

جریان اطلاعات در یاخته

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

گفتار ۱: رونویسی

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

دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پلی‌پپتید را تعیین می‌کند؟

آموختید که، در مولکول دنا، ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند. در حالی 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.

نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

می‌دانید که پلی‌پپتیدها بر اساس اطلاعات دنا و توسط رناتن‌ها در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. در یاخته‌های دارای هسته، چون رناتن‌ها درون هسته حضور ندارند، فرایند ساخت پلی‌پپتید در آن انجام نمی‌شود. با توجه به این که اطلاعات دنا برای ساخت پلی‌پپتید ضروری است و دنا هم از هسته خارج نمی‌شود این سؤال پیش می‌آید



تمرین ۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

(الف) ژن سازنده هموگلوبین فقط در گویچه‌های قرمز وجود دارد.
(ب) در بیماری کم‌خونی داسی شکل پروتئین تغییر شکل یافته است که با یون هیدروژن ترکیب می‌شود.

(پ) در کم‌خونی داسی شکل پروتئینی تغییر شکل یافته است که هر زنجیره پلی‌پپتیدی آن می‌تواند حداکثر تا ساختار سوم پروتئین برسد.

(ت) در کم‌خونی داسی شکل یک تغییر بسیار جزئی در ژن رخ داده است.

(ث) در کم‌خونی داسی شکل قطعاً یک نوکلئوتید پورین‌دار و یک نوکلئوتید پیریمیدین‌دار تغییر یافته‌اند.

پاسخ:



تمرین ۲: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید:

(الف) رمز آمینواسیدها بیش از (۴-۲) برابر انواع آمینواسیدها می‌باشد.

(ب) تفاوت رمزهای ژنتیکی قطعاً در (نوع بازهای آلی - تعداد بازهای آلی - نوع، تعداد و ترتیب بازهای آلی - نوع و ترتیب بازهای آلی) است.

(پ) برای آمینواسیدهای اساسی بدن (هیچ - حداقل هشت - حداکثر هشت) توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا نقش (دارند - ندارند) دارند.

(ت) محلی که (کروماتین - دیسک) وجود دارد رناتن حضور ندارد.

پاسخ:



تست ۱: در چرخه یاخته‌ای یاخته سرلادی، در نوعی فرآیند که در مرحله S رخ می‌دهد فرآیند رونویسی (۱) همانند- مقابل نوکلئوتید تیمین دار رشته الگو، نوکلئوتید آدنین دار قرار می‌گیرد. (۲) برخلاف- رشته پلی نوکلئوتیدی جدید توسط هلیکاز از رشته الگو جدا می‌شود. (۳) همانند- آنزیم سازنده رشته پلی نوکلئوتیدی جدید توانایی ویرایش دارد. (۴) برخلاف- ریبونوکلئوتیدها توسط DNA پلیمرز به هم می‌پیوندند.

پاسخ:



تست ۲: کدام عبارت جمله زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟
« بیونوکلئیک اسیدهای »
(۱) ساخته شده توسط رنا بسپاراز ۳، در یک انتهای خود دارای توالی یکسانی‌اند.
(۲) ساخته شده توسط رنا بسپاراز ۲، در یک انتهای خود دارای توالی یکسانی‌اند.
(۳) شرکت کننده در ساختار هر رناتی، توسط رنا بسپاراز ساخته می‌شوند.
(۴) دارای رونوشت اینترون، قبل از جدا شدن رنا بسپاراز ۲ از رشته الگو از آنزیم جدا می‌شوند.

پاسخ:

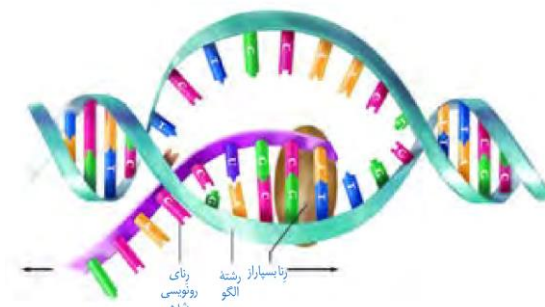


تست ۳: کدام مورد بین مراحل دوم و سوم رونویسی از یک ژن E.Coli مشترک است؟
الف- تشکیل پیوند هیدروژنی
ب- شکسته شدن پیوند هیدروژنی
ج- تشکیل پیوند فسفودی استر
(۱) فقط ب
(۲) الف و ج
(۳) الف و ب
(۴) هیچکدام

پاسخ:

که دستورات ساخت پلی‌پپتید چگونه به بیرون هسته منتقل می‌شود؟

پاسخ در مولکول رنا است. همان‌طور که دیدید انواعی از رنا در یاخته وجود دارند که در پروتئین‌سازی نقش دارند. این رناها از روی مولکول دنا ساخته می‌شوند. به ساخته شدن مولکول رنا از روی بخشی از یک رشته دنا، رونویسی گفته می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

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

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 رنابسپاراز نام‌گذاری می‌کنند.

در پیش‌هسته‌ای‌ها یک نوع رنابسپاراز وظیفه ساخت انواع رنا را بر عهده دارد. در هوهسته‌ای‌ها، انواعی از رنابسپاراز، ساخت رناهای مختلف را انجام می‌دهند؛ مثلاً رنای پیک توسط رنابسپاراز ۲، رنای ناقل توسط رنابسپاراز ۳ و رنای رناتی توسط رنابسپاراز ۱ ساخته می‌شود.

مراحل رونویسی

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

مرحله آغاز: در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و دو رشته آن را از هم باز می‌کند. به نظر شما برای باز شدن دو رشته کدام پیوندها در این ناحیه شکسته می‌شوند؟ برای این‌که



تست ۴: کدام عبارت در مورد استرپتوکوکوس نومونیا نادرست است؟
(سراسری ۹۳)

«در مرحله»

- (۱) آغاز رونویسی، آنزیم رونویسی کننده، نوکلئوتید مناسبی را برای جایگاه آغاز انتخاب می کند.
- (۲) آغاز رونویسی، پیوند بین بازهای آلی دو رشته الگو و غیرالگوی، گسسته می شود.
- (۳) طول شدن همانند مرحله پایان پیوند هیدروژنی بین رشته الگو و رنا شکسته می شود.
- (۴) پایان رونویسی همانند مرحله آغاز پیوند هیدروژنی بین رشته الگو و رمز گذار شکسته تشکیل می شود.

پاسخ:



تست ۵: در فرایند رونویسی به طور معمول امکان ندارد

- (۱) هر یک از واحدهای سازنده ژن به عنوان الگو مورد استفاده قرار نگیرد.
- (۲) مقابل ریبونوکلئوتید آدینین دار در رشته الگو، ریبونوکلئوتید یوراسیل دار قرار گیرد.
- (۳) در منطقه ای نزدیک به راه انداز ژن، پیچ و تاب DNA باز و دو رشته از هم جدا شوند.
- (۴) در محل ژن، یکی از رشته های DNA به عنوان الگو عمل کند و رشته دیگر DNA استفاده نشود.

پاسخ:



تست ۶: اگر در رشته الگو DNA، نوکلئوتید گوانین دار باشد،

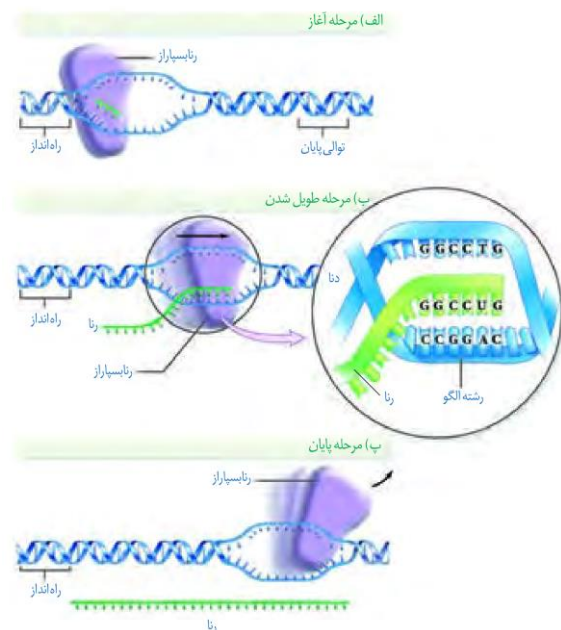
- (۱) در طی رونویسی نوکلئوتیدی پورین دار با همان نوع قند استفاده می شود.
- (۲) در طی رونویسی نوکلئوتیدی پیریمیدین دار با قندی متفاوت استفاده می شود.
- (۳) در طی همانندسازی نوکلئوتیدی پورین دار با همان نوع قند استفاده می شود.
- (۴) در طی همانندسازی نوکلئوتیدی پیریمیدین دار با قندی متفاوت استفاده می شود.

پاسخ:

رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی های نوکلئوتیدی ویژه ای در دنا وجود دارد که رنابسپاراز آن را شناسایی می کند. به این توالی ها، راه انداز گفته می شود. راه انداز موجب می شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا و رونویسی را از آن جا آغاز کند. در این حالت بخش کوچکی از مولکول دنا باز و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می شود (شکل ۲- الف). نحوه عمل رنابسپاراز به این صورت است که آنزیم با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی دنا، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می دهد و سپس این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته رنا متصل می کند. در رونویسی، نوکلئوتید یوراسیل دار رنا به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدینین دار دنا قرار می گیرد.

مرحله طولی شدن: در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می دهد که در نتیجه آن، رنا طولی می شود. همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می رود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و در چندین نوکلئوتید عقب تر، رنا از دنا جدا می شود و دو رشته دنا مجدداً به هم می پیوندند. بنابراین در محل رونویسی و نواحی مجاور آن ها حالتی شبیه حباب ایجاد می شود که به سوی انتهای ژن پیش می رود (شکل ۲- ب).

مرحله پایان: در دنا توالی های ویژه ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز می شوند. در این محل ها، آنزیم از مولکول دنا و رنا تازه ساخت جدا و دو رشته دنا به هم متصل می شوند. (شکل ۳- پ).



شکل ۲- مراحل مختلف رونویسی



تمرین ۳: جدول زیر را کامل کنید.

پایان	طولیل شدن	آغاز	مراحل رونویسی
			پیوند هیدروژنی بین دو رشته دنا
			پیوند هیدروژنی بین رنا و دنا
			پیوند فسفو دی استر

پاسخ:



تمرین ۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را

مشخص کنید.

(الف) بین دو ژن روی یک دنا حداقل یک راه انداز وجود دارد.

(ب) روی یک دنا بین دو راه انداز حداقل یک ژن وجود دارد.

(پ) اگر بین دو راه انداز دو ژن وجود داشته باشد همیشه موقع

رونویسی حرکت رنا بسپارازها همواره به سوی هم است.

(ت) اگر رشته الگوی دو ژن روی یک دنا، یکسان باشد قطعاً هنگام

رونویسی رنابسپارازها حرکت هم جهت خواهند داشت

پاسخ:



تمرین ۵: جدول زیر را کامل کنید.

فرایند	ویرایش	پیرایش
نوع یاخته		
محل		
فسفو دی استر		
موقع		
آنزیم		

پاسخ:

فقط یکی از دو رشته دنا در هر ژن رونویسی می شود

همان طور که گفته شد، ژن بخشی از مولکول دنا ی دو رشته ای است ولی رونویسی از روی هر دو رشته یک ژن انجام نمی شود. به نظر شما اگر از روی دو رشته یک ژن رونویسی انجام می شد، محصولات این دو رشته مکمل نسبت به هم چگونه می شدند؟ مسلماً رنا و پلی پپتید ساخته شده از روی دو رشته مکمل دنا بسیار متفاوت می شدند. بنابراین برای هر ژن خاص، همیشه و فقط یکی از دو رشته رونویسی می شود.

به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنا ی رونویسی شده است رشته الگو می گویند (شکل ۲- الف). به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا، رشته رمزگذار گفته می شود، زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنایی است که از روی رشته الگوی آن ساخته می شود. به نظر شما رشته رنا با رشته رمزگذار چه تفاوت هایی می تواند داشته باشد؟ پاسخ در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است؛ مثلاً به جای نوکلئوتید تیمین دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل دار در رنا قرار دارد.

رشته مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن مجاور خود یکسان یا متفاوت باشد. همان طور که در شکل ۳ می بینید رشته دنا ی مورد رونویسی برای سه ژن نشان داده شده یکسان نیست.



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

رناهای ساخته شده دچار تغییر می شوند

در چند دهه گذشته، پژوهشگران دریافته اند که در یاخته های یوکاریوتی، رنا ی ساخته شده در رونویسی با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت هایی دارد. بعدها مشخص شد که این تغییرات در بسیاری از رناها انجام می شود و این مولکولها برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می شوند.

تغییرات رنا ی پیک

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



تست ۷: کدام تعریف برای «اینترن‌ها» مناسب‌تر است؟

(۱) توالی‌هایی از DNA اند که پس از رونویسی، از ژن جدا می‌شوند.

(۲) بخشی از ژن هستند که رمزهای آمینواسیدها را در خود جای داده‌اند.

(۳) توالی‌های بین ژنی هستند که پس از رونویسی به پروتئین ترجمه نمی‌شوند.

(۴) از راهانداز فاصله دارند و نمی‌توانند دارای جایگاه آغاز رونویسی باشند.

پاسخ:



تست ۸: هر مولکول RNA ای که از هسته یاخته‌های

هسته‌ای خارج شود،

(۱) نسبت به RNA ی اولیه تعداد نوکلئوتید کم‌تری دارد.

(۲) یک RNA ی بالغ است و توسط رناتن ترجمه می‌شود.

(۳) تک‌رشته‌ای بوده و فاقد پیوند هیدروژنی در بین نوکلئوتیدهای خود است.

(۴) تک ژنی بوده و نسبت به ژن سازنده خود همواره نوکلئوتیدهای کم‌تری دارد.

پاسخ:



تست ۹: در یاخته‌های مورلا هنگام رونویسی، هر ساختار

پرمانند، معرف

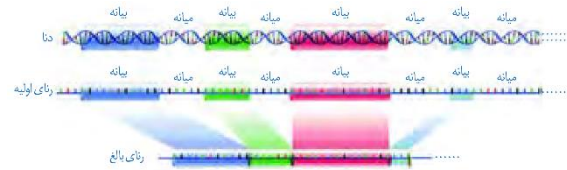
(۱) فعالیت هم‌زمان چندین رنا بسپاراز برای تولید یک مولکول RNA است.

(۲) شروع رونویسی یک آنزیم قبل از اتمام رونویسی آنزیم‌های دیگر است.

(۳) بیان هم‌زمان چندین ژن در تولید چندین RNA ی یکسان است.

(۴) وجود چندین جایگاه شروع رونویسی برای تولید چندین RNA است.

پاسخ:



شکل ۴- پیرایش در بخشی از رنای یک ژن

این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشته الگوی ژن آن در دنا مجاورت دادند. آن‌ها دریافتند که بخش‌هایی از دنا 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 در مولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده میانه (اینترن) می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول دنا، که رونوشت آن‌ها حذف نمی‌شوند بیان (اگزون) گفته می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- طرح ساده‌ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ

حاصل از آن. به نظر شما حلقه‌های سبز میانه هستند یا بیان؟

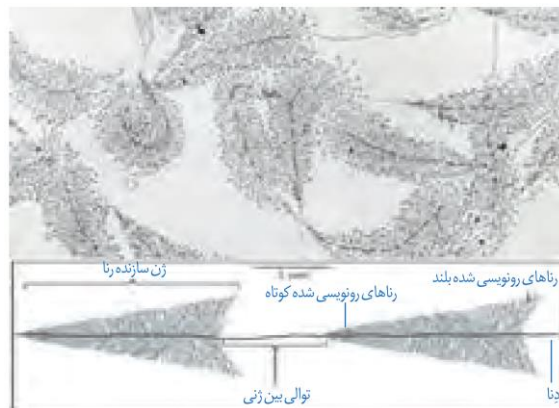
در واقع رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت‌های میانه دنا است. به این رنا، رنای نابالغ یا اولیه گفته می‌شود. با حذف این رونوشت‌ها از رنای اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده به هم، رنای بالغ ساخته می‌شود.

شدت و میزان رونویسی

به‌طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فرآورده‌های آن بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده رنای رناتنی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال‌اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رنا را بسازند. در این نوع ژن‌ها، هم‌زمان تعداد زیادی رنابسپاراز از ژن رونویسی می‌کنند. به این دلیل که در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود. در این تصاویر رناها از اندازه کوتاه به بلند دیده

می شود (شکل ۶). با توجه به شکل آیا می توانید جهت رونویسی

هر ژن را مشخص کنید؟

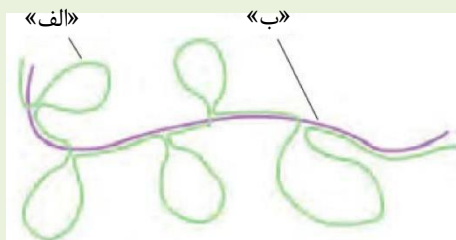


شکل ۶- ساخته شدن هم زمان چندین رنا از روی ژن



تمرین ۶: برای شکل زیر کدام کلمات برای موارد «الف»

و «ب» مناسب تراند؟



* میانه

* بیانه

* رونوشت میانه

* رونوشت بیانه

پاسخ:



تمرین ۷: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را

مشخص کنید.

(الف) هر نوع تغییری در رنا پیک هوهسته‌ای‌ها پیرایش نام دارد.

(ب) فرایند پیرایش زمانی کشف شد که دانشمندان رنا پیک بالغ

را در مجاورت رنای اولیه قرار دادند.

(پ) همه ژن‌های یوکاریوتی دارای میانه و بیانه‌اند.

(ت) رنا پیک سیتوپلاسمی در یوکاریوت قطعاً فاقد رونوشت‌های

میانه است.

پاسخ:



تمرین ۸: با توجه به شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:



(الف) در توالی بین ژنی، راه‌انداز کدام ژن قرار دارد؟

(ب) جهت رونویسی ژن A با جهت رونویسی ژن B هم‌سو است

یا ناهم‌سو؟

(پ) آیا در ژن B، رشته‌های رنای در حال ساخت می‌توانند

هم‌اندازه باشند؟

(ت) آیا رنا بسپارازهای فعال در ژن B می‌توانند آمینواسیدهای

متفاوتی داشته باشند؟

پاسخ:



تست ۱۰: اگر یک مولکول mRNA از مکمل رشته DNA با توالی $GTA - AAA - TGA$ رونویسی شود، آنتی کدون‌هایی که برای ترجمه مورد استفاده قرار می‌گیرند، به ترتیب کدام است؟

(سراسری فارغ کشور ۸۸)

(۱) AAA و GUA

(۲) UUU و CAU

(۳) UGA، AAA و GUA

(۴) ACU، UUU و CAU

پاسخ:



تمرین ۹: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز کنید.

(الف) مهم‌ترین فرآورده ژن‌ها (رناها- پلی‌پپتیدها) هستند.

(ب) به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی محصول رنا بسپاراز (۲-۳) ترجمه گفته می‌شود.

(پ) در یاخته یوکاریوتی روزه در (هسته- سیتوپلاسم) ساخته و در (هسته- سیتوپلاسم) استفاده می‌شود.

(ت) روزه متیونین در هوهسته‌ای‌ها با پیش‌هسته‌ای (متفاوت- یکسان) است.

پاسخ:



تست ۱۱: فرایندی که در یاخته‌ها به فرایند آسپزی تشبیه می‌شود، در مرحله آغاز

(۱) رنا بسپاراز به راهانداز متصل می‌شود.

(۲) قطعاً بین روزه و پاد روزه پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.

(۳) ممکن نیست رنای در حال ساخت دچار تغییر شود.

(۴) ممکن نیست جایگاه P رناتن توسط رنای ناقل اشغال شود.

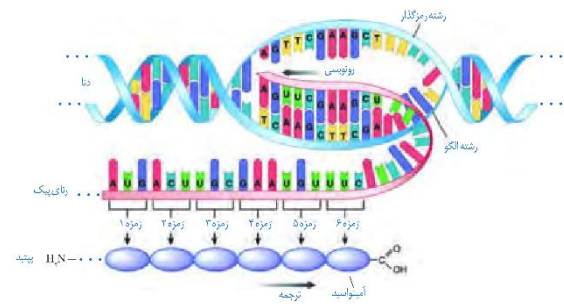
پاسخ:

گفتار ۲: به سوی پروتئین

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

تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به 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 گفته می‌شود. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی‌پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).



شکل ۷- طرح ساده‌ای از رونویسی تا ترجمه

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی‌پپتید قرار بگیرد. به این توالی‌ها، **ریمزه (کدون)** گفته می‌شود. در یاخته ۶۴ نوع ریمزه وجود دارد.

نکته قابل توجه این است که ریمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟

ریمزه‌های UAA، UAG و UGA هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آن‌ها **ریمزه پایان** می‌گویند، زیرا حضور این ریمزه‌ها

در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. **ریمزه آغاز** یا AUG ریمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این ریمزه، معرف آمینواسید **متیونین** نیز است.

عوامل لازم در ترجمه

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می‌توان به یک فرایند آسپزی 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 ریمزه‌های رنای



تست ۱۲: کدام عبارت در مورد یک یاخته فعال پانکراس، درست است؟ (سراسری ۹۴)

- (۱) هر رمزه توسط یک پاد رمزه شناسایی می‌شود.
- (۲) تنوع آمینواسیدها کم‌تر از تنوع tRNA ها است.
- (۳) هر آمینواسید، بیش از یک رمزه سه نوکلئوتیدی دارد.
- (۴) هر RNA مورد نیاز برای پروتئین‌سازی، رمزه آغاز دارد.

پاسخ:



تست ۱۳: ساختار برگ شبدری در tRNA به چه عاملی بستگی دارد؟

- (۱) رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدهای پاد رمزه با رمزه
- (۲) رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدهای موجود در این مولکول
- (۳) نوع بازهای شرکت کننده در بخش پاد رمزه این مولکول
- (۴) نوع بازهای شرکت کننده در ساختار جایگاه اتصال آمینواسید

پاسخ:



تست ۱۴: چند مورد جملهٔ زیر را به‌طور نادرستی تکمیل می‌کند؟

- «هر مولکول دارای پاد رمزه»
- (الف) توسط رنا بسیار از ۳ ساخته می‌شود.
- (ب) به واسطهٔ نوکلئوتید آدنین دار خود به آمینواسید خاص وصل می‌شود.
- (پ) ساختار سه بعدی برگ شبدری دارد.
- (ت) دو حلقه‌ای است و با این حلقه‌ها روی رناتن نگه داشته می‌شود.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

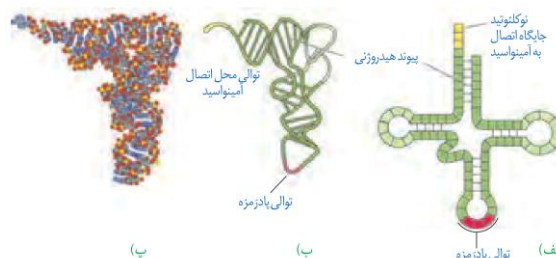
پاسخ:

پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمینواسیدها هستند. رناتن‌ها 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.

ساختار رنای ناقل

رنای ناقل مانند سایر رناها 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 در حالت فعال تا خوردگی‌های 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 نام گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند.

رناهای ناقل به جز در ناحیه پادرمزه‌ای، در همه انواع توالی‌های مشابهی دارند. انتظار این است که به تعداد انواع رمزه‌ها، پادرمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرمزه‌ها کم‌تر از رمزه‌ها است؛ مثلاً برای رمزه‌های پابان، رنای ناقل وجود ندارد.



شکل ۸- رنای ناقل

(الف) تا خوردگی اولیه

(ب) ساختار سه بعدی

(پ) مدل مولکولی رنای ناقل

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

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



تمرین ۱۰: به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) آنزیم سازندهٔ رنای ناقل در کجا فعالیت دارد؟
 ب) در جایگاه فعال آنزیم سازنده رنای ناقل آمینواسید با عامل آمینی خود به جایگاه اتصال رنای ناقل می‌پیوندد یا با عامل کربوکسیل؟
 پ) جایگاه فعال آنزیم سازندهٔ رنای ناقل برای آمینواسید و **tRNA** یکی است یا متفاوت؟
 ت) **tRNA** قبل از ورود به آنزیم سازنده رنای ناقل ساختار سه بعدی دارد یا تاخورده؟

پاسخ:



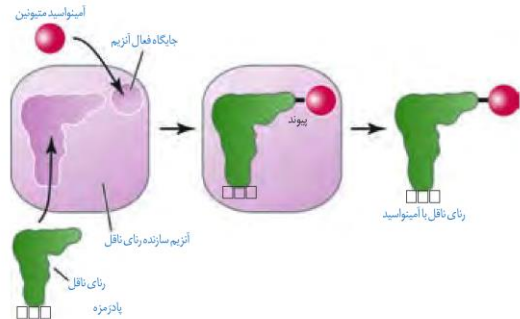
تمرین ۱۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را

مشخص کنید.

الف) در لنفوسیت **B** حداکثر ۲۰ نوع آنزیم سازندهٔ رنای ناقل وجود دارد.
 ب) آنزیم سازندهٔ رنای ناقل مصرف‌کننده **ATP** است.
 پ) شکل **tRNA** بعد از خروج از جایگاه فعال خود در آنزیم سازندهٔ رنای ناقل، تاخورده است.
 ت) زیر واحد کوچک رناتن همانند زیر واحد بزرگ از جنس پروتئین و رنای نانتی است.

پاسخ:

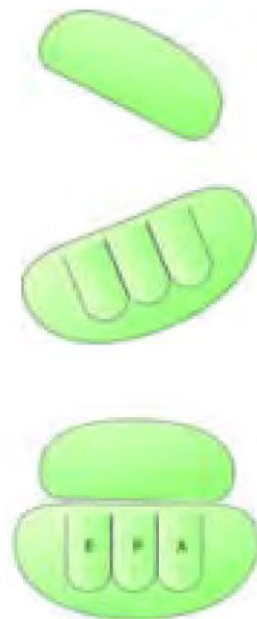
حال بر اساس آنچه تاکنون دربارهٔ رمزه‌ها خوانده‌اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادرمزه‌ای می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟



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

ساختار رناتن

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



شکل ۱۰- ترتیب قرارگیری زیرواحدهای رناتن

مرحل ترجمه

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

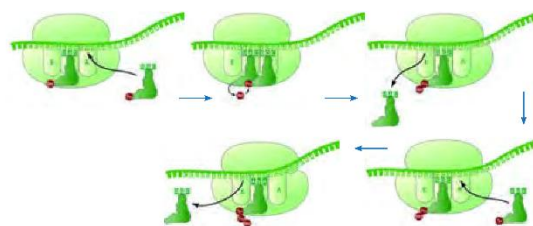
مرحله آغاز: در این مرحله بخش هایی از رنای پیک، زیر واحد کوچک رناتن را به سوی رمزه آغاز، هدایت می کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رمزه آغاز است به آن متصل می شود. با افزوده شدن زیر واحد بزرگ رناتن به این مجموعه، ساختار رناتن کامل می شود.

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



شکل ۱۱- مرحله آغاز ترجمه

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



شکل ۱۲- مرحله طویل شدن ترجمه



تست ۱۵: در استرپتوکوکوس نومونیا، بلافاصله پس از آن که ساختار رناتن برای ترجمه کامل گردید،

(فاز کشور ۹۳)

- ۱) tRNA ی مربوط به رمزه دوم، جایگاه **A** می شود.
- ۲) پیوند بین متیونین و tRNA ی آغازگر گسسته می شود.
- ۳) tRNA ی آغازگر با رمزه آغاز، رابطه مکملی برقرار می کند.
- ۴) پیوند پپتیدی بین متیونین و دومین آمینواسید ایجاد می شود.

پاسخ:



تست ۱۶: در فرایند ترجمه اکتین (نوعی پروتئین تک رشته ای) در یاخته های عضلانی انسان و در حین جابه جایی رناتن روی mRNA،

(سراسری ۸۹)

- ۱) جایگاه **A** همواره پذیرنده tRNA حامل آمینواسید است.
- ۲) tRNA موجود در جایگاه **P**، وارد جایگاه **E** می شود.
- ۳) پیوند پپتیدی بین آمینواسیدها در جایگاه **A** برقرار می شود.
- ۴) tRNA حامل یک آمینواسید خاص وارد جایگاه **P** می شود.

پاسخ:



تست ۱۷: در mRNA فرضی زیر، پس از خروج tRNA حاوی پاد رمزه CUC از جایگاه **P** رناتن، tRNA حاوی کدام پاد رمزه وارد جایگاه **A** رناتن می شود؟

(فاز کشور ۹۰)

AUG.CCA.CCC.GAG.UUC.UCC.AUC

- | | |
|---------|---------|
| UCC (۱) | UUC (۲) |
| AAG (۳) | AGG (۴) |

پاسخ:



تست ۱۸: در فرایند ترجمه یک زنجیره پلی‌پپتیدی از پروتئینی که مسؤل انتقال گازهای تنفسی در خون انسان است، ممکن نیست

(۱) tRNA ی که از جایگاه A به P وارد می‌شود، دارای پاد روزه UAC باشد.

(۲) در حین آخرین جابه‌جایی رناتن، tRNA ی وارد جایگاه آمینواسید شود.

(۳) در جایگاه پپتیدی رناتن آب مصرف و در جایگاه آمینواسید آب تولید شود.

(۴) در شروع ترجمه، بخش بزرگ رناتن بعد از بخش کوچک رناتن به mRNA وصل شود.

پاسخ:



تست ۱۹: چند مورد زیر جمله زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟

«در مراحل ساخت پپسینوژن در یاخته‌های پپتیک

- پس از اتصال زیرواحدهای بزرگ و کوچک رناتن، اولین آمینواسید ترجمه می‌شود.

- پس از سنتز آخرین پیوند پپتیدی، آخرین جابه‌جایی رناتن رخ می‌دهد.

- هر tRNA ی که از جایگاه A رناتن وارد جایگاه P می‌شود که به یک پلی‌پپتیدی متصل است.

- به دنبال ورود عامل آزادکننده به جایگاه A، یک آنزیم پیوند پپتیدی در جایگاه P را هیدرولیز می‌کند.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴ صفر

پاسخ:

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. این پروتئین‌ها باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند. همچنین این پروتئین‌ها باعث جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رناتن‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).

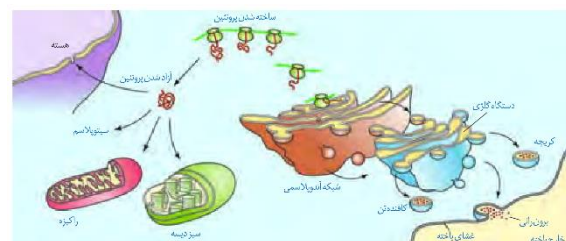


شکل ۱۳- مرحله پایان ترجمه

محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آن‌ها

ممکن است پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته شوند. به‌طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که رناتن‌ها حضور داشته باشند می‌تواند انجام شود.

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



شکل ۱۴- سرنوشت پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم

سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

به‌طور کلی سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود. در پیش‌هسته‌ای‌ها پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است.



تمرین ۱۲: اگر رنا پیک با ۱۰ رمزه مفروض باشد در پایان ترجمه مشخص کنید در هر یک از جایگاه‌های رناتن چند رمزه و پادرمزه وارد شده‌اند؟

تعداد	A	P	E
رمزه			
پادرمزه			

پاسخ:



تمرین ۱۳: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

(الف) در هر بخش از یاخته اگر رناتن حضور داشته باشد پروتئین هم ساخته می‌شود.

(ب) برای ساخت هر پروتئین با ساختار چهارم قطعاً بیش از یک mRNA نیاز است.

(پ) برای ساختار هر میوگلوبین یک رناتن و یک mRNA فعالیت دارد.

(ت) آرایش تسبیح مانند رناتن هم در هر هسته‌ای‌ها و هم در پیش‌هسته‌ای‌ها دیده می‌شود.

پاسخ:



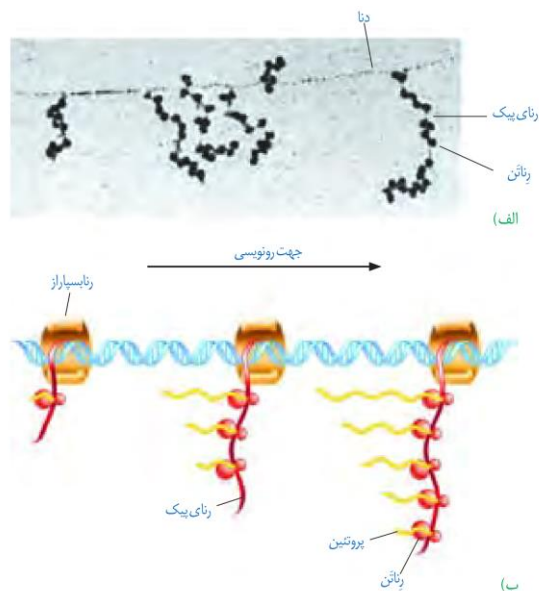
تست ۲۰: چند پروتئین زیر برای رسیدن به مقصد از دستگاه گلژی عبور می‌کند؟

- * گلوتن
 - * هیستون
 - * لیزوزیم
 - * سازنده ATP در راکیزه
- ۱ () ۲ () ۳ () ۴ ()

پاسخ:

برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیش‌تری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به‌طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از رناتن‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیش‌تری در واحد زمان ساخته شود (شکل ۱۵). در این مجموعه، رناتن‌ها مانند دانه‌های تسبیح و رنای پیک شبیه نخ‌ی است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد. همکاری جمعی رناتن‌ها به پروتئین‌سازی سرعت بیش‌تری می‌دهد.

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



شکل ۱۵- الف) تصویر میکروسکوپی مجموعه رناتن‌ها

ب) طرحی ساده از رناتن‌هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند

فعالیت ۱: الف) چه رابطه‌ای بین طول عمر رنای پیک یاخته‌ها با میزان پروتئین‌سازی آن‌ها برقرار است؟
ب) رونویسی و ترجمه در پیش‌هسته‌ای‌ها و هوهسته‌ای‌ها را با هم مقایسه کنید.



تست ۲۱: کدام عبارت، درباره هر یاخته‌ای که سانتیریول‌های آن مضاعف می‌شوند، درست است؟ (سراسری ۹۵)

(۱) در صورت لزوم، هر واحد سازنده ژن‌های آن مورد رونویسی قرار می‌گیرد.

(۲) بیان هر ژن آن، مستلزم استفاده از آنزیم‌های درون یاخته‌ای متفاوتی است.

(۳) در کنار هر هستهٔ دولادی آن، رشته‌های دوک شکل می‌گیرند.

(۴) محصول نهایی هر ژن آن، یک زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی است.

پاسخ:



تست ۲۲: کدام عبارت، درباره یاخته‌های مختلف ریشه گیاه نخودفرنگی، درست است؟ (فاز ۹ کشور ۹۶)

(۱) تنها در یاخته‌های نرم‌آکنه زنده، بعضی از ژن‌ها غیرفعال‌اند.

(۲) در یاخته‌های فعال آندودرمی و نرم‌آکنه، فقط ژن‌های غیریکسان بیان می‌شود.

(۳) فقط بعضی از ژن‌های یاخته‌های مریستمی در یاخته‌های فعال پوست وجود دارد.

(۴) محصول بعضی از ژن‌های موجود در یاخته‌های آندودرمی و نار کشنده یکسان است.

پاسخ:



تمرین ۱۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) یاخته‌هایی که از نظر ژن‌ها و فام‌تن‌ها یکسان‌اند نمی‌توانند شکل و کار متفاوتی داشته باشند.

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

پ) محصول مستقیم هر ژنی همواره رنا است.

ت) تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها معمولاً در مرحلهٔ که معروف به فرایند آسپزی است، رخ می‌دهد.

پاسخ:

گفتار ۳: تنظیم بیان ژن

در سال گذشته آموختید که همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم رشتمان یاخته تخم ایجاد می‌شوند. یاخته‌های حاصل، از نظر فام تنی و ژن‌ها یکسان‌اند. با این حال در ادامهٔ تقسیمات و رشد جنین، یاخته‌های متفاوتی ایجاد می‌شوند که اعمال مختلفی انجام می‌دهند؛ مثلاً یاخته‌های عصبی و ماهیچه‌ای بدن یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند ولی دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند. حال این سؤال مطرح می‌شود که چگونه ممکن است یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان تا این حد متفاوت باشند؟

پاسخ این است که در هر یاخته تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیر فعال هستند. هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است و ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد خاموش است و به اصطلاح بیان نشده. مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد و حتی در یک یاخته هم بسته به نیاز متفاوت باشد. به فرایندهایی که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند، فرایندهای تنظیم بیان ژن 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. در مورد این یاخته‌ها در کتاب دهم مطالبی را فرا گرفتید. آیا می‌توانید برخی یاخته‌های حاصل از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان را نام ببرید؟

تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها

محصول ژن، رنا و پروتئین است. بنابراین، تغییر در فعالیت ژن‌ها، بر ساخت این محصولات نیز اثر می‌گذارد. تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی به‌طور 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 از این کار جلوگیری می‌کنند. 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. نمونه این نوع تنظیم، در نوعی باکتری به نام اشریشیا کلای شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است. مراحل تجزیه قند گلوکز در یاخته را در فصول بعد خواهید آموخت. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام لاکتوز 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 تجزیه کننده آن را بسازد و در نبود یا کاهش لاکتوز نیز ساخت آنزیم‌های تجزیه کننده آن متوقف یا کاهش پیدا کند. حال این پرسش پیش می‌آید که باکتری چگونه می‌تواند حضور لاکتوز را در محیط تشخیص دهد و آنزیم‌های تجزیه کننده آن را بسازد؟ ژن‌هایی که این آنزیم‌ها را می‌سازند چگونه روشن و یا خاموش می‌شوند؟ در پیش‌هسته‌ای‌ها بیان ژن به دو صورت منفی و مثبت تنظیم می‌شود.

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



تست ۲۳: کدام عبارت، درباره تنظیم بیان ژن‌های مربوط به متابولیسم لاکتوز اشریشیاکلای، درست است؟
 (۱) توالی واحدهای سازنده عامل روشن‌کننده این ژن‌ها، توسط یکی از ژن تباکتری تعیین می‌گردد.
 (۲) در حضور لاکتوز، پروتئین مهارکننده تغییر شکل یافته و به توالی اپراتور متصل می‌شود.
 (۳) توالی اپراتور، بر فرایند رونویسی بعضی از ژن‌های شرکت کننده در متابولیسم لاکتوز تأثیرگذار است.
 (۴) در پی اتصال لاکتوز، به پروتئین مهارکننده، گلوکز بیش‌تری در اختیار یاخته قرار می‌گیرد.

پاسخ:

تست ۲۴: پس از افزودن لاکتوز به محیط کشت باکتری اشریشیاکلای، کدام عبارت درباره عامل روشن‌کننده ژن‌های درگیر در متابولیسم لاکتوز درست است؟ (سراسری ۹۶)
 (۱) پس از آب‌کافت به درون باکتری منتقل می‌شود.
 (۲) همانند مهارکننده می‌تواند به اپراتور متصل گردد.
 (۳) سبب می‌شود تا ژن سازنده پروتئین رنا بسپاراز روشن شود.
 (۴) تغییری در شکل سه بعدی پروتئین مهار کننده ایجاد می‌کند.

پاسخ:



تمرین ۱۵: در ارتباط با متابولیسم لاکتوز در باکتری *E.Coli* به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) اپراتور قبل از راه‌انداز قرار دارد یا بعد از راه‌انداز؟

ب) پروتئین مهارکننده مانع از حرکت رنا بسپاراز بر روی اپراتور می‌شود یا مانع از اتصال رنا بسپاراز به راه‌انداز؟

پ) لاکتوز مانع از اتصال مهارکننده به اپراتور می‌شود یا سبب جدا شدن آن از اپراتور می‌گردد؟

ت) **mRNA** که رنا بسپاراز بعد از عبور از اپراتور می‌سازد اتصالات یک ژن را دارد یا چند ژن؟

پاسخ:



تست ۲۵: در باکتری ایشیریشیاکلی در تنظیم رونویسی با ورود به یاخته، امکان اتصال وجود دارد.

۱) مثبت - لاکتوز - رنا بسپاراز به راه‌انداز

۲) مثبت - مالتوز - فعال‌کننده به جایگاه اتصال خود

۳) منفی - لاکتوز - مهارکننده به اپراتور

۴) منفی - مالتوز - رنا بسپاراز به فعال‌کننده

پاسخ:



تمرین ۱۶: در ارتباط با متابولیسم مالتوز در باکتری *E.Coli* به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

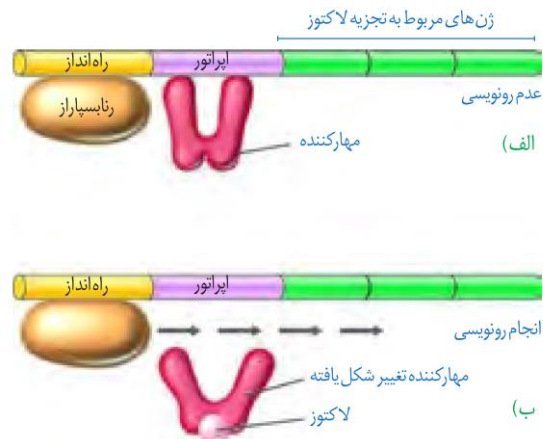
الف) جایگاه اتصال فعال‌کننده قبل از راه‌انداز قرار دارد یا بعد از راه‌انداز؟

ب) فعال‌کننده پس از اتصال به مالتوز ابتدا به رنا بسپاراز متصل می‌شود یا به جایگاه اتصال فعال‌کننده؟

پ) **mRNA** ای که رنا بسپاراز پس از فعال شدن توسط فعال‌کننده می‌سازد اطلاعات یک ژن را دارد یا چند ژن؟

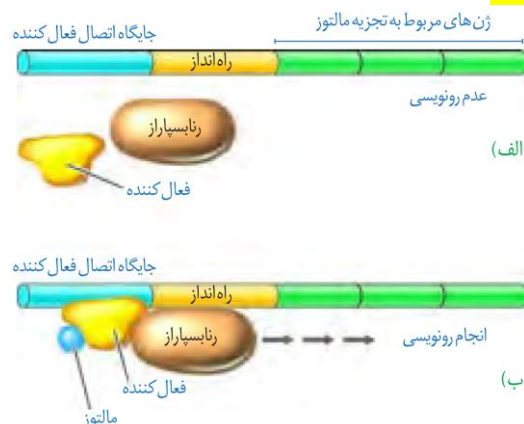
ت) آیا پروتئین فعال‌کننده همانند مهارکننده پس از چسبیدن به دی‌ساکارید خود تغییر شکل می‌دهد یا خیر؟

پاسخ:



تنظیم مثبت رونویسی: در این نوع تنظیم، پروتئین‌های خاصی به رنا بسپاراز کمک می‌کنند تا بتواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثال این نوع تنظیم نیز در باکتری ایشیریشیاکلاوی وجود دارد. مشخص شده که اگر در محیط باکتری، قند مالتوز وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم‌هایی ساخته می‌شوند که در تجزیه 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، نوعی از پروتئین به نام **فعال‌کننده** وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می‌شوند. به این توالی‌ها **جایگاه اتصال فعال‌کننده** گفته می‌شود (شکل ۱۷- الف). در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال‌کننده به جایگاه خود متصل می‌شود و پس از اتصال به رنا بسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. چه عاملی سبب می‌شود که فعال‌کننده به جایگاه خود بچسبد؟ این عامل مالتوز است. اتصال مالتوز به فعال‌کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می‌شود. (شکل ۱۷- ب).



شکل ۱۷- تنظیم مثبت رونویسی ژن‌های مؤثر در تجزیه مالتوز

تنظیم بیان ژن در هوسته‌های

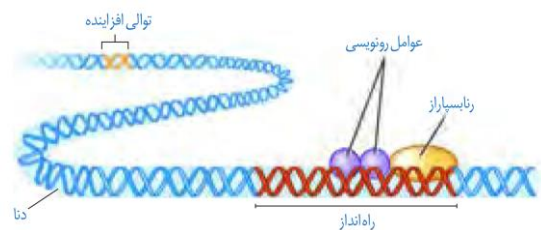
تنظیم بیان ژن در هوسته‌های پیچیده‌تر از پیش‌هسته‌ای است و می‌تواند در مراحل پیش‌تری انجام شود. یاخته‌های هوسته‌ای به وسیلهٔ **غشاها** به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند. بنابراین، اگر یاخته بخواهد نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد باید این عوامل به طریقی از غشاها عبور کنند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. در یاخته‌های هوسته‌ای، **بیش‌تر ژن‌ها در هسته** و **برخی در راکیزه** و **دیسسه‌ها** 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 هوسته‌های‌ها نیز مانند پیش‌هسته‌ای‌ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه‌انداز آغاز می‌شود.

در هوسته‌های‌ها 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 می‌کنند، 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 هوسته‌های‌ها

در هوسته‌های‌ها 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).



تست ۲۶: نوعی جاندار تک یاخته‌ای می‌تواند طی چرخهٔ سلولی خود و با گذشت از نقاط واریسی، مواد آلی غیر زندهٔ محیط را تجزیه نماید. کدام عبارت، در مورد این جاندار درست است؟ (سراسری ۹۴)

- ۱) به‌طور معمول، هر ژن بیش از یک توالی تنظیمی دارد.
- ۲) تنظیم بیان هر ژن، همواره در سطح رونویسی انجام می‌گیرد.
- ۳) ممکن است در حین ساخت mRNA، ترجمه از روی آن هم صورت بگیرد.
- ۴) مسئولیت تنظیم بیان چند ژن مجاور بر عهدهٔ یک راه‌انداز می‌باشد.

پاسخ:



تست ۲۷: چند مورد برای تکمیل جمله زیر مناسب است؟ « هر بخش تنظیمی ژن »

- * همواره در کنار جایگاه آغاز رونویسی است.
- * در مرحله سوم رونویسی، رونویسی می‌شود.
- * الگوی برای تولید یک نوع رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی است.
- * محلی برای اتصال آنزیم رونویسی کننده است.

۱(۱) ۲(۲) ۳(۳) ۴(۴)

پاسخ:



تمرین ۱۷: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) در هوسته‌های‌ها (همانند- برخلاف) پیش‌هسته‌ای‌ها فعال‌کننده وجود دارد.

ب) نقش توالی افزایشده مشابه تنظیم بیان ژن متابولیسم (لاکتوز- مالتوز) در باکتری است.

پ) بدون (توالی افزایشده- عوامل رونویسی) رونویسی ژن‌های هسته غیرممکن است.

ت) توالی افزایشده (مشابه- متفاوت از) راه‌انداز است.

پاسخ:



تمرین ۱۸: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

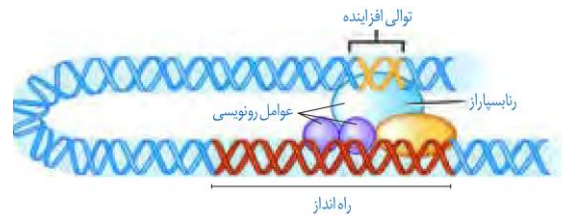
الف) همواره به دنبال اتصال فعال‌کننده به توالی افزایشده در دنا حلقه ایجاد می‌شود.

ب) هیستون‌ها می‌توانند روی تنظیم بیان ژن قبل از رونویسی مؤثر باشند.

پ) رشته الگوی ژن سازنده بعضی رناهای کوچک توالی یکسانی با رشته رمزگذار ژن سازنده بعضی رنا پیک دارند.

ت) توالی افزایشده همانند اپراتور، خارج از ژن قرار دارد.

پاسخ:



شکل ۱۹- توالی افزایشده و عوامل رونویسی متصل به آن

تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی

در هوسته‌های‌ها تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از آن هم انجام شود. اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنا 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 رنا ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

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

از روش‌های دیگر تنظیم بیان ژن طول عمر رنا پیک است. افزایش طول عمر رنا 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.