



گزینه ۳

۱

در مرحله متافاز، از هر کروموزوم، دو عدد دوکروماتیدی وجود دارد که سر جمع، از یک صفت تک‌جایگاهی، ۴ نسخه‌ال وجود دارد. بنابراین این دختر، دو نسخه‌ال بیماری‌زا دارد. دو ال دیگر، سالم‌اند و ژنوتیپ ناخالص ناقل بیماری را دارد و ژنوتیپ او  $AB X^H X^h rr$  است و ژنوتیپ مرد می‌تواند  $BB X^H Y RR$ ،  $BB X^H Y Rr$  یا  $BO X^H Y RR$  باشد. اگر فرزند ما، دختر باشد و پدر، ناقل فنیل‌کتونوری باشد، ممکن است دختر، ژنوتیپ نهفته و آسیب مغزی ناشی از فنیل‌کتونوری داشته باشد. همچنین ممکن است دو دگره گروه خونی B داشته باشد و با دریافت دگره هموفیلی از مادر و دگره سالم از پدر، ناقل هموفیلی می‌شود. اگر فرزند ما پسر باشد، ممکن است دگره هموفیلی را از مادر بگیرد و بیمار شود؛ اما خب مادرش که بیمار نیست. این پسر می‌تواند ژنوتیپ BO ناخالص برای گروه خونی داشته باشد و با دریافت دگره سالم فنیل‌کتونوری، ناقل این بیماری شود.

گزینه ۱

۲

بررسی موارد:

الف) درست است.

ب) افرادی با ژنوتیپ  $I^B I^B$ ،  $I^B i$  و  $I^A I^A$ ،  $I^A i$  دارای یک نوع کربویدرات هستند. (نادرست است.)ج) فرد دارای  $Rh^+$  می‌تواند DD یا Dd داشته باشد. (نادرست است.)

د) در تولید مثل غیرجنسی گامت تولید نمی‌شود. (نادرست است.)

گزینه ۴

۳

باتوجه به اطلاعات فوق می‌توان ژنوتیپ زن و مرد را به صورت زیر در نظر گرفت: مرد  $X^h Y ABD-$  و زن  $X^H - A - dd$  از آنجایی که فرزند اول، پسری بیمار ( $X^h Y$ ) است و قطعاً  $X^h$  را از مادر دریافت کرده است، پس مادر ناقل بیماری است. از طرفی چون گروه خونی فرزند اول  $B^-$  است، پس زن نمود مادر AO و از نظر Rh، گروه خونی پدر ناخالص بوده است. به این ترتیب خواهیم داشت:

$$\begin{array}{c} \text{مرد} \\ X^h Y \end{array} \times \begin{array}{c} \text{زن} \\ X^H X^h \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \frac{1}{2} X^H X^h \\ \text{دختر سالم} \end{array} : \begin{array}{c} \frac{1}{2} X^h X^h \\ \text{دختر بیمار} \end{array} : \begin{array}{c} \frac{1}{2} X^H Y \\ \text{پسر سالم} \end{array} : \begin{array}{c} \frac{1}{2} X^h Y \\ \text{پسر بیمار} \end{array}$$

$$AB \times AO \rightarrow \begin{array}{c} \frac{1}{2} AA \\ \text{گروه خونی A} \end{array} : \begin{array}{c} \frac{1}{2} AO \\ \text{گروه خونی A} \end{array} : \begin{array}{c} \frac{1}{2} AB \\ \text{گروه خونی B} \end{array} : \begin{array}{c} \frac{1}{2} BO \\ \text{گروه خونی B} \end{array}$$

$$Dd \times dd \rightarrow \begin{array}{c} \frac{1}{2} Dd \\ + \end{array} : \begin{array}{c} \frac{1}{2} dd \\ - \end{array}$$

حال اگر فرزند بعدی دختر باشد از نظر ژنوتیپ و فنوتیپ برای بیماری فوق دو حالت وجود دارد:  $X^H X^h$  یا  $X^h X^h$  از نظر گروه خونی ABO، ۴ نوع زن‌نمود و ۳ نوع رخ‌نمود و از نظر مثبت و منفی بودن گروه خونی ۲ حالت ژنوتیپی و فنوتیپی وجود دارد. پس دختر این خانواده  $2 \times 4 \times 2 = 16$  نوع ژنوتیپ و  $2 \times 3 \times 2 = 12$  نوع فنوتیپ می‌تواند داشته باشد.

گزینه ۱

۴

بیماری‌های وابسته به جنس می‌توانند بارز یا نهفته باشند. اگر بیماری، نهفته باشد، مادر باید دو دگره برای بیماری داشته باشد (مثلاً RR)؛ ولی اگر بیماری، بارز باشد، مادری که ژنوتیپ ناخالص دارد هم بیمار است. (مثلاً Rr)

با در نظر گرفتن بیماری به صورت وابسته به جنس بارز، مادر بیمار می‌تواند دارای ژنوتیپ ناخالص باشد. در این صورت، ممکن است دگره غیربیماری‌زا یا دگره بیماری‌زا خود را به فرزندان پسر خود منتقل کند. هر پسری که دگره غیربیماری‌زا از مادر خود دریافت کند، الزاماً سالم است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۲) در بیماری‌های وابسته به جنس بارز، هر فردی که فقط یک دگره بارز مربوط به بیماری را از مادر خود دریافت کند، بیمار محسوب می‌شود.

(۳) در بیماری‌های وابسته به جنس بارز، وجود تنها یک دگره بارز این صفت، سبب ایجاد بیماری در افراد می‌شود. هر فردی که دگره بارز این صفت را از والدین خود دریافت کند، بیمار تلقی می‌شود.

(۴) برای صف‌های وابسته به جنس، فقط زنان می‌توانند دارای ژنوتیپ ناخالص برای یک صفت باشند. هر دختر، یک دگره خود را از مادر و یک دگره خود را از پدر دریافت می‌کند. ممکن است دگره بیماری‌زا، از طریق مادر به دختر خود منتقل شده باشد و دگره سالم، از پدر به ارث رسیده باشد.

