح. طبق شکل ۲

۷- غلط. طبق شکل ۱۲- الف نادرست است چون رونویسی از راه انداز صورت نمی‌گردد.

۸- غلط. فقط رشته الگو

۹- صحیح. شکل ۱۲

تغییرات و شدت رونویسی

مقایسه / فرایند	الگوی فرایند (فرایند روی کدام یک انجام می‌شود)	یوکاریوت یا پروکاریوت	محل انجام	تشکیل پیوند هیدروژنی	تشکیل پیوند فسفودی استر	شکستن پیوند فسفودی استر	شکستن پیوند هیدروژنی
پیرایش	RNA	فقط یوکاریوت	هسته	×	✓	✓	×
ویرایش	DNA	هر دو	هسته و سیتوپلاسم	✓	✓	✓	×

مقایسهٔ بیانه و میانه

ویژگی / توالی	وجود ژن پروتئین‌ساز پروکاریوتی	وجود در انتهای ژنی که میانه و بیانه دارد	وجود در ابتدای ژنی که میانه و بیانه دارد	وجود رونوشت آن در رِنای بالغ	اندازه	جنس
بیانه (اگزون)	×	ممکن است باشد	✓	✓	معمولاً بلندتر	دِنا
میانه (اینترون)	×	ممکن است باشد	×	×	معمولاً کوتاه‌تر	دِنا

مقایسهٔ انواع رنا

ویژگی / نوع مولکول رِنا	محل ساخت	وجود دو پروکاریوت‌ها	مؤثر در فرایند ترجمه	ساختار فعال سه‌بعدی	تأثیرپذیری از پیرایش	نقش آنزیمی	ذخیرهٔ اطلاعات ژنتیکی
رِنای پیک (mRNA)	هسته و سیتوپلاسم، یوکاریوت، سیتوپلاسم، پروکاریوت	✓	✓	×	✓	×	✓
رِنای ناقل (tRNA)	هسته و سیتوپلاسم، یوکاریوت، سیتوپلاسم، پروکاریوت	✓	✓	✓	×	×	×
رِنای رِناتنی (rRNA)	هسته و سیتوپلاسم، یوکاریوت، سیتوپلاسم، پروکاریوت	✓	✓	–	×	✓	×
رِنای کوچک	هستهٔ یوکاریوت	×	✓	–	×	×	×

- تغییرات RNA پس از رونویسی فقط در یاخته‌های یوکاریوتی وجود دارد و در یاخته‌های پروکاریوتی مشاهده نمی‌شود.
- در ژن‌هایی که اینترون و اگزون دارند ۲ اینترون و یا ۲ اگزون متوالی پشت سر هم نمی‌توانند قرار بگیرند.
- توالی اینترون و اگزون همانند راه انداز مربوط به دنا می‌باشند و دو رشته ای محسوب می‌شوند.
- طول اینترون‌ها عموما کوتاه تر از اگزون‌ها می‌باشد. (نه همیشه)
- در هنگام پیرایش حذف رونوشت اینترون مشاهده می‌شود نه حذف خود اینترون.
- تغییرات دنای پیک چه هنگام رونویسی و چه بعد از رونویسی داخل هسته و قبل از ورود به سیتوپلاسم قابل انجام می‌باشند.
- هر ژنی قطعا توالی اینترون را دارا نیست، به ۲ دلیل:

  ۱–ممکن است ژن پروکاریوتی باشد.

  ۲–ممکن است ژن برای mRNA نباشد.
- اینترون‌ها و اگزون‌ها قند دئوکسی ریبوز دارند و توسط آنزیم DNA پلیمراز به هم متصل شده اند.
- به ازای حذف هر رونوشت اینترون ۲ پیوند فسفودی استر می‌شکند و یک پیوند فسفودی استر در نهایت برای چسبیدن ۲ قطعه رونوشت اگزون تشکیل می‌شود.
- همه تغییرات موجود در RNAها در طول RNA تأثیر نمی‌گذارند.

- رِنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود. در نتیجه می‌توان برداشت کرد لزوماً همهٔ ژن‌های یوکاریوتی مربوط به پروتئین‌ها، دارای اینترون نیستند.
- ساختارهای پر مانند هم در پروکاریوت‌ها و هم در یوکاریوت‌ها مشاهده می‌شوند.
- در ساختارهای پر مانند یا مثلثی‌شکل، رأس آن‌ها به سمت راه انداز و قاعده آن‌ها به سمت توالی پایان می‌باشد.
- هر بخشی که در مجاورت راه انداز در ژن mRNA یوکاریوتی قرار می‌گیرد:

  ۱-توالی بین ژنی

  ۲-اگزون
- یاخته‌های تازه تقسیم شده در مرحله G_1 برای ژن rRNA ساختارهای پر مانند فراوانی تولید می‌کنند.
- در ساختارهای پر مانند تعداد زیادی RNA پلیمراز از یک نوع در حال فعالیت می‌باشند.
- همه RNAهای موجود در ساختار پرمانند از یک نوع‌اند و در نهایت طول و توالی یکسانی خواهند داشت.
- در ساختارهای پر مانند همه RNA پلیمرازها در یک جهت حرکت می‌کنند و هر چه به سمت توالی پایان حرکت می‌کنیم رناها طول بیشتری دارند.
- توالی‌های بین ژنی رونویسی نمی‌شوند.
- علت تفاوت طول رناها در ساختارهای پر مانند تفاوت زمانی در شروع رونویسی می‌باشد نه اینکه از مکان‌های مختلفی شروع به رونویسی کرده باشند.
- جهت رونویسی در ساختارهای پر مانند دقیقاً از سمت رناهای کوتاه تر به سمت رناهای بلندتر می‌باشد.
- ابتدای ژن پروتئین‌ساز یوکاریوتی همیشه اگزون است ولی انتهای آن می‌تواند اگزون یا اینترون باشد.
- هر بخشی از ژن‌ها لزوماً جزء میانه یا بیانه نیست، چون ممکن است ژن مورد نظر اصلاً میانه و بیانه نداشته باشد (ژن‌های مربوط به **tRNA** و **rRNA**).
- حلقه‌های حاصل از مجاورت رِنای پیک بالغ و رشتهٔ الگو می‌توانند در هر دو طرف رِنای بالغ قرار بگیرند.
- توالی‌های بین ژنی که در کتاب درسی به آن‌ها اشاره شده است، عبارت‌اند از: راه‌انداز، افزاینده، اپراتور و جایگاه اتصال فعال‌کننده.
- در یاخته‌هایی بنیادی و مریستمی می‌توان به میزان زیادی ساختار پرمانند مشاهده کرد.
- هر رِنایی در سیتوپلاسم که به طور کامل با دِنای هسته‌ای رابطهٔ مکملی ندارد، لزوماً حاصل فرایند پیرایش نیست. چون ممکن است در میتوکندری و یا کلروپلاست ساخته شده باشد و با دِنای سیتوپلاسمی مکمل باشد.

گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- اولین نوکلئوتیدی که رونویسی می‌شود می‌تواند جزء اگزون یا اینترون باشد.

۲- در ساختار پر مانند ۸ نوع مونومر مشاهده می‌شود.

۳- هر چقدر تعداد اینترون یک ژن بیشتر باشد mRNA اولیه طولانی‌تر می‌باشد.

٤- هر چه تعداد اینترون بیشتر باشد تنوع mRNA اولیهٔ بیش‌تر و احتمال اثرگذاری جهش کمتر خواهد شد.

٥- توالی بین ژنی فقط الگوی یک نوع آنزیم پلیمراز قرار می‌گیرد.

٦- ضمن پیرایش mRNA، فشار اسمزی در محل می‌تواند بالا رود.

۷- اندازه توالی بین ژنی می‌تواند بیش از ۱ میکرومتر باشد.

۸- پیرایش تنها فرآیند تغییردهندهٔ mRNA در هستهٔ سلول پوششی پوست است.

۹- mRNA سازنده آمیلاز می‌تواند فاقد رونوشت اگزون و اینترون باشد.

۱۰- ژن سازندهٔ آنزیم برش دهنده ممکن است فاقد اگزون باشد.

پاسخ گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- غلط / فقط می‌تواند جزء اگزون باشد.

یا اینکه اصلا ژن برای رنای پیک نیست.

یا اینکه اصلا ژن پروکاریوتی یا میتوکندریایی است.

۲- غلط / ۲۸ نوع ← چون که DNA، RNA و پروتئین (آنزیم) مشاهده می‌شود.

۳- صحیح / چون مجبور میشود که همه آن‌ها را رونویسی کند.

٤- صحیح / زیرا اینترون‌ها حذف می‌شوند و اگر جهش در اینترون باشد خنثی می‌شود.

٥- صحیح / DNA پلیمراز تنها روی آن اثر میگذارد زیرا از روی آن‌ها RNA پلیمراز رونویسی نمی‌کند.

٦- صحیح / ۲ مولکول آب مصرف و بعد یکی آزاد می‌شود در نتیجه برایند آن مصرف یک مولکول آب و افزایش غلظت میباشد.

۷- صحیح / شکل ۶- یادآوری ← هم اندازه مژک‌های گوش درونی

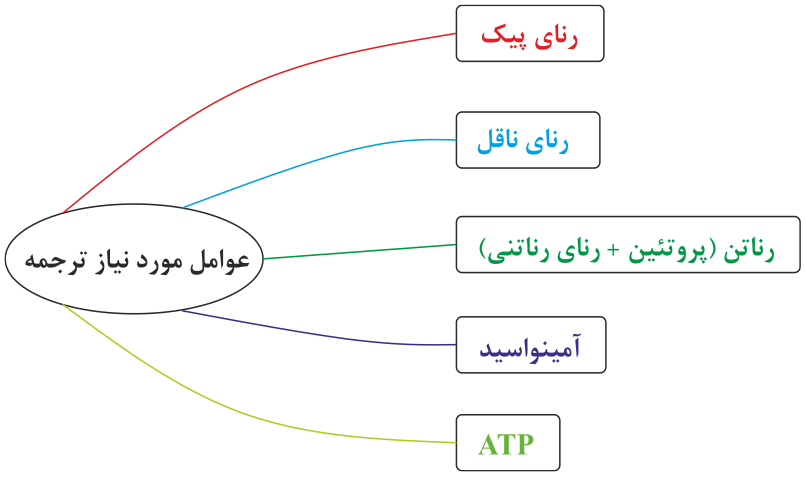
۸- غلط / طبق متن کتاب پیرایش یکی از فرایندهای تغییردهندهٔ **mRNA** در پروکاریوت‌هاست.

۹- صحیح / ترکیب با فصل ۷ سال ۱۲/ در باکتری‌ها هم آمیلاز داریم.

۱۰- غلط / آنزیم برش دهنده مختص باکتری است و لفظ ممکن است نادرست می‌باشد.

ترجمه و عوامل مورد نیاز برای آن

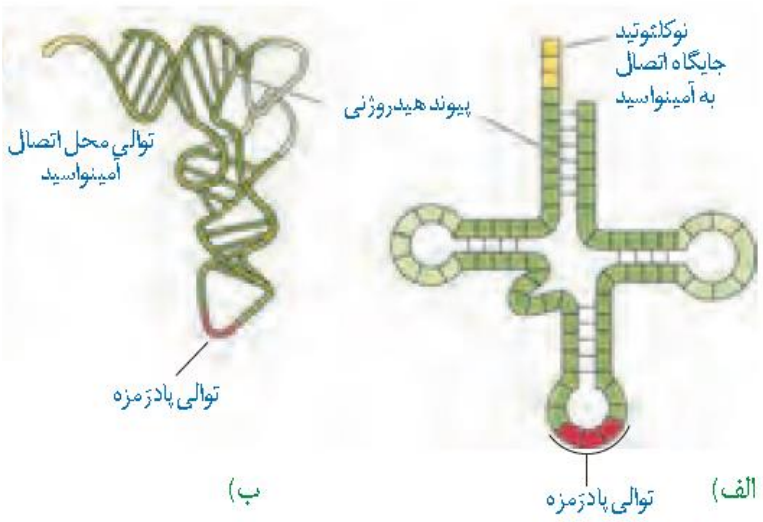
$$DNA \xrightarrow{\text{رونویسی}} mRNA \xrightarrow{\text{ترجمه}} Poly-Peptid$$



پدیده / فرایند	نیاز ATP	الگو	تعداد مراحل	آنزیم در مرحله اول حرکت	تغییر زبان	آنزیم در مرحله آخر حرکت	محل انجام در یوکاریوت‌ها	سبب تولید
رونویسی	دارد	دنا	۳	می‌کند	ندارد (نوکلئوتید به نوکلئوتید)	می‌کند	هسته و میتوکندری در کلروپلاست	رنا
ترجمه	دارد	رنای پیک	۳	نمی‌کند	دارد (نوکلئوتید به آمینواسید)	نمی‌کند	سیتوپلاسم و میتوکندری و کلروپلاست	پلی‌پپتید

