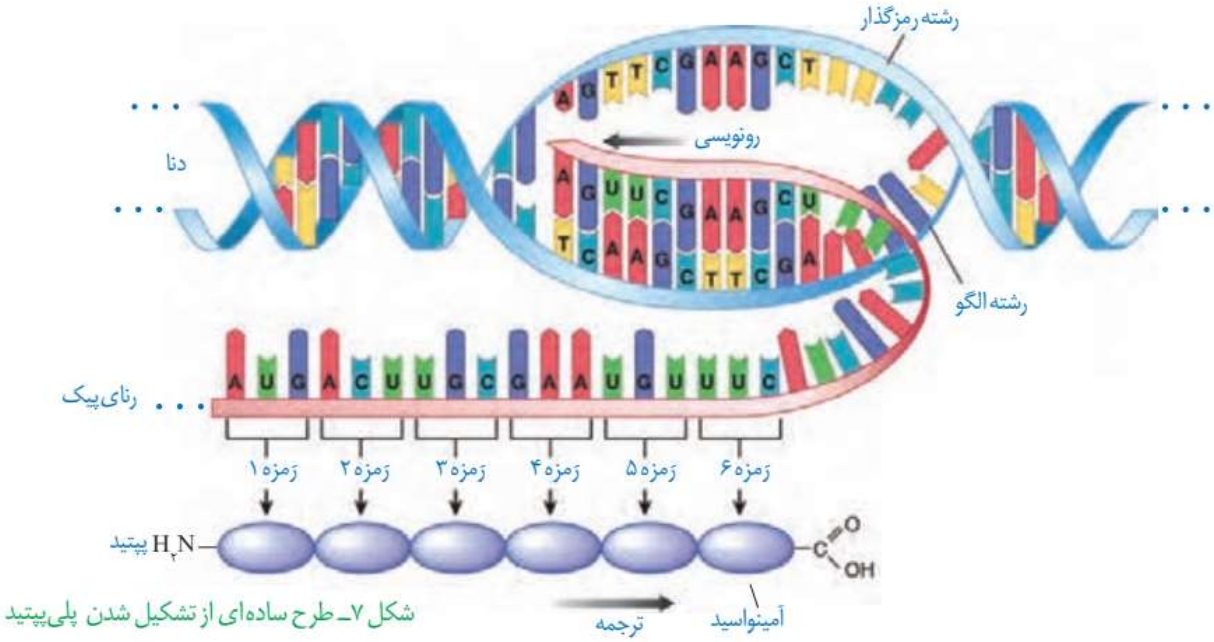
گفتار ۲ به سوی پروتئین

پلی پپتیدها از مهم ترین فراورده های ژن ها هستند. پروتئین ها اعمال مختلفی (مانند نقش آنزیمی، نقش گیرنده، نقش انتقالی، نقش حفاظتی، نقش انقباضی، نقش هورمونی و نقش تنظیمی) را در بدن انجام می دهند که پیش از این با برخی از آنها آشنا شده اید. اینکه چگونه ژن ها و پروتئین های حاصل از آن ،صفات را ایجاد می کنند در آینده مورد بحث قرار می گیرند. در این گفتار به نحوهٔ تبدیل اطلاعات وراثتیِ رنا ، به پروتئین می پردازیم.

تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به زبان پلی پپتیدی

دانستید که در فرایند رونویسی از روی توالی های دنا، رنا ساخته می شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده اند. ولی در ساختار پلی پپتیدها، آمینواسید وجود دارد . به ساخته شدن پلی پپتید از روی اطلاعات رنای پیک ، ترجمه[1] می گویند. طرح ساده ای از ژن تا پلی پپتید را در شکل زیر مشاهده می کنید (شکل۷).



