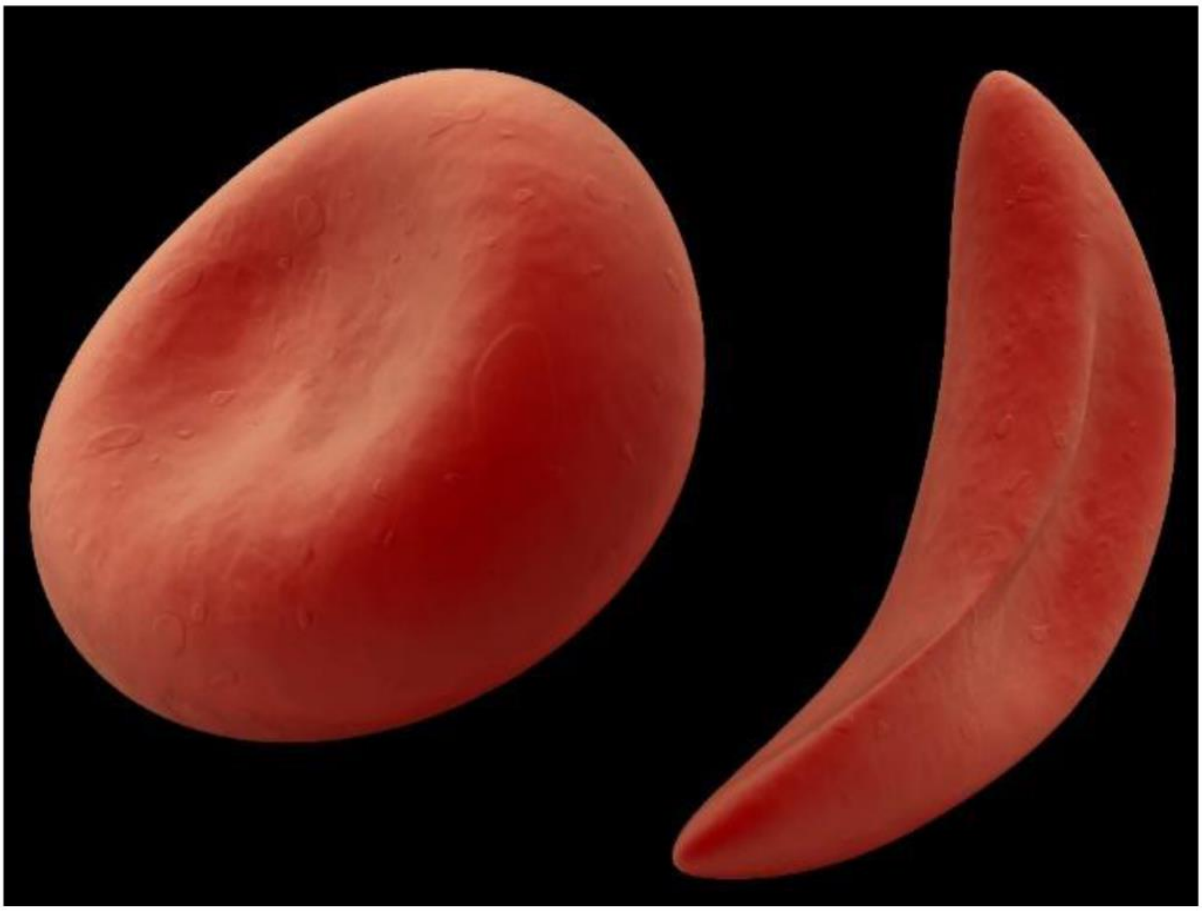


فصل ۲– جریان اطلاعات در یاخته

تصویر بالا دو گویچه قرمز را نشان می دهد .گویچه سمت راست مربوط به شخصی است که دچار نوعی بیماری ارثی به نام کم خونی داسی شکل (آنمی) است .علت این بیماری نوعی تغییر ژنی است که باعث می شود پروتئین هموگلوبین آن دچار تغییر شود و در نتیجه شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی شکل تغییر کند . این تغییر ژنی بسیار جزیی است و در آن تنها یک جفت از هزاران جفت نوکلئوتید دنا در افراد بیمار تغییر یافته است .این بیماری همچنین نوعی رابطه بین ژن و پروتئین را نشان می دهد .