دگره‌های گروه خونی Rh، روی کروموزوم شماره ۱ و دگره‌های گروه خونی ABO، روی کروموزوم شماره ۹ قرار دارد. براساس کاریوتیپ، اندازه کروموزوم شماره ۹، کوچکتر از شماره ۲ است. فرد مدنظر سؤال، برای گروه خونی ABO، دارای ژنوتیپ ii است که خالص می‌باشد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) این فرد برای گروه خونی Rh می‌تواند دارای ژنوتیپ DD یا Dd باشد که در صورت ناخالص بودن، فقط در یکی از کروموزوم‌های شماره ۱ خود، دگره ساخت پروتئین D را دارد.

(۲) در صورت ناخالص بودن فرد برای گروه خونی Rh، نیمی از اسپرم‌های فرد، فاقد دگره برای ساخت پروتئین D هستند.

(۴) برای این نوع گروه خونی، دو نوع آنزیم A و B وجود دارد!

از آمیزش گل میمونی نر قرمز با گل میمونی ماده صورتی، اسپرم دارای ژنوتیپ R و سلول تخم‌زا هم می‌تواند R یا W باشد، پس ژنوتیپ تخم اصلی می‌تواند RW یا RR باشد. همچنین ژنوتیپ سلول دو هسته‌ای نیز می‌تواند RR یا WW باشد و در نتیجه ژنوتیپ تخم ضمیمه RRR یا RWW خواهد بود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) از آمیزش گل میمونی نر صورتی با گل میمونی ماده سفید، اسپرم دارای ژنوتیپ R یا W و سلول تخم‌زا هم می‌تواند W باشد؛ پس ژنوتیپ تخم اصلی می‌تواند RW یا WW باشد. همچنین ژنوتیپ سلول دو هسته‌ای نیز WW است و در نتیجه ژنوتیپ تخم ضمیمه WWW یا RWW خواهد بود.

(۳) از آمیزش گل میمونی نر سفید با گل میمونی ماده قرمز، اسپرم دارای ژنوتیپ W و سلول تخم‌زا دارای ژنوتیپ R و در نتیجه تخم اصلی RW است. همچنین ژنوتیپ سلول دو هسته‌ای نیز RR بوده و در نتیجه ژنوتیپ تخم ضمیمه RRW خواهد بود.

(۴) از آمیزش گل میمونی نر صورتی با گل میمونی ماده قرمز، اسپرم دارای ژنوتیپ R یا W و سلول تخم‌زا هم R است، پس ژنوتیپ تخم اصلی می‌تواند RW یا RR باشد. همچنین ژنوتیپ سلول دو هسته‌ای نیز RR است و در نتیجه ژنوتیپ تخم ضمیمه RRR یا RRW خواهد بود.

دختر بیمار دارای ژنوتیپ BB است که یک الل B را از پدر و الل B دیگر را از مادر خود دریافت کرده است. وجود یک الل B نیز در مردان سبب بروز بیماری طاسی می‌شود، بنابراین قطعاً پدری طاس دارد (رد گزینه ۳) (تأیید گزینه ۱). از سوی دیگر مادر می‌تواند دارای ژنوتیپ BB و یا Bb باشد. فرد ماده تنها در حالت BB می‌تواند طاسی را بروز دهد (رد گزینه‌های ۲ و ۴).

در زمان پیش از مندل، عقیده بر این بود که فرزندان صفاتی آمیخته از صفات والدین را نشان می‌دهند. در زمان مندل هنوز ساختار و عمل دنا و ژن‌ها معلوم نبود اما وی توانست به قوانین وراثت پی‌برد و با کمک این قوانین می‌شود صفات فرزندان را پیش‌بینی کرد.

موارد "ب"، "ج" و "د"، برای تکمیل عبارت، نادرست هستند.

بررسی همه موارد:

الف) اگر دختری مبتلا، از پدری سالم متولد شود، حتماً الل بیماری از مادر منتقل شده و باتوجه به بارز بودن بیماری، حتماً مادر، مبتلا به این بیماری است.

ب) اگر مادر، بیمار ناخالص باشد، باتوجه به اینکه پدر، سالم است، احتمال تولد دختران سالم نیز وجود دارد.

ج) پدر در بیماری وابسته به X، نمی‌تواند ناقل باشد. در افرادی که سنگ کیسه صفرا دارند، صفرا به‌خوبی ترشح نمی‌شود و گوارش چربی‌ها، دچار اختلال می‌شود. ویتامین D، یک ویتامین محلول در چربی است و به همراه چربی‌ها جذب می‌شود. در صورتی که در ترشح صفرا، اختلالی رخ دهد، می‌تواند موجب عدم جذب ویتامین D غذا شود.

د) در بیماری وابسته به X بارز، اگر پدر، بیمار باشد، قطعاً الل بیماری را به دخترش منتقل می‌کند و در نتیجه، دخترش هم فارغ از ژنوتیپ مادرش، بیمار خواهد شد. مادر این دختر می‌تواند سالم (فاقد الل بیماری) و یا بیمار (خالص و یا ناخالص) باشد. اگر مادر، الل بیماری داشته باشد، می‌تواند آن را به پسرش انتقال بدهد که در این صورت، پسر، بیمار خواهد شد؛ ولی اگر مادر، سالم باشد؛ پسرش نیز سالم خواهد بود. در ارتباط با هورمون کلسی‌تونین دقت کنید که این هورمون، زمانی که کلسیم در خون به مقدار کافی و یا زیاد وجود دارد، از برداشت کلسیم از استخوان جلوگیری می‌کند. در یک فرد سالم، میزان این هورمون، طبیعی است.

گزینه ۱: نادرست. برخی ژن‌های وابسته به جنس روی کروموزوم Y قرار دارند.

گزینه ۲: نادرست. مردان در صفات وابسته به X فقط یک ژن دارند ولی ناقل نیستند.

گزینه ۴: نادرست. گروه خونی ABO تک‌جایگاهی ولی چند اللی است.

هر دو بیماری هموفیلی و تحلیل عضلانی دوشن وابسته به X نهفته هستند و به صورت همزمان بررسی می‌شوند. برای تعیین ژن‌نمود دقیق زن از والدین او استفاده می‌کنیم، پس باتوجه‌به اطلاعات مسئله داریم:

$$\text{هموفیلی دوشن} \rightarrow x_d^h y \times x_D^H x_d^h = \frac{1}{4} x_D^H x_d^h + \frac{1}{4} x_d^h x_d^h + \frac{1}{4} x_D^H y + \frac{1}{4} x_d^h y$$

$$\text{گروه خونی} \rightarrow AB \times AB = \frac{1}{4} AA + \frac{1}{2} AB + \frac{1}{4} BB$$

گزینه ۱: تمامی پسران هموفیل به تحلیل عضلانی دوشن نیز مبتلا هستند ( $x_d^h y$ )

گزینه ۲ و ۴: دختران این خانواده مبتلا به هموفیلی و تحلیل عضلانی دوشن و یا ناقل هموفیلی و تحلیل عضلانی دوشن هستند.