شکل ۷ـ طرح ساده‌ای از تشکیل شدن پلی‌پپتید

توالی های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی پپتید قرار بگیرد. به این توالی ها ، **رمزه** (کُدون)[2] گفته می شود. در یاخته ۶۴ نوع رَمزه وجود دارد. نکته قابل توجه این است که رَمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان اند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟

رَمزه های **UGA**، **UAA** و **UAG** هیچ آمینواسیدی را رمز **نمی کنند** که به آنها **رَمزهٔ پایان** می گویند ، زیرا حضور این رَمزه ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می شود. **رَمزهٔ آغاز** یا **AUG** رَمزه ای است که ترجمه از آن آغاز می شود.این رَمزه، معرف آمینواسید متیونین نیز است.

---

[1] – Translation
[2] – Codon

بیشتر بدانید

انواع رَمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها

حرف دوم

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

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

چند نکته:

۱-جهت رونویسی و ترجمه همواره یکسان است. به عنوان مثال در شکل صفحه قبل جهت هر دو فرایند از راست به چپ است.

۲-بر روی مولکول mRNA، قبل از کدون آغاز و بعد از کدون پایان نوکلئوتیدهایی وجود دارد که کدون محسوب نمی شوند.

۳-اولین آمینواسید شرکت کننده در پلی پپتیدها همواره متیونین است.

۴- آمینوا سید بعدی از طریق گروه آمین خود به گروه کربوکسیل متیونین متصل میشود. (آمینوا سیدهای جدید از سمت آمین خود به زنجیره پلی پپتیدی در حال ساخت اضافه میشوند.)

۵- در رشته های پلی پپتیدی ساخته شده یا در حال ساخت نیز در ابتدای رشته، گروه آمین و در انتهای آن، گروه کربوکسیل مشاهده میشود

۶- در یک رشته پلی پپتیدی ممکن است علاوه بر متیونین آغازین، متیونین های دیگری حتی در انتهای رشته پلی پپتیدی هم وجود داشته باشد.

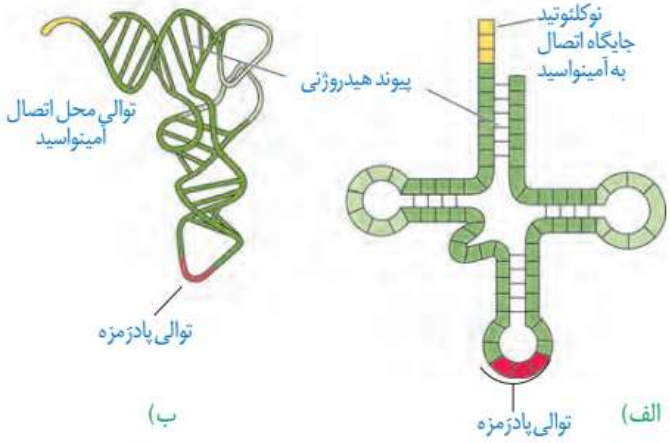
۷-ژن رمز کننده متیونین تاس (TAC) و آنتی کدون آن یاس(UAC) می باشد.

عوامل لازم در ترجمه

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می توان 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 می شود. در ترجمه هم براساس رَمزه های رنای پیک، پلی پپتید خاصی ساخته می شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، **آمینواسیدها** هستند. **رِناتَن ها** و **رناهای ناقل** از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. **انرژی** لازم برای تهیه پلی پپتید هم از مولکول های پر انرژی مانند ATP به دست می آید.

ساختار رنای ناقل

رنای ناقل **پس** از رونویسی دچار تغییراتی می شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل می توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. **به همین علت** رنای تک رشته ای، روی خود تا می خورد (شکل ۸ ــ الف). رنای ناقل تاخوردگی های مجددی پیدا می کند که **ساختار سه بعدی** را



شکل ۸ ــ رنای ناقل
الف) تاخوردگی اولیه
ب) ساختار سه بعدی

به وجود می آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه** (**آنتی کدون**[1]) است (شکل ۸) . به نظر شما علت این نام گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رَمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می کند.