اطلاعات ژنها چگونه در یاخته ها مورد استفاده قرار می گیرد؟ آیا این اطلاعات در سایر یاخته ها نیز وجود دارد؟چرا بعضی ژنها مانند ژن سازنده هموگلوبین فقط در گویچه های قرمز بروز می کند و مثلا در یاخته های بافت پوششی پوست بروز نمی کند؟ این موارد نمونه پرسشهایی هستند که در این فصل به آنها پاسخ داده می شود .در این فصل به رابطه بین ژنها و فرآورده های آنها، علت و نحوه بروز یا عدم بروز بعضی ژنها می پردازیم.

گفتار ۱ – رونویسی از مولکول دنا (DNA) :

در فصل گذشته دیدید که واحد سازنده ی مولکول دنا، نوکلئوتید است ولی پلی پپتیدها از آمینواسید تشکیل شده اند .چون دستورالعمل ساخت پلی پتپیدها در مولکول دنا قرار دارد، پس باید بین نوکلئوتیدهای ژن و آمینواسیدهای پلی پپتید، ارتباطی وجود داشته باشد.

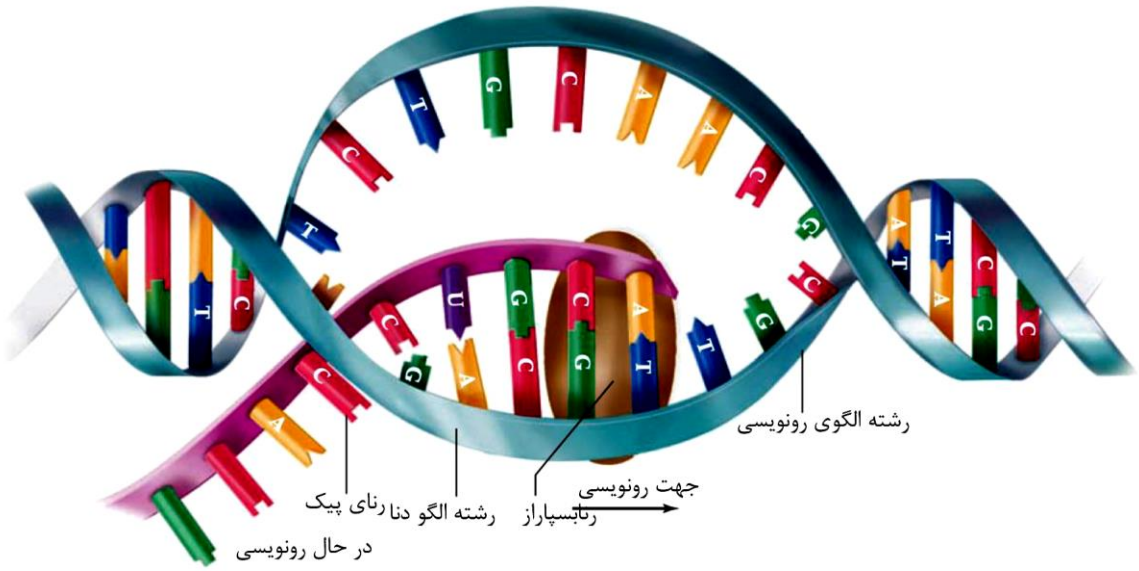
دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پروتئین را تعیین می کند؟

آموختیدکه ، در مولکول دنا، ٤ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند .درحالی که پلی پتپیدها از ۲۰ نوع آمینواسید تشکیل شده اند .پس از پژوهش هایی، مشخص شد که هر توالی۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا، معادل نوعی آمینواسید است .توالیهای ۳ نوکلئوتیدی دنا، ۶۴ حالت ایجاد می کنند که می توانند رمز ساخت پلی پپتیدهایی با ۲۰ نوع امینواسید را داشته باشند .منظور از **رمز**، مجموعه نشانه هایی است که برای ذخیره یا انتقال اطلاعات استفاده می شود .مثلا حروف الفبای فارسی نوعی رمز هستند .با توجه به تعداد رمزها و تعداد آمینواسیدها مشخص است که برخی آمینواسیدها می توانند بیش از یک رمز داشته باشند.

نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

می دانید که ساخت پروتئین ها توسط رناتن ها (ریبوزوم ها) انجام می شود .در یاخته های دارای هسته، ریبوزوم ها در هسته حضور ندارند و بنابراین فرآیند ساخت پروتئین در هسته انجام نمی شود .در این یاخته ها، با وجود نقش اساسی دنا برای ساخت پروتئین ها، دنا هم از هسته خارج نمی شود . حال این سوال پیش می آید که دستورات ساخت پروتئین چگونه به بیرون هسته منتقل می شود؟ پاسخ در مولکول رنا است .در واقع انواعی از رنا در یاخته وجود دارند که در پروتئین سازی نقش دارند.

این رناها از روی مولکول دنا ساخته می شوند .به ساخته شدن مولکول رنا از روی بخشی از یک رشته دنا، رونویسی گفته می شود..

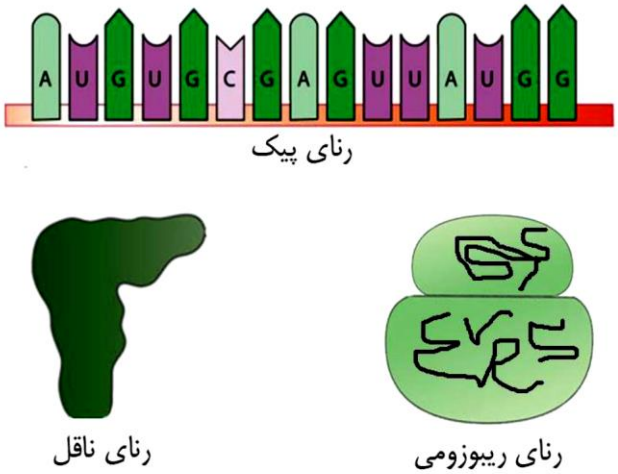


شکل ۱–طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

اساس رونویسی شباهت زیادی با همانندسازی دنا دارد .در این فرآیند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره رنا قرار می گیرد و به هم متصل می شوند .برخلاف همانندسازی که در چرخه یاخته ای یکبار انجام می شود، رونویسی یک ژن می تواند بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود. همانطور که میدانید انواعی از رِنا در فرایند رونویسی ساخته می شود.

فرایند رونویسی به کمک آنزیم ها انجام می شود .این آنزیم ها را، تحت عنوان کلی **رنابسپاراز** (RNA پلیمراز) نامگذاری می کنند.

در پروکاریوتها یک نوع رنابسپاراز وظیفه ساخت انواع رنا را بر عهده دارد .در یوکاریوتها، انواعی از رنابسپاراز ، ساخت رناهای مختلف را انجام می دهند. مثلا رنای پیک (mRNA) توسط رنابسپاراز ۲ ، رنای ناقل (tRNA) توسط رنابسپاراز ۳ و رنای ریبوزومی (rRNA) توسط رنابسپاراز ۱ ساخته می شود.



شکل ۲- انواعی از رنا در یاخته

مراحل رونویسی

RNA رابطه ی بین DNA و پروتئین را برقرار می کند:

از اطلاعات موجود در DNA برای ساختن پروتئین ها نیز استفاده می شود، بنابراین پروتئین ها در هسته رمز دارند. اما جایگاه DNA در هسته و جایگاه پروتئین سازی در سیتوپلاسم است. بنابراین DNA نمی تواند مستقیماً برای ساختن پروتئین مورد استفاده قرار گیرد. به همین سبب، انتظار می رود نوعی مولکول میانجی، ارتباط بین DNA و ریبوزوم ها را برقرار کند که این میانجی mRNA است. لذا، RNA هم در هسته یافت می شود و هم در سیتوپلاسم که دانشمندان نتیجه گرفتند : **RNA پل ارتباطی بین DNA و پروتئین‌سازی است.**

جایگاه DNA در هسته و جایگاه پروتئین‌سازی در سیتوپلاسم است. بنابراین DNA نمی‌تواند مستقیماً برای ساختن پروتئین مورد استفاده قرار گیرد. طی فرآیندی به نام نسخه‌برداری یا رونویسی، مولکولی به نام RNA ساخته می‌شود. بدین ترتیب اطلاعات DNA به RNA منتقل می‌شود.

RNA می‌تواند از هسته به سیتوپلاسم بیاید و در سیتوپلاسم طی فرآیند ترجمه از روی آن پروتئین ساخته شود.

بررسی نشان داده است که در سلول‌هایی که فعالیت پروتئین‌سازی شدید است، RNAی فراوانی هم یافت می‌شود و برعکس در سلول‌هایی که فرآیند پروتئین‌سازی در آن‌ها چندان شدید نیست، مقدار RNA نیز کم است.

