

تعریف: ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، ترجمه نامیده می‌شود.





ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، ترجمه نامیده می‌شود. مهم‌ترین عوامل مورد نیاز برای ترجمه عبارتند از:

۱ رنای پیک: نوعی رناست که از روی ژن پلی‌پپتیدساز ساخته می‌شود و تعداد، نوع و ترتیب آمینواسیدها را در فرایند ترجمه تعیین می‌کند. توالی‌های سه نوکلئوتیدی رنای پیک، **رمزه** (کدون) نامیده می‌شوند.

۲ رنای ناقل: آمینواسیدها را به رناتن منتقل می‌کند تا رناتن آن‌ها را بر اساس دستورالعمل رنای پیک به یکدیگر متصل کند و پلی‌پپتید بسازد. هر نوع رنای ناقل، توالی سه نوکلئوتیدی ویژه‌ای به نام **پادرمزه** (آنتی‌کدون) دارد.

۳ رناتن (ریبوزوم): از دو زیرواحد بزرگ و کوچک تشکیل شده است و هر یک از زیرواحدهای آن از **پروتئین** و **رنا** ساخته شده‌اند.

هنگامی که ساختار رناتن کامل است، سه جایگاه به نام‌های **A** (محل قرارگیری آمینواسید)، **P** (محل قرارگیری پلی‌پپتید) و **E** (محل خروج رناتن) دارد.

۴ آمینواسیدها: در ساختار هر نوع پروتئین، حداکثر ۲۰ نوع آمینواسید مختلف به کار می‌رود.

۵ ATP: انرژی مورد نیاز برای فرایند ترجمه، از مولکول‌های ATP تأمین می‌شود.

رنای پیک (mRNA):

۱ در یاخته، ۶۴ نوع رمزه وجود دارد که ۶۱ نوع آن مربوط به ۲۰ نوع آمینواسید و ۳ نوع آن رمزه پایان هستند. رمزه‌های آمینواسیدها در جانداران مختلف، یکسان‌اند.

۲ رمزه آغاز (AUG) علاوه بر این که محل شروع ترجمه را مشخص می‌کند، به معنی آمینواسید متیونین نیز هست اما رمزه‌های پایان (UAG، UAA و UGA) هیچ نوع آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند.

رنای ناقل (tRNA):

۳ رنای ناقل که از رونویسی حاصل می‌شود، ساختار **خطی** دارد اما پس از رونویسی، تغییراتی می‌کند و بخش‌هایی از این مولکول تا خوردگی پیدا می‌کنند و بین نوکلئوتیدهای مکمل آن **پیوندهای هیدروژنی** ایجاد می‌شود. سپس تا خوردگی‌های بیشتر، ساختار نهایی (سه‌بعدی) آن را ایجاد می‌کنند که شبیه حرف **L** است.

۴ رنای ناقل همانند سایر رناها مولکولی تک‌رشته‌ای است اما به دلیل تا خوردگی، بخش‌هایی از آن **دو رشته‌ای** به نظر می‌رسند.

۵ رنای ناقل، بخشی به نام **جایگاه اتصال** آمینواسید دارد که آمینواسید به نوکلئوتید انتهایی آن متصل می‌شود.

۶ هر رنای ناقل، **پادرمزه** (آنتی‌کدون) اختصاصی دارد که می‌تواند با یکی از رمزه‌های آمینواسید، رابطه مکملی برقرار کند.

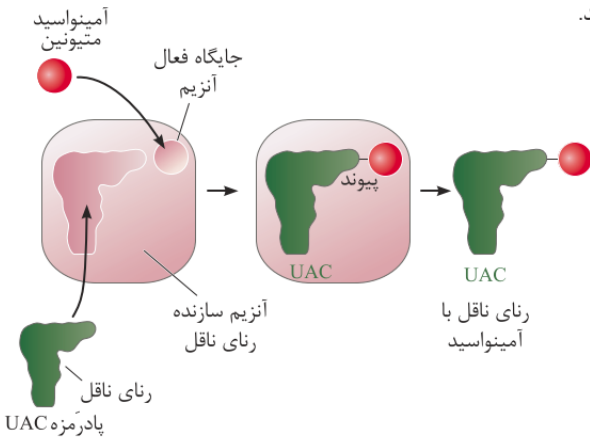
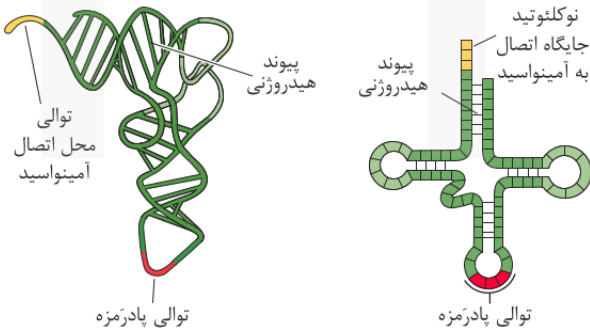
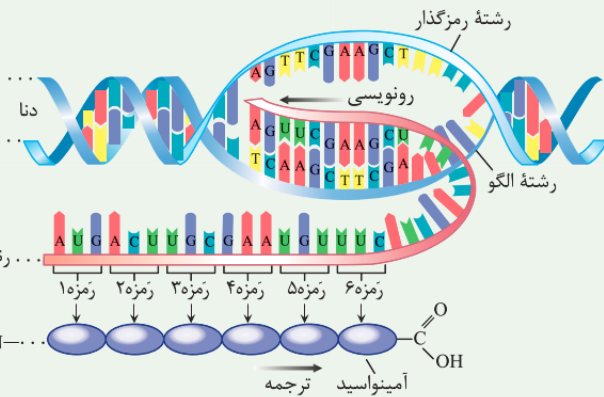
۷ در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پادرمزه، انواع توالی‌های مشابه وجود دارند.

۸ تنوع پادرمزه‌ها کمتر از رمزه‌هاست که یکی از دلایل آن، نبود رنای ناقل برای رمزه‌های پایان است.

۹ آنزیم‌های ویژه‌ای، بر اساس نوع توالی پادرمزه، آمینواسید مناسب را به جایگاه اتصال آن در رنای ناقل متصل می‌کنند. این فرایند نیازمند انرژی است.

۱۰ هر نوع پادرمزه با رمزه نوعی آمینواسید رابطه مکملی دارد. مثلاً رمزه آمینواسید متیونین به صورت AUG است و رنای ناقل این آمینواسید دارای پادرمزه UAC است.

۱۱ ویژه: رنای ناقل با پادرمزه‌های AUC، AUU و ACU وجود ندارد.





ترجمه، فرایندی پیوسته است اما برای سادگی، آن را به سه مرحله تقسیم می‌کنند:

مرحلهٔ آغاز: ۱ بخش‌هایی از RNA پیک، زیرواحد کوچک رناتن را به سوی رمزهٔ آغاز هدایت می‌کنند. ۲ RNA ناقلی که پادرمزهٔ آن UAC است و با خود آمینواسید متیونین حمل می‌کند، با پیوندهای هیدروژنی، به رمزهٔ آغاز متصل می‌شود. ۳ با اضافه شدن زیرواحد بزرگ رناتن به این مجموعه، ساختار رناتن کامل می‌شود. ۴ در این مرحله، RNA ناقل متیونین در جایگاه P رناتن قرار دارد. ۵ در مرحلهٔ آغاز، فقط جایگاه P با RNA ناقل پر است و جایگاه‌های A و E خالی‌اند.

مرحلهٔ طول شدن: ۱ RNAهای ناقل همراه با آمینواسید اختصاصی خود وارد جایگاه A می‌شوند. در صورتی که بین رمزه و پادرمزه رابطهٔ مکملی صحیح برقرار باشد، در جایگاه A استقرار پیدا می‌کند. ۲ آمینواسید موجود در جایگاه P از RNA ناقل جدا می‌شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند پپتیدی برقرار می‌کند. پیوند پپتیدی در جایگاه A برقرار می‌شود. ۳ رناتن به اندازهٔ یک رمزه به پیش می‌رود. در نتیجه، رشتهٔ پلی‌پپتیدی در حال ساخت همراه با RNA ناقل در جایگاه P قرار می‌گیرد و جایگاه A خالی می‌ماند. ۴ RNA ناقل بدون آمینواسید در جایگاه E قرار می‌گیرد و سپس از این جایگاه خارج می‌شود.

مرحلهٔ پایان: ۱ با ورود یکی از رمزه‌های پایان ترجمه به جایگاه A، ترجمه پایان می‌یابد؛ چون برای رمزهٔ پایان، RNA ناقل مکمل وجود ندارد. ۲ پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده، جایگاه A را اشغال می‌کنند. این پروتئین‌ها باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین RNA ناقل می‌شوند. همچنین، عوامل آزادکننده باعث جدا شدن زیرواحدهای رناتن می‌شوند.

۱۲ در ترجمه:

۱ رمزهٔ آغاز فقط در جایگاه P و رمزهٔ پایان فقط در جایگاه A قرار می‌گیرد.

۲ همهٔ انواع رمزه‌های RNA پیک (۶۴ نوع) می‌توانند در جایگاه A قرار بگیرند.

۳ فقط ۶۱ نوع رمزه (رمزه‌های آمینواسید) می‌توانند در جایگاه P قرار بگیرند.

۱۳ رمزهٔ AUG می‌تواند در جایگاه A قرار بگیرد، به شرط آن که رمزهٔ آغاز نباشد. دقت کنید که AUG علاوه بر آغاز، به معنی آمینواسید متیونین نیز هست. بنابراین رمزهٔ متیونین‌های بعدی، رمزهٔ آغاز نیستند و وارد جایگاه A می‌شوند.

۱۴ در فرایند ترجمه، ابتدا پیوند پپتیدی تشکیل می‌شود و سپس رناتن به اندازهٔ یک رمزه حرکت می‌کند.

۱۵ نوکلئوتیدهایی که قبل از رمزهٔ آغاز و بعد از رمزهٔ پایان قرار دارند، ترجمه نمی‌شوند.

۱۶ مقایسه رمزه‌های آغاز و پایان:

۱ رمزهٔ آغاز در جایگاه P و رمزهٔ پایان در جایگاه A ریبوزوم شناسایی می‌شود.

۲ رمزهٔ آغاز همواره AUG است اما رمزهٔ پایان می‌تواند یکی از رمزه‌های UAA، UGA و UAG باشد.

۳ رمزهٔ آغاز به متیونین ترجمه می‌شود اما رمزه‌های پایان ترجمه نمی‌شوند، چون به معنی آمینواسید نیستند.

۱۷ **ویژه** در مرحلهٔ پایان ترجمه به طور همزمان در جایگاه‌های P و A رناتن، پلی‌پپتید وجود دارد. در جایگاه P پلی‌پپتید در حال ساخت و در جایگاه A عوامل آزادکننده.

جمع‌بندی خلاصهٔ ترجمه



مرحله	وقایع مهم	نکته
آغاز	اتصال زیرواحد کوچک رناتن به RNA پیک	هدایت به سوی رمزهٔ آغاز
	اتصال RNA ناقل اول به رمزهٔ آغاز	رابطهٔ مکملی رمزه و پادرمزه
	افزوده شدن زیرواحد بزرگ رناتن	کامل شدن ساختار رناتن
طول شدن	ورود RNA ناقل دوم به جایگاه A	تشکیل پیوندهای هیدروژنی
	جدا شدن آمینواسید از RNA ناقل اول	شکستن پیوند اشتراکی
	اتصال آمینواسید اول به آمینواسید دوم	تشکیل پیوند پپتیدی
	حرکت رناتن به اندازهٔ یک رمزه به جلو	ورود رمزهٔ جدید به جایگاه A انتقال RNA ناقل از جایگاه P به E خروج RNA ناقل از جایگاه E
پایان	ورود یکی از رمزه‌های پایان به جایگاه A	عدم شناسایی رمزه توسط RNA ناقل
	ورود عوامل آزادکننده به جایگاه A	اشغال شدن جایگاه A
	جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین RNA ناقل	با کمک عوامل آزادکننده
	جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم	با کمک عوامل آزادکننده
	آزاد شدن RNA پیک	با کمک عوامل آزادکننده

محل پروتئین‌سازی و سرنوشت پروتئین‌ها

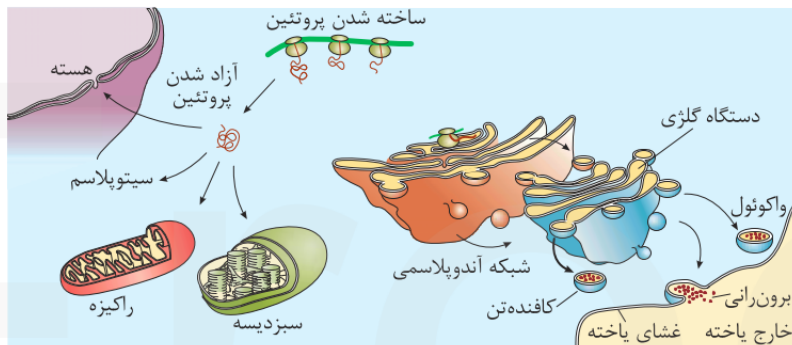
۱۸ به‌طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که **رئاتن‌ها** حضور داشته باشند، می‌تواند انجام شود.

۱۹ هر پروتئین با توجه به توالی آمینواسیدی که دارد، به مقصد خاصی هدایت می‌شود.

۲۰ بعضی پروتئین‌های تولید شده در سیتوپلاسم به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می‌روند. این پروتئین‌ها درون کیسه‌های کوچکی از جنس غشا قرار می‌گیرند و ممکن است به **خارج از یاخته** ترشح شوند و یا این که به بخش‌هایی مانند **کافنده‌تن** و یا **کریچه** بروند.