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

نحوهٔ عمل رنای ناقل: همان طور که گفته شد، آمینواسید به رنای ناقل متصل می شود. حال پرسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می تواند متصل شود؟(**خیر**) .اهمیت بخش پادرَمزه ای در این اتصال چیست؟ (*آنزیم اتصال دهنده tRNA به آمینواسید از روی این توالی تشخیص میدهد که کدام آمینواسید باید به کدام tRNA متصل شود)*

در واقع در یاخته ها، آنزیم های ویژه ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادرَمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می کنند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادرَمزه در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل۹)۰

حال بر اساس آنچه تاکنون دربارهٔ رَمزه ها خوانده اید آیا می توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادرَمزه ای می تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟ (*با توالی پادرَمزه ای* UAC)

چند نکته:

۱-کدون شروع برای سنتز پروتئین یا فرایند ترجمه ،همواره AUG است .

۲- کدون AUG ، متعلق به آمینواسید متیونین است. به همین دلیل سنتز همه پروتئین ها با متیونین آغاز می شود .

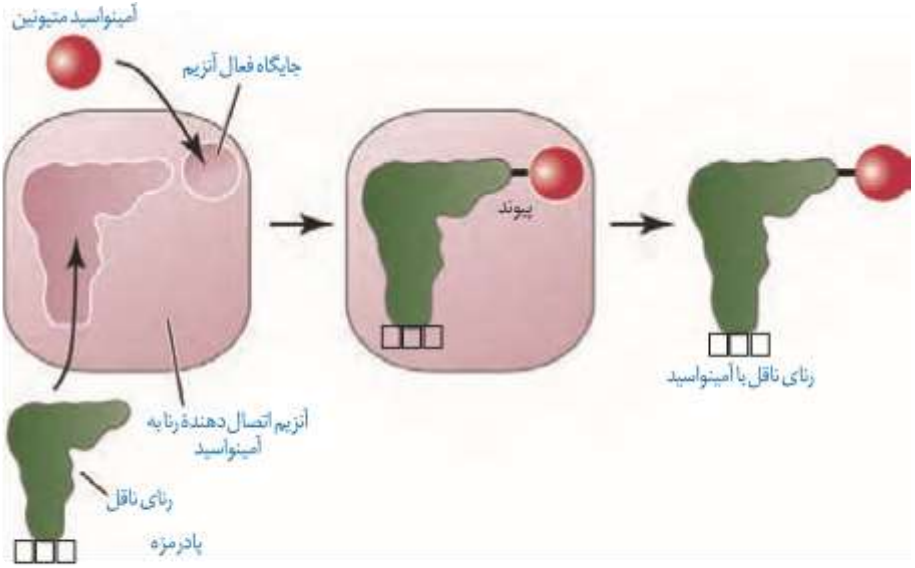
۳- بر روی مولکول tRNA، آنتی کدون مربوط به کدون آغاز نیز UAC است .

۴- بر روی رشته الگوی مولکول DNA یا ژن، نیز کد ژنتیکی یا توالی TAC متعلق به کدون آغاز است.

۵- کدو ن های پایان عبارتند از: UAG،UAA و UGA، که در فرایند ترجمه یکی از آنها شرکت می کند. این کدو نها متعلق به هیچ آمینواسیدی نیستند. به عبارت دیگر ،به ازای کدو ن های پایان هیچ آنتی کدونی وجود ندارد.

۶- می توان گفت در سلولها، آنتی کدو ن هایی با توالی های AUC،AUU و ACU وجود خارجی ندارند.

۷-بر روی رشته الگوی مولکول DNA یا ژن نیز کدهای ژنتیکی یا توالی های ATC،ATT و ACT متعلق به این کدون ها هستند.