آن نوع RNA که اطلاعات را از DNA به ریبوزوم‌ها حمل می‌کند، RNAی پیک یاmRNA نامیده می‌شود.

RNAی ناقل یا tRNA در فرآیند پروتئین‌سازی نقش مهمی دارد به طوری که آمینواسیدها را به ریبوزوم منتقل می‌کند تا ریبوزوم آمینواسیدها را براساس اطلاعات موجود در mRNA کنار یکدیگر ردیف کند.

RNAی ریبوزومی یا rRNA در ساختار ریبوزوم‌ها شرکت داشته و در پروتئین‌سازی نقش مهمی را برعهده دارد.

بر این اساس و نیز براساس آزمایش ها و مشاهدات دیگر دانشمندان به این نتیجه رسیدند که این مولکول میانجی، RNA است. به این نوع RNA که اطلاعات را از DNAبه ریبوزوم ها حمل می کند، RNA پیک می گویند و آن را با mRNA نشان می دهند دو نوع RNA دیگر نیز در سلول وجود دارند که در فرآیند پروتئین سازی نقش های مهمی بر عهده دارند. یکی RNA ناقل است که آن را با tRNA نشان می دهند. این مولکول آمینو اسیدها را به ریبوزوم منتقل می کند، تا ریبوزوم آمینو اسیدها را براساس اطلاعات موجود در mRNA کنار یکدیگر ردیف کند و دیگری RNA ریبوزومی است که آن را rRNA نمایش می دهند. rRNA در ساختار ریبوزوم ها شرکت دارد.

هم در پروکاریوتها و هم در یوکاریوتها سه نوع RNA داریم که هر سه توسط آنزیم RNA پلیمراز از روی DNA رونویسی می شوند.

۱- mRNA (پیک) (کدون) : اطلاعات DNA را از هسته به سیتوپلاسم منتقل می کند و سپس از روی اطلاعات mRNA ، پروتئین سازی در سیتوپلاسم انجام می گیرد.

۲- tRNA (ناقل): مسئول انتقال آمینو اسیدها به ریبوزوم است.

۳- rRNA (ریبوزومی): نقش آنزیمی دارد و مسئول اتصال آمینو اسید به یکدیگر است و بین آمینو اسیدها پیوند پپتیدی برقرار می کند.

نکته: rRNA تنها آنزیمی است که ساختار پروتئینی ندارد بلکه ساختار ریبونوکلئیک اسید دارد و وظیفه ی آن ایجاد پیوند پپتیدی در روند پروتئین سازی است در یوکاریوتها در هستک ساخته شده و در پرکاریوتها در ناحیه ی نوکلئوتیدی ساخته می شود.