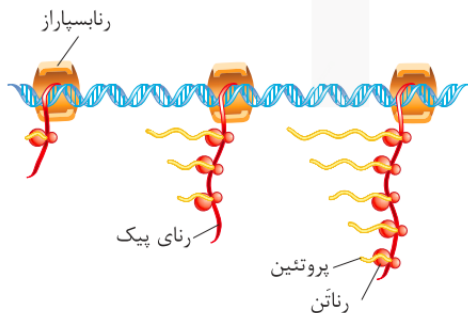
۲۱ بعضی دیگر از پروتئین‌ها در سیتوپلاسم می‌مانند و یا این که به هسته، راکیزه و یا دیسه‌ها می‌روند.

۲۲ رئاتن‌های موجود در راکیزه و دیسه‌ها، بعضی پروتئین‌های مورد نیاز این اندامک‌ها را می‌سازند و بعضی دیگر از پروتئین‌های مورد نیاز آن‌ها توسط رئاتن‌های سیتوپلاسم ساخته و سپس به این اندامک‌ها منتقل می‌شوند.



سرعت و مقدار پروتئین‌سازی:

۲۳ سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها، بسته به نیاز تنظیم می‌شود.



۲۴ در پروکاریوت‌ها، ممکن است قبل از پایان رونویسی، ترجمه رنای پیک آغاز شود؛ چون طول عمر رنای پیک این یاخته‌ها کوتاه است.

۲۵ اگر میزان نیاز به یک پروتئین زیاد باشد، مجموعه‌ای از رئاتن‌ها به دنبال هم، رنای پیک را ترجمه می‌کنند. در این صورت رئاتن‌ها شبیه دانه‌های تسبیح و رنای پیک شبیه نخ است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد.

۲۶ در یوکاریوت‌ها، به دلیل وجود سازوکارهایی برای محافظت از رنای پیک در برابر تجزیه، فرصت بیشتری برای ترجمه وجود دارد. این عوامل، موجب طولانی‌تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می‌شوند.

در پروکاریوت‌ها

الف تنظیم منفی:

مثال: متابولیسم لاکتوز در باکتری اشرشیاکلاهی

۱ در نبود لاکتوز:

۱. پروتئین مهارکننده به اپراتور متصل است.
۲. رنابسپاراز نمی‌تواند رونویسی انجام دهد و ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز خاموش‌اند.

۲ در حضور لاکتوز:

۱. با اتصال لاکتوز به پروتئین مهارکننده، شکل این پروتئین تغییر می‌کند.
۲. مهارکننده از اپراتور جدا می‌شود.
۳. رنابسپاراز می‌تواند ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز را رونویسی کند.

۱ در نبود مالتوز:

۱. رنابسپاراز قادر به رونویسی از ژن‌های مربوط به تجزیه مالتوز نیست.
۲. این ژن‌ها خاموش‌اند.

۲ در حضور مالتوز:

۱. مالتوز به پروتئین فعال‌کننده متصل می‌شود.
۲. پروتئین فعال‌کننده به جایگاه اختصاصی خود در دنا متصل می‌شود.
۳. رنابسپاراز با کمک پروتئین فعال‌کننده به راه‌انداز متصل می‌شود و ژن‌های مربوط به تجزیه مالتوز را رونویسی می‌کند.

ب تنظیم مثبت:

مثال: متابولیسم مالتوز در باکتری اشرشیاکلاهی

در یوکاریوت‌ها

۱ رنابسپاراز به تنهایی قادر به شناسایی راه‌انداز نیست.

۲ رنابسپاراز به کمک عوامل رونویسی نیازمند است.

۱ بعضی به راه‌انداز متصل می‌شوند.

۲ بعضی به توالی افزایش‌دهنده متصل می‌شوند.

۳ عوامل رونویسی انواع مختلفی دارند:

۴ توالی افزایش‌دهنده ممکن است فاصله زیادی با ژن داشته باشد.



همهٔ یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم میتوز یاختهٔ تخم منشأ می‌گیرند و به همین دلیل، از نظر فام‌تنی و ژن‌ها یکسان‌اند. با این حال، در ادامهٔ تقسیمات و رشد جنین، یاخته‌های متفاوتی ایجاد می‌شوند که ژن‌های یکسانی دارند اما عملکرد و شکلی متفاوت دارند. چون در هر یاخته، فقط تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیرفعال هستند. به عبارت دیگر، یاخته از همهٔ ژن‌های خود به طور هم‌زمان استفاده نمی‌کند. وقتی اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است و ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، بیان نشده و خاموش است. فرایندهای تنظیم بیان ژن تعیین می‌کنند که در چه هنگام و به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا این که بیان نشوند.

تنظیم بیان ژن موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات محیط پاسخ دهد. مثلاً در گیاهان، نور می‌تواند باعث فعال شدن ژن سازندهٔ آنتیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ژن، در نبود نور بیان نمی‌شود. علاوه بر آن، عوامل دیگری مانند مراحل رشد و نمو بر تنظیم بیان ژن مؤثر است.

۱ ویژه نوع ژن‌ها در همهٔ یاخته‌های پیکری هسته‌دار یک فرد سالم یکسان است. به موارد زیر دقت کنید:

- ۱ نمی‌توان گفت که همهٔ یاخته‌های هسته‌دار یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند؛ چون یاخته‌های جنسی نیمی از ژن‌های فرد را دارند!
- ۲ نمی‌توان گفت که همهٔ یاخته‌های پیکری یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند؛ چون بعضی یاخته‌ها مانند **گویچه‌های قرمز**، اصلاً ژن ندارند!
- ۳ نمی‌توان گفت که همهٔ یاخته‌های پیکری هسته‌دار یک فرد، مقدار یکسانی ژن دارند؛ چون بعضی یاخته‌ها دو یا چند هسته دارند (مانند یاخته‌های ماهیچه‌ای اسکلتی) و مقدار دناي آن‌ها دو یا چند برابر یاخته‌های دیگر است!
- ۴ مقدار و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار می‌تواند متفاوت باشد. همچنین مقدار و زمان استفاده از ژن در یک یاخته در زمان‌های مختلف، می‌تواند متفاوت باشد.
- ۳ ویژه بعضی ژن‌ها در همهٔ یاخته‌های زنده و فعال پیکر یک جاندار مورد استفاده قرار می‌گیرند! مانند ژن سازندهٔ رنابسپاراز.
- ۴ تنظیم بیان ژن، می‌تواند منجر به تولید یاخته‌های مختلف از یک یاخته شود. مانند تولید انواع یاخته‌های خونی از تقسیم یاخته‌های بنیادی مغز استخوان.
- ۵ ویژه در شرایطی، ممکن است همهٔ ژن‌های یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد! مانند هنگامی که یاخته، دناي خود را همانندسازی می‌کند و برای تقسیم آماده می‌شود.
- ۶ عامل اصلی متمایز شدن یاخته‌هایی که از تقسیم یاخته‌های بنیادی به‌وجود می‌آیند، **تنظیم بیان ژن** است.

تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها



تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند بر هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی معمولاً تنظیم بیان ژن‌های آن‌ها در مرحلهٔ رونویسی انجام می‌شود. در مواردی نیز ممکن است یاخته، با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

تنظیم رونویسی از طریق عواملی انجام می‌شود که پیوستن رنابسپاراز به توالی راه‌انداز را تسهیل و یا از این کار جلوگیری می‌کنند.

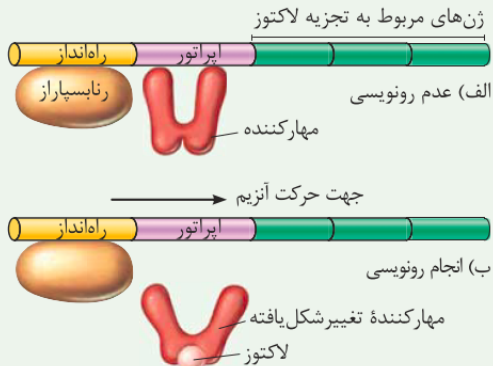
فقد مصرفی ترجیحی باکتری اشرشیا کلای، گلوکز است. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد، اما فند دیگری مانند لاکتوز یا مالتوز در اختیار باکتری قرار بگیرد، می‌تواند از آن‌ها استفاده کند.

تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

در پیش‌هسته‌ای‌ها، بیان ژن به دو صورت **منفی** (با دخالت مهارکننده) و **مثبت** (با دخالت فعال‌کننده) تنظیم می‌شود.

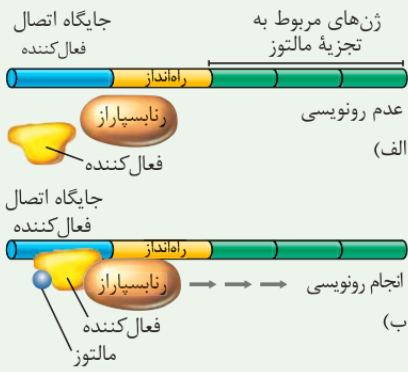
تنظیم منفی رونویسی: در این نوع تنظیم، نوعی پروتئین به نام مهارکننده با اتصال به توالی اپراتور، جلوی حرکت رنابسپاراز را می‌گیرد. تنظیم بیان ژن‌های مربوط به آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ لاکتوز با این روش انجام می‌شود.

اگر لاکتوز وارد باکتری شود، با اتصال به مهارکننده، سبب **تغییر شکل** آن می‌شود. مهارکننده پس از تغییر شکل از اپراتور جدا می‌شود و پس از آن، رنابسپاراز می‌تواند ژن‌های مربوط به تجزیهٔ لاکتوز را رونویسی کند و در نهایت، آنزیم‌های مورد نیاز برای تجزیهٔ این فند ساخته می‌شوند.



تنظیم مثبت رونویسی: در این نوع تنظیم، پروتئین خاصی به نام **فعال کننده** با اتصال به جایگاه خود، به رنابسپاراز کمک می‌کنند تا بتواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. تنظیم بیان ژن‌های مربوط به تجزیه مالتوز با این روش انجام می‌شود.

■ در حضور مالتوز، پروتئین‌هایی به نام فعال کننده به بخشی از دنا به نام **جایگاه اتصال فعال کننده** متصل می‌شود و پس از اتصال، به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. در نبود مالتوز، پروتئین فعال کننده نمی‌تواند به جایگاه خود بچسبد اما وقتی **مالتوز** وجود دارد، با اتصال به پروتئین فعال کننده موجب پیوستن آن به جایگاه اتصال می‌شود.



- ۷ برای این که باکتری اشرشیا کلای بتواند لاکتوز موجود در محیط خود را تجزیه کند، به سه آنزیم نیاز دارد. وقتی لاکتوز در محیط وجود داشته باشد، باکتری آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن را می‌سازد و در نبود لاکتوز، این آنزیم‌ها را نمی‌سازد.
- ۸ پروتئین مهارکننده، محل‌های متفاوتی برای اتصال به اپراتور و لاکتوز دارد.
- ۹ راه‌انداز، اپراتور و جایگاه اتصال فعال کننده از **توالی‌های تنظیمی** هستند و هیچ‌یک از آن‌ها **رونویسی** نمی‌شوند.
- ۱۰ سه ژن مربوط به تجزیه لاکتوز، **یک** راه‌انداز مشترک دارند و با اتصال رنابسپاراز به این راه‌انداز، هر سه ژن به دنبال هم رونویسی می‌شوند و **یک** مولکول RNA پیک ساخته می‌شود که رونوشت هر سه ژن را دارد. این مولکول دارای **۳ رمزه آغاز** و **۳ رمزه پایان** است و از ترجمه آن، سه آنزیم حاصل می‌شود.
- ۱۱ آنزیم‌های تجزیه‌کننده لاکتوز، پروتئین‌های **تکرار شده‌ای** هستند؛ چون سه آنزیم از روی سه ژن ساخته می‌شود و می‌دانیم که هر یک از این ژن‌ها، الگوی ساخت یک پلی‌پپتید است.
- ۱۲ برای این که باکتری بتواند از **مالتوز** موجود در محیط خود استفاده کند، به سه آنزیم نیاز دارد. این آنزیم‌ها در صورت وجود مالتوز و ورود آن‌ها به باکتری ساخته می‌شوند.
- ۱۳ سه ژن مربوط به تجزیه مالتوز، **یک راه‌انداز** مشترک دارند و با اتصال رنابسپاراز به این راه‌انداز، هر سه ژن به دنبال هم رونویسی می‌شوند و یک مولکول RNA پیک ساخته می‌شود که رونوشت هر سه ژن را دارد. این مولکول دارای **۳ رمزه آغاز** و **۳ رمزه پایان** است و از ترجمه آن، سه آنزیم حاصل می‌شود.
- ۱۴ در نبود لاکتوز و مالتوز، آنزیم‌های مربوط به تجزیه آن‌ها ساخته نمی‌شوند اما باکتری اشرشیا کلای می‌تواند این آنزیم‌ها را از قبل، به مقدار کم داشته باشد؛ چون آنزیم‌ها در واکنشی که انجام می‌دهند، دست‌نخورده باقی می‌مانند. بنابراین مقداری از آنزیم‌هایی که قبلاً تولید شده‌اند، در باکتری وجود دارند.
- ۱۵ لاکتوز و مالتوز به طور **مستقیم** به دنا متصل نمی‌شوند. لاکتوز به پروتئین **مهارکننده** و مالتوز به پروتئین **فعال کننده** متصل می‌شود.
- ۱۶ در تنظیم **منفی** رونویسی در باکتری، آنزیم رنابسپاراز به تنهایی قادر به شناسایی راه‌انداز است اما در تنظیم **مثبت** رونویسی، آنزیم رنابسپاراز، راه‌انداز خود را با **کمک** پروتئین فعال کننده شناسایی می‌کند و به آن متصل می‌شود.
- ۱۷ تنظیم منفی همیشه موجب **توقف** تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده لاکتوز نمی‌شود، بلکه گاهی موجب **کاهش** تولید این آنزیم‌ها می‌شود.
- ۱۸ راه‌انداز ژن‌های مربوط به تجزیه مالتوز در مجاورت آن‌ها قرار دارد در حالی که بین راه‌انداز و ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز، بخشی به نام **اپراتور** قرار دارد.