ژن‌نمودها به صورت زیر است:

$$x_D^H x_d^h \text{ یا } x_d^h x_d^h$$

گزینه ۳: یکی از پسران هر دو بیماری را دارد و پسر دیگر کاملاً سالم است.

گزینه ۴: یکی از دختران هر دو بیماری را دارد و دختر دیگر کاملاً سالم است. چرا زن را  $x_D^H x_d^h$  در نظر گرفتیم؟ چون پدر او مبتلا به این دو بیماری و مادرش کاملاً سالم است.

موارد "ب" و "د"، صحیح هستند.

بررسی همه موارد:

اگر آندوسپرم،  $RRW$  باشد، ژن‌نمود گل، به صورت  $RW$  خواهد بود (صورتی). این گل می‌تواند دو نوع زامه  $R$  و  $W$  تولید کند. گل سفید ( $WW$ )، یاخته دوهسته‌ای  $W + W$  ایجاد می‌کند که اگر با زامه  $R$  لقاح کند، تخم ضمیمه،  $RW W$  و اگر با زامه  $W$  لقاح کند، تخم ضمیمه،  $WW W$  خواهد بود (رد الف). در گل صورتی، یاخته دوهسته‌ای می‌تواند  $R + R$  یا  $W + W$  باشد که اگر با زامه  $R$  لقاح کند، تخم ضمیمه،  $RW W$  یا  $RRR$  خواهد شد و اگر با زامه  $W$  لقاح کند، تخم ضمیمه،  $WW W$  است (تأیید ب). گل قرمز ( $RR$ )، یاخته دوهسته‌ای  $R + R$  ایجاد می‌کند که اگر با زامه  $R$  لقاح کند، تخم ضمیمه، به صورت  $RRR$  (تأیید د) و اگر با زامه  $W$  لقاح کند، تخم ضمیمه،  $RRW$  (رد ج) خواهد بود.

بیماری فنیل کتونوری غیروابسته به X است. گاهی می‌توان با تغییر عوامل محیطی، عوارض بیماری‌های ژنی را مهار کرد. مثال این موضوع بیماری فنیل کتونوری است. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱: "بیماری فنیل کتونوری نهفته است، ولی به علت فقدان آنزیم تجزیه‌کننده آمینواسید فنیل آلانین ایجاد می‌شود.

گزینه ۲: "این بیماری بارز نیست.

گزینه ۳: "این بیماری وابسته به X نیست.

بر اساس اطلاعات مسئله آمیزش‌ها به صورت زیر است:

$$\text{بیماری هموفیلی} \quad X^h Y \times X^H Y^h = X^H Y + X^h Y + X^H X^h + X^h X^h$$

$$\text{بیماری کم‌خونی داسی‌شکل} \quad Hb^s Hb^s \times Hb^A Hb^s = Hb^A Hb^s + Hb^s Hb^s$$

$$\text{گروه خونی ABO} \quad AB \times OO = AO + BO$$

$$\text{گروه خونی Rh} \quad dd \times dd = dd$$

بنابراین زنان نیز در این خانواده می‌توانند به هموفیلی مبتلا باشند اما کروموزوم Y نداشته باشند.

بررسی گزینه‌ها:

(۱) وجود دگره  $Hb^s$  در فرزندان این خانواده سبب کاهش بقای انگل مولد مالاریا در گویچه قرمز می‌شود زیرا انگل مالاریا نمی‌تواند به راحتی در گویچه‌های قرمز داسی‌شکل زندگی کند.

(۲) فرزندان گروه‌های خونی A یا B دارند بنابراین آن‌ها تنها یک نوع کربوهیدرات گروه خونی را در گویچه قرمز خود دارند.

(۳) در افرادی که به کم‌خونی داسی‌شکل مبتلا هستند به علت افزایش ترشح هورمون اریتروپویتین و افزایش تولید گویچه‌های قرمز مصرف ویتامین  $B_{12}$  و فولیک اسید در گروهی از فرزندان بیش‌ازحد نرمال است.

مانند گل میمونی که دارای دو آلل R و W است و فنوتیپ گل RW و RR و حتی WW یکسان نیستند.  
گزینه ۱: اگر رابطه بین آلل‌ها بارزیت ناقص یا هم‌توانی باشد تعداد انواع ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌ها یکسان خواهد بود.  
گزینه ۲: اگر رابطه بین دو آلل بارزیت نپهنگی باشد مانند D و d در گروه خونی Rh؛ حداکثر ۲ نوع فنوتیپ قابل مشاهده است.  
گزینه ۴: در صفت گروه خونی ABO، نوع ژنوتیپ و ۵ نوع فنوتیپ قابل مشاهده است.

بررسی گزینه‌ها:  
گزینه ۱: در رابطه هم‌توانی، هر دو حالت صفت می‌توانند هم زمان بروز پیدا کنند.  
گزینه ۲: در رابطه بارز و نهفتگی برای یک صفت دو دگره‌ای، تنها دو حالت برای صفت وجود دارد.  
گزینه ۳: در رابطه بارزیت ناقص، هر دو حالت صفت نمی‌توانند هم زمان بروز پیدا کنند، بلکه حد واسط حالت‌های خاص صفت بروز می‌یابد.  
گزینه ۴: در رابطه هم‌توانی برخلاف بارز و نهفتگی، بیش از یک حالت صفت می‌توانند هم زمان باهم بروز پیدا کنند.

فرد دارای گروه خونی منفی، در هر کروموزوم شماره ۱ خود، دارای دگره d است.  
بررسی سایر گزینه‌ها:  
(۱) آنزیم B، مسئول اضافه کردن کربوهیدرات B به غشا است، نه مسئول ساخت این کربوهیدرات!  
(۲) در فردی با گروه خونی O، در هر کروموزوم شماره ۹، یک دگره i وجود دارد.  
(۴) گویچه قرمز بالغ، فاقد هسته است؛ بنابراین ژن و دگره ندارد!