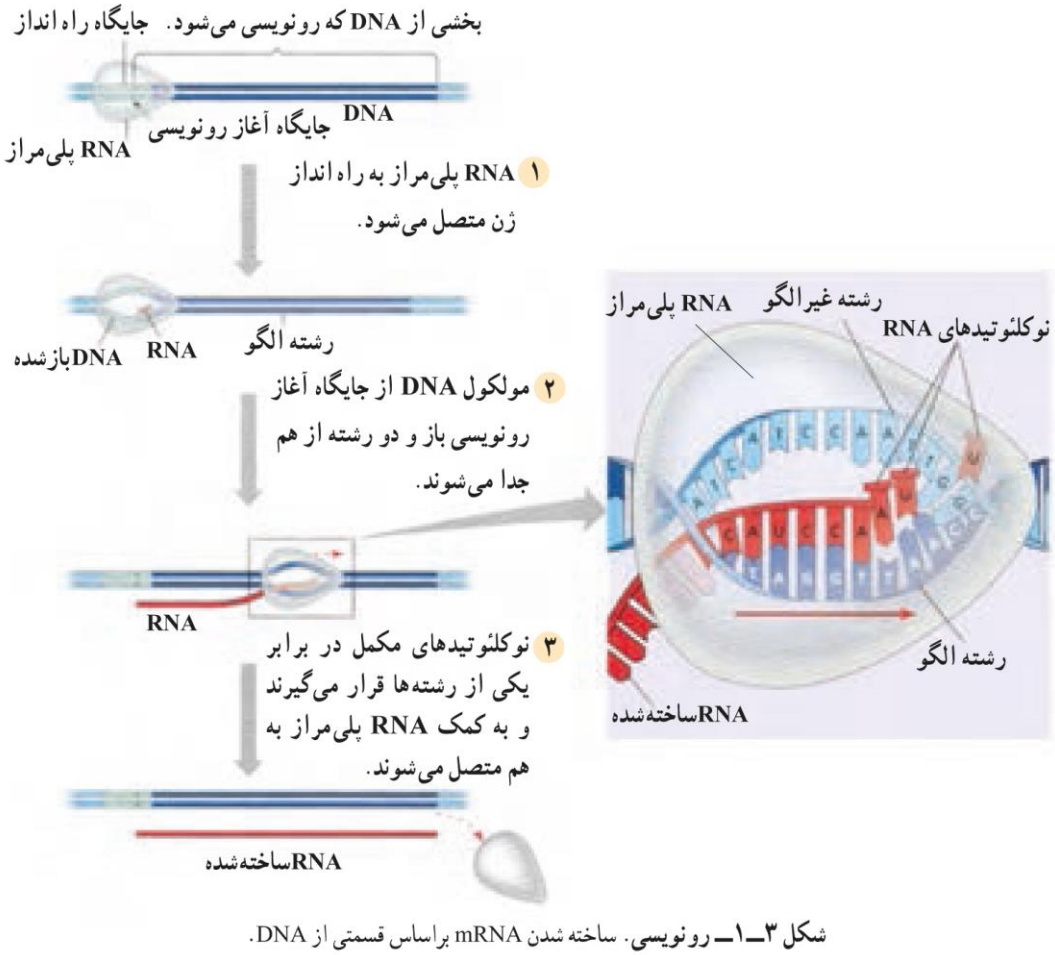
مقایسه انواع RNA پلی مراز :

نوع سلول	نوعRNA پلی مراز	محل ساخته شدن	محل فعالیت	نوع فعالیت	نتیجه فعالیت
یو کاریوتی	I	سیتو پلاسم	هسته	رونویسی از ژن های مولدrRNA	ساخت rRNA
	II	سیتو پلاسم	هسته	رونویسی از ژن های مولد mRNA و برخی از RNA های کوچک	ساخت mRNA و برخی از RNA های کوچک
	III	سیتو پلاسم	هسته	رونویسی از ژن های مولد tRNA و برخی از RNA های کوچک	ساخت tRNA و برخی از RNA های کوچک
پروکاریوتی	پروکاریوتی	سیتو پلاسم	سیتو پلاسم	رونویسی از همه ژن ها	ساخت همه انواع RNA (mRNA- tRNA و rRNA)

نوع سلول	همانند سازی	رونویسی	ترجمه	تنظیم بیان ژن	اتصال RNA پلی مراز به راه انداز
پروکاریوت	**سیتوپلاسم**	**سیتوپلاسم**	**سیتوپلاسم**	**سیتوپلاسم**	**سیتوپلاسم**
یوکاریوت	**هسته و سیتوپلاسم**	**هسته و سیتوپلاسم**	**سیتوپلاسم**	**اغلب هسته**	**هسته و سیتوپلاسم**

مراحل رونویسی:

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



شکل ۳ــ۱ــ رونویسی. ساخته شدن mRNA براساس قسمتی از DNA.
RNA پلی‌مراز نوکلئوتیدهای مکمل را از روی الگوی ژن، در RNA جای می‌دهد.

مرحله آغاز :

در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می شود و دو رشته ی آن را از هم باز می کند .به نظر شما کدام پیوندها در این ناحیه شکسته می شوند؟ برای این که رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی های نوکلئوتیدی در دنا وجود دارد که رنابسپاراز آن را شناسایی می کند و بر روی آن قرار می گیرد.

به این توالی، **راه انداز** گفته می شود .این توالی ها مانند باند فرود، برای فرود صحیح هواپیما است .راه انداز موجب می شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا کرده و رونویسی را آغاز کنند .در این حالت بخش کوچکی از مولکول دنا باز می شود و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می شود .نحوه عمل رنابسپاراز به صورتی 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 متصل می کند.

رونویسی با اتصال RNA پلیمراز به راه انداز شروع شده و راه انداز باعث می شود تا رونویسی از محل صحیح شروع شود و مثلاً از وسط ژن شروع نکند. راه انداز در نزدیکی جایگاه آغاز رونویسی (اولین نوکلئوتید از DNA که رو نویسی می شود) است.