- ۱۹ در باکتری E.coli، فعال کننده برخلاف مهارکننده، فقط زمانی می‌تواند به دنا متصل شود که نوعی **دی‌ساکارید** به آن متصل باشد.
- ۲۰ اگر گلوکز در دسترس باکتری باشد، حتی در صورت وجود لاکتوز یا مالتوز، ژن‌های مربوط به تجزیه آن‌ها رونویسی نمی‌شوند.

◀ تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها:

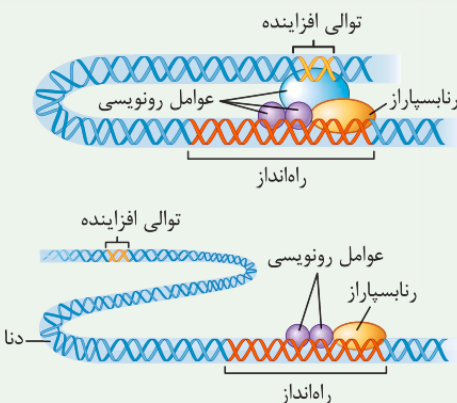
اصل مطلب



■ در یوکاریوت‌ها نیز مانند پروکاریوت‌ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه‌انداز آغاز می‌شود. رنابسپاراز یوکاریوتی نمی‌تواند به تنهایی راه‌انداز را شناسایی کند و برای این کار به پروتئین‌هایی به نام **عوامل رونویسی** نیاز دارد. عوامل رونویسی متعددی؛ گروهی از عوامل رونویسی با اتصال به نواحی خاصی از راه‌انداز، رنابسپاراز را به محل راه‌انداز هدایت می‌کنند. اتصال عوامل رونویسی به راه‌انداز، موجب افزایش تمایل رنابسپاراز برای اتصال به راه‌انداز می‌شود.

■ ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از دنا به نام **توالی افزایش دهنده** متصل شوند. با پیوستن این پروتئین‌ها به توالی افزایش دهنده و با ایجاد **خمیدگی** در دنا، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند و در نتیجه، سرعت رونویسی افزایش می‌یابد.

■ توالی‌های افزایش دهنده متفاوت از راه‌انداز هستند و ممکن است در فاصله دوری از ژن قرار داشته باشند. اتصال عوامل رونویسی به توالی‌های افزایش دهنده، بر سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است.



۲۱ در یاخته‌های یوکاریوتی، بیشتر ژن‌ها در دناهای **خطی** هسته و **برخی** از آن‌ها در دناهای **حلقوی** راکیزه و دیسه‌ها قرار دارند. در هر یک از این محل‌ها، تنظیم بیان ژن می‌تواند صورت بگیرد.

۲۲ تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها، پیچیده‌تر از پروکاریوت‌هاست و می‌تواند در مراحل بیشتری انجام شود. یاخته‌های یوکاریوتی، به وسیله غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند؛ بنابراین برای این که یک ماده بتواند بر تنظیم بیان ژن تأثیر بگذارد، باید علاوه بر غشای یاخته، از غشای هسته، راکیزه یا دیسه نیز عبور کند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد.

۲۳ بر اساس شکل کتاب درسی، توالی افزایش یافته **کوئانه** تر از راه‌انداز است و در نتیجه، تعداد نوکلئوتیدهای **کمتری** دارد.

۲۴ اتصال عوامل رونویسی به راه‌انداز، سبب **افزایش** تمایل رنابسپاراز به راه‌انداز و در نتیجه افزایش میزان **رونویسی** می‌شود.

۲۵ برای شروع رونویسی از ژن‌های یوکاریوت‌ها اتصال عوامل رونویسی به راه‌انداز برخلاف افزایش **ضروری** است؛ چون اتصال عوامل رونویسی به راه‌انداز برای **شناسایی** راه‌انداز اما اتصال عوامل رونویسی به افزایش، برای **افزایش سرعت** و مقدار رونویسی است.

۲۶ مراحل بیان ژن در یوکاریوت‌ها:

۱ برخی عوامل رونویسی به توالی راه‌انداز متصل می‌شوند.

۲ رنابسپاراز با کمک عوامل رونویسی، راه‌انداز را شناسایی می‌کند و به آن متصل می‌شود.

۳ برخی عوامل رونویسی به توالی افزایش یافته متصل می‌شوند.

۴ با ایجاد خمیدگی، توالی افزایش یافته در مقابل راه‌انداز قرار می‌گیرد؛ در نتیجه، کلیه عوامل رونویسی کنار هم قرار می‌گیرند.

۵ کنار هم قرار گرفتن این عوامل، سرعت رونویسی را افزایش می‌دهد.

تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی

۲۷ تنظیم بیان ژن‌های یوکاریوت‌ها همانند پروکاریوت‌ها معمولاً در مرحله رونویسی انجام می‌شود اما می‌تواند **پیش از رونویسی** و **یا پس از آن** هم انجام شود. بعضی از روش‌های تنظیم بیان ژن در مراحل غیر از رونویسی عبارتند از:

۱ یکی از روش‌های تنظیم در سطح **فام‌تی** است که پیش از رونویسی انجام می‌شود. با توجه به این که بخش‌های فشرده فام‌تن، کمتر در دسترس رنابسپارازها قرار می‌گیرد، یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی فام‌تن در بخش‌های خاصی، دسترسی رنابسپاراز به ژن مورد نظر را کمتر یا بیشتر کند.

۲ روش‌های مختلفی برای تنظیم بیان ژن پس از رونویسی وجود دارند؛ مثلاً اتصال بعضی رنای‌های کوچک مکمل به رنای پیک، از کار رناتن جلوگیری می‌کند. علاوه بر آن، افزایش **طول عمر** رنای پیک، موجب افزایش میزان محصول می‌شود.

۲۸ ویژه در یاخته یوکاریوتی، میزان فشردگی بخش‌های مختلف فام‌تن یکسان نیست! در بخش‌هایی از فام‌تن که محصولات ژن‌های آن بیشتر مورد نیازند، فشردگی کمتر است.

۲۹ ترکیبی تنظیم بیان ژن می‌تواند پس از ترجمه نیز انجام شود. بعضی پروتئین‌ها پس از تولید، غیرفعال هستند (مانند پپسینوژن، پروترومبین و فیبرینوژن). فعال‌سازی این پروتئین‌ها یکی از مراحل تنظیم بیان ژن است. به این معنی که در صورت عدم فعال شدن پروتئین، اثر ژن ظاهر نخواهد شد.

۳۰ ترکیبی در چرخه یاخته‌ای یوکاریوت‌ها، کمترین میزان فشردگی فام‌تن‌ها در مرحله G_1 و بیشترین فشردگی در مرحله متافاز مشاهده می‌شود. بنابراین دسترسی رنابسپاراز به ژن و رونویسی در G_1 بیشترین مقدار خود را دارد.

۳۱ در باکتری اشرشیاکلا، پروتئین فعال‌کننده نقشی مشابه عوامل رونویسی یوکاریوتی دارد و به رنابسپاراز کمک می‌کند تا راه‌انداز را شناسایی کند.

۳۲ طول عمر رنای پیک در یوکاریوت‌ها بیشتر از پروکاریوت‌هاست.

۳۳ تنظیم رونویسی در یوکاریوت‌ها همانند پروکاریوت‌ها، توسط بیش از یک پروتئین انجام می‌شود.

۳۴ در یوکاریوت‌ها همانند پروکاریوت‌ها، بیش از یک توالی تنظیمی می‌تواند در تنظیم بیان ژن مؤثر باشد؛ در یوکاریوت‌ها راه‌انداز و افزایش یافته و در پروکاریوت‌ها نیز راه‌انداز، اپراتور و یا جایگاه اتصال فعال‌کننده.

۳۵ رنابسپاراز پروکاریوتی برخی راه‌اندازها را به تنهایی و برخی دیگر را با کمک عوامل پروتئینی دیگر شناسایی می‌کند اما رنابسپاراز یوکاریوتی برای شناسایی هر راه‌انداز به کمک عوامل پروتئینی نیاز دارد.

۳۶ ویژه یکی از عوامل مؤثر بر میزان رونویسی از ژن یوکاریوتی، توالی راه‌انداز آن است. در واقع توالی‌های نوکلئوتیدی راه‌انداز ژن‌های مختلف، باهم تفاوت‌هایی دارند و این تفاوت، بر میزان تمایل رنابسپاراز برای اتصال به آن‌ها مؤثر است. یعنی توالی نوکلئوتیدی یک راه‌انداز می‌تواند موجب رونویسی بیشتر و یا کمتر از ژن مربوط به آن شود.

۳۷ هنگام رونویسی از یک ژن یوکاریوتی، توالی بین راه‌انداز و افزایش رونویسی نمی‌شود.

صفت: ویژگی‌های ارثی جانداران ← انواع مختلف یک صفت، شکل‌های آن صفت نامیده می‌شود.
ژن‌شناسی: شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به چگونگی وراثت صفات از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد.

دگره (الل): ژن‌های ایجادکننده حالت‌های مختلف یک صفت

افراد خالص: افرادی که برای صفت مورد نظر، دو دگره یکسان دارند.

افراد ناخالص: افرادی که برای صفت مورد نظر، دو دگره متفاوت دارند.

ژن نمود (ژنوتیپ): ترکیب دگره‌ها در یک فرد

رخ نمود (فنوتیپ): شکل ظاهری صفت یا حالت بروز یافته

اصطلاحات ژنتیک

۱ بارز و نهفتگی: حالتی که در آن افراد ناخالص، فقط اثر یکی از دگره‌ها را بروز می‌دهند.

۲ بارزیت ناقص: حالتی که در آن افراد ناخالص، حد وسط اثر دو دگره را بروز می‌دهند.

۳ هم‌توانی: حالتی که در آن افراد ناخالص، اثر هر دو دگره را با هم بروز می‌دهند.

انواع روابط بین دگره‌ها (الل‌ها)

۱ به بودن یا نبودن پروتئین D بستگی دارد.

۲ افراد RH^+ : دارای پروتئین D

۳ افراد RH^- : فاقد پروتئین D

الف گروه خونی Rh

۴ برای صفت Rh دو ژن (D و d) وجود دارد که جایگاه یکسانی در کروموزوم شماره ۱ دارند و دگره (الل) محسوب می‌شوند.

گروه‌های خونی

۱ به بودن یا نبودن دو نوع کربوهیدرات (A و B) بستگی دارد.

الف دگره A: باعث تولید آنزیم A می‌شود که کربوهیدرات A را به

غشای گویچه قرمز می‌افزاید.

ب دگره B: باعث تولید آنزیم B می‌شود که کربوهیدرات B را به

غشای گویچه قرمز می‌افزاید.

پ دگره O: باعث تولید آنزیم نمی‌شود.

ب گروه خونی ABO

۳ دگره‌های A و B هم‌توان هستند اما هر دو نسبت به O بارزند.

■ در تولیدمثل جنسی، ارتباط بین نسل‌ها را **کامه‌ها (گامت‌ها)** برقرار می‌کنند و ویژگی‌های هر یک از والدین، توسط دستورالعمل‌های موجود در **دنا گامت‌ها** به نسل بعد منتقل می‌شوند.

■ قبل از کشف قوانین وراثت، تصور بر آن بود که صفات فرزندان، آمیخته‌ای از صفات والدین و حدواسطی از آن‌هاست. اما مشاهدات متعدد نشان داد که این تصور درست نیست.

■ گریگور مندل، سال‌ها پیش از مشخص شدن ساختار دنا و عمل ژن، قوانین بنیادی وراثت را کشف کرد. با کمک این قوانین می‌توان صفات فرزندان را پیش‌بینی کرد.

اصطلاحات ژنتیک

اصل مطلب



صفت: ویژگی‌های ارثی جانداران که می‌توانند از نسلی به نسل بعد منتقل شوند، **صفت** نامیده می‌شوند. مانند رنگ مو، رنگ چشم و گروه خونی.

شکل: انواع مختلف یک صفت را شکل‌های آن صفت می‌نامند. مثلاً حالت موی انسان می‌تواند صاف، موجدار و یا فر باشد. مثال دیگر این که رنگ چشم آدم می‌تواند به رنگ‌های مختلفی از قبیل سیاه، قهوه‌ای، طوسی و آبی باشد.

ژن: قسمتی از مولکول دنا که مسئول **ایجاد یک صفت** است؛ مانند ژن ایجاد کننده موی صاف.

دگره (الل): ژن‌هایی که حالت‌های مختلف یک صفت را ایجاد می‌کنند و در جایگاه یکسانی از **کروموزوم‌های همتا** قرار دارند، ژن‌های الل نامیده می‌شوند. اگر فردی دو دگره متفاوت داشته باشد و فقط اثر یکی از آنها بروز کند، دگره‌ای که اثر آن بروز کرده را دگره **بارز** و دگره دیگر که اثر آن بروز نکرده را دگره **نهفته** می‌نامند. طبق قرارداد، دگره **بارز** را با حرف بزرگ (مثلاً **A**) و دگره **نهفته** را با حرف کوچک (مثلاً **a**) نشان می‌دهند.

رخ‌نمود (فنوتیپ): شکل ظاهری یا حالت بروز یافته صفت در هر فرد، رخ‌نمود نامیده می‌شود (مثلاً موی موج‌دار).