در کتاب درسی، صرفاً دو صفت وابسته به جنس نهفته و مستقل از جنس نهفته مطرح شده است.  
تنها مورد "د"، به‌درستی بیان شده است.  
بررسی همه موارد:

الف) در صورتی که پدر، سالم و مادر، بیمار باشد و صفت مد نظر، وابسته به جنس نهفته باشد، همه فرزندان پسر، بیمار می‌شوند. (رد مورد الف)  
ب) در صورتی که والدین فرد بیمار، به‌صورت AA و aa باشند، قطعاً همه فرزندان، سالم خواهند بود. در نتیجه، ویژگی مطرح‌شده، برای تنها برخی از آمیزش‌های ممکن است. (رد مورد ب)  
ج) در صورتی که تنها یکی از والدین، بیمار باشد، ویژگی همه آمیزش‌های ممکن است. توجه کنید که آمیزش‌های ممکن، به‌صورت زیر است:

$$T T \times t t$$

$$T t \times t t$$

$$X^H X^h \times X^h Y$$

$$X^h X^h \times X^H Y$$

$$X^H X^H \times X^h Y$$

در همه این حالات، احتمال ایجاد دختری سالم وجود دارد. (رد مورد ج)

د) این گزینه، به‌وضوح نشان می‌دهد که ویژگی مذکور، تنها به برخی از آمیزش‌ها اختصاص دارد و نه به تمامی آن‌ها! به‌عنوان مثال، از آمیزش T T و t t، یک فرد بیمار حاصل می‌شود، اما تمامی زاده‌ها سالم خواهند بود. (تأیید مورد د)

کروموزوم (۱) و (۲) باتوجه‌به کاریوتیپ انسان همان کروموزوم شماره ۱ و ۹ هستند. ژن مربوط به گروه خونی RH روی کروموزوم ۱ و ژن مربوط به گروه خونی ABO روی کروموزوم شماره ۹ کاریوتیپ قرار گرفته است. اضافه شدن کربوهیدرات‌های A و B به غشای گویچه قرمز یک واکنش آنزیمی است یعنی ژن مربوطه این دو آنزیم را رمزگذاری کرده و این دو آنزیم سبب اضافه شدن این دو کربوهیدرات به غشا می‌شوند، اما اضافه شدن پروتئین D به غشای گویچه قرمز بدون واکنش‌های آنزیمی است (تأیید نادرستی گزینه ۳).  
پروتئین D نوعی پروتئین سراسری است که در هر دو سطح غشا دیده می‌شود و از طرف دیگر کربوهیدرات A و یا B نیز تنها در سطح خارجی غشا دیده می‌شود؛ بنابراین می‌توان هر دو عامل را در سطح خارجی غشا مشاهده کرد غشای گویچه قرمز محل فعالیت آنزیم کربنیک‌انیدراز است (رد گزینه‌های ۱ و ۲).  
همان‌طورکه گفتیم پروتئین D پروتئین سراسری غشا است و می‌تواند در مجاورت مولکول‌های کلسترول در غشا قرار بگیرد. مولکول کلسترول، مولکولی ۴ حلقه‌ای است (رد گزینه ۴).  
جمع‌بندی:

(۱) ژن مربوط به گروه خونی RH روی کروموزوم ۱ و ژن مربوط به گروه خونی ABO روی کروموزوم شماره ۹ کاریوتیپ قرار گرفته است.  
(۲) پروتئین D پروتئین سراسری غشا است.

صفت‌های تک‌جایگاهی وابسته به جنس در انسان، می‌توانند وابسته به  $X$  یا وابسته به  $Y$  و همچنین می‌توانند بارز یا نهفته باشند. گویچه‌های قرمز موجود در خون انسان، فاقد هسته و کروموزوم هستند و به همین دلیل، دگره‌های این صفت را نیز ندارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) کروموزوم  $Y$  و پس از آن، کروموزوم شماره ۲۲، کوچک‌ترین کروموزوم در بین کروموزوم‌های انسان‌ها است. زنان، کروموزوم  $Y$  ندارند و به همین دلیل، کوچک‌ترین کروموزوم آن‌ها، کروموزوم شماره ۲۲ است. کروموزوم شماره ۲۲، فاقد دگره‌های مربوط به صفت‌های وابسته به جنس است.

(۲) یاخته‌های زاینده گامت، دیپلوئید هستند. اگر صفت، وابسته به  $X$  باشد، در یاخته‌های زاینده گامت زنان، تعداد دگره بیشتری نسبت به مردان دارد.

(۴) صفات وابسته به  $Y$ ، هیچ‌گاه نمی‌توانند از مادر به فرزندان منتقل شوند و همچنین صفات وابسته به  $X$ ، توانایی انتقال از پدر به پسر را ندارند.

شجره‌نامه نشان داده شده مربوط به نوعی بیماری نهفته و مستقل از جنس است؛ زیرا در خانواده اولیه پدر و مادر سالم دختری بیمار دارند. باتوجه به سلامت پدر بیماری نمی‌تواند بر روی کروموزوم  $X$  باشد؛ زیرا در آن صورت دختر بیمار نمی‌توانست شکل بگیرد. به همین دلیل این شجره‌نامه تنها برای یکی از انواع بیماری‌های فصل ژنتیک صدق می‌کند.

بررسی گزینه‌ها:

(۱) فرد الف می‌تواند بیمار یا سالم باشد، به دلیل وجود برادر بیمار و سالم.

(۲) باتوجه به دختر بیمار برای خانواده‌ای با پدر سالم این موضوع امکان‌پذیر نیست.

(۴) فرد الف حتی اگر سالم باشد حتماً ناخالص است؛ زیرا مادری بیمار دارد. پدر این فرد نیز ژن‌نمودی ناخالص دارد؛ زیرا پدر خانواده دارای فرزند بیمار است؛ بنابراین فرد نمی‌تواند سالم و خالص باشد.

زنبور نر جانور هاپلوئید است. در این جانور گامت‌زایی از طریق میتوز صورت می‌گیرد. بنابراین همواره یک نوع گامت می‌تواند تولید کند.

چون پدر دارای ژن‌نمود  $BBdd$  و مادر دارای ژن‌نمود  $AADD$  است، کامه‌های آن‌ها به ترتیب  $Bd$  و  $AD$  خواهد بود که از لقاح آن‌ها ژن‌نمود این فرد  $ABDd$  و رخ‌نمود (یا همان گروه خونی)  $AB+$  خواهد شد.