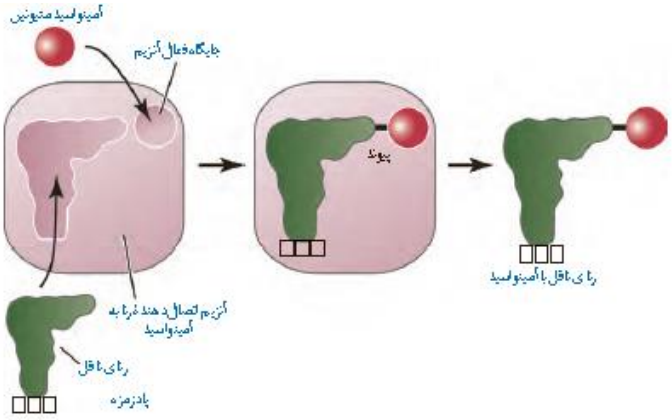
- همهٔ بخش‌های mRNA ترجمه نمی‌شوند. اولا کدون پایان ترجمه نمی‌شود، همچنین کدون‌های قبل از کدون آغاز و پس از کدون پایان هم ترجمه نمی‌شوند.
- ترجمه همواره سبب تولید پروتئین نمی‌شود، بلکه سبب تولید پلی‌پپتید می‌شود. توجه کنید که برخی پروتئین‌ها از چند رشتهٔ پلی‌پپتیدی تولید شده‌اند.
- برای تولید پروتئینی با ساختار چهارم، چندبار فرایند ترجمه انجام می‌شود.

- رشته پلی پپتیدی در حال تشکیل از NH (گروه آمین) اولین آمینو اسید، آغاز شده و به COOH (گروه کربوکسیل) آخرین آمینو اسید ختم می‌شود.
- همهٔ کدون‌های آغاز و پایان، آدنین (A) و یوراسیل (U) دارند اما سیتوزین (C) ندارند.
- همهٔ کدون‌های آغاز و پایان، ۲ پورین (۲حلقه‌ای) و یک (۱) پیریمیدین (۱حلقه‌ای) دارند.
- باتوجه به اینکه کدون‌های پایان رنای پیک (UGAوUAGوUAA)، آنتی کدونی در tRNA ندارند، پس آنتی کدون AUU، AUC و ACU نداریم.
- همهٔ نقاط tRNAها، بجز آنتی کدون آن، دارای توالی یکسانی باهم هستند.
- در بدن، ۶۴ کدون و ۶۱ آنتی‌کدون سبب تولید پروتئین از ۲۰ نوع آمینواسید می‌شوند.
- در رنای پیک،هر کدون (بجز کدون پایان) فقط مربوط به یک آمینواسید است. اما یک آمینواسید می‌تواند توسط بیش از یک کدون رمز بشود.
- بیشتر آمینواسیدها برخلاف متیونین، بیش از یک کدون دارند.
- تنها رنایی که پیوند هیدروژنی با خودش برقرار می‌کند ← tRNA
- در ساختار نهایی tRNA، پیوند هیدروژنی بین بخش‌های مختلف یک رشته است.



- رنای ناقل، ۳ بازوی بزرگ و ۱ بازوی کوچک دارد.
- بازوی کوچک tRNA در امتداد جایگاه اتصال به آمینو اسید است.
- tRNA در بخش مرکزی و حلقه‌ها، پیوند هیدروژنی ندارد.
- در یک انتهای tRNA، ۴ نوکلئوتید اول فاقد پیوند هیدروژنی هستند واولین پیوند هیدروژنی را، نوکلئوتید پنجم دارد.
- جایگاه اتصال به آمینواسید مانند آنتی‌کدون، ۳ نوکلئوتیدی است.

- tRNAای که در حال حمل آمینو اسید است، ۵نوع مونو مر از ۲ جنس دارد (جنس پروتئین و نوکلئیک اسید)
- رناهای ناقل مختلف در آنتی کدون باهم تفاوت دارند بین ۱ تا ۳ نوکلئوتید باهم تفاوت دارند
- ۶۱ نوع آنزیم ویژه برای پیوستن tRNA به آمینواسید مربوط به آن داریم.
- آنزیم اتصال دهندهٔ tRNA به آمینواسید: (شکل مقابل)



۱- دارای ۲ جایگاه فعال است.

۲- سنتز آبدهی می‌کند. (به ازای هر اتصال، یک مولکول آب تولید می‌شود.)

۳- توالی نوکلئوتیدی (آنتی‌کدون) را تشخیص می‌دهد.

٤- به ۲ جنس مختلف پیش‌ماده متصل می‌شود

٥- آمینواسید را از سمت COOH (کربوکسیلی) به tRNA متصل می‌کند.

٦- tRNA به شکل ۳ بعدی و فعال در آن قرار می‌گیرد.

۷- ATP مصرف می‌کند.

۸- این فرایند در سیتوپلاسم و قبل از ترجمه رخ می‌دهد.

- هر دو زیر واحد بزرگ و کوچک ریبوزوم، هم دارای rRNA و هم دارای پروتئین‌اند.
- rRNA توسط رناسپاراز نوع ۱ یوکاریوتی در یوکاریوت‌ها و در پروکاریوت‌ها هم توسط رناسپاراز پروکاریوتی ساخته می‌شود
- پروتئین‌های سازندهٔ ریبوزوم توسط رناتن‌های آزاد سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.
- در ریبوزوم، rRNA با نقش آنزیمی خود به تولید پلی‌پپتید کمک می‌کند.

در نتیجه: در نهایت سازندهٔ پروتئین، آنزیمی غیر پروتئینی است.

- پیش‌مادهٔ rRNA، آمینواسی است
- جایگاه‌های E, P,A در ساختار نهایی ریبوزوم و پس از به هم پیوستن ۲ زیر واحد ریبوزوم به وجود می‌آیند نه بصورت جداگانه در هر یک از زیرواحدها به عبارت دیگر: نمی‌توان گفت که جایگاه‌های E,P,A در زیر واحد کوچک یا بزرگ هستند.
- نمی‌توان گفت پروتئین‌ها مهم‌ترین فراورده‌های ژن‌ها هستند؛ بلکه آن‌ها نمونه‌ای از مهم‌ترین فراورده‌های ژن‌ها هستند.
- تعداد نوکلئوتیدهای همهٔ حلقه‌های تاخوردگی اولیهٔ tRNA با یکدیگر برابر نیست.
- تعداد نوکلئوتیدهای حلقه‌های جانبی تاخوردگی اولیهٔ tRNA با یکدیگر برابر است (۷ نوکلئوتید).
- یک نوکلئوتید انتهای tRNA به آمینواسید متصل می‌شود (نه ۳ نوکلئوتید !!!) (نوکلئوتید انتهایی جایگاه اتصال آمینواسید).
- یک برآمدگی کوچک و بدون ساختار حلقه‌ای در بین دو بازوی تاخوردگی اولیهٔ tRNA وجود دارد.
- تعداد پیوندهای هیدروژنی دو بازوی جانبی تاخوردگی اولیهٔ tRNA با یکدیگر برابر است (۴ پیوند هیدروژنی).

گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- همهٔ بخش‌های رنای پیک ترجمه می‌شوند.

۲- همواره محصول ترجمه پروتئین است.

