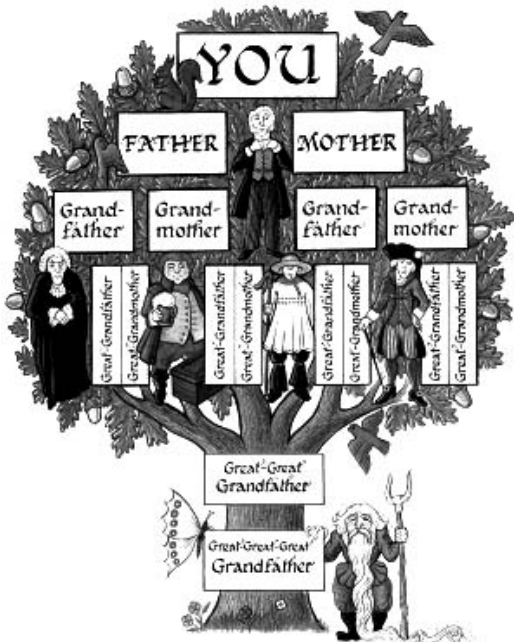


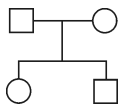
شجره نامه

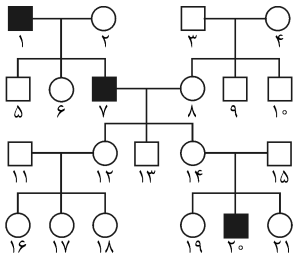
۱ این آخرین فصل کتاب لعنتی و نفرین شده‌ی ژنتیک که بعد از ۶ سال داره تموم میشه! الان دیگه خیلی‌هایی که منتظر این کتاب بودن با هم ازدواج کردن و ۲ تا بچه هم دارن! اشکال نداره؛ چه بهتر!



۲ شجره‌نامه یک دیو بی شاخ و دم نیست. اما چرا بچه‌ها این قدر از شجره‌نامه می‌ترسند؟ دلایلش این است که معمولاً آخر از همه و عجله‌ای آن را یاد می‌گیرند، به عمقش نمی‌رسند و به طور سطحی فقط یک‌سری نکته از آن حفظ می‌کنند. دوران برخورد نکته‌ای با شجره‌نامه چند سالی‌ست که تمام شده است. در واقع نکته‌ها برای حالتی خوب هستند که دقیقاً همان کلیشه‌ی نکته‌شده سؤال بیاید، اما اگر تغییری در ایده‌ی طرح سؤال داده شود، ضمن این‌که دیگر آن نکته کارایی ندارد، دانش‌آموز اساساً خودش را می‌بازد و اصلاً به موضوع نزدیک نمی‌شود. مهم‌ترین کار در پاسخ به سؤالات شجره‌نامه توانایی آنالیز آن است که سعی می‌کنیم آن را با هم تمرین کنیم. نباید بترسی و از آن فرار کنی ...

۳ □ یعنی یک مرد سالم! ○ یعنی یک زن سالم. — یعنی عروسی و | یعنی بچه‌دار شدن! پس نمودار روبه‌رو یعنی یک مرد سالم با یک زن سالم ازدواج کردند و یک پسر و یک دختر سالم دارند. ● یعنی زن قصه‌ی ما بیمار و ■ یعنی مرد بیمار. تا این‌جا که انصافاً گلابی بود و بس!





در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو کدام یک نادرست است؟



- ۱) پدربزرگ پدری فرد ۱۳ بیمار است.
- ۲) پسرخاله‌ی فرد ۱۸ بیمار است.
- ۳) پدربزرگ مادری فرد ۲۱ سالم است.
- ۴) دایی مرد ۲۰ سالم است.



خب داستان از این‌جا شروع می‌شود! احتمالاً متوجه شده‌اید! با این‌که تست بالا اصلاً هیچ نکته‌ای ندارد ولی یک جور بددستی در آن حس می‌کنید. باید بر این حس غلبه کنید و خودتان را با آن مواجه کنید. راهش ورود به جزئیات شجره‌نامه است. دور نایستید، بیایید داخل! ۱، پدربزرگ پدری ۱۳ است و بیمار. ۲۰، پسرخاله‌ی ۱۸ و بیمار است. ۷، پدربزرگ مادری ۲۱ است و سالم نیست! ۱۳، دایی ۲۰ است و سالم.