در این فرد از روی کروموزوم شماره ۱، پروتئین  $D$  که غیر آنزیمی است تولید شده و به غشای گویچه قرمز افزوده می‌شود.

همچنین از روی کروموزوم‌های شماره ۹، پروتئین‌های  $A$  و  $B$  ساخته می‌شوند که در واقع آنزیم بوده و جایگاه فعال دارند و باعث افزوده شدن هیدرات کربن  $A$  و  $B$  به غشای یاخته می‌شوند.

فرض می‌کنیم که از ازدواج یک مرد سالم با ژن‌نمود  $tt$ ، با زنی بیمار با ژن‌نمود  $Tt$ ، فرزند اول و دوم، به‌ترتیب، پسری سالم  $tt$  و دختری بیمار  $Tt$  می‌باشند. اما این فرض، صحیح نیست؛ چرا که در فرایند تخم‌زایی، فرایند رونویسی از ژن مربوط به این بیماری، متوقف شده و دیگر رنای پیک (چه سالم، چه ناقص) تولید نمی‌شود؛ در نتیجه، مادر، هرگونه ژن‌نمودی داشته باشد، روی رخ‌نمود (نه ژن‌نمود) فرزند خود تأثیری ندارد. باتوجه به این مثال، زن بیمار، اگر تخمکی با ژن‌نمود  $T$  ایجاد کند، این ژن‌نمود، غیرفعال است و عملاً در یاخته‌های نسل بعدی، بیان نمی‌شود و تفاوتی با ژن‌نمود  $t$  ندارد. از سوی دیگر، پدر خانواده اگر اسپرمی با ژن‌نمود  $t$  به تخمک بدهد، فردی با ژن‌نمود  $Tt$  ایجاد می‌شود که دارای رخ‌نمود سالمی است. سپس در یاخته‌های تولیدکننده یاخته‌های جنسی نسل بعدی، این فرایند،  $Reset$  شده و در این یاخته‌ها، دگره  $T$  می‌تواند فعال باشد. سپس اگر فرد، مذکر باشد، اسپرم‌هایی با ژن‌نمود  $T$  و یا  $t$  ایجاد کرده که همگی فعال هستند. اما اگر فرد، مؤنث باشد، هر تخمکی با هر ژن‌نمودی ایجاد شود، قطعاً غیرفعال بوده و در یاخته‌های حاصل از یاخته‌های تخم، بیان نمی‌شود. در این سؤال نیز زن بیمار، روی بیمار یا سالم بودن فرزندان خود تأثیری ندارد؛ باتوجه به اینکه فرزند اول، پسری بیمار است؛ یعنی یک دگره بیماری از پدر خود دریافت کرده است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۲) ژن‌نمود پدر خانواده، به‌صورت  $Tt$  می‌باشد. چرا خود پدر، علائمی از بیماری ندارد؟ چون این دگره  $T$  را به‌صورت غیرفعال از مادر خود دریافت کرده است و سپس ژن مربوطه در یاخته‌های تولیدکننده یاخته‌های جنسی، مجدداً فعال شده است.

(۳) باتوجه به توضیحات، پسر خانواده، حداقل یک دگره بارز بیماری را دارد و ژن‌نمود وی می‌تواند  $Tt$  و یا  $TT$  باشد.

(۴) در صورتی که فرزند پسر  $Tt$ ، با فردی بیمار ازدواج کند، چون ژن‌نمود فرد دیگر، اثری روی رخ‌نمود ندارد، می‌توان انتظار تولد پسری سالم را داشت.

ذرت‌هایی با ۳ دگره بارز بیشترین فراوانی را دارند و در بین گزینه‌ها گزینه ۳ ( $AaBbCC$ ) ذرتی با ۴ دگره بارز است که بیشترین شباهت را با ذرت‌های حدواسط دارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱ و ۲ و ۴) در سایر گزینه‌ها به ترتیب ذرت‌ها صفر، ۶ و ۵ دگره بارز دارند.

فرد  $AB^+$  از نظر Rh، حالت بارز داشته و بر روی گلبول قرمز خود پروتئین D را دارد. از نظر گروه خونی ABO، دارای آنزیم‌های A و B است و کربوهیدرات‌های A و B را بر روی گلبول قرمز دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": فرد  $A^+$ ، بر روی گلبول قرمز کربوهیدرات A دارد.

گزینه "۲": فرد  $B^-$ ، بر روی گلبول قرمز پروتئین D ندارد.

گزینه "۴": فرد  $O^+$ ، ممکن است ژنوتیپ Dd داشته باشد و دارای دگره d بر روی یکی از فام‌تن‌ها باشد.

باتوجه به اطلاعات مسئله آمیزش به صورت زیر است:

$$X^h X^h \times X^H Y = X^H X^h + X^h Y$$

$$pp \times Pp = Pp + pp$$

$$BO \times OO = BO + OO$$

$$Dd \times dd = Dd + dd$$

پسران خانواده هرگز نمی‌توانند از نظر هموفیلی سالم باشند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) فرزندان خانواده از نظر گروه خونی همگی شبیه والدین خواهند شد.

(۲) بر اساس آمیزش بالا دختران خانواده همواره ناقل بیماری هموفیلی هستند.

(۳) تمامی فرزندان خانواده گروه خونی O یا B دارند.

نوعی بیماری ژنتیکی مطرح شده در کتاب درسی که سبب افزایش مدت زمان لازم برای لخته شدن خون می‌شود ← هموفیلی

فردی که بتواند هر دو نوع دگره مربوط به هموفیلی را به نسل بعد منتقل کند، ناقل این بیماری است و باتوجه به اینکه دگره این بیماری، بر روی کروموزوم X است، فرد ناقل، همواره مؤنث بوده و فقط دارای یک نوع کروموزوم جنسی در یاخته‌های خود است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) یاخته‌ای که تعداد دگره‌ها را در مرحله S دو برابر می‌کند، قطعاً تک‌هسته‌ای بوده و حداکثر می‌تواند دو کروموزوم X داشته باشد.

(۳) دقت داشته باشید که شایع‌ترین نوع هموفیلی، به فقدان عامل انعقادی ۸ مربوط است، نه هر نوع هموفیلی!