۳- مادهٔ اولیه فرآیند ترجمه، آمینواسید است.

٤- در سمت بازوی اتصال به آمینواسید رنای ناقل، چهارمین نوکلئوتید دارای پیوند هیدروژنی است.

٥- جایگاه A ریبوزوم در زیرواحد بزرگ آن قرار دارد.

پاسخ گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- غلط – کدون پایان و بخش‌های قبل از کدون آغاز (مثلا کدونی که در مرحلهٔ آغاز در جایگاه E قرار می‌گیرد) و بعد از کدون پایان ترجمه نمی‌شوند.

۲- غلط – محصول ترجمه پلی‌پپتید است و هر پلی‌پپتید هم به تنهایی پروتئین محسوب نمی‌شود.

۳- صحیح – مادهٔ خام (اولیه) لازم برای ترجمه، آمینواسیدهاست.

٤- غلط – با توجه به شکل کتاب، پنجمین نوکلئوتید دارای پیوند هیدروژنی است

٥- غلط – با توجه به متن کتاب درسی رناتن در ساختار کامل خود دارای این جایگاه است پس جایگاه A بصورت جداگانه، روی هیچ زیرواحدی وجود ندارد.

مراحل ترجمه و سرعت و مقدار پروتئین‌سازی و سرنوشت پروتئین‌ها

مقایسهٔ جایگاه‌های رِناتن

ویژگی / جایگاه رِناتن	قرارگیری رمزهٔ پایان در آن	قرارگیری رمزهٔ آغاز در آن	شکستن پیوند پپتیدی در آن	شکستن پیوند هیدروژنی در آن	تشکیل پیوند پپتیدی در آن	تشکیل پیوند هیدروژنی در آن
A	✓ در مرحلهٔ پایان	×	×	×	✓ در مرحلهٔ طویل‌شدن	✓ در مرحلهٔ طویل‌شدن
P	×	✓ در مرحلهٔ آغاز	×	✓ در مرحلهٔ پایان	×	✓ در مرحلهٔ آغاز
E	×	✓ در مرحلهٔ طویل‌شدن	×	✓ در مرحلهٔ طویل‌شدن	×	×

مراحل ترجمه	مرحله آغاز (تشکیل و تکمیل ساختار ریبوزوم)	ترجمه اولین کدون ← AUG
		ایجاد پیوند هیدروژنی در P
		انتقال مستقیم یک tRNA از بیرون به جایگاه P
		فقط تشکیل پیوند هیدروژنی داریم
	مرحله طویل شدن (ادامه ترجمه)	مشاهده همزمان ۲ آنتی کدون در زناتن
		شروع حرکت ریبوزوم
		شروع تشکیل پیوند هیدروژنی و پپتیدی در A
		ورود tRNA از خارج به جایگاه A
		خروج tRNA از E
		هم تشکیل و هم شکستن پیوند هیدروژنی
	مرحله پایان (متلاشی شدن ریبوزوم)	عدم حرکت ریبوزوم
		حضور همزمان حداقل ۲ رشتهٔ پلی‌پپتید در ریبوزوم (یک رشتهٔ تازه ساخته شده و یک رشتهٔ مربوط به عامل آزادکننده)
		خروج مستقیم tRNA از جایگاه P
		فقط شکستن پیوند هیدروژنی

مقایسه مراحل رونویسی و ترجمه

استفاده از ATP و تبدیل به ADP شکستن پیوند کووالانسی

ویژگی / مرحله	حرکت آنزیم	استفاده از ATP	شکستن پیوند کوالان	تشکیل پیوند کوالان	شکستن پیوند هیدروژنی	تشکیل پیوند هیدروژنی
آغاز رونویسی	✓	✓	✓	✓	✓	✓
آغاز ترجمه	×	×	×	×	×	✓
طویل شدن رونویسی	✓	✓	✓	✓	✓	✓
طویل شدن ترجمه	✓	✓	✓	✓	✓	✓
پایان رو نویسی	✓	✓	✓	✓	✓	✓
پایان ترجمه	×	✓ شکستن پیوند پلی‌پپتید و tRNA به ATP نیاز دارد	✓	✓ با فرض اینکه پروتئین آزاد کننده با mRNA پیوند کوالان می‌دهد.	✓	×

- در مرحله آغاز ترجمه، ابتدا زیرواحد کوچک به mRNA متصل می‌شود. سپس tRNA به mRNA متصل می‌شود و بعد از آن زیرواحد بزرگ به زیرواحد کوچک متصل شده و ساختار ریبوزوم کامل می‌شود.
- ترجمه پیش از تکمیل ساختار ریبوزوم شروع می‌شود.
- جایگاه A ← تشکیل پیوند پپتیدی ← تولید آب

  جایگاه P ← هیدرولیز پیوند بین آمینواسید و tRNA ← مصرف آب
- جایگاه P ریبوزوم فقط در مرحله آغاز، پذیرای tRNA ای است که مستقیما از خارج می‌آید.
- در هیچ مرحله ای از ترجمه، جایگاه‌های ریبوزوم بطور کامل خالی نیستند و حداقل یک tRNA در آن قرار دارد.

- این اتفاقات فقط در مرحلهٔ آغاز می‌افتند.
  ۱- فقط یک کدون ترجمه می‌شود
  ۲- کدون آغاز ترجمه می‌شود
  ۳- در جایگاه P پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود.
  ٤- انتقال یک tRNA از بیرون به P
  ٥- تکمیل ساختار ریبوزوم
- هر کدون AUG، الزاماً کدون آغاز نام ندارد. صرفا اولین AUG، کدون آغاز است.
- اولین و آخرین نوکلئوتید در رِنای پیک بالغ، مربوط به کدون آغاز و پایان نیست (همهٔ توالی mRNA ترجمه نمی‌شود.)
- کدون AUG می‌تواند وارد جایگاه P شود اما کدون آغاز نام نداشته باشد (در مرحلهٔ طویل‌شدن ترجمه)
- ۶۴ کدون می‌توانند وارد جایگاه A بشوند، اما فقط ۶۱ کدون می‌توانند وارد P و بشوند.
- رشته ی پپتیدی می‌تواند در A و P باشد اما تشکیل رشتهٔ پلی‌پپتیدی در جایگاه A است.
- در مرحله طویل شدن، پیوند هیدروژنی فقط در A تشکیل می‌شود
- در مرحلهٔ طویل شدن، پیوند هیدروژنی فقط در E شکسته می‌شود
- در مرحلهٔ طویل شدن، به ترتیب:
  ۱- tRNA وارد می‌شود.
  ۲- پیوند پپتیدی در A تشکیل می‌شود.
  ۳- ریبوزوم حرکت می‌کند.
  ۴- tRNA از E خارج می‌شود.
  ۵- tRNA به A وارد می‌شود و ...
- خروج tRNA فاقد آمینواسید از جایگاه E مقدم بر ورود tRNA جدید به جایگاه A است.
- ترجمهٔ کدون در دو مرحله آغاز و طویل‌شدن رخ می‌دهد
- در مرحلهٔ طویل‌شدن، رِناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A می‌شود ولی فقط رِنای مکمل جایگاه A، استقرار پیدا می‌کند. (در تست‌ها، به تفاوت ورود کدون با استقرار کدون توجه کنید.)
- این اتفاقات فقط در مرحله طویل شدن رخ می‌دهند:
  ۱-حرکت ریبوزوم
  ۲-تشکیل پیوند پپتیدی در A
  ۳- شکستن پیوند هیدروژنی در E
  ٤- خروج tRNA از E
  ٥-تشکیل پیوند هیدروژنی در A
  ٦- ورود tRNA به A
  ۷-۲ آنتی کدون بصورت همزمان در ریبوزوم داریم.