ژن‌نمود (ژنوتیپ): ترکیب الل‌های یک فرد در ارتباط با صفت مورد مطالعه است (مثلاً **WW**).

خالص: فردی که در ارتباط با صفت مورد مطالعه، دو الل **یکسان** دارد (مثلاً **AA** یا **aa**).

ناخالص: فردی که در ارتباط با صفت مورد مطالعه، دو الل **متفاوت** دارد (مثلاً **Aa**).

۱ همه صفاتی که در ژنتیک بررسی می‌شوند، ویژگی‌های ارثی هستند. بعضی از این صفات، ویژگی‌های قابل مشاهده (مانند رنگ چشم) و بعضی دیگر ویژگی‌های غیرقابل مشاهده (مانند گروه خونی) هستند.

۲ بعضی ویژگی‌های ارثی جانداران می‌توانند تحت تأثیر عوامل محیطی تغییر کنند؛ مثلاً رنگ پوست بر اثر تابش مداوم خورشید تیره می‌شود.

۳ **ویژه:** ویژگی‌های ارثی جانداران توسط ژن‌ها کنترل می‌شوند اما ژن‌ها نمی‌توانند به‌طور مستقیم ویژگی‌های جاندار را ایجاد کنند. به‌طور کلی ژن‌نمود هر جاندار، رخ‌نمود آن را تعیین می‌کند. برای این که اثر ژن‌نمود به‌صورت رخ‌نمود ظاهر شود، ابتدا از روی ژن رونویسی می‌شود. سپس رنای پیک حاصل از آن ترجمه می‌شود و در نهایت پروتئین محصول، اثر ژن را ظاهر می‌کند.

۴ اگر صفتی تحت تأثیر محیط قرار داشته باشد، تنوع ژن‌نمودهای آن تغییر نمی‌کند اما بر تنوع رخ‌نمودهای آن افزوده می‌شود.

۵ کروموزوم‌هایی که بر روی آن‌ها ژن‌های الل قرار دارند، قطعاً همتا هستند.

۶ هر جایگاه ژنی، محل قرار گرفتن یک الل است. اگر فرض کنیم در جمعیت برای یک ژن چهار نوع الل وجود داشته باشد، فرد دیپلوئید ۲ تا از این الل‌ها را بر روی یک جفت کروموزوم هم‌تای خود خواهد داشت که در جایگاه مشابهی قرار گرفته‌اند. این الل‌ها می‌توانند یکسان یا متفاوت باشند.

۷ **ویژه:** معمولاً در صفات مستقل از جنسی که بین دگره‌های آن‌ها رابطه **بارز** و **نهفتگی** وجود دارد، تنوع ژن‌نمودها از تنوع رخ‌نمودها بیشتر است. اما اگر بین دگره‌ها رابطه **بارزیت ناقص** و یا هم‌توانی وجود داشته باشد، تنوع رخ‌نمودها و ژن‌نمودها برابر است.

۸ به‌طور طبیعی، هر فرد دیپلوئید در ارتباط با صفات **تک‌جایگاهی** مستقل از جنس، دو دگره دارد. چون از هر فام‌تن دو نسخه دارد. مثلاً اگر ژنی روی فام‌تن شماره ۱ قرار داشته باشد، فرد دیپلوئید دو فام‌تن شماره ۱ و در نتیجه دو دگره یکسان یا متفاوت از این صفت را خواهد داشت.

انواع روابط بین دگره‌ها

اصل مطلب



۱ **بارز و نهفتگی:** حالتی است که در آن، افراد ناخالص فقط اثر یکی از دگره‌ها را بروز می‌دهند.

اگر رابطه بین دگره‌ها از نوع **بارز و نهفتگی** باشد، یکی از دگره‌ها را با حرف بزرگ (مثلاً **A**) و دیگری را با حرف کوچک (مثلاً **a**) می‌نویسیم و در فرد ناخالص (**Aa**)، دگره‌ای که اثر آن مشاهده می‌شود را **بارز** (**A**) و دگره دیگر را که اثر آن نهفته می‌ماند، دگره **نهفته** (**a**) می‌نامند.

۲ **هم‌توانی:** در این حالت، افراد ناخالص اثر هر دو دگره را با هم بروز می‌دهند. برای نشان دادن هم‌توانی، دگره‌ها را با دو حرف بزرگ و متفاوت می‌نویسیم. مثلاً رنگ موی اسب توسط دو نوع دگره (**R** و **W**) کنترل می‌شود. دگره **R** باعث ایجاد موی قرمز روی بدن اسب می‌شود و دگره **W** نیز عامل ایجاد موی سفید روی بدن این جانور است. افرادی که ژن‌نمود **RR** دارند فقط موی بدن قرمز و افراد **WW** فقط موی بدن سفید دارند. اما افراد **RW** روی بدنشان هم موی قرمز دارند و هم موی سفید؛ چون هیچ یک از این دو دگره نمی‌تواند اثر دگره دیگر را بپوشاند و اثر هر دوی آنها با هم ظاهر می‌شود.

۳ **بارزیت ناقص:** حالتی است که در آن افراد ناخالص، حد واسط اثر دو دگره را بروز می‌دهند.

برای نشان دادن بارزیت ناقص نیز دگره‌ها را با دو حرف بزرگ می‌نویسیم. مثلاً رنگ گل گیاه میمونی توسط دو دگره کنترل می‌شود. دگره **R** عامل قرمزی و دگره **W** عامل سفیدی رنگ گل است. گیاهان **RR** گل‌های قرمز و گیاهان **WW** گل‌های سفید دارند اما گیاهان **RW** گل‌های صورتی (حد واسط قرمز و سفید) تولید می‌کنند. تفاوت هم‌توانی و بارزیت ناقص همین است که در بارزیت ناقص، افراد ناخالص رخ‌نمود حد واسط دارند.

۹ یکی از مواردی که در حل مسائل ژنتیک به آن‌ها نیاز دارید، تشخیص نوع رابطه بین الل‌هاست. به موارد زیر دقت کنید:

۱) اگر فنوتیپ زاده‌ها، مشابه یکی از والدین و یا هر دوی آن‌ها باشد، رابطه بین الل‌ها از نوع بارز و نهفتگی است. مثلاً اگر پرنده بال سفید با پرنده بال سیاه آمیزش کند و همه زاده‌ها بال سفید و یا همه زاده‌ها بال سیاه و یا نیمی از زاده‌ها بال سفید و نیمی دیگر از زاده‌ها بال سیاه داشته باشند، رابطه بین الل‌ها از نوع بارز و نهفتگی است.

۲) اگر در بین زاده‌ها فنوتیپ جدیدی مانند فنوتیپ حدواسط مشاهده شود، بین الل‌ها رابطه بارز و نهفتگی وجود ندارد. مثلاً اگر پرنده بال سفید با پرنده بال سیاه آمیزش کند و زاده‌های آن‌ها بال خاکستری باشند، رابطه بین الل‌ها از نوع بارزیت ناقص است.

۳) اگر فنوتیپ حدواسط در همه زاده‌ها مشاهده شود، صفت مستقل از جنس و اگر نیمی از زاده‌ها فنوتیپ حدواسط داشته باشند، صفت وابسته به جنس است.

۱۰ نظریه آمیختگی صفات درباره صفاتی که بین دگره‌های آن‌ها رابطه **بارزیت ناقص** وجود دارد، صادق است.

۱۱ در ارتباط با صفاتی که رابطه بین دگره‌های آن‌ها از نوع هم‌توانی یا بارزیت ناقص است، تنوع رخ‌نمودها با ژن‌نمودها برابر است و تشخیص ژن‌نمود با دیدن رخ‌نمود امکان‌پذیر است.

۱۲ در ارتباط با صفاتی که بین دگره‌های آن‌ها رابطه بارز و نهفتگی وجود دارد، فقط با دیدن رخ‌نمود **نهفته** می‌توان به ژن‌نمود فرد پی برد. اما تعیین ژن‌نمود افراد دارای رخ‌نمود بارز با دیدن رخ‌نمود آن‌ها ممکن نیست.

گروه خونی Rh

اصل مطلب



■ بر اساس وجود یا فقدان نوعی پروتئین به نام **پروتئین D** در غشای گویچه‌های قرمز، افراد را به دو گروه مثبت و منفی تقسیم می‌کنند. افراد دارای پروتئین D را Rh^+ و افراد فاقد این پروتئین را Rh^- می‌نامند.

■ صفت گروه خونی Rh توسط دو ژن کنترل می‌شود که آنها را دگره‌های Rh می‌نامند.

ژن D باعث تولید پروتئین D می‌شود اما ژن d قادر به تولید این پروتئین نیست.

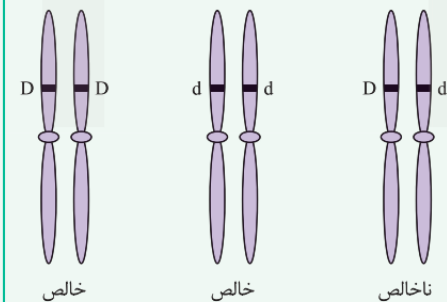
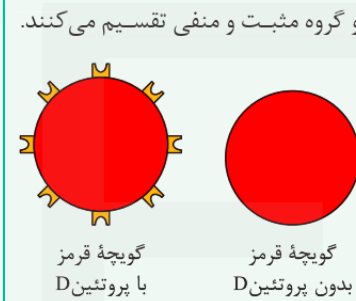
■ نوع رابطه بین دگره‌های D و d از نوع بارز و نهفتگی است. یعنی اگر ژن‌نمود یک نفر Dd باشد، فقط اثر D بروز می‌کند.

■ این دو ژن در **فام‌تن‌های شماره ۱** در جایگاه یکسانی قرار دارند. با توجه به این که هر فرد به طور طبیعی در یاخته پیکری خود دو فام‌تن شماره ۱ دارد، حالت‌های زیر امکان‌پذیر است:

۱ **خالص بارز:** فردی است که هر دو فام‌تن شماره ۱ او دارای ژن D باشند؛ به عبارت دیگر این فرد دارای دو دگره D است و به صورت DD نشان داده می‌شود. بدیهی است که این فرد در غشای گویچه‌های قرمز خود، پروتئین D را دارد و Rh^+ محسوب می‌شود.

۲ **ناخالص:** فردی است که یکی از فام‌تن‌های شماره ۱ او دارای ژن D و دیگری دارای ژن d باشد. ژن‌نمود این فرد به صورت Dd نشان داده می‌شود. این فرد هم Rh^+ است و در غشای گویچه‌های قرمز خود پروتئین D را دارد.

۳ **خالص نهفته:** فردی است که هر دو فام‌تن شماره ۱ او دارای ژن d باشند. ژن‌نمود این فرد به صورت dd نوشته می‌شود. این فرد Rh^- است و در غشای گویچه‌های قرمز خود پروتئین D ندارد.



۱۳ پروتئین D نوعی پروتئین غشایی است اما همانند سایر پروتئین‌ها در **سیتوپلاسم** ساخته می‌شود.

۱۴ ژن‌های الل (مانند D و d) جایگاه **یکسانی** روی کروموزوم دارند اما **توالی نوکلئوتیدی** آن‌ها یکسان نیست. به همین دلیل، ژن d برخلاف ژن D قادر به تولید پروتئین نیست.

۱۵ در ارتباط با گروه خونی Rh، سه نوع ژنوتیپ (DD، Dd، dd) و دو نوع فنوتیپ (Rh مثبت و Rh منفی) وجود دارد.

۱۶ افراد Rh^- قطعاً ژن‌نمود dd دارند اما افراد Rh^+ ممکن است DD یا Dd باشند. معمولاً در سؤالات ژنتیک برای مشخص شدن ژن‌نمود فرد Rh^+ ، گروه خونی یکی از فرزندان یا والدین داده می‌شود. مثلاً اگر فرد Rh^+ دارای فرزندی Rh^- باشد و یا این که یکی از والدینش Rh^- باشند، می‌توان نتیجه گرفت که ژن‌نمود این فرد ناخالص (Dd) است.

۱۷ اگر به فرد Rh منفی، خون Rh مثبت تزریق شود، دستگاه ایمنی فرد گیرنده، علیه پروتئین D گویچه‌های قرمز خون دریافتی، پادتن می‌سازد. این پادتن‌ها می‌توانند با اتصال به گویچه‌های قرمز آن‌ها را به هم بچسبانند. در صورت تکرار این تزریق، واکنش شدیدتری بروز می‌کند که حتی می‌تواند منجر به مرگ شود.



گروه‌های خونی ABO که آنها را گروه‌های اصلی خونی نیز می‌نامند، شامل چهار گروه خونی A، B، AB و O است. این گروه‌بندی بر مبنای بودن یا نبودن دو نوع کربوهیدرات به نام‌های A و B در غشای گویچه‌های قرمز است.

جایگاه ژنی گروه خونی ABO در فام‌تن شماره ۹ قرار دارد. برای این صفت، سه نوع دگره وجود دارد:

- ۱ دگره I^A که برای راحتی آن را به صورت A نشان می‌دهیم، آنزیمی می‌سازد که کربوهیدرات A را به غشای گویچه قرمز اضافه می‌کند.
 - ۲ دگره I^B که برای راحتی آن را به صورت B نشان می‌دهیم، آنزیمی می‌سازد که کربوهیدرات B را به غشای گویچه قرمز اضافه می‌کند.
 - ۳ دگره i که آن را به صورت O نشان می‌دهیم، قادر به ساختن هیچ یک از این دو آنزیم نیست.
- دگره A نسبت به O بارز است، یعنی در افرادی با ژن‌نمود AO، اثر دگره A بروز می‌کند. همچنین دگره B نیز نسبت به O بارز است، یعنی در افرادی با ژن‌نمود BO، اثر دگره B بروز می‌کند؛ اما دگره‌های A و B نسبت به هم، هم‌توان هستند. بنابراین در افرادی که ژن‌نمود آنها AB است، اثر هر دو دگره با هم ظاهر می‌شود.