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

شکل ۱۰ـ ترتیب قرارگیری زیرواحدهای رناتن

ساختار رناتن

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

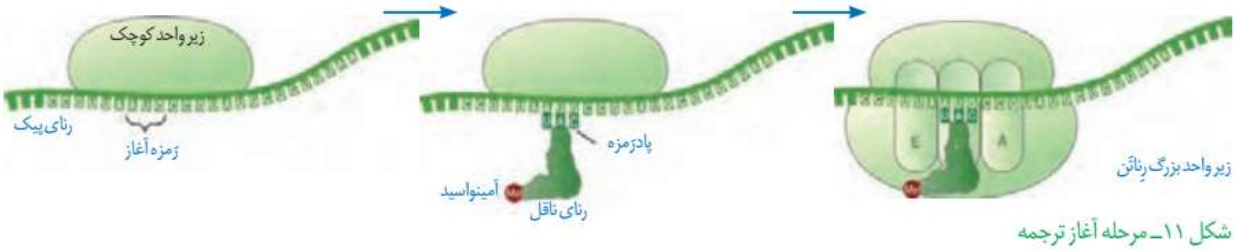
۱ـ Anticodon

مراحل ترجمه

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

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

در این مرحله جایگاه P در رِناتَن، 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** (شکل۱۱)