- در ابتدای هر پلی پپتیدی آمینو اسید متیونین وجود دارد.
- رشتهٔ پلی‌پپتیدی متصل به tRNA در جایگاه P ریبوزوم، از سمت CooH به tRNA متصل شده و NH_2 آزاد دارد.
- در پلی پپتید متصل به tRNA، جدیدترین آمینو اسید، مستقیما از سمت CooH به tRNA متصل است
- تعداد آمینو اسیدهای رشتهٔ پلی پپتیدی با تعداد کدون‌های قرار گرفته در A برابر است.
- در مرحله پایان فقط جایگاه E خالی است.
- تنها مرحله ای که tRNA مستقیما از P خارج می‌شود، مرحلهٔ پایان است.
- بین پروتئین‌های عامل آزادکننده و کدون پایان، رابطه مکملی وجود ندارد.
- کدون پایان فقط به A می‌رود و به جایگاه‌های P و E نمی‌رود.
- کدون ماقبل کدون پایان هیچ‌وقت به جایگاه E وارد نمی‌شود.
- کدون آغاز به A وارد نمی‌شود.
- در مراحل مختلف ترجمه، کلا تخریب پیوند پپتیدی نداریم.
- این اتفاقات فقط در مرحله پایان رخ می‌دهد:

۱-جدایی دو زیرواحد رِناتن از هم

۲-شکستن پیوند هیدروژنی در P

۳-خروج tRNA از ریبوزوم از جایگاه P (نه E !!!)

٤-حضور همزمان دو پلی‌پپتید در ریبوزوم

۱- عامل آزاد کننده در A

۲- پلی پپتید در P

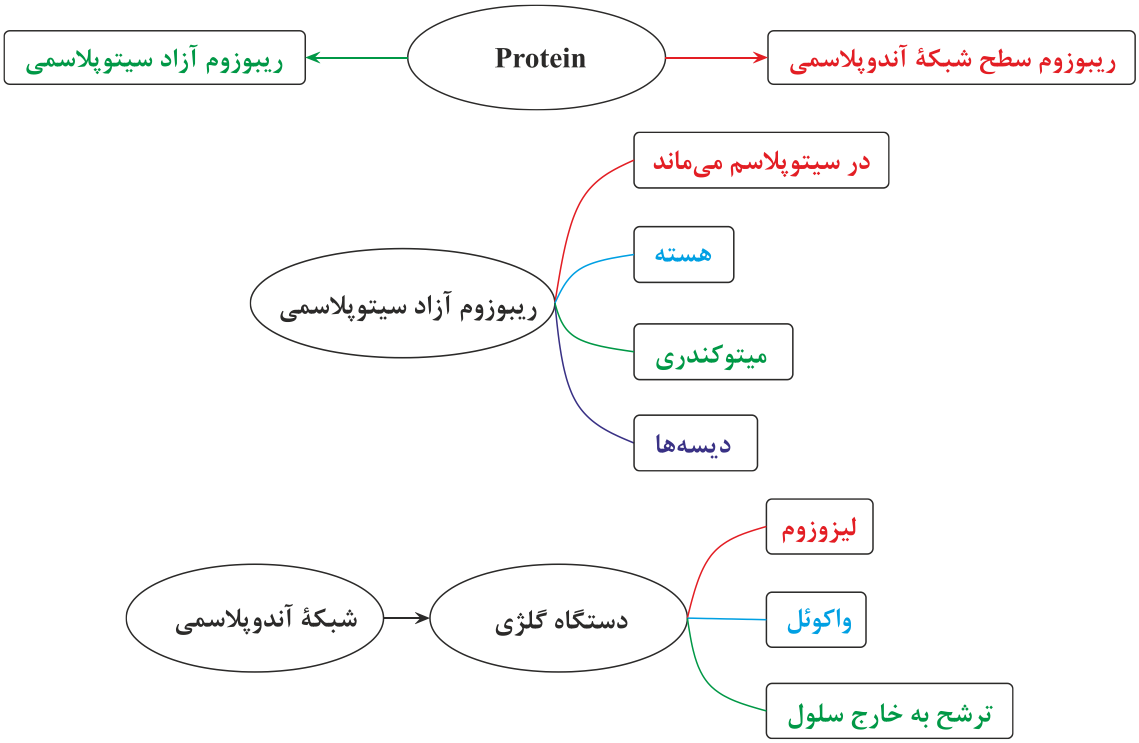
٥-ورود عامل آزاد کننده و کدون پایان

- در مرحله طویل شدن tRNA هایی با آنتی‌کدون‌های مختلف به A وارد می‌شوند. اما فقط tRNA مکمل با کدون بعدی، با mRNA در جایگاه A، پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند
- ریبوزوم‌ها به ۲ صورت مشاهده می‌شوند:

۱- تک

۲- ساختار پلی ریبوزومی

مسیر پروتئین‌ها:



- شروع فرایند ترجمه برای همهٔ رِناهای پیک یوکاریوتی (به استثناء mRNA مربوط به راکیزه و سبزدیسه)، در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم صورت می‌گیرد.
- فضای بین دو غشاء هسته، با شبکه آندو پلاسمی در ارتباط است
- شبکه آندوپلاسمی، کیسه‌های متصل به هم و دستگاه گلژی کیسه‌های جدا از هم دارد.
- انتقال پروتئین‌ها از شبکهٔ آندوپلاسمی به دستگاه گلژی، به واسطهٔ ریزکیسه‌های غشایی صورت می‌گیرد.
- پروتئین ورودی به هسته، از منافذ هسته می‌گذرد (نه از غشاء آن !!!).
- عوامل آزاد کننده توسط ریبوزوم آزاد سیتوپلاسمی تولید می‌شوند.