بنابراین اتفاقی که در مرحله اول رخ می دهد، شناسایی راه انداز توسط RNAپلیمراز است و آنزیم روی DNA قرار می گیرد.

ساختار نوکلئوپروتئینی ؛ یعنی آنزیم RNAپلیمراز و راه انداز، نشانه ی این مرحله است.

مرحله طویل شدن :

در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه میدهد که در نتیجه آن رنا طویل میشود .همچنانکه مولکول رنابسپاراز به پیش میرود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و چندین نوکلئوتید عقبتر رشته رنا از دنا جدا می شود و دو رشته ی دنا مجدداً به هم می پیوندند .بنابر این در محل رونویسی و نواحی مجاور آنها حالتی شبیه حباب ایجاد می شود که به سوی انتهای ژن پیش می رود.

RNA پلیمراز با شکستن پیوند هیدروژنی بین بازهای مکمل DNA ، نوکلئوتید های مکمل دو رشته ی DNA را از یکدیگر باز می کند.

RNAپلیمراز بدون مصر یا تولید آب ، پیوندهای هیدروژنی دو رشته را باز می کند.حرکتی روی DNA صورت نمی گیرد و هنوز RNA ساخته نشده است. در واقع در این مرحله شکسته شدن پیوند هیدروژنی بین بازهای آلی مربوط به مربوط به دئوکسی ریبونوکلئوتیدها صورت می گیرد.

نکته : اگر گفته شد در این مرحله پیوند هیدروژنی بین دو رشته ی الگو باز می شود، دام آموزشی است زیرا در رونویسی فقط یک رشته الگو خواهد بود.

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 رنای تازه ساخت جدا و دو رشته ی دنا به هم متصل می شوند.

RNA پلیمراز مانند قطار روی ریل حرکت کرده و در مقابل هر یک از دئوکسی ریبونوکلئوتیدهای DNA ریبونوکلئوتید مکمل را قرار می دهد و با پیوند فسفو دی استر هر ریبونوکلئوتید جدید را به ریبونوکلئوتیدهای قبلی وصل می کند.در رونویسی نیز از قوانین جفت شدن بازها استفاده می شود. RNA پلیمراز، DNA و mRNA تازه ساخته شده پس از رونویسی جایگاه پایان رونویسی از یکدیگر جدا شده و mRNA برای ترجمه آزاد می شود.

در این مرحله تشکیل پیوند هیدروژنی بین باز جایگاه آغاز رونویسی با باز اولین ریبونوکلئوتید RNA است، سپس بین باز نوکلئوتید بعد از جایگاه آغاز رونویسی با دومین ریبونوکلئوتید RNAی در حال ساخت پیوند هیدروژنی تشکیل می شود و نهایتاً پیوند فسفودی استر بین ریبونوکلئوتید اول و دوم تشکیل خواهد شد و این فرآیند مرتباً تکرار می شود.

نکته : در این مرحله دو رشته ی DNA هم از یکدیگر جدا می شوند و هم به هم متصل می شوند.

نکته : در این مرحله RNAی در حال ساخت و یک رشته ی DNA (رشته الگو) نیز به یکدیگر متصل و از هم جدا می شوند.

خلاصه پیوندها در مرحله ی سوم به ترتیب عبارتند از :

۱- ادامه روند شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای DNA
۲- تشکیل پیوند هیدروژنی بین دئوکسی ریبونوکلئوتید و ریبونوکلئوتید به صورت خوبخودی
۳- تشکیل پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتیدهای مجاور RNA
۴- شکستن پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای DNA و RNA
۵- تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای DNA

بررسی انواع نوکلئوتیدها در هر یک از مراحل رونویسی :

۱- در مرحله ی یک ، دو رشته ی پلی نوکلئوتیدی DNA وجود دارد و چهار نوع نوکلئوتید وجود دارد .
۲- در مرحله ی دو ، دو رشته ی پلی نوکلئوتیدی DNA وجود دارد و چهار نوع نوکلئوتید وجود دارد .
۳- در مرحله ی سه ، دو رشته ی پلی نوکلئوتیدی DNA و یک رشته ی پلی نوکلئوتیدی RNA وجود دارد و ۸ نوع نوکلئوتید وجود دارد .