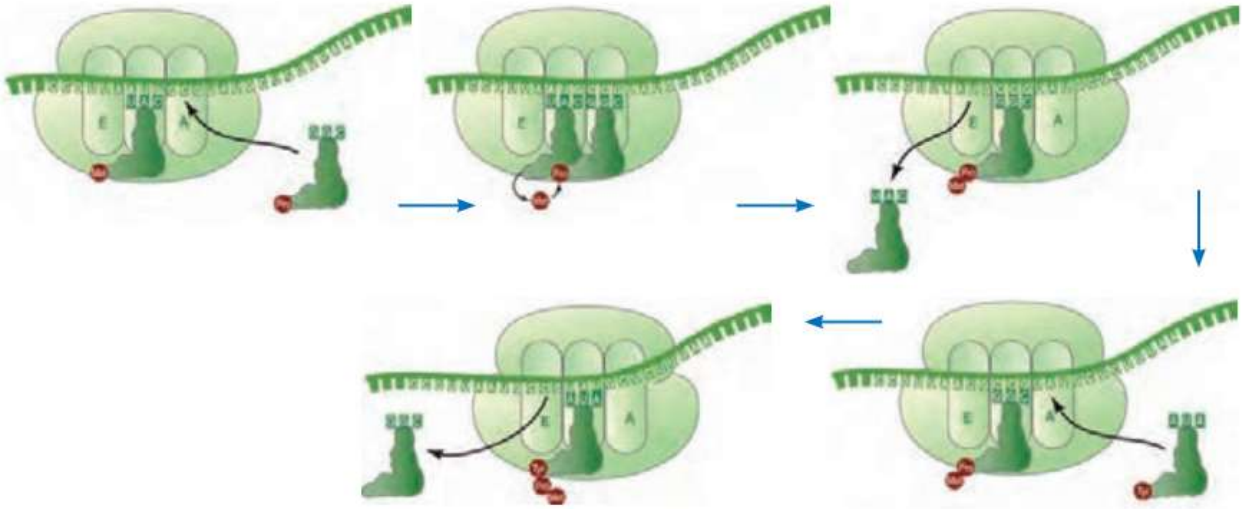


شکل ۱۱ــ مرحله آغاز ترجمه

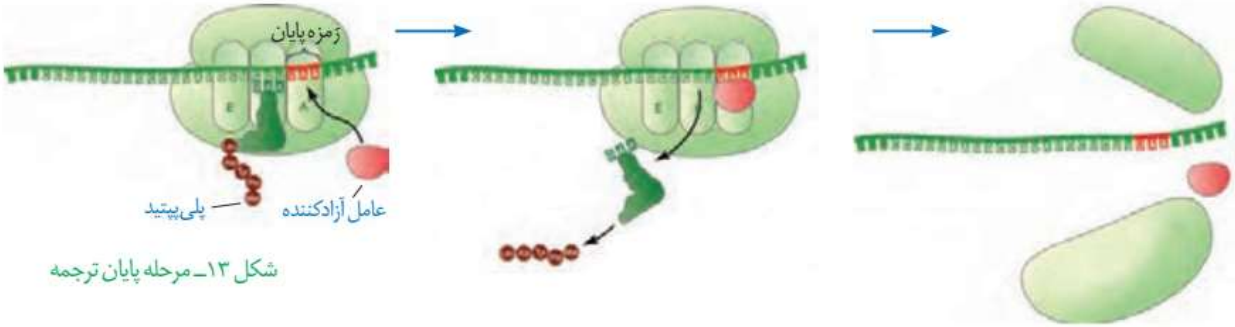
مرحله طویل شدن: در این مرحله **ممکن** است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رِناتَن شوند ولی فقط رنایی که مکمل رَمزهٔ جایگاه A است ،استقرار پیدا می کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می کند .سپس آمینواسیدِ جایگاهP از رنای ناقل خود جدا می شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند بر قرار می کند. آیا می دانید پیوند حاصل چه نام دارد؟ (*پیوند پپتیدی*) پس از آن رِناتَن به اندازهٔ یک رَمزه به سوی رَمزه 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 جایگاهP) 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 زنجیرهٔ آمینواسیدی بیشتر می شود تا رِناتَن به یکی از رَمزه های پایان برسد (شکل۱۲).

شکل ۱۲ـ مرحله طویل شدن ترجمه



مرحله پایان: با **ورود** یکی از رَمزه های پایان ترجمه در جایگاه A، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین هایی به نام عوامل آزادکننده[1] اشغال می شود. عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی پپتید از آخرین رنای ناقل می شوند؛ همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رِناتَن از هم و آزاد شدن رنای پیک می شوند. زیرواحدهای رِناتَن ها می توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی پپتید ساخته شود (شکل۱۳).



شکل ۱۳ـ مرحله پایان ترجمه

چند نکته:

۱) تنها tRNA یی که با اسید آمینه خود ابتدا وارد جایگاه P می شود، tRNA حامل متیونین و در مرحله آغاز ترجمه است .

۲) در حین ترجمه، پیوند های هیدروژنی بین ترجمه هم در A و هم در جایگاه P جایگاه بین کدون ها و آنتی کدون ها تشکیل می شود.

۳) تنها کدونی که که فقط وارد جایگاه A می شود و وارد P و E نمی شود : کدون پایان

۴) تنها کدونی که بدون وارد شدن به جایگاه A در جایگاه P و سپس E قرار میگیرد: کدون آغاز

۵) تنها کدون قابل ترجمه‌ای که وارد A و P میشود ولی وارد جایگاه E نمی شود: کدون ما قبل پایان

نکته: امکان خروج مستقیم رنای ناقل فاقد آمینواسید از رناتن، از جایگاه P و E امکانپذیر است؛ ولی امکان خروج رنای ناقل فاقد آمینواسید به صورت مستقیم از جایگاه A رناتن غیرممکن است.

نکته: در جایگاه E فقط رنای ناقل فاقد آمینواسید و در جایگاه A فقط رنای ناقل متصل به آمینواسید (یا پپتید) و در جایگاه P هم رنای ناقل متصل به آمینواسید (یا پپتید) و هم رنای ناقل فاقد آمینواسید قابل مشاهده هستند.

نکته: ساختار اولیه رنای ناقل و پروتئین، خطی و فاقد انشعاب است.

نکته: در شکل سه بعدی رنای ناقل، توالی پادرمزه، بیشترین فاصله را با محل اتصال آمینواسید دارد.

نکته: در ساختار رنای ناقل، حلقه ها فاقد پیوند هیدروژنی هستند.

نکته: قدیمی ترین و دورترین آمینواسید موجود در زنجیرهٔ پلی پپتیدی از رنای ناقل، همواره آمینواسید متیونین است.

نکته: همواره جدیدترین و آخرین آمینواسید، همان آمینواسیدی است که به رنای ناقل متصل می باشد.