ورود پروتئین از سلولی به سلول دیگر	A: **برون‌رانی و درون‌بری:** پروتئین تولیدی در ریبوزوم سطح شبکه آندوپلاسمی
	B: **از راه پلاسمودسم‌ها:** پروتئین تولیدی در ریبوزوم آزاد سیتوپلاسمی

- هر پروتئینی که وارد گلژی می‌شود، لزوماً هم از آن خارج نمی‌شود، ممکن است در خود گلژی بماند ومصرف بشود.
- قرار گرفتن چند ریبوزوم روی یک mRNA و ترجمه همزمان، هم در یوکاریوت و هم در پروکاریوت‌ها اتفاق می‌افتد.
- در یوکاریوت‌ها فرصت برای ترجمه بیشتر است و راه‌کاری برای افزایش عمر رنای پیک وجود دارد.
- در پروکاریوت‌ها عمر رنای پیک کم است.

کدون‌های پایان (UAA و UAG و UGA)	فقط وارد A می‌شوند اما توجه کنید که توالی‌های UAA، UAG و UGA می‌توانند به عنوان آنتی کدون، به هر سه جایگاه ریبوزوم وارد بشوند.

- رِناتن‌ها درون شبکهٔ آندوپلاسمی قرار ندارند؛ بلکه در سطح و به صورت متصل به آن قرار دارند.
- در مرحلهٔ پایان ترجمه در جایگاه A آمینواسید متیونین دیده می‌شود. چون در ساختار عامل آزادکننده قطعاً متیونیز وجود دارد.
- زیرواحد کوچک ریبوزوم تنها در مرحلهٔ طویل‌شدن ترجمه حرکت نمی‌کند چون در مرحلهٔ آغاز نیز توسط رِنای پیک به سمت کدون آغاز هدایت می‌شود و حرکت می‌کند.
- انواعی از پروتئین‌ها به نام عوامل آزادکننده وجود دارند (نه یک نوع !!!).
- شبکهٔ آندوپلاسمی از دستگاه گلژی گسترده‌تر است.

محصول نهایی بیان ژن	RNA (ژن tRNA، rRNA و RNA کوچک‌ساز)
	پروتئین (ژن mRNA ساز)

- زیرواحدهای ریبوزومی که در مرحلهٔ پایان ترجمه از هم جدا شده‌اند، می‌توانند دوباره به هم بپیوندند و فرایند ترجمه را طی کنند.
- پروتئین‌های دخیل در رونویسی، همانندسازی و ترجمه در میتوکندری و کلروپلاست که در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند، باید از هر دو غشای داخلی و خارجی این اندامک‌ها عبور کنند. چون این فرایندها در بستره انجام می‌شوند.
- جهت ترجمه در تجمع رِناتن‌ها از سمت پلی‌پپتیدهای کوتاه‌تر به سمت پلی‌پپتیدهای بلندتر است.
- رونویسی و ترجمهٔ همزمان یک ژن خاص، در پروکاریوت‌ها و میتوکندری یوکاریوت‌ها قابل تصور است (کنکور ۹۸، این ویژگی را تنها برای پروکاریوت‌ها در نظر گرفته است.)

گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- شروع حرکت ریبوزوم در فرآیند ترجمه، در مرحله آغاز است.

۲- در مرحلهٔ طویل شدن، در جایگاه P پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.

۳- ضمن تشکیل پلی‌پپتید در ترجمه، فشار اسمزی در جایگاه A کم می‌شود

٤- ترجمه پس از تکمیل ساختار ریبوزوم آغاز می‌شود.

٥- در مرحله پایان ترجمه اول tRNA آزاد می‌شود و سپس زیر واحدهای ریبوزوم از هم جدا می‌شود

٦- همهٔ پروتئین‌های ساخته شده توسط رناتن‌های سطح شبکهٔ آندوپلاسمی، به گلژی وارد می‌شوند.

۷- توالی UAA نمی‌تواند در جایگاه P مشاهده شود

۸- ترجمه و رونویسی همزمان، صرفا در باکتری‌ها مشاهده می‌شود

۹- در پلی‌پپتید متصل به tRNA در جایگاه P، گروه CooH پلی‌پپتید به tRNA متصل است.

۱۰-فقط پروتئین‌های تولیدی در رناتن‌های متصل به سطح شبکه آندوپلاسمی می‌توانند به سلول دیگر انتقال بیابند

پاسخ گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- غلط- در مرحله آغاز ریبوزوم حرکت نمی‌کنند و شروع حرکت در مرحله طویل شدن است.

۲- غلط- در مرحله طویل شدن تشکیل پیوند هیدروژنی فقط در A است.

۳- صحیح- در جایگاه A ضمن تشکیل پیوند پپتیدی و سنتز آبدهی، فشار اسمزی کم می‌شود

۴- غلط- اول tRNA حاوی متیونین به رنای پیک متصل شده و سپس زیر واحد بزرگ به کوچک متصل و ساختار ریبوزوم تکمیل می‌شود

۵- صحیح - با اتصال عوامل آزاد کننده، اول پلی‌پپتید از رنای ناقل جدا می‌شود بعد ۲ زیر واحد از هم جدا شده و در آخر رنای پیک از زیر واحد جدا می‌شود

۶- غلط- ممکن است پروتئینی در شبکه آندوپلاسمی مصرف شود و هیچوقت به گلژی وارد نشود

۷- غلط- توالی UAA به عنوان آنتی کدون می‌تواند در هر سه جایگاه مشاهده شود.

۸- غلط- ترجمه و رونویسی همزمان در میتوکندری و پلاست‌ها نیز دیده می‌شود

۹- صحیح

۱۰- غلط- پروتئین‌های تولیدی توسط رناتن‌های آزاد سیتوپلاسم می‌توانند از راه پلاسمودسم به سلول دیگر منتقل بشوند.

مقایسهٔ توالی راه‌انداز و افزاینده

ویژگی / توالی	دخالت در تنظیم بیان ژن	تعداد عوامل رونویسی که می‌تواند به آن متصل شود.	قابلیت اتصال به رِنابسپاراز	وجود در پروکاریوت‌ها	موقعیت نسبت به ژن	جنس	اندازه
راه‌انداز	همیشه	چندتا	✓	✓	اغلب متصل به ژن	دِنا	بلندتر
افزاینده	گاهی (در یوکاریوت‌ها)	یکی	×	×	دارای فاصلهٔ کم یا زیاد از ژن	دِنا	کوتاه‌تر

تنظیم بیان ژن پروکاریوتی

	اپراتور	جایگاه اتصال فعال‌کننده	راه‌انداز	نوع پروتئینی
تنظیم + (مالتوز)	×	✓	✓	فعال‌کننده
تنظیم – (لاکتوز)	✓	×	✓	مهارکننده

در Ecoli:

در تنظیم منفی همانند مثبت حضور دی ساکارید جهت راه اندازی یا ادامهٔ رونویسی لازم است.