۱ یادتان هست که ۴ الگوی معروف داشتیم: اتوزومی غالب و مغلوب و همین‌طور وابسته به X غالب و مغلوب که در فصل‌های وابسته به X و بیماری‌های انسان کلی با آن‌ها سر و کله زدیم! این‌جا هم همان است. فقط با ۲ تا تفاوت:

۱ در شجره‌نامه صفت‌ها مونوهیبریدی هستند (تا حالا هیچ شجره‌نامه‌ی دی‌هیبریدی‌ای نیامده است).

۲ باید زبان مربع و دایره را به ژنوتیپ و فنوتیپ تبدیل کنیم (این شاید سختی ظاهری شجره‌نامه باشد).

نکته‌ی اصلی این است که شما بتوانید با آنالیز شجره‌نامه و یا با توجه به یک سری نکته بفهمید که چه الگو یا الگوهایی در شجره‌نامه صادق است و چه الگو یا الگوهایی صادق نیست.

پس در شجره‌نامه ما ۲ تا کار باید بکنیم:

۱ تعیین الگو یا الگوهایی که در شجره‌نامه صادق هستند و یا صادق نیستند.

۲ تعیین ژنوتیپ یا فنوتیپ بعضی از زاده‌ها که در جواب تأثیر دارند.

دیدید بازم چشم‌پسته غیب گفتم!

خب حالا این ۲ تا کار رو چگونه بینجامیم؟

۱ یک سری نکته هست که خیلی وقت‌ها به ما کمک می‌کنند بفهمیم این شجره‌نامه چی هست و چی نیست. اما باید مفهوم پس این نکته‌ها را بفهمیم. اگر طوطی‌وار آن‌ها را حفظ کنیم، نمی‌دانیم در کدام سؤال از کدامشان باید استفاده کنیم و ...

۲ صورت مسئله می‌تواند شامل اطلاعاتی باشد که به ما کمک کند تا با استفاده از آن‌ها و با استفاده از نکته‌هایی که فهمیده‌ایم (در کنار هم)، الگوی شجره‌نامه را تعیین کنیم. در مورد نکته‌ها باید بدانیم که آیا آن نکته همیشه درست است یا این که در محدوده‌ی تست‌هایی که تا الان آمده!

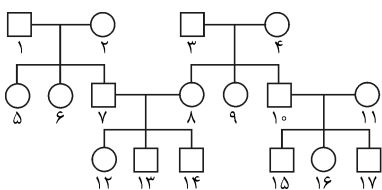
بهش می‌رسیم توضیح می‌دهم!

۳ این مورد آخر از دو مورد دیگر مهم‌تر است و کم‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد. سومین و مهم‌ترین کار در شجره‌نامه توانایی و نترسیدن از آنالیز شجره‌نامه است. گاهی شجره‌نامه‌ای می‌دهند که نه اطلاعاتی دارد و نه با نکته‌های معروف می‌شود حلش کرد بلکه باید بروی و الگوها را امتحان کنی و ژنوتیپ‌ها را بنویسی، ببینی جور درمی‌آید یا نه. اکثراً از این کار فرار می‌کنند، چون تمرین نکرده‌اند و می‌خواهند با همان فرمول‌ها سر و ته داستان را بیاورند به هم!

طراح کنکور هم که زرتنگ! در سال‌های اخیر شجره‌نامه‌ها معمولاً با فرمول‌ها و نکته‌های معروف حل نمی‌شوند و از نوعی هستند که حتماً نیاز به آنالیز دارند. به هر حال کسی که خوب آنالیز می‌کند، شجره‌نامه را خوب می‌فهمد و حتماً نکته‌هایش را هم درک می‌کند، اما کسی که نکته‌ای جلو می‌رود، از آنالیز می‌ترسد و نمی‌تواند همه‌ی مسائل را حل کند.



در شجره‌نامه‌ی زیر فرد ۴ یک آلل هموفیلی دارد. این آلل هموفیلی از فرد شماره‌ی ۴ به کدام یک نمی‌تواند برسد؟ (افراد بیمار مشخص نشده‌اند)



مشخص نشده‌اند

- ۱۲ (۱)
- ۱۴ (۲)
- ۱۶ (۳)
- ۱۷ (۴)



این سؤال نشان می‌دهد که آنالیز یعنی چه. در واقع شجره‌نامه‌ها آمیزش‌های مونوهیبریدی ساده‌ای هستند که فقط چون به رمز نوشته می‌شوند، ظاهراً سخت به نظر می‌رسند.

در شجره‌نامه دو نکته خیلی مهم است:
 ۱- از بزرگ بودن شجره‌نامه نترسید و برائید باید به کجای شجره‌نامه نگاه کنید.
 ۲- برائید که به کجای شجره‌نامه نباید توجه کنید! باید ببینید سؤال از شما چه می‌خواهد.

آنالیز یعنی تعیین ژنوتیپ یا فنوتیپ‌های افراد در جهت حل سؤال (نه همه). در این سؤال فرد ۴ زن است و یک آلل هموفیلی دارد، یعنی ژنوتیپش X^hX است. آیا X^h را می‌تواند به پسرش بدهد؟ بعله. آیا می‌تواند آن را به دخترش بدهد؟ بعله. پس این آلل می‌تواند به ۸ و ۱۰ برسد. (کاری به ۹ نداریم چون در جهت حل سؤال نیست! هر چند به او هم می‌تواند برسد!) دقت کنید ما داریم در مورد امکان رسیدن آلل X^h صحبت می‌کنیم، نه این که قطعاً می‌رسد. اگر به ۸ برسد، ۸ می‌شود X^hX . آیا ۸ می‌تواند X^h را به پسرش (۱۴) بدهد؟ بعله. آیا ۸ می‌تواند X^h اش را به دخترش (۱۲) بدهد؟ بعله. آیا ۱۰ که X^hY شده است می‌تواند X^h اش را به دخترش (۱۶) بدهد؟ بعله. آیا می‌تواند X^h اش را به پسرش (۱۷) بدهد؟ نعله! چرا؟ چون پدر X^hY به پسرش X نمی‌دهد بلکه Y می‌دهد و خلاص! هر چند این سؤال سخت نیست اما می‌رساند که آنالیز شجره‌نامه یعنی چه. یعنی باید آستین‌ها و پاپه‌ها را بالا بزنید و ... دیدید که حل این سؤال نه نکته‌ی خاصی در مورد شجره‌نامه لازم داشت نه نکته‌ی خاصی در مورد ژنتیک.

۵ شجره‌نامه‌ها را از چپ به راست می‌خوانند یا از چپ به راست، نسل به نسل شماره می‌زنند می‌آیند پایین، یا این که هر نسل را با عدد یونانی نمایش می‌دهند و در هر نسل از عدد ۱ شماره‌گذاری می‌کنند. به هر حال خیلی مهم نیست!



مثلاً در این یونانیه! می‌گن I_4 مادر بزرگ مادری III_1 است!

۶ موضوع مهم دیگر این است که ما کلاً ۲ نوع شجره‌نامه داریم: شجره‌نامه‌های فنوتیپی و شجره‌نامه‌های ژنوتیپی. حالا این یعنی چی؟ ما گفتیم که مردها یا \square هستند یا \blacksquare . می‌بینید که اگر a آلل بیماری باشد، فنوتیپ AA و Aa یکی است و هر دو سالم و \square هستند. این مال حالتی است که هدف شجره‌نامه نشان دادن فنوتیپ‌ها باشد. اما اگر شجره‌نامه بخواید ژنوتیپ‌ها را نشان دهد، AA را به صورت \square یا \circ نشان می‌دهد و Aa را به صورت \blacksquare یا \bullet که به این معنی است که Aa ناقل است و یک آلل بیماری دارد با این که بیمار نیست و از نظر فنوتیپی سالم است.

ژنوتیپ	فنوتیپ	اگر شجره‌نامه ژنوتیپی باشد	اگر شجره‌نامه فنوتیپی باشد
AA	A	\square یا \circ	\square یا \circ
Aa	A	\blacksquare یا \bullet	\square یا \circ
X^hX	X	\bullet	\circ
X^hY	X^h	\blacksquare	\blacksquare
XY	X	\square	\square

شجره‌نامه‌های ژنوتیپ

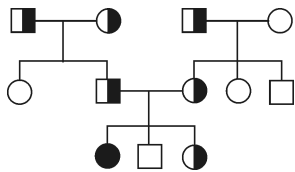
✓ در یک نگاه می‌توانید بفهمید که شجره‌نامه ژنوتیپی است یا فنوتیپی. یادتان باشد که شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی خیلی راحت‌تر از شجره‌نامه‌ی فنوتیپی است، چون شما در شجره‌نامه‌ی فنوتیپی باید حدس بزنید که فرضاً \square ، AA است یا Aa. در حالی که در شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی دقیقاً می‌دانید که فرد شما ناقل است یا نه.

بیش‌تر سؤال‌های کنکور تا به حال شجره‌نامه‌های فنوتیپی بوده‌اند که چالش‌بیش‌تری دارند. دو نکته‌ی اساسی در شجره‌نامه‌های ژنوتیپی وجود دارد:

- a اگر شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی باشد یعنی حتماً صفتی که در آن شجره‌نامه بررسی می‌شود، مغلوب است (اتوزوم یا وابسته به X) چرا؟ چون در صفت غالب، اصلاً فرد ناقل نداریم که \blacksquare یا \bullet بشود. چون هر فرد با داشتن یک آلل بیماری \bullet یا \blacksquare و سوت! می‌شود.
- b در الگوی وابسته به X مغلوب هیچ مرد ناقلی نداریم چرا که مردها یا XY هستند که سالم‌اند و یا X^hY که بیمارند، پس در حالت وابسته به X مغلوب نمی‌توانند ناقل باشند.
- پس:

هر وقت یک شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی دیدید، مطمئن باشید که صفت مورد نظر حتماً مغلوب است و نمی‌تواند غالب باشد. هر وقت در یک شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی یک مرد ناقل دیدید بدانید که الگوی آن صفت فقط می‌تواند اتوزومی مغلوب باشد، نه هیچ الگوی دیگری. اگر در شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی مرد ناقل نداشتیم باید آنالیز کنیم ببینیم اتوزوم مغلوب است یا وابسته به X مغلوب.

شجره‌نامه‌ی روبه‌رو در مورد کدام بیماری صادق نیست؟



۱) زالی

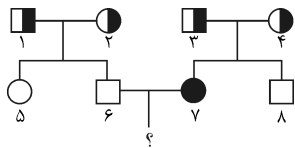
۲) کم‌خونی داسی‌شکل

۳) هموفیلی

۴) تالاسمی

می‌بینید که در این شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی مرد ناقل هست، پس قطعاً این شجره‌نامه فقط می‌تواند اتوزوم مغلوب باشد. هموفیلی وابسته به X مغلوب است و بقیه‌ی گزینه‌ها اتوزوم مغلوب هستند.

در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو چه قدر احتمال دارد فرد ؟ دختری ناقل شود؟



$\frac{1}{2}$ (۲)

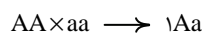
۱ (۱)

$\frac{1}{8}$ (۴)

$\frac{1}{4}$ (۳)

سعی کنید با شجره‌نامه‌های ژنوتیپی که ساده‌تر از فنوتیپی‌ها هستند، آنالیز کردن شجره‌نامه را یاد بگیرید. این شجره‌نامه ژنوتیپی است و مرد ناقل هم دارد پس حتماً و فقط الگوی آن می‌تواند اتوزوم مغلوب باشد. می‌دانید که در اتوزوم مغلوب، آلل بیماری را با حرف کوچک نمایش می‌دهند و آلل سلامتی را با حرف بزرگ.

۱، ۲، ۳ و ۴ همگی Aa (ناقل) هستند. ۵، ۶ و ۸، AA هستند و ۷ و aa. خوبی شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی این است که اگر الگو را تشخیص بدهی، در تعیین ژنوتیپ مشکلی نداری. پس علامت سؤال از ازدواج $aa \times AA$ به‌وجود آمده است. ببینید سؤال چه قدر آسان است. سؤال می‌گوید در $aa \times AA$ احتمال دختر