(۴) باتوجه به توضیحات بالا، فرد مذکر نمی‌تواند ناقل بیماری هموفیلی باشد.

PKU یا بیماری فنیل‌کتونوری بیماری است که ژنتیکی بوده و فرد از ابتدای عمر خود به آن مبتلا است. در این فرد، آنزیم تجزیه‌کننده آمینواسید فنیل‌آلانین وجود ندارد و سلامت فرد به سبب ترکیبات خطرناک حاصل از تجمع فنیل‌آلانین به خطر می‌افتد و به یاخته‌های عصبی آسیب می‌رسد. (نه به خاطر تجمع فنیل‌آلانین) از آنجایی که با حذف این آمینواسید از رژیم غذایی فرد می‌توان از این آسیب جلوگیری کرد لذا با تغییر محیط، بیماری قابل درمان است.

فرد ناخالص قطعاً دارای دگره D است، پس به طور قطع پروتئین D را می‌سازد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": افراد خالص ممکن است dd باشد که در این صورت فاقد D روی گویچه قرمز هستند.

گزینه "۳": افراد خالص یک نوع دگره دارند. در یاخته تک‌هسته‌ای دو فام‌تن ۱ و دو دگره دارند.

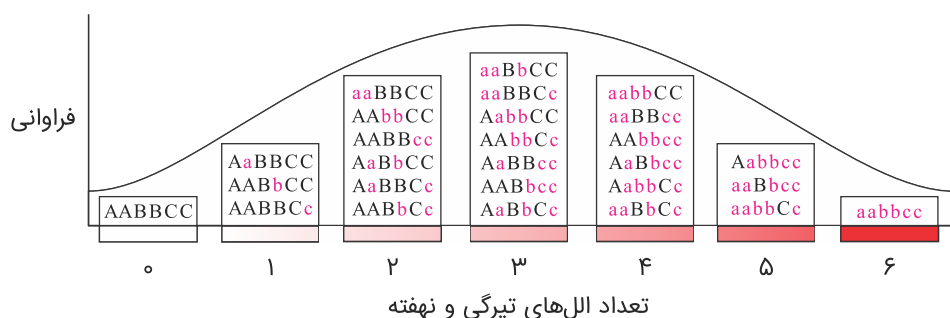
گزینه "۴": افراد ناخالص دو نوع دگره دارند. در یاخته تک‌هسته‌ای دو دگره دارند.

مرد هموفیل دارای ژننمود  $X^hY$  است که چون پدر دارای گروه خونی O دارد، و پسری دارای گروه خونی O دارد پس گروه خونی پدر دارای ال O و خالص یا ناخالص است. زن دارای هموفیلی می‌تواند دو نوع ژننمود  $X^H X^h$  یا  $X^h X^h$  داشته باشد و چون دارای پسری با گروه خونی O و از نظر هموفیلی سالم است، بنابراین ژننمود آن  $X^H X^h BO$  است. گزینه ۱: مادر خانواده می‌تواند ال هموفیلی خود را از مادر یا پدر یا هر دو به ارث برده باشد. گزینه ۲: چون مادر می‌تواند دارای ال سالم باشد پس می‌تواند این ال را به دختر منتقل کند و دختر را ناقل بیماری کند. گزینه ۳: پدر می‌تواند گروه خونی ناخالص داشته باشد. گزینه ۴: اگر پدر خانواده دارای گروه خونی A ناخالص (AO) و مادر سالم دارای گروه خونی B (BO) باشند. پسر این خانواده می‌تواند دارای گروه خونی AB و از نظر هموفیلی سالم باشد.

در اینجا هرچه امکان ناخالص بودن بیشتر باشد، احتمال تنوع گامتی و امکان ایجاد ژننمود بیشتر میان فرزندان افزایش می‌یابد. در گزینه ۴ از بخش اول حداکثر ۸ نوع گروه خونی و بخش دوم حداکثر ۲ نوع گروه خونی میان فرزندان ممکن است. در سایر گزینه‌ها باتوجه به این که افراد با گروه خونی Rh مثبت و همچنین افراد با گروه خونی A و گروه خونی B را ناخالص در نظر بگیریم، حداکثر انواع گروه خونی در فرزندان به صورت زیر است (که می‌توانید در هر مورد با رسم مربع پانت به آن برسید).  
گزینه ۱: ۴ نوع - ۴ نوع  
گزینه ۲: ۴ نوع - ۸ نوع  
گزینه ۳: ۴ نوع - ۴ نوع

نهان‌دانگان دولپه‌ای، برگ‌های پهن و رگبرگ‌های منشعب دارند. ذخیره غذایی در دانه‌های بالغ دولپه‌ای، لپه‌ها هستند که ژنوتیپ آن‌ها با ژنوتیپ تخم اصلی، یکسان است. تخم اصلی حاصل از آمیزش گامت‌های AC و ac، ژنوتیپ AaCc دارد و باتوجه به ژنوتیپ گامت‌ها و تخم اصلی، دیپلوئید است. بررسی سایر گزینه‌ها:  
(۱) از آمیزش کامه‌های طبیعی، یاخته تخم اصلی تشکیل شده که از تقسیمات آن، رویان ایجاد می‌شود. آندوسپرم، از آمیزش اسپرم (گامت) و یاخته دوهسته‌ای حاصل می‌شود.  
(۳) پوسته دانه، از پوسته تخمک تشکیل می‌شود و به همین دلیل، ژنوتیپ آن با ژنوتیپ والد ماده، برابر است. بنابراین والد ماده، ژنوتیپ aabb دارد که گامت تولیدشده توسط آن، به صورت ab و یاخته دوهسته‌ای آن که دو هسته با ژنوتیپ‌های مشابه گامت ماده دارد، به صورت aabb خواهد بود. آندوسپرم، از لقاح یاخته دوهسته‌ای و اسپرم تشکیل می‌شود و به همین علت، باید در ژنوتیپ خود، دو دگره a و دو دگره b داشته باشد که در ژنوتیپ داده شده، این مورد، رعایت نشده است.  
(۴) به طور مثال، ممکن است ژننمود گیاه مورد نظر، AAbbCC باشد که در هر جایگاه ژنی، تنها دارای یک نوع دگره است؛ اما یاخته دوهسته‌ای درون تخمک، دارای ژننمود AAbbCC خواهد بود که می‌توان گفت ژننمود ناخالص دارد.

در ابتدا، برای حل این سؤال، دقت داشته باشید که این گیاه، با صفت رنگ‌دانه ذرت در کتاب درسی، متفاوت است! در واقع، این گیاه، برعکس ذرت می‌باشد؛ یعنی هرچه تعداد دگره‌های نهفته، بیشتر باشد، رنگ گیاه، تیره‌تر است و نمودار آن، به‌صورت زیر خواهد بود:



اگر دانه گرد با ژن‌نمود  $AAbbcc$ ، بر روی کلاله همین گیاه (با ژن‌نمود  $AAbbcc$ ) قرار بگیرد، روشن‌ترین زاده‌ای که ایجاد می‌شود، دارای ژن‌نمود  $AAbbcc$  می‌باشد که دارای دو دگره بارز می‌باشد. دانه ایجادکننده گیاه با ژن‌نمود  $aaBBCc$  نیز سه دگره بارز دارد. بنابراین می‌توان گفت دانه ایجادکننده گیاه با ژن‌نمود  $aaBBCc$  نسبت به دانه ایجادکننده گیاه با ژن‌نمود  $AAbbcc$ ، روشن‌تر است و امکان ندارد دانه ایجادکننده با ژن‌نمود  $aaBBCc$ ، رنگی تیره‌تر داشته باشد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) از قرارگیری دانه گرد گیاهی با ژن‌نمود  $aaBbCc$  بر روی کلاله همین گیاه، امکان دارد زاده‌ای با ژن‌نمود  $aabbcc$  ایجاد شود که دارای تیره‌ترین رنگ و کمترین فراوانی در جمعیت باشد.

(۲) از قرارگیری دانه گرد گیاهی با ژن‌نمود  $aaBbCC$  بر روی کلاله همین گیاه، امکان دارد زاده‌ای با ژن‌نمود  $aaBBCC$  ایجاد شود که نسبت به قله نمودار، فراوانی بیشتری دارد.

(۴) از قرارگیری دانه گرد گیاهی با ژن‌نمود  $AaBbCc$  بر روی کلاله همین گیاه، تمام زاده‌ها با ژن‌نمودهای ممکن ایجاد می‌شوند! یعنی امکان ایجاد تمام ژن‌نمودهای ممکن وجود دارد.

در تعریف، دگره به شکل‌های مختلفی از یک ژن که در جایگاه ژنی یکسانی باشند، گفته می‌شود. اگر دقت کنید ژن‌های مشخص شده در شکل‌های الف و پ و البته ژن مشخص شده در ب و ت در جایگاه ژنی یکسان هستند (باید توجه کرد که کروموزوم‌های هم‌تا با یکدیگر مقایسه شوند).

تنها مورد "ج"، ممکن است.

در فصل ۳ دوازدهم، بیماری‌های نهفته مستقل از جنس و وابسته به جنس، مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی همه موارد:

الف) از ازدواج پدر بیمار ( $X^hY$ ) و مادر سالم ( $X^HX^H$  یا  $X^HX^h$ )، همواره دختر سالم، ناخالص است. از سوی دیگر، در بیماری مستقل از جنس، اگر پدری بیمار ( $aa$ ) با زنی سالم ( $AA$  یا  $Aa$ ) ازدواج کند، قطعاً فرزندان سالم، همگی ناخالص هستند. (تأیید مورد الف)

ب) از ازدواج پدر سالم ( $X^HY$ ) و مادر بیمار ( $X^hX^h$ )، همه دخترها، سالم و ناخالص هستند. از سوی دیگر، در بیماری مستقل از جنس، اگر پدری سالم ( $AA$  یا  $Aa$ ) با زنی بیمار ( $aa$ ) ازدواج کند، قطعاً همه زاده‌های سالم، ناخالص هستند. (تأیید مورد ب)

ج) در صورت ازدواج دو فرد سالم ( $Aa$ ) با یکدیگر، ممکن است دختری سالم و خالص ایجاد شود (رد مورد ج)

د) از ازدواج پدر بیمار ( $X^h$ ) و مادر بیمار ( $X^hX^h$ )، همه دخترها، بیمار خواهند بود. از سوی دیگر، از ازدواج دو فرد بیمار ( $aa$ ) هم، همه زاده‌ها بیمار خواهند بود. (تأیید مورد د)

اضافه شدن کربوهیدرات‌های A و B به غشاء گلبول قرمز، یک واکنش آنزیمی است. معمولاً آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند و در دماهای بالاتر ممکن است غیرفعال شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) دگره A نسبت به دگره O بارز و نسبت به دگره B هم‌توان است.

(۳) جایگاه ژن‌های گروه خونی ABO در فام‌تن شماره ۹ است. توجه کنید که هر یک از این جایگاه‌ها، فقط دارای یک دگره (الل) است.

(۴) باتوجه به شکل کتاب درسی، کربوهیدرات‌های A و B در سطح خارجی غشاء گلبول‌های قرمز قرار دارند.



باتوجه به توضیحات سؤال، اگر که گروه خونی مشابه دو فرزند داشته باشند، گروه خونی پدر و مادر، قطعاً کربوهیدرات A و B را دارد. در نتیجه، وجود پدری با گروه خونی O، غیرممکن است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) در صورتی که پدر و مادر، سالم باشند، می‌توانند فرزندی سالم از نظر هر دو بیماری ایجاد کنند.

(۲) در صورتی که یک فرزند از نظر زالی و هموفیلی، سالم باشد و فرزند دیگر از نظر این دو بیماری، بیمار باشد، امکان دارد که پدر و مادر از نظر بیماری زالی، هر دو ناقل باشند و از نظر بیماری هموفیلی، صرفاً مادر، ناقل باشد.

(۳) در صورتی که فردی با گروه خونی AB، فرزند اول باشد و فرزند دوم، فردی با گروه خونی BB باشد، والدین، گروه خونی AB و BO خواهند داشت.

هیچ کدام از موارد درست نیستند.

بررسی موارد:

(الف) نادرست. در یک صفت وابسته به X نهایتاً یک الل دیده می‌شود. دقت کنید که در یک صفت مستقل از X حداقل یک نوع و حداکثر دو نوع الل دیده می‌شود.

(ب) نادرست. در زامه‌ها (گامت‌های تولیدی یک مرد) یا کروموزوم X یا کروموزوم Y وجود دارد. در نیمی از زامه‌ها که X ندارند، اللی از صفت وابسته به X وجود ندارد.

(ج) نادرست. در زنان در صفت‌های وابسته به X نیز چون دو الل مشاهده می‌شود، پس تعداد ژنوتیپ‌ها از تعداد الل‌ها بیشتر است.

(د) نادرست. هر یاخته پوششی زنان دو الل برای هر صفت مستقل یا وابسته به X دارد. به این ترتیب از n الل موجود در جمعیت فقط دو الل دارند.

در بعضی بیماری‌های نهفته، مانند فنیل‌کتونوری، وجود ژنوتیپ نهفته کافی نیست و باید مصرف فنیل‌آلانین نیز صورت بگیرد تا بیماری بروز یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) چون در مردان، وجود یک دگره نهفته، باعث بیماری می‌شود، نسبت به زنان که باید دو دگره وجود داشته باشد، احتمال ابتلا بیشتر است.

(۲) در صفات بارز، ما فرد ناقل نداریم؛ زیرا افراد ناقل، در صفات نهفته دیده می‌شوند.

(۳) در بیماری‌های بارز، اگر والدین، سالم باشند، یعنی هیچ‌کدام دگره بیماری را ندارند و در نتیجه، فرزند آن‌ها نمی‌تواند بیمار شود.

فقط مورد "ج"، عبارت موردنظر را به درستی تکمیل می‌کند.

بررسی همه موارد:

(الف) هر فرد سالم و ماده، در رابطه با هر صفت جنسی و یا غیرجنسی نهفته می‌تواند دارای ژنوتیپ خالص یا ناخالص باشد. با ناخالص در نظر گرفتن ژنوتیپ مادر، فرزند پسر آن می‌تواند مبتلا به بیماری هموفیلی باشد.

(ب) پیش از کشف قوانین وراثت، تصور بر آن بود که صفات فرزندان، آمیخته‌ای از صفات والدین و حد واسطی از آن‌هاست؛ مثلاً اگر یکی از والدین، بلندقد و دیگری، کوتاه‌قد باشد، فرزند آنان، قدی متوسط خواهد داشت. به عبارت دیگر، مشاهده شده بود که تولد فرزندی با قد متوسط، از پدر و مادری با قد کوتاه و بلند، ممکن است.

(ج) فنیل‌کتونوری، یک بیماری نهفته است. در بیماری‌های نهفته، چه جنسی و چه غیرجنسی، تولد فرزندی سالم از پدر و مادری بیمار، غیرممکن است؛ چون هم از پدر و هم از مادر، الل نهفته که سبب بیماری است، به فرزندان می‌رسد.

(د) با در نظر گرفتن ژنوتیپ‌های AO و BO که نوعی فنوتیپ بارز دارند، تولد فرزندی با ژنوتیپ OO خالص برای فرزندان، قابل تصور است.

در بیماری مستقل از جنس نهفته که پدر و مادر هر دو بیمار باشند ( $aa \times aa$ ) تمام فرزندان ( $aa$ ) خواهند شد و امکان فرزند سالم در حالت طبیعی وجود ندارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

کافی است در هر مورد مربع پانت را رسم کنیم تا سایر گزینه‌ها رد شود.

ماده چشم سفید، واجد ژن نمود  $X^hX^h$  است و نر نیز دارای ژن نمود  $X^HY$  می‌باشد. به دنبال این آمیزش، همه زاده‌های ماده، دارای چشم قرمز و همه زاده‌های نر، دارای چشم سفید خواهند بود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) باتوجه به اینکه محیط نیز می‌تواند روی جانوران، اثرگذار باشد، لفظ "تمام نتایج حاصل"، نادرست است. همچنین ژن نمود خود جانداران نیز اثرگذار است.

(۲) باتوجه به جنسیت، دو نوع رخ نمود در جامعه مشاهده می‌شود.

(۴) باتوجه به توضیحات، به دنبال این آمیزش، همه زاده‌های ماده، دارای چشم قرمز و همه زاده‌های نر، دارای چشم سفید خواهند بود.

پروتئین D بر روی غشاء گویچه قرمز قرار می‌گیرد نه درون آن.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱: در رابطه با گروه‌خونی Rh، دو نوع فنوتیپ توسط سه نوع ژنوتیپ ایجاد می‌شود.

گزینه ۳: دگره‌های D و d در کنار هم بر روی یک کروموزوم قرار نمی‌گیرند.

گزینه ۴: فردی که خالص است می‌تواند dd یا DD باشد، پس می‌تواند فرد خالص دارای پروتئین D باشد.

باتوجه به اینکه اطلاعات مسئله، درباره رابطه بین دگره‌ها، کافی نیست، نمی‌توان به‌طور دقیق درباره ژنوتیپ اسب‌ها، براساس فنوتیپ آن‌ها نظر داد.

رنگ خاکستری، ترکیبی از رنگ‌های سفید و سیاه است. این وضعیت، بیان‌کننده رابطه بارزیت ناقص بین دگره‌هاست. در بارزیت ناقص، همانند هم‌توانی، رونویسی از هر دو ژن مربوط به این صفت در بدن اسب صورت می‌گیرد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) در دو حالت، فنوتیپ اسب‌ها، به‌شکل سفید مشاهده می‌شود. در حالت اول، ژنوتیپ اسب، خالص بوده و دارای ۲ دگره شماره ۱ است. در حالت دوم، دگره ۱، نسبت به دیگر دگره موجود در بدن اسب، بارز است. بنابراین نمی‌توان به‌طور قطع از خالص بودن ژنوتیپ اسب، مطمئن شد.

۲) در اسب سیاه با خال‌های سفید، دو فنوتیپ، به‌صورت هم‌زمان مشاهده می‌شود که بیانگر رابطه هم‌توانی بین دگره ۱ و ۲ است. در رابطه هم‌توانی، رونویسی از تمامی ژن‌های مربوط به صفت صورت می‌گیرد.

۴) رنگ قهوه‌ای تیره، حد واسطی بین رنگ‌های قهوه‌ای و سیاه است که بیانگر رابطه بارزیت ناقص بین دگره‌های ۲ و ۳ است. در رابطه بارزیت ناقص، برخلاف هم‌توانی، ممکن نیست هر دو دگره، اثر خود را به‌صورت کامل نمایان کنند.