اینجا واسه اینکه ببینیم چقدر یاد گرفتیم این تست ها رو حل میکنیم:

۱- با توجه به این مطلب که فرایند ترجمه، از سه مرحله تشکیل شده است، کدام گزینه عبارت زیر را به طور صحیح تکمیل می نماید؟

« حین ترجمه رنای پیک نوعی پروتئین، در ..... مراحلی که حرکت رناتن در طول رنای پیک ممکن نیست، ..... »

۱)بعضی از — در جایگاه A رناتن با آزادشدن مولکول آب، پیوند پپتیدی تشکیل می شود.

۲)همه — ورود رنای حاوی پیوندهای هیدروژنی در ساختار خود به جایگاه A رناتن، غیرمحتمل است.

۳)بعضی از — شکسته شدن پیوندهای اشتراکی میان واحدهای سازنده پروتئین ها در رناتن، دور از انتظار است.

۴)همه - پیوندهای سست و کم انرژی تشکیل شده بین دو ریبونوکلئیک اسید در جایگاه P رناتن شکسته می شود.

۲- در آخرین مرحله از فرایند ترجمه رنای پیک زنجیرهٔ بتای پروتئین تنظیم کنندهٔ pH خون، پس از ورود عوامل آزادکننده به رناتن، ابتدا .....

۱) زیرواحد بزرگتر رناتن از زیرواحد کوچکتر آن فاصله می گیرد.

۲) رناتن به اندازهٔ سه نوکلئوتید بر روی مولکول mRNA حرکت می کند.

۳) پیوند هیدروژنی بین ریبونوکلئوتیدها در جایگاه میانی رناتن شکسته می شود.

۴) نوعی آنزیم، پیوند بین آخرین آمینواسید و دورترین نوکلئوتید از توالی پادرمزه را تجزیه می نماید.

۳- مولکول tRNA یی که ..... دارد، .....

۱) در ساخته شدن مهمترین فرآورده های ژنها نقش - از طریق رمزه های خود با پادرمزه ها ارتباط برقرار می کند.

۲) در یک انتهای خود، توالی نوکلئوتیدی یکسانی - در ساختار نهایی آن، نوکلئوتیدهای مکمل می توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند.

۳) الگوی ساختن چند پلی پتید را به همراه - در پی فعال شدن عوامل رونویسی متصل به راه انداز ساخته شده است.

۴) در ساختار خود پیوندهای اشتراکی و واحدهای تکرارشونده سه بخشی - از رونویسی یک ژن ساخته شده است.

پاسخ تست ۱- گزینه ۲	**پاسخ تست ۲- گزینه ٤**	**پاسخ تست ۳- گزینه٤**

هر جایگاهی از رناتن که ...

۱) **اولین** رنای ناقل واردشده به رناتن می تواند در آن دیده شود: جایگاه E + P
۲) **خروج** رنای ناقل از آن صورت می گیرد : جایگاه E + P + A
۳) **ورود** رنای ناقل به آن دیده می شود : جایگاه P + A
۴) **پیوند پپتیدی** در آن تشکیل می شود : جایگاه A
۵) در آن پیوند اشتراکی **شکسته** می شود: جایگاه P
۶) در آن پیوند هیدروژنی **تشکیل** می شود: جایگاه P + A
۷) **رمزهٔ پایان** به آن **وارد** می شود: جایگاه A
۸) رنای ناقل **فاقد** آمینواسید در آن مشاهده می شود : جایگاه E + P
۹) توالی آنتی کدونی مربوط به آمینواسید متیونین (UAC) به آن وارد می شود: جایگاه E + P + A
۱۰) در آن مولکول **آب** تولید می شود: جایگاه A
۱۱) **رشته پلی پپتیدی** در آن مشاهده می شود: جایگاه P + A
۱۲) در **انتهای** مرحلهٔ آغاز **دارای** رنای ناقل حاوی آمینواسید است: جایگاه P
۱۳) در مرحلهٔ طویل شدن **دارای** رنای ناقل متصل به آمنواسید است: جایگاه A و P
۱۴) در مرحلهٔ پایان **دارای** رنای ناقل متصل به آمینواسید است: جایگاه P