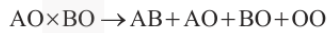
جمع‌بندی فنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های گروه خونی ABO



نوع کربوهیدرات غشای گویچه‌های قرمز	ژن‌نمودها	رخی‌نمودها
A	AA, AO	A
B	BB, BO	B
هم A، هم B	AB	AB
نه A، نه B	OO	O

مثال: زنی با گروه خونی A با مردی که خونی B دارد ازدواج کرده و اولین فرزند آنها دارای گروه خونی O شده است. گروه‌های خونی ممکن برای فرزندان این خانواده، کدام‌اند؟

جواب: با توجه به تولد فرزندی با گروه خونی O می‌توان نتیجه گرفت که زن و مرد هر دو ناخالص‌اند؛ یعنی زن AO و مرد BO است. ژنوتیپ‌های ممکن برای فرزندان این زوج، به صورت زیر به دست می‌آید:



بنابراین هر چهار نوع گروه خونی اصلی ممکن است در بین فرزندان این خانواده دیده شوند.

۱۸ گروه خونی Rh توسط پروتئین اما گروه خونی ABO توسط کربوهیدرات مشخص می‌شود. البته در ایجاد هر دو نوع گروه خونی Rh و ABO ژن‌ها و پروتئین‌ها نقش دارند.

۱۹ فرد Rh مثبت ژنی دارد که با رونویسی از آن رنای پیک ساخته می‌شود و از ترجمه رنای پیک در سیتوپلاسم، پروتئین D تولید می‌شود و در غشای گویچه قرمز قرار می‌گیرد.

۲۰ **ویژه** کربوهیدرات‌های A و B که تعیین‌کننده گروه خونی ABO هستند، مستقیماً توسط ژن ساخته نمی‌شوند. فرض کنید فردی دارای گروه خونی A است. این فرد ژنی دارد که از رونویسی آن رنای پیک حاصل می‌شود و از ترجمه این رنای پیک در سیتوپلاسم، آنزیمی ساخته می‌شود که می‌تواند کربوهیدرات A را به غشای گویچه قرمز اضافه کند.

۲۱ در جمعیت، سه نوع دگره برای گروه خونی ABO وجود دارد اما هر فرد به‌طور طبیعی فقط دو تا از این دگره‌ها را دارد.

۲۲ در ارتباط با گروه خونی ABO در جمعیت، چهار نوع رخی‌نمود (A، B، AB، O) و شش نوع ژن‌نمود (AA، AO، BB، BO، AB، OO) وجود دارد.

۲۳ تشخیص ژنوتیپ افرادی با گروه خونی AB یا O از روی فنوتیپ آن‌ها امکان‌پذیر است؛ چون برای هر یک از این فنوتیپ‌ها، فقط یک نوع ژنوتیپ وجود دارد اما تشخیص ژنوتیپ افرادی با گروه خونی A یا B از روی فنوتیپ آن‌ها ممکن نیست.

۲۴ ژن صفات وابسته به جنس ممکن است روی کروموزوم X و یا روی کروموزوم Y قرار داشته باشد. در کتاب درسی فقط ژن‌های صفات وابسته به X مورد بررسی قرار گرفته‌اند اما یادتان باشد که همه صفات وابسته به جنس، وابسته به X نیستند.

۲۵ در بررسی همزمان گروه‌های خونی ABO و Rh، کمترین تنوع ژنوتیپی مربوط به گروه خونی O^- و بیشترین تنوع ژنوتیپی مربوط به گروه خونی A^+ یا B^+ است. چون فردی با گروه خونی O^- فقط یک نوع ژنوتیپ (OOdd) می‌تواند داشته باشد. اما به عنوان مثال برای فردی با گروه خونی A^+ چهار نوع ژنوتیپ (AODd، AODD، AADd، AADD) وجود دارد.

از نظر جایگاه ژنی

الف

مستقل از جنس: جایگاه ژنی این صفات در کروموزوم‌های غیرجنسی قرار دارد.

۱

بیماری مستقل از جنس نهفته است.

۲

افراد بیمار، آنزیم تجزیه کننده فنیل آلانین را ندارند.

۳

با تغییر عوامل محیطی می‌توان عوارض بیماری را مهار کرد.

مثال: بیماری فنیل کتونوری

ب

وابسته به جنس: جایگاه ژنی این صفات در کروموزوم‌های جنسی قرار دارد.

۱

بیماری وابسته به X نهفته است.

۲

مردان با داشتن یک الل و زنان با داشتن دو الل بیمار می‌شوند.

مثال: بیماری هموفیلی

الف

پیوسته: صفاتی که برای آن‌ها اعداد گوناگونی وجود دارد؛ مانند اندازه قد.

ب

گسسته: صفاتی که برای آن‌ها دو یا چند حالت ممکن است اما طیف ندارند، مانند گروه خونی Rh.

صفات پیوسته و گسسته

الف

تک‌جایگاهی: صفاتی که یک جایگاه ژنی در کروموزوم دارند.

ب

چند جایگاهی

صفاتی که بیش از یک جایگاه ژنی در بروز آن‌ها نقش دارند.

۱

افراد aabbcc به رنگ سفید

۲

افراد AABBCC به رنگ قرمز

۳

افراد ناخالص رنگ‌های بین سفید و قرمز

مثال: رنگ ذرت

از نظر تعداد جایگاه



- صفاتی که جایگاه ژنی آن‌ها بر روی یکی از کروموزوم‌های غیرجنسی قرار دارد، صفات **مستقل از جنس** نامیده می‌شوند. در بررسی این صفات، تفاوتی بین زنان و مردان وجود ندارد.
- صفاتی که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از کروموزوم‌های جنسی (X یا Y) قرار دارد، صفات **وابسته به جنس** نامیده می‌شوند. جایگاه ژنی بعضی صفات وابسته به جنس در کروموزوم X قرار دارد که در این صورت، صفت را **وابسته به X** می‌نامند. جایگاه ژنی بعضی دیگر از صفات وابسته به جنس، در کروموزوم Y قرار گرفته است.
- **هموفیلی** نوعی بیماری وابسته به X و **فیل کتونوری** نوعی بیماری مستقل از جنس است.

- ۱ هستهٔ یاخته‌های پیکری طبیعی انسان، از هر کروموزوم غیرجنسی دو نسخه دارد. بنابراین به عنوان مثال وقتی می‌گوییم جایگاه ژنی یک صفت مستقل از جنس بر روی کروموزوم شمارهٔ ۱ انسان قرار دارد، منظورمان این است که انسان دو نسخه از این ژن را دارد که بر روی دو کروموزوم شمارهٔ ۱ قرار گرفته‌اند.
- ۲ زنان کروموزوم Y ندارند؛ بنابراین صفات وابسته به Y در زنان دیده نمی‌شود.
- ۳ در ارتباط با صفات وابسته به X ، هر فرد به تعداد کروموزوم‌های X خود دگره دارد. یعنی مردان یک دگره و زنان دو دگره از این نوع صفات را دارند.
- ۴ پسر کروموزوم Y خود را از پدر و کروموزوم X خود را از مادر دریافت کرده است؛ اما دختر یک کروموزوم X خود را از پدر و کروموزوم X دیگر را از مادر دریافت کرده است.
- ۵ مردان از هر ژن موجود بر روی کروموزوم‌های X یا Y فقط یک نسخه دارند؛ پس برای هر ژنی که روی کروموزوم X یا Y قرار دارد، فقط یک دگره دارند.
- ۶ **ویژه** در ارتباط با صفات وابسته به جنس، مردان (XY) نه خالص محسوب می‌شوند و نه ناخالص!
- ۷ در صفات وابسته به جنس، همواره تنوع ژنوتیپی بیشتر از تنوع فنوتیپی است، حتی در صورتی که رابطهٔ بین دگره‌ها بارز و نهفتگی نباشد! فرض کنید یک صفت وابسته به X توسط دو دگرهٔ A (بارز) و a (نهفته) کنترل می‌شود. برای این صفت در جمعیت، ۵ نوع ژنوتیپ امکان دارد که عبارتند از ژنوتیپ‌های X^aY و X^AY برای مردان و ژنوتیپ‌های X^AX^A ، X^AX^a و X^aX^a برای زنان. اما بدون در نظر گرفتن جنسیت، ۲ نوع فنوتیپ برای این صفت امکان دارد که یکی بارز و دیگری نهفته است.

◀ بیماری‌های وراثتی انسان

- ۸ بیماری وراثتی ممکن است نهفته یا بارز باشد. همچنین ممکن است بیماری وراثتی مستقل از جنس و یا وابسته به جنس باشد.
- بیماری نهفته:** دو دگره به نام‌های A و a را فرض کنید. اگر دگرهٔ بارز A عامل سلامت و دگرهٔ نهفتهٔ a عامل بیماری باشد، بیماری را نهفته می‌نامند. چون دگرهٔ نهفته مربوط به بیماری است.
- بیماری بارز:** دو دگرهٔ فرضی B و b را در نظر بگیرید. اگر دگرهٔ بارز B عامل بیماری و دگرهٔ نهفتهٔ b عامل سلامت باشد، بیماری از نوع بارز است؛ چون دگرهٔ بارز مربوط به بیماری است.
- ۹ به طور کلی چهار نوع بیماری وراثتی داریم: ① مستقل از جنس نهفته ② وابسته به جنس نهفته ③ مستقل از جنس بارز ④ وابسته به جنس بارز.
- بیماری‌های مستقل از جنس نهفته:** در این نوع بیماری‌های وراثتی، افراد سه نوع ژنوتیپ (aa و AA ، Aa) می‌توانند داشته باشند. افراد aa بیمارند و افراد AA و Aa فنوتیپ سالم دارند. با این تفاوت که افراد AA سالم و خالص‌اند، در حالی که افراد Aa سالم و ناخالص‌اند و اصطلاحاً ناقل نامیده می‌شوند.
- ۱۰ فرد ناقل، به بیماری مبتلا نیست اما یک دگرهٔ بیماری را دارد و می‌تواند آن را به فرزند خود منتقل کند.



تذکر مهم:

فنیل کتونوری، نوعی بیماری مستقل از جنس نهفته است. البته طراحان محترم کنکور سراسری می‌توانند در سؤال ژنتیک از اسامی بیماری‌های دیگری نیز استفاده کنند که در این صورت حتماً به نوع بیماری (مثلاً مستقل از جنس نهفته) اشاره خواهند کرد.

- بیماری‌های وابسته به X نهفته:** مردان فقط یک کروموزوم X دارند و به همین دلیل فقط می‌توانند یک دگرهٔ وابسته به X داشته باشند. اگر دگرهٔ سلامت را با A و دگرهٔ بیماری را با a نشان دهیم، مردان سالم به صورت (X^AY) و مردان بیمار به صورت (X^aY) نشان داده می‌شوند.
- ۱۱ وقتی در یک سؤال گفته می‌شود زن سالم، دو حالت به ذهن می‌آید. چون زنان X^AX^A و X^AX^a هر دو فنوتیپ سالم دارند. البته زنان X^AX^a ناقل‌اند و می‌توانند دگرهٔ بیماری را به فرزند خود منتقل کنند. زنان فقط در صورتی بیمار خواهند شد که دو دگرهٔ بیماری را داشته باشند (X^aX^a).



تذکر مهم:

هموفیلی، نوعی بیماری وابسته به X نهفته است. اگر در سؤالات کنکور سراسری نام بیماری وابسته به X دیگری مورد استفاده قرار بگیرد، به نوع آن اشاره خواهد شد.

- بیماری‌های اتوزومی بارز:** اگر دگرهٔ بارز B عامل بیماری و دگرهٔ نهفتهٔ b را عامل سلامت فرض کنیم، سه نوع ژنوتیپ (bb و BB ، Bb) برای افراد ممکن است. از بین این سه نوع ژنوتیپ، افراد bb سالم‌اند؛ چون فقط دگره‌های سلامت را دارند اما افراد BB و Bb هر دو بیمارند.

۱۲ در مورد افراد BB که تکلیف مشخص است! این افراد فقط دگره بیماری را دارند. افراد Bb دو نوع دگره مختلف دارند و ناخالص اند، اما از بین این دو دگره، اثر دگره بارز ظاهر می‌شود که عامل بیماری است.

۱۳ در بیماری‌های بارز، فرد ناقل وجود ندارد. چون هر فرد حتی با داشتن یک دگره بیماری، به آن مبتلا می‌شود.

بیماری‌های وابسته به X بارز: اگر دگره بارز B عامل بیماری و دگره نهفته b عامل سلامت باشد، مردانی با ژنوتیپ (X^BY) بیمار و مردانی با ژنوتیپ (X^bY) سالم خواهند بود. در بین زنان نیز افراد دارای ژنوتیپ‌های (X^BX^b و X^BX^B) بیمار و فقط زنانی با ژنوتیپ (X^bX^b) سالم خواهند بود. در مورد زنانی با ژنوتیپ (X^BX^b) توجه داشته باشید که اثر دگره بارز دیده می‌شود و این دگره بارز عامل بیماری است.

فنیل کتونوری: فنیل کتونوری (PKU) نوعی بیماری مستقل از جنس نهفته است. یعنی اگر دگره A را عامل سلامت و دگره a را عامل بیماری در نظر بگیریم، افراد aa به این بیماری مبتلا هستند اما افراد AA و Aa فنوتیپ سالم دارند.

۱۴ افراد مبتلا به این بیماری، آزیم تجزیه کننده آمینواسید فنیل آلانین را ندارند. تجمع فنیل آلانین در بدن، منجر به تولید ترکیبات خطرناکی می‌شود که با آسیب به مغز، موجب معلولیت ذهنی می‌شود.