در تنظیم منفی برخلاف مثبت جهت رونویسی در حضور دی ساکارید، جدا شدن پروتئین تنظیمی از DNA لازم است.

شرایط لازم برای ساخت آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ لاکتوز	۱) حضور لاکتوز در محیط
	۲) فقدان گلوکز در محیط

در تنظیم مثبت رونویسی، در صورت حضور دی ساکارید رونویسی شروع می‌شود، اما در تنظیم منفی در صورت حضور دی‌ساکارید و فقدان گلوکز رونویسی ادامه می‌یابد، زیرا رونویسی با اتصال رنابسپاراز به راه‌انداز آغاز شده است.

- در هر دو نوع تنظیم مثبت و منفی رونویسی، پروتئین تنظیمی به راه‌انداز متصل نمی‌شود.
- ژن‌های مربوط به تجزیهٔ مالتوز بلافاصله پس از راه‌انداز قرار دارند اما ژن‌های مربوط به تجزیهٔ لاکتوز پس از اپراتور قرار گرفته‌اند.
- mRNA حاصل از فعالیت رناسپاراز در ارتباط با ژن‌های لاکتوز همانند مالتوز، حداقل دارای سه کدون آغاز (AUG) است؛ زیرا این mRNA حاصل رونویسی سه ژن است و هر یک از این ۳ ژن پروتئین‌های متفاوتی را کد می‌کنند.
- ژن مربوط به پروتئین مهارکننده همانند پروتئین فعال‌کننده همواره بیان می‌شود.
- تنها در DNA پروکاریوتی می‌توان یک راه‌انداز برای چند ژن مشاهده کرد.
- دی‌ساکاریدها می‌تواند از غشای سلولی E.coli برخلاف سلول‌های پوششی مخاط روده عبور کنند.
- پروتئین فعال کننده برخلاف پروتئین مهار کننده در صورت اتصال به دی ساکارید، تغییر شکل نمی‌دهد.
- دی‌ساکاریدها می‌توانند از غشای سلول‌های یوکاریوتی نیز عبور کنند. (بارگیری آبکشی)
- حضور لاکتوز و مالتوز هیچ ارتباطی با افزایش تولید پروتئین مهار کننده و فعال کننده ندارد.
- رنابسپاراز از روی اپراتور عبور می‌کند ولی آن را رونویسی نمی‌کند.
- ترتیب اتفاقات در تنظیم مثبت: اتصال مالتوز به پروتئین فعال‌کننده ← اتصال فعال‌کننده به جایگاه اتصال فعال‌کننده ← اتصال رنابسپاراز به راه‌انداز
- آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ لاکتوز و مالتوز به تنهایی منجر به تولید ATP نمی‌شوند.
- در یوکاریوت‌ها برخلاف پروکاریوت‌ها تنظیم بیان ژن می‌تواند قبل از رونویسی صورت بگیرد.
- در ابتدای ژن اول از ژن‌های سه‌گانهٔ تولیدکنندهٔ آنزیم تجزیه‌کنندهٔ لاکتوز یا مالتوز، جایگاه آغاز رونویسی و در انتهای ژن سوم جایگاه پایان رونویسی وجود دارد (ژن میانی از ژن‌های سه‌گانه، فاقد جایگاه آغاز رونویسی و جایگاه پایان رونویسی است.)
- انواعی از پروتئین‌ها به نام فعال‌کننده وجود دارند (نه یک نوع !!!).
- به توالی‌های خاصی از دِنا جایگاه اتصال فعال‌کننده گفته یم شود (نه یک توالی !!!).

گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- در ژن‌های مربوط به تجزیهٔ لاکتوز، پروتئین مهارکننده در صورت نبود لاکتوز به اپراتور می‌چسبد.

۲- همواره سه ژن در صورت بیان شدن ۳ پروتئین ایجاد می‌کنند.

۳- در محل ۳ ژن مربوطه به تجزیهٔ لاکتوز نمی‌توان بیش از یک ساختار پر مانند مشاهده کرد.

٤- هر پروتئین متصل شونده به مالتوز در نهایت منجر به فعالیت پلیمرازی رنابسپاراز می‌شود.

٥- محل قرار گیری ژن‌های عوامل رونویسی پروکاریوتی با محل ساخته شدن این ژن‌ها یکسان است.

٦- اتصال پروتئین و دی ساکارید به هم می‌تواند منجر به تغییر شکل هر یک از این دو شود.

۷- اپراتور بر خلاف ژن‌های تجزیه کنندهٔ لاکتوز نمی‌تواند الگوی آنزیم پلیمراز قرار گیرد.

۸- انواعی از پروتئین‌ها می‌توانند در اتصال رناپلیمراز به راه‌انداز کمک کنند.

۹- پروتئین فعال کننده می‌تواند به‌طور همزمان در اتصال با کربوهیدرات و پروتئین باشد.

۱۰- برای بیان کامل ژن مربوطه به رنای ناقل ترجمه برخلاف رنای پیک ترجمه صورت می‌گیرد.

۱۱- نقش پروتئین‌های فعال‌کننده در پروکاریوت مشابه نقش عوامل رونویسی در یوکاریوت است.

پاسخ گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- غلط. اپراتور جزو ژن نیست و شکل کتاب برای این دو نام‌گذاری جداگانه انجام داده است

۲- غلط. برخی پروتئین‌ها دارای چند زیر واحد هستند. درضمن محصول نهایی همهٔ ژن‌ها لزوماً پروتئینی نیست.

۳- صحیح. زیرا هر سه ژن با هم منجر به ساخته شدن یک mRNA می‌شوند

٤- غلط. آنزیم تجزیه کننده مالتوز (از جنس پروتئین) می‌تواند به مالتوز متصل شود.

٥- غلط. در ارتباط با پروکاریوت‌ها به کار بردن عوامل رونویسی نادرست است.

٦- صحیح. لاکتوز باعث تغییر شکل مهار کننده می‌شود و آنزیم تجزیه کنندهٔ لاکتوز منجر به تغییر شکل لاکتوز و تجزیهٔ آن می‌شود.

۷- غلط. اپراتور می‌تواند الگوی آنزیم دِنابسپاراز قرار گیرد.

۸- صحیح. طبق متن کتاب، انواعی از پروتئین‌های فعال‌کننده وجود دارند.

۹- صحیح. به رِنابسپاراز و مالتوز متصل می‌شود.

۱۰- صحیح. ترجمه مخصوص پلی‌پپتید است.

۱۱- صحیح. هر دو منجر به اتصال رنابسپاراز به دنا می‌شوند.

تنظیم بیان ژن یوکاریوتی

- ژن سازندهٔ عوامل رونویسی همواره درهسته قرار دارد، زیرا فقط در یوکاریوت‌ها وجود دارد.
- توالی افزاینده برای آغاز رونویسی لازم نیست (در یوکاریوت) ولی پروتئین فعال کننده جهت آغاز رونویسی گروهی از ژن‌های پروکاریوت‌ها لازم است.
- هر پروتئین موجود در هسته که در تنظیم بیان ژن نقش دارد، جزء عوامل رونویسی نیست: مثل هسیتون
- توالی افزاینده می‌تواند اندازه ای بسیار کوچکتر از راه‌انداز داشته باشد.
- تغییر در پایداری (طول عمر) رِنای پیک، از روش‌های تنظیم بیان ژن مشترک در یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها است.
- رنای مربوط به ساخت عوامل رونویسی توسط رناپلیمراز ۲ ساخته می‌شود.
- تجزیه پیوند فسفودی استر درهسته شامل: ویرایش دنا، پیرایش mRNA، جهش‌های بزرگ و کوچک تجزیهٔ پیوند فسفودی استر در سیتوپلاسم یوکاریوت: تجزیهٔ رِنای ساخته‌شده در تنظیم بیان ژن پس از رونویسی

- هر ژنی که در هسته رونویسی می‌شود، نیاز به عوامل رونویسی دارد.
- توالی افزاینده تنها در دنای خطی قابل مشاهده است و در دنای حلقوی وجود ندارد.
- ممکن است در ارتباط با ژنی توالی افزاینده وجود نداشته باشد.
- پروتئین‌های موجود در میتوکندری می‌توانند با دخالت عوامل رونویسی ساخته شده باشند، زیرا تعدادی از پروتئین‌های میتوکندری توسط ژن‌های هسته ساخته می‌شوند.
- عوامل رونویسی همانند هیستون از منافذ هسته عبور می‌کنند، زیرا در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند.
- عوامل رونویسی، لزوماً در تمام طول راه‌انداز قرار نگرفته‌اند.
- توالی افزاینده، می‌تواند در نزدیکی ژن قرار گرفته باشد.
- پروتئین عامل رونویسی می‌تواند در تماس با انواع پروتئین‌ها باشد: عوامل رونویسی دیگر، رناپلیمراز.
- عامل رونویسی متصل به توالی افزاینده، به راه‌انداز متصل نمی‌شود.

انواع عوامل رونویسی:	**۱) متصل به افزاینده** ← افزایش سرعت و مقدار رونویسی
	۲) متصل به راه‌انداز ← رِنابسپاراز را به محل راه‌انداز هدایت می‌کند (مشابه فعال‌کننده در پروکاریوت‌ها)

- عوامل رونویسی که به راه‌انداز متصل می‌شوند، تنها به نواحی خاصی از آن اتصال می‌یابند.
- رِنابسپاراز به نزدیک‌ترین قسمت راه‌انداز نسبت به ژن متصل می‌شود.
- عوامل رونویسی نسبت به رِنابسپاراز، از ژن فاصلهٔ بیشتری دارند.
- بخش‌های فشردهٔ فام‌تن‌ها به طور معمول کمتر در دسترس رِنابسپارازها قرار می‌گیرند (نه همیشه !!!).

گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- تمایل به پیوستن عوامل رونویسی به رنابسپاراز متغیر است و به همین سبب مقدار رونویسی می‌تواند تغییر کند.

۲- رناهای کوچک می‌تواند مانع عملکرد رنابسپاراز شوند.

۳- آنزیم‌های نوکلئاز می‌توانند توسط ریبوزم‌های آزاد سیتوپلاسم همانند ریبوزوم‌های متصل به شبکهٔ آندوپلاسمی ساخته شوند.

٤- در صورت اتصال رنای کوچک به mRNA موجود در سیتوپلاسم، این mRNA به مدت طولانی حفظ می‌شود.

٥- برای ممانعت از تولید یک پروتئین قطعا رونویسی از ژن آن باید مهار شود.

٦- جفت شدن بازهای مکمل می‌تواند مانع فعالیت نوعی RNA شود.

۷- اتصال عوامل رونویسی به راه‌انداز قبل از اتصال رنابسپاراز به آن صورت می‌گیرد.

۸- عوامل رونویسی متصل به راه‌انداز به توالی افزاینده متصل نمی‌شوند.

۹- عوامل رونویسی یوکاریوتی عملکردی همانند پروتئین‌های فعال‌کنندهٔ پروکاریوتی دارند.

۱۰- رناپسپاراز می‌تواند کوچکتر یا بزرگتر از پروتئین عامل رونویسی باشد.

۱۱- تولید آنزیم سلولاز بر خلاف لیزوزیم می‌تواند بدون نیاز به عوامل رونویسی صورت گیرد.

۱۲- افزایش سرعت رونویسی مربوط به کنار هم قرار گرفتن عوامل رونویسی متصل به افزاینده است.

۱۳- در مرحله متافاز برخلاف مرحلهٔ اول اینترفاز چرخهٔ سلول یوکاریوتی، بیشترین فشردگی و کمترین رونویسی ژن‌های کروموزوم‌ها وجود دارد.

۱۴- رناهای کوچک همانند بخشی از رنای ناقل می‌توانند مکمل رنای پیک باشند.

پاسخ گزاره‌های «صحیح و غلط»

۱- غلط. به جای رناپلیمراز، باید از عبارت راه‌انداز استفاده شود.

۲- غلط. باعث تجزیهٔ mRNA می‌شوند.

۳- صحیح. نوکلئازهای برون سلولی ترشح شده از پانکراس و نوکلئازهای تجزیه کنندهٔ mRNA در سیتوپلاسم

۴- غلط. طبق کتاب، پس از مدتی تجزیه می‌شوند.

۵- غلط. روش‌های متفاوتی برای تنظیم بیان ژن وجود دارد و مثلاً می‌توان مانع ترجمه شد.

۶- صحیح.

۷- صحیح.

۸- صحیح.

۹- صحیح. هر دو منجر به اتصال رناپلیمراز به راه‌انداز می‌شوند

۱۰- صحیح. طبق شکل

۱۱- صحیح. ممکن است سلولاز از باکتری و لیزوزوم از سلول یوکاریوتی ترشح می‌شود.

۱۲- غلط. عوامل رونویسی متصل به افزاینده و راه‌انداز کنار هم قرار می‌گیرد.

۱۳- صحیح.

۱۴- صحیح.

جمع‌بندی

یوکاریوت: عوامل رونویسی / سانتریول / افزاینده / اگزون / اینترون / هیستون / بلوغ رنا / چند نوع رنا بسپاراز /

پروکاریوت: آنزیم برش دهنده / فعال کننده / مهار کننده / نوعی رناپسپاراز / اپراتور

از جنس دنا: راه‌انداز / اگزون و اینترون / توالی پایان رونویسی / اپراتور / جایگاه اتصال فعال کننده

از جنس پروتئین: فعال‌کننده / رنابسپاراز / دنابسپاراز / مهار کننده