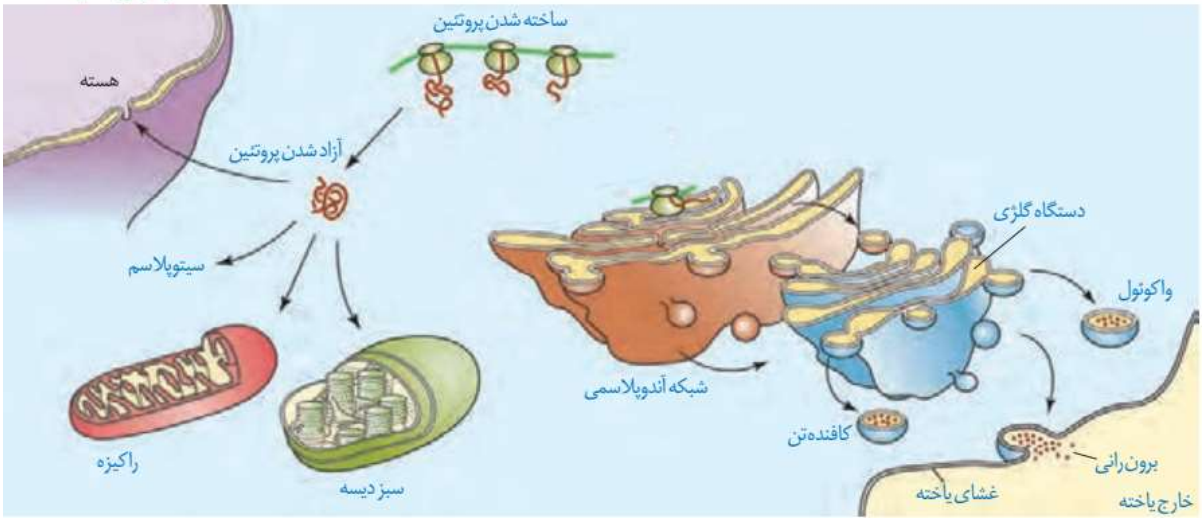
محل پروتئین سازی و سرنوشت آنها

پروتئین ها در بخش های **مختلفی** از یاخته ساخته می شوند. **به طور کلی** پروتئین سازی در هر بخشی از یاخته که رِناتَن ها حضور داشته باشند می تواند **انجام شود**.

همان طور که در شکل ۱۴ می بینید، پروتئین های ساخته شده در سیتوپلاسم **سرنوشت های مختلفی** پیدا می کنند. **بعضی** از این پروتئین ها به **شبکهٔ آندوپلاسمی** و **دستگاه گلژی** می روند و **ممکن** است برای ترشح به **خارج رفته** یا به بخش هایی مثل **واکوئول** (کُریچه) و کافنده تن بروند. **بعضی** پروتئین ها نیز در **سیتوپلاسم** می مانند و یا اینکه به **راکیزه ها** ، **هسته** و یا **دیسه ها** می روند. در هر یک از این موارد **براساس مقصدی** که پروتئین باید برود، **توالی های آمینواسیدی** در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد **هدایت** می کند(شکل۱۴)

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

شکل ۱۴ـ سرنوشت پروتئین های ساخته شده در سیتوپلاسم



نکاتی در مورد محل پروتئین سازی و سرنوشت پروتئین ها:

۱)بر اساس کتاب در هر مکان از سلول که رناتن ها حضور دارند، پروتئین سازی می تواند انجام شود.

۲)در سلولهای پروکاریوتی رناتن ها در یک مکان و در سلولهای یوکاریوتی در پنج مکان میتوانند حضور داشته باشند.

۳) در پروکاریوتها: ترجمه فقط در سیتوپلاسم انجام می شود .

۴) در یوکاریوتها: ترجمه در پنج مکان و به وسیله دو نوع رناتن انجام می شود .

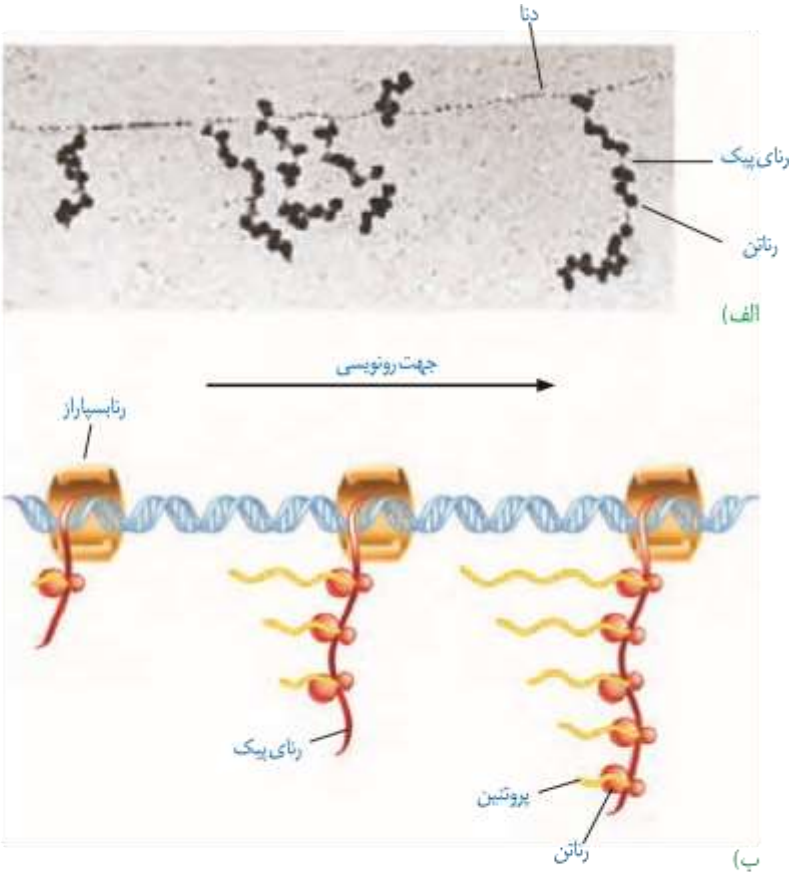
الف) در سه مکان یعنی در پوشش هسته، شبکه آندوپلاسمی زبر، ماده زمینه سیتوپلاسم و به وسیله رناتن ها انجام می شود.

ب)در دو مکا ن یعنی در بستره میتوکندری و بستره کلروپلاست به وسیله رناتن ها ی این اندامک ها انجام می شود.

سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

به‌طور کلی سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود. در پروکاریوت‌ها پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است. برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به‌طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از رناتن‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته‌شود (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 یوکاریوتی نیز دیده می‌شوند. البته در این یاخته‌ها سازوکارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین‌سازی هست. در مجموع، این عوامل موجب طولانی‌تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می‌شود.



شکل ۱۵ـ الف) تصویر میکروسکوپی مجموعهٔ 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 پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را با هم مقایسه کنید.

نکاتی در مورد سرعت و مقدار پروتئین سازی

۱) در ساختار فوق همزمانی عمل رونویسی و ترجمه در حال انجام است.

۲) روی مولکولهای mRNA نیز به تعداد دانه های تسبیح یا همان رناتن های پروکاریوتی، پلی پپتیدهای یکسان در حال ساخته شدن هستند.

۳) جهت رونویسی و ترجمه در ساختار فوق ، قطعاً یکسان و از رشته های کوچک به بزرگ است.

۴) یک ساختمان دانه تسبیحی مربوط به mRNA قطعاً پروکاریوتی است که می تواند درون اندامک های یوکاریوتی یعنی میتوکندری و کلروپلاست هم مشاهد شود.