۱۵ برای بروز علائم فنیل کتونوری، وجود ژن کافی نیست! یعنی افراد aa صرفاً به دلیل داشتن ژن‌های بیماری، دچار معلولیت ذهنی نمی‌شوند. در واقع این افراد به این دلیل علائم بیماری را بروز می‌دهند که از مواد پروتئینی حاوی فنیل آلانین تغذیه می‌کنند. پس با تغذیه از غذاهای بدون فنیل آلانین یا دارای فنیل آلانین کم می‌توان عوارض این بیماری را مهار کرد.



۱۶ حساس‌ترین مرحله، دوران نوزادی است. نوزاد هنگام تولد، علائم آشکاری ندارد. اما تغذیه از شیر مادر که حاوی فنیل آلانین زیادی است، به یاخته‌های مغز نوزاد آسیب می‌رساند. امروزه نوزادان در بدو تولد، از نظر این بیماری مورد آزمایش قرار می‌گیرند. اگر تشخیص داده شود که نوزاد به این بیماری مبتلاست، باید به جای شیر مادر، با شیر خشک مخصوص تغذیه شود.

۱۷ با توجه به شکل بالا، نمونه خون مورد نیاز برای آزمایش PKU (اندازه‌گیری مقدار فنیل آلانین) از پاشنه نوزاد تهیه می‌شود.

هموفیلی: نوعی بیماری وابسته به X نهفته است. در این بیماری، فرایند لخته شدن خون دچار اختلال می‌شود.

۱۸ چندین نوع هموفیلی وجود دارد که شایع‌ترین نوع آن هموفیلی A نام دارد. این بیماری به دلیل **فقدان فاکتور انعقادی هشت** ایجاد می‌شود. در همه انواع هموفیلی، فرایند لخته شدن خون دچار اختلال می‌شود.

۱۹ دگره بیماری را به صورت X^h و دگره طبیعی را به صورت X^H نشان می‌دهیم. دگره X^H باعث تولید فاکتور انعقادی ۸ می‌شود اما دگره h قادر به تولید این فاکتور نیست. در واقع یک صفتی داریم به نام انعقاد خون که برای آن دو حالت وجود دارد. یک حالت یا شکل این صفت، **انعقاد طبیعی خون** است که دگره ایجاد کننده آن را X^H فرض کردیم و حالت یا شکل دیگر این صفت، **هموفیلی** است که دگره ایجاد کننده آن را به طور قراردادی با X^h نشان می‌دهیم.

۲۰ در ارتباط با صفت انعقاد خون:

۱) برای مردان دو نوع ژنوتیپ و دو نوع فنوتیپ وجود دارد؛ مردان دارای ژنوتیپ X^HY سالم و مردان دارای ژنوتیپ X^hY هموفیل (بیمار) هستند.

۲) برای زنان سه نوع ژنوتیپ و دو نوع فنوتیپ وجود دارد؛ زنان دارای ژنوتیپ‌های X^HX^H و X^HX^h سالم‌اند. با این تفاوت که زنان X^HX^H سالم و خالص اما زنان X^HX^h سالم و ناقل (ناخالص) هستند. زنان دارای ژنوتیپ X^hX^h نیز بیمار (هموفیل) هستند.

۲۱ به طور طبیعی مردان نمی‌توانند **ناقل هموفیلی** باشند؛ چون فقط یک فام‌تن X دارند و در صورت وجود دگره h روی این فام‌تن، مرد بیمار خواهد بود.

◀ صفات پیوسته و گسسته، صفات تک جایگاهی و چند جایگاهی

اصل مطلب



صفات گسسته (ناپیوسته): صفاتی هستند که معمولاً به دو یا چند شکل در جمعیت دیده می‌شوند اما نمی‌توان آن‌ها را با طیفی از اعداد نشان داد. مثلاً افراد از نظر گروه Rh یا مثبت هستند یا منفی و افراد مختلف، درجات مختلفی از این صفت را نشان نمی‌دهند.

صفات پیوسته: صفاتی که می‌توان آن‌ها را با اعداد گوناگونی نشان داد، صفات پیوسته نامیده می‌شوند؛ مانند وزن بدن، طول قد، رنگ پوست و ...

صفات تک جایگاهی: ژن‌های این صفات، فقط یک جایگاه روی یکی از انواع کروموزوم دارند. مثلاً صفت گروه خونی Rh از نوع تک جایگاهی است و فقط یک جایگاه در کروموزوم شماره ۱ دارد. گروه خونی ABO نیز از نوع تک جایگاهی است و فقط یک جایگاه در کروموزوم شماره ۹ دارد.

صفات چند جایگاهی: صفاتی هستند که در بروز آن‌ها، بیش از یک ژن شرکت دارد و هر یک از این ژن‌ها نیز دگره‌هایی دارند. رنگ ذرت، مثالی از صفات چند جایگاهی است و رنگ ذرت از سفید تا قرمز متغیر است.

۲۲ هر فرد طبیعی، در ارتباط با صفات تک‌جایگاهی مانند گروه خونی Rh، دو نسخه از ژن بر روی دو کروموزوم همتا دارد.

۲۳ صفت گروه خونی ABO توسط سه دگره کنترل می‌شود اما نوعی صفت گسسته است؛ چون نمی‌توان آن را با طیفی از اعداد نشان داد.

۲۴ صفت گروه خونی Rh از صفات تک‌جایگاهی دو اللی اما صفت گروه خونی ABO از نوع تک‌جایگاهی چند اللی است.

۲۵ زنان برای هر صفت تک‌جایگاهی، دو دگره دارند و تفاوتی ندارد این صفت مستقل از جنس باشد و یا وابسته به جنس. چون زن‌ها از هر نوع کروموزوم دو نسخه دارند.

۲۶ مردان برای هر صفت تک‌جایگاهی مستقل از جنس دو دگره اما برای هر صفت وابسته به جنس یک دگره دارند. چون کروموزوم‌های جنسی آن‌ها با هم متفاوت است (X و Y).

۲۷ بعضی صفات انسان تحت تأثیر ژن‌های متعددی قرار دارند و اصطلاحاً می‌گوییم چند جایگاهی هستند. هر فرد در ارتباط با صفت چند جایگاهی، دگره‌های متعددی دارد.

بررسی صفت رنگ ذرت:

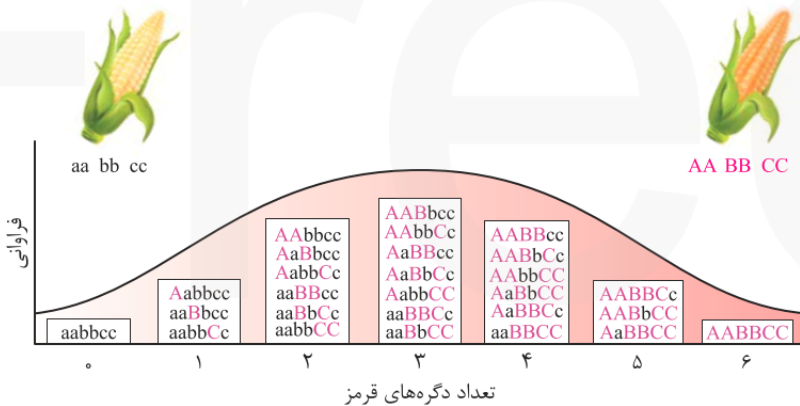
۲۸ رنگ ذرت یک صفت چند جایگاهی است و برای آن سه جایگاه ژنی وجود دارد و با توجه به این که ذرت گیاهی دیپلوئید است و از هر فام‌تن دو نسخه دارد، برای این صفت، ۶ دگره خواهد داشت.

۲۹ برای هر یک از این جایگاه‌های ژنی، دو دگره وجود دارد که یکی بارز و دیگری نهفته است. در هر یک از این جایگاه‌های ژنی، دگره بارز عامل رنگ قرمز و دگره نهفته عامل رنگ سفید دانه‌های ذرت است.

۳۰ دگره‌های جایگاه اول با حروف A و a، دگره‌های جایگاه دوم با حروف B و b و دگره‌های جایگاه سوم با حروف C و c نشان داده می‌شوند. گیاه ذرت، ترکیبات مختلفی از این دگره‌ها را می‌تواند داشته باشد و رنگ دانه‌های ذرت، به تعداد دگره‌های بارز و نهفته بستگی دارد.

۳۱ ذرتی که همه دگره‌های آن نهفته‌اند (aabbcc) دانه‌هایی به رنگ سفید و ذرتی که همه دگره‌های آن بارزند (AABBCC) دانه‌هایی به رنگ قرمز دارد. رنگ دانه‌های سایر ذرت‌ها به تعداد دگره‌های بارز و نهفته بستگی دارد. یعنی هر چه تعداد دگره‌های بارز بیشتر باشد، رنگ دانه‌های ذرت به رنگ قرمز و هر چه دگره‌های نهفته بیشتر باشند به رنگ سفید نزدیک‌تر می‌شود.

۳۲ نمودار توزیع فراوانی صفات چند جایگاهی مانند رنگ ذرت، شبیه زنگوله است.



۳۳ در نمودار فراوانی مربوط به رنگ ذرت در جمعیت، در یکی از آستانه‌ها ذرت‌هایی قرار می‌گیرند که فقط دگره‌های بارز هر سه ژن را دارند. این ذرت‌ها قرمز رنگ هستند. در آستانه دیگر، ذرت‌هایی قرار می‌گیرند که فقط دگره‌های نهفته هر سه ژن را دارند و به رنگ سفیدند. طیف میانه نیز دگره‌های بارز و نهفته دارند.

۳۴ در جمعیت ذرت، فراوانی فنوتیپ‌های میانه، بیشتر از فنوتیپ‌های آستانه‌ای است. همچنین فراوانی افراد ناخالص بیشتر از افراد خالص است.

اثر محیط:

۳۵ گاهی برای بروز یک فنوتیپ، وجود ژن به تنهایی کافی نیست؛ به عنوان مثال در گیاهان، ساخته شدن سبزینه (کلروفیل) علاوه بر ژن، به نور هم نیاز دارد.

۳۶ در انسان، تغذیه و ورزش از عوامل محیطی هستند که بر رخ‌نمود اثر می‌گذارند. مثلاً قد انسان علاوه بر ژن، به تغذیه و ورزش هم بستگی دارد.

۳۷ گیاهان انواعی از دیسه‌ها را دارند. دو تا از مهم‌ترین دیسه‌ها عبارتند از سبزدیسه و رنگ‌دیسه. سبزدیسه مقدار زیادی کلروفیل و مقدار کمتری کاروتنوئید دارد؛ در مقابل، رنگ‌دیسه مقدار زیادی کاروتنوئید و مقدار کمی کلروفیل دارد. در بعضی گیاهان، کاهش شدت تابش نور و طول مدت روز در پاییز، موجب کاهش مقدار کلروفیل و در نتیجه، تبدیل سبزدیسه به رنگ‌دیسه می‌شود. در نتیجه، فنوتیپ گیاه تغییر می‌کند و رنگ پاییزی به خود می‌گیرد.

سوالات تیب ۱: یک صفت مستقل از جنس

در این سوالات، یک یا چند صفت ساده وراثتی مطرح می‌شود. ممکن است مستقیماً نوع رابطه بین دگرها مشخص شده باشد و یا این که طراح با دادن اطلاعاتی، به طور غیرمستقیم نوع رابطه بین دگرها را مشخص کرده باشد. به هر حال باید بر اساس نوع رابطه بین دگرها، ژنوتیپ والدین را در ارتباط با هر صفت نوشته و حالت‌های ممکن برای فرزندان را به دست بیاوریم.



استراتژی حل: برای تشخیص نوع رابطه بین دگرها به موارد زیر توجه کنید:

۳۸ اگر در بین فرزندان فنوتیپ جدیدی مشاهده نشود؛ یعنی زاده‌ها شبیه یک یا هر دوی والدین باشند، رابطه بین دگرها از نوع **بارز و نهفتگی** است. به عنوان مثال، اگر دو جانور یکی سیاه و دیگری سفید با هم آمیزش کنند، دیدن هر یک از حالت‌های زیر در بین فرزندان بر رابطه بارز و نهفتگی دلالت دارد: **۱** همه زاده‌ها سیاه باشند. **۲** همه زاده‌ها سفید باشند. **۳** یکی از زاده‌ها سیاه و دیگری سفید باشد.

۳۹ اگر در بین زاده‌ها فنوتیپ حد واسط مشاهده شود، رابطه بین دگرها از نوع **بارزیت ناقص** است. به عنوان مثال اگر دو پرندۀ منقار بلند و منقار کوتاه با هم آمیزش کنند و زاده‌های آن‌ها منقار متوسط باشند، نوع رابطه بین دگرها از نوع بارزیت ناقص است.

۴۰ اگر در بین زاده‌ها، مخلوطی از دو فنوتیپ والدین دیده شود، نوع رابطه بین دگرها از نوع **هم‌توانی** است. به عنوان مثال فرض کنید پروانه سفیدی را با پروانه بال سیاه آمیزش داده‌ایم و فرزندان آن‌ها دارای بال خال‌دار شده‌اند. در این صورت رابطه بین دگرها از نوع هم‌توانی است.



مثال ۱: اگر از آمیزش گیاه نخودفرنگی دانه صاف با گیاه نخودفرنگی دانه چروکیده، همه گیاهان حاصل دانه صاف تولید کنند، در جمعیت این گیاه، از آمیزش دو گیاه دانه ناخالص، چند نوع ژنوتیپ در بین زاده‌ها قابل انتظار است؟

پاسخ: با توجه به این که همه زاده‌ها صفت یکی از والدین را نشان می‌دهند، رابطه بین دگرها از نوع بارز و نهفتگی است. ضمناً همه زاده‌ها دانه صاف شده‌اند، پس صافی دانه صفت بارز است. با این اطلاعات می‌توان ژنوتیپ گیاهان ناخالص را به صورت Aa نوشت و آمیزش دو گیاه ناخالص به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Aa \times Aa \rightarrow AA + Aa + aa$$

بنابراین در بین زاده‌ها، سه نوع ژنوتیپ قابل انتظار است.



مثال ۲: از آمیزش دو گیاه میمونی گل صورتی، چند نوع ژنوتیپ و چند نوع فنوتیپ برای گیاهان حاصل انتظار می‌رود؟

پاسخ: می‌دانیم که بین دگرهای کنترل‌کننده رنگ گل گیاه میمونی، رابطه بارزیت ناقص وجود دارد و ژنوتیپ گیاهان گل صورتی RW است. بنابراین آمیزش دو گیاه گل صورتی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$RW \times RW \rightarrow RR + RW + WW$$

از این آمیزش، سه نوع ژنوتیپ (RR ، RW ، WW) و سه نوع فنوتیپ (گل قرمز، گل سفید و گل صورتی) به وجود می‌آید. با توجه به فقدان رابطه بارز و نهفتگی بین دگرها، تنوع ژنوتیپی با تنوع فنوتیپی برابر است. به عبارت دیگر، هر ژنوتیپ، یک فنوتیپ منحصر به فرد را ایجاد می‌کند.



مثال ۳: با فرض این که از آمیزش ملخ شاخک کوتاه با ملخ شاخک بلند، همه زاده‌ها شاخک متوسط می‌شوند، اگر ملخ شاخک بلند را با ملخ شاخک متوسط آمیزش دهیم، حداکثر چند نوع فنوتیپ در بین زاده‌های آن‌ها ممکن است دیده شود؟

پاسخ: با توجه به تولد فرزندان شاخک متوسط، می‌توان فهمید که رابطه بین دگرها از نوع بارزیت ناقص است. بنابراین می‌توانیم ملخ شاخک بلند را به صورت BB و ملخ شاخک متوسط را به صورت BK نشان دهیم و آمیزش به صورت زیر خواهد بود:

$$BB \times BK \rightarrow BB + BK$$

پس در بین زاده‌ها دو نوع فنوتیپ بلند و متوسط دیده خواهد شد.

سوالات تیب ۲: چند صفت مستقل از جنس

در این سوالات، چند صفت ساده وراثتی با هم مطرح می‌شود. رابطه بین دگرهای این صفات می‌تواند با هم متفاوت باشد. تنها تفاوت این سؤال با تیب قبلی، در این است که باید برای هر صفت، یک آمیزش جداگانه بنویسیم.



مثال ۴: با فرض این که از آمیزش پروانه بال سفید و شاخک بلند با پروانه بال سیاه و شاخک کوتاه، همه زاده‌ها دارای بال خال‌دار و شاخک بلند شده‌اند، اگر دو فرد از نسل جدید را با هم آمیزش دهیم، بیشتر زاده‌ها چه فنوتیپی خواهند داشت؟

پاسخ: در این سؤال، دو صفت مطرح شده است و باید آن‌ها را به صورت جداگانه بررسی کنیم:

الف) رنگ بال: بین دگرهای رنگ بال، رابطه هم‌توانی وجود دارد و می‌توان افراد بال سفید را WW ، افراد بال سیاه را BB و افرادی با بال خال‌دار را به صورت BW نوشت. البته در این سؤال برخلاف سوالات قبلی، تعداد افراد دارای هر فنوتیپ برای رسیدن به پاسخ اهمیت دارد. با روش می‌توانید زاده‌ها را بنویسید؛ روش اول مربع پانت است که برای شروع یادگیری ژنتیک خوب است اما بعد از این که از حالت آماتوری در آمدید، می‌توانید زاده‌ها را به صورت خطی و به دنبال هم بنویسید:

$$BW \times BW \rightarrow BB + BW + BW + WW$$

با توجه به ژنوتیپ زاده‌ها، متوجه می‌شویم که نسبت احتمالی فرزندان خال‌دار بیشتر از بقیه است.

ب) طول شاخک: از آمیزش پروانه شاخک بلند با پروانه شاخک کوتاه، همه زاده‌ها شاخک بلند شده‌اند. بنابراین بین دگره‌ها رابطه بارز و نهفتگی وجود دارد و بلندی شاخک صفت بارز است. اگر دگره بلندی را با A و کوتاهی را با a نشان دهیم، آمیزش به صورت زیر خواهد بود:

$$Aa \times Aa \rightarrow AA + Aa + Aa + aa$$

افراد AA و Aa صفت بارز (شاخک بلند) را بروز می‌دهند. به عبارت دیگر، بیشتر زاده‌ها شاخک بلند خواهند بود. با در نظر گرفتن دو صفت، نسبت احتمالی زاده‌های دارای بال خال دار و شاخک بلند بیشتر از بقیه است.

مثال ۵: با فرض این که از آمیزش ملخ بال سبز و چشم قهوه‌ای با ملخ بال خاکستری و چشم سیاه، همه زاده‌ها بال خاکستری و چشم قهوه‌ای شده‌اند، اگر دو ملخ از نسل جدید با هم آمیزش کنند، در بین زاده‌ها حداکثر چند نوع فنوتیپ و چند نوع ژنوتیپ می‌توان انتظار داشت؟

پاسخ: از آمیزش ملخ بال خاکستری با ملخ بال سبز، همه زاده‌ها بال خاکستری شده‌اند؛ پس بین دگره‌ها رابطه بارز و نهفتگی وجود دارد و خاکستری بارز است و افراد نسل جدید، بال خاکستری ناخالص (Aa) هستند. آمیزش دو فرد بال خاکستری ناخالص به صورت زیر است:

$$Aa \times Aa \rightarrow AA + Aa + Aa + aa$$

بنابراین در بین زاده‌ها، سه نوع ژنوتیپ (AA، Aa، aa) و دو نوع فنوتیپ (سبز و خاکستری) مشاهده می‌شود.

از آمیزش ملخ چشم قهوه‌ای با ملخ چشم سیاه، همه زاده‌ها چشم قهوه‌ای شده‌اند. پس رابطه بین دگره‌ها از نوع بارز و نهفتگی و چشم قهوه‌ای بارز است. آمیزش دو فرد چشم قهوه‌ای ناخالص به صورت زیر است:

$$Bb \times Bb \rightarrow BB + Bb + Bb + bb$$

بنابراین در بین زاده‌ها، سه نوع ژنوتیپ (BB، Bb، bb) و دو نوع فنوتیپ (سیاه و قهوه‌ای) مشاهده می‌شود.

تنوع کل ژنوتیپ‌ها از حاصل ضرب تنوع ژنوتیپی دو صفت به دست می‌آید: $3 \times 3 = 9$

تنوع کل فنوتیپ‌ها نیز حاصل ضرب تنوع فنوتیپی دو صفت است: $2 \times 2 = 4$

سوالات تیپ ۲: یک صفت وابسته به جنس

این سوالات ممکن است در ارتباط با صفات انسان و یا جانوران دیگر باشد. در صورتی که سؤال مربوط به جانوران دیگر باشد، قطعاً طراح نحوه تعیین جنسیت جانور مورد سؤال را بیان خواهد کرد. باید با دقت ژنوتیپ والدین را با استفاده از کروموزوم‌های جنسی آن‌ها بنویسیم و سپس ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های ممکن برای فرزندان آن‌ها را به دست بیاوریم.

مثال ۶: مردی هموفیل، با زنی سالم که پدری هموفیل داشته از دواج کرده است. چند نوع ژنوتیپ برای فرزندان سالم این خانواده می‌توان انتظار داشت؟

پاسخ: ژنوتیپ مرد هموفیل (X^hY) است و زنی سالم که پدری هموفیل داشته، قطعاً ناقل این بیماری است و به صورت ($X^H X^h$) نشان داده می‌شود. بنابراین آمیزش والدین و ژنوتیپ‌های فرزندان به صورت زیر خواهد بود:

$$X^hY \times X^H X^h \rightarrow X^H Y + X^h Y + X^H X^h + X^h X^h$$

فرزندان سالم این خانواده عبارتند از $X^H X^h$ و $X^h X^h$ ؛ یعنی دو نوع ژنوتیپ برای فرزندان سالم این خانواده می‌توان انتظار داشت.

مثال ۷: زن و مردی سالم، فرزندی مبتلا به گورنگی (بیماری وابسته به X نهفته) دارند. چند نوع ژنوتیپ ناخالص در بین فرزندان این خانواده ممکن است ایجاد شود؟

پاسخ: ژنوتیپ مرد سالم ($X^A Y$) است و زنی سالمی که فرزند بیمار دارد، به صورت ($X^A X^a$) نشان داده می‌شود. بنابراین آمیزش والدین و ژنوتیپ‌های فرزندان به صورت زیر خواهد بود:

$$X^A Y \times X^A X^a \rightarrow X^A Y + X^a Y + X^A X^A + X^A X^a$$

در بین فرزندان این خانواده، فقط افراد $X^A X^a$ ناخالص‌اند. بنابراین فقط یک نوع ژنوتیپ ناخالص در بین فرزندان این خانواده می‌تواند ایجاد شود.

مثال ۸: کدام گزینه، جمله زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟

- زن و مردی که هر دو به یک بیماری وابسته به X مبتلا هستند، فرزندی سالم دارند. در بین فرزندان این زوج،
- (۱) نیمی از پسران به این بیماری مبتلا خواهند بود.
 - (۲) همه دختران، دارای فنوتیپ سالم خواهند بود.
 - (۳) نیمی از دختران، فنوتیپ بارز خواهند داشت.
 - (۴) همه پسران، ژنوتیپ ناخالص خواهند داشت.

پاسخ: گزینه ۱ با توجه به اطلاعات سؤال، این بیماری از نوع وابسته به X بارز است. اگر فرض کنیم دگره B عامل بیماری و دگره b عامل سلامت باشد، آمیزش به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$X^B Y \times X^B X^b \rightarrow X^B Y + X^b Y + X^B X^B + X^B X^b$$

با در نظر گرفتن این که بیماری از نوع بارز است، نیمی از پسران سالم ($X^b Y$) و نیمی دیگر بیمار ($X^B Y$) خواهند بود؛ اما دختران این خانواده ($X^B X^b$ و $X^B X^B$) هر دو به بیماری مبتلا هستند.

مثال ۹: دو مگس میوه نر و ماده را که هر دو چشم قرمز دارند، با هم آمیزش داده‌ایم و فقط بعضی از زاده‌های آن‌ها، چشم سفید شده‌اند. با توجه به این

که رنگ چشم مگس میوه صفتی وابسته به X است و تعیین جنسیت در این جانور همانند انسان است، می‌توان نتیجه گرفت که خواهند بود.

(۲) همه زاده‌های نر، چشم سفید

(۱) همه زاده‌های ماده چشم قرمز، ناخالص

(۴) نیمی از نرها ناخالص، چشم سفید

(۳) نیمی از ماده‌های چشم قرمز، خالص

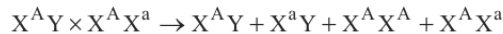
پاسخ: **گزینه ۳** برای رسیدن به پاسخ، به موارد زیر توجه کنید:

۱) از آمیزش دو فرد با رنگ چشم قرمز، فرزندی با رنگ چشم سفید متولد شده است. بنابراین رنگ چشم قرمز بارز و رنگ چشم سفید نهفته است.

۲) در ارتباط با صفات وابسته به X، وقتی دو والد با فنوتیپ یکسان با هم آمیزش می‌کنند و فرزندی با فنوتیپ متفاوت متولد می‌شود، فرزند دارای فنوتیپ متفاوت، قطعاً XY است!

۳) برای این که در بین زاده‌ها، فقط بعضی از افراد XY دارای فنوتیپ نهفته باشند، باید والد XX ناخالص باشد!

حالا با توجه به این موارد، می‌توان آمیزش را به صورت زیر نوشت:



بنابراین همه زاده‌های ماده ($X^A X^A$ و $X^A X^a$)، چشم قرمز خواهند بود که نیمی از آن‌ها خالص‌اند.

نیمی از زاده‌های نر دارای چشم قرمز ($X^A Y$) و نیمی دیگر دارای چشم سفید ($X^a Y$) خواهند بود. ضمناً در مورد افراد XY خالص و ناخالص معنی ندارد. چون فرد خالص دو دگره مشابه و فرد ناخالص دو دگره متفاوت دارد، در حالی که افراد XY فقط یک دگره وابسته به X دارند.

سؤالات تیب ۴: صفات مستقل از جنس و وابسته به جنس با هم

برای پاسخ به این سؤالات، حتماً باید صفات وابسته به جنس و مستقل از جنس را به صورت جداگانه حل کنیم.

مثال ۱۰: اگر مردی مبتلا به هموفیلی که مادری مبتلا به فنیل کتونوری داشته با زنی سالم که پدری مبتلا به هر دو بیماری داشته ازدواج کند،

(۱) برخی از پسران سالم این خانواده، ممکن است ناقل بیماری باشند.

(۲) همه دختران این خانواده، فنوتیپی مشابه مادر خود خواهند داشت.

(۳) هیچ یک از پسران این خانواده، فنوتیپی مشابه پدر خود نخواهد داشت.

(۴) بعضی دختران این خانواده، ممکن است ژن هموفیلی را از پدر خود دریافت کنند.

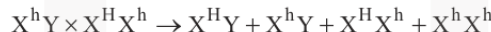
پاسخ: **گزینه ۱** فنیل کتونوری بیماری مستقل از جنس و هموفیلی بیماری وابسته به X است. این دو بیماری را به طور جداگانه بررسی می‌کنیم:

الف) فنیل کتونوری: فرد سالمی که یکی از والدینش به بیماری مستقل از جنس مبتلاست، ناقل بیماری است و به صورت Aa نوشته می‌شود. زن و مرد هر دو سالم‌اند اما پدر یا مادر مبتلا به این بیماری دارند. پس می‌توان نوشت:



بنابراین در بین فرزندان آن‌ها، افراد aa بیمارند و سایر افراد فنوتیپ سالم دارند.

ب) هموفیلی: مرد مبتلا به هموفیلی ($X^h Y$) است و زن سالمی که پدری مبتلا به این بیماری داشته، ناقل هموفیلی ($X^H X^h$) است. پس می‌توان نوشت:



پسران سالم، نمی‌توانند ناقل بیماری وابسته به X باشند اما در این خانواده، پسر سالم می‌تواند ناقل فنیل کتونوری باشد.

بررسی سایر گزینه‌ها **گزینه ۲:** دختران این خانواده از نظر هر دو بیماری هموفیلی و فنیل کتونوری می‌توانند سالم و یا بیمار باشند.

گزینه ۳: فنوتیپ پدر از نظر هموفیلی ($X^h Y$) و از نظر فنیل کتونوری (Aa) است که هر دوی آن‌ها برای پسران این خانواده امکان‌پذیر است.

گزینه ۴: همه دختران این خانواده، ژن هموفیلی را از پدر خود دریافت می‌کنند.

مثال ۱۱: از ازدواج مردی سالم و دارای گروه خونی AB با زنی سالم و دارای گروه خونی O، دختری زال (بیماری مستقل از جنس نهفته) و پسری هموفیل

متولد گردیده است. در این خانواده،

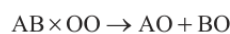
(۱) نمی‌تواند دختری هموفیل و زال با گروه خونی B متولد شود.

(۲) ممکن است پسری با فنوتیپ مشابه پدر متولد شود.

(۴) ممکن نیست فرزندی با گروه خونی A و فاقد دگره بیماری متولد شود.

(۳) می‌تواند دختری با فنوتیپ مشابه مادر متولد شود.

پاسخ: **گزینه ۱** در این خانواده، پدر و مادر از نظر زالی ناخالص‌اند؛ پس فرزندان آن‌ها می‌توانند مبتلا به این بیماری و یا سالم باشند:



گروه خونی فرزندان این زوج نیز می‌تواند A و یا B باشد:

اما دختر هموفیل دارای فنوتیپ ($X^h X^h$) است و نمی‌تواند پدری سالم ($X^H Y$) داشته باشد.

بررسی سایر گزینه‌ها **گزینه ۲:** برای این که فنوتیپ یک پسر شبیه پدرش باشد، باید از نظر همه صفات مورد نظر مانند او باشد. گروه خونی پدر AB است و هیچ یک از فرزندان نمی‌توانند گروه خونی مشابه پدر خود داشته باشند. **گزینه ۳:** دختر این خانواده نیز می‌تواند

همانند مادر خود از نظر زالی و هموفیلی سالم باشد، اما نمی‌تواند گروه خونی مشابه مادرش داشته باشد. **گزینه ۴:** در این خانواده هم

احتمال تولد فرزندی با گروه خونی A وجود دارد، هم فرزندی که فاقد دگره زالی است (AA) و هم فاقد دگره هموفیلی ($X^H X^H$ و $X^H Y$).

سؤالات تیب ۵: دو صفت وابسته به جنس با هم

اگر دو صفت وابسته به جنس با هم در سؤال مطرح باشد، باید دگره‌های آن‌ها را با هم روی کروموزوم X بنویسیم.

۴۱ فرض کنید در یک سؤال، دو بیماری وابسته به X نهفته مطرح شده‌اند. یکی هموفیلی که آن را با h و دیگری کوررنگی که آن را با a نشان می‌دهیم. در این صورت نحوه نوشتن ژنوتیپ‌ها به صورت زیر است:

۱) مردان هموفیل و کوررنگ: $X_h^a Y$

۲) مردانی که به هموفیلی و کوررنگی مبتلا نیستند: $X_H^A Y$

۳) مردان هموفیل که کوررنگ نیستند: $X_h^A Y$

۴) مردان کوررنگ که هموفیل نیستند: $X_H^a Y$

۵) زنان مبتلا به هموفیلی و کوررنگی: $X_h^a X_h^a$

۶) زنان سالم و خالص از نظر هر دو بیماری: $X_H^A X_H^A$

۴۲ برای زنی که ناقل هر دو بیماری است، دو حالت وجود دارد:

۱) دو دگره بیماری روی یک کروموزوم X باشد: $X_H^A X_h^a$

۲) هر یک از دگره‌های بیماری روی یکی از کروموزوم‌های X باشد: $X_H^A X_h^a$

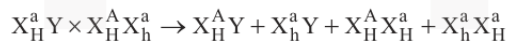
۴۳ با توجه به اطلاعات سؤال، باید بفهمیم کدام یک از این دو حالت را بنویسیم. مثلاً اگر طراح بگوید زنی سالم که پدری مبتلا به هر دو بیماری دارد، یعنی باید ژنوتیپ زن را این طور بنویسید: $X_H^A X_h^a$. چون هر دو دگره از پدر به او منتقل شده، یعنی از طریق یک کروموزوم X.

رنا تذکر مهم: اگر در یک سؤال دو بیماری وابسته به X مطرح باشد و شما آنها را جداگانه حل کنید، کلاً غلط است!

مثال ۱۲: اگر مردی که مادری کوررنگ (وابسته به X نهفته) و پدری هموفیل داشته با زنی سالم که پدرش به هر دوی این بیماری‌ها مبتلا بوده است ازدواج کند، در بین فرزندان این زوج، ممکن نیست دیده شود.

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| (۱) پسر دارای فنوتیپ سالم | (۱) دختر دارای فنوتیپ سالم |
| (۳) پسر مبتلا به هر دو بیماری | (۴) دختر مبتلا به هر دو بیماری |

پاسخ: گزینه ۴ مردان دگره بیماری وابسته به X را فقط از مادر خود دریافت می‌کنند. پس این مرد به کوررنگی مبتلا و از نظر هموفیلی سالم است. اگر کوررنگی را با a و هموفیلی را با h نشان دهیم، این مرد به صورت $(X_H^a Y)$ نشان داده می‌شود. زن سالمی که پدرش به هر دوی این بیماری‌ها مبتلا بوده، دارای ژنوتیپ $(X_H^A X_h^a)$ است و می‌توان نوشت:



در این خانواده احتمال تولد پسر دارای فنوتیپ سالم $(X_H^A Y)$ ، پسر مبتلا به هر دو بیماری $(X_h^a Y)$ و دختر دارای فنوتیپ سالم $(X_H^A X_h^a)$ وجود دارد اما دختر مبتلا به هر دو بیماری $(X_h^a X_h^a)$ ممکن نیست دیده شود.

سؤالات تیب ۶: ژنتیک در جانوران

۴۴ برای پاسخ به این سؤالات، باید بر اساس اطلاعات سؤال، کروموزوم‌های جنسی افراد نر و ماده را درست بنویسید؛ مثلاً در پرندگان، افراد XX نر و افراد XY ماده‌اند (برعکس انسان). از این‌جا به بعد روش حل مسئله همانند انسان است و فقط باید حواستان به جنسیت جانوران باشد.

مثال ۱۳: از آمیزش پروانه مونارک نر با بال قهوه‌ای و شاخک کوتاه، با ماده بال سفید و شاخک بلند، در نسل اول همه زاده‌ها بال قهوه‌ای و شاخک بلند شده‌اند و بال سفید فقط در ماده‌های نسل دوم مشاهده گردید. با در نظر گرفتن این که پروانه‌های نر یک نوع و پروانه‌های ماده دو نوع کروموزوم جنسی دارند، کدام پیش‌بینی در مورد پروانه‌های نسل دوم صحیح است؟

- | | |
|--|--|
| (۱) همه ماده‌های شاخک کوتاه، بال سفید خواهند داشت. | (۲) همه نرهای شاخک بلند، دارای بال قهوه‌ای خواهند بود. |
| (۳) نیمی از ماده‌های بال سفید، شاخک کوتاه خواهند داشت. | (۴) نیمی از نرهای بال قهوه‌ای، شاخک بلند خواهند داشت. |

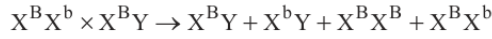
پاسخ: گزینه ۲

الف) اندازه شاخک: بین دگره‌های ژن اندازه شاخک رابطه باز و نهفتگی وجود دارد و شاخک بلند بر شاخک کوتاه بارز است، چون همه افراد نسل اول شاخک بلند شده‌اند. اگر بلندی شاخک را با A و کوتاهی شاخک را با a نشان دهیم، یکی از والدین AA و والد دیگر aa خواهد بود. از آمیزش این دو فرد، همه زاده‌ها در نسل اول Aa خواهند شد. اگر دو فرد از نسل اول با هم آمیزش کنند، افراد نسل دوم به وجود می‌آیند:





ب رنگ بال: بین دگره‌های رنگ بال نیز رابطه بارز و نهفتگی وجود دارد؛ چون در نسل اول همه زاده‌ها بال قهوه‌ای شده‌اند. ضمناً این صفت وابسته به جنس است؛ چون بال سفید در نسل دوم فقط در ماده‌ها دیده شده است. اگر دگره قهوه‌ای را با B و دگره سفید را با b نشان دهیم، پروانه والد نر بال قهوه‌ای به صورت $(X^B X^B)$ و والد ماده بال سفید به صورت $(X^b Y)$ خواهد بود. از آمیزش این دو فرد، در بین زاده‌های نسل اول دو نوع ژنوتیپ $(X^B X^b)$ و $(X^B Y)$ ایجاد می‌شود که فنوتیپ هر دوی آن‌ها بال قهوه‌ای است. اگر دو فرد از نسل اول با هم آمیزش کنند، افراد نسل دوم به صورت زیر خواهند بود:



با توجه به این که هر دو ژنوتیپ مربوط به نرهای نسل دوم $(X^B X^B)$ و $(X^B X^b)$ فنوتیپ بال قهوه‌ای دارند، همه نرهای نسل دوم، بال قهوه‌ای خواهند بود. بنابراین می‌توان گفت که همه نرهای شاخک‌بلند (یا همه نرهای شاخک‌کوتاه) نسل دوم، بال قهوه‌ای خواهند بود.

بررسی سایر گزینه‌ها

گزینه «۱»: نیمی از ماده‌های نسل دوم بال قهوه‌ای $(X^B Y)$ و نیمی دیگر بال سفید $(X^b Y)$ خواهند بود.

گزینه «۳»: در نسل دوم، یک چهارم زاده‌ها شاخک کوتاه دارند. پس یک چهارم ماده‌های بال سفید، شاخک کوتاه خواهند داشت.

گزینه «۴»: در نسل دوم، سه چهارم زاده‌ها شاخک بلند دارند. پس سه چهارم نرهای بال قهوه‌ای، شاخک بلند خواهند داشت.



مثال ۱۴: همه زاده‌های نر و نیمی از زاده‌های ماده دو گیوتور والد، صفت بارز را نشان می‌دهند. در صورت آمیزش دو زاده‌ای که ژنوتیپ متفاوتی با والدین دارند، در نسل دوم، خواهند داشت. (در پرندگان، تعیین جنسیت افراد برعکس انسان است.)

(۱) نیمی از نرها فنوتیپ نهفته (۲) همه ماده‌ها فنوتیپ نهفته (۳) همه نرها فنوتیپ بارز (۴) نیمی از ماده‌ها فنوتیپ بارز

پاسخ: گزینه ۳

در پرندگان، نحوه تعیین جنسیت برعکس انسان است؛ یعنی نرها XX و ماده‌ها XY هستند. نحوه پاسخ دادن به این سؤال را با حوصله و مرحله مرحله برایتان می‌نویسم تا خوب یاد بگیرید!

۱) نوع رابطه بین دگره‌ها مشخص شده است و بین دگره‌ها رابطه بارز و نهفتگی وجود دارد. بنابراین دگره بارز را با A و دگره نهفته را با a نشان می‌دهیم.

۲) نوع صفت، یعنی وابسته به جنس یا مستقل از جنس بودن آن به طور مستقیم مشخص نشده است؛ اما با بررسی زاده‌های نسل اول می‌توان فهمید که صفت وابسته به X است. یادتان باشد که هر نوع تأکید مبنی بر این که صفتی فقط در یک جنس دیده می‌شود، به معنی وابسته به X بودن صفت است. در این سؤال، صفت نهفته فقط در ماده‌های نسل اول دیده می‌شود؛ پس باید دگره‌ها را روی کروموزوم X بنویسیم.

۳) به طور مشخص گفته نشده است که چه افرادی با هم آمیزش می‌کنند؛ بنابراین ابتدا باید ژنوتیپ والدین را پیدا کنیم، سپس ببینیم زاده‌هایی که ژنوتیپ متفاوت با والدین خود دارند، چه افرادی هستند. با توجه به اطلاعات سؤال، زاده‌های نسل اول دارای ژنوتیپ‌های زیر هستند:

$(X^A X^A, X^A X^a, X^A Y, X^a Y)$. حالا باید ژنوتیپ والدین را تشخیص دهیم. قطعاً ژنوتیپ والدین به صورت $(X^A Y)$ و $(X^A X^a)$ بوده است.

۴) حالا با دانستن ژنوتیپ والدین، باید ببینیم کدام زاده‌ها، ژنوتیپی متفاوت با والدین خود دارند. از بین زاده‌های ماده، ژنوتیپ $X^a Y$ و از بین نرها نیز ژنوتیپ $X^A X^A$ با والدین متفاوت است.

۵) آخرین مرحله کار، حل مسئله است! آمیزش به صورت زیر نوشته می‌شود:



بنابراین در نسل دوم، همه زاده‌های نر و ماده، فنوتیپ بارز خواهند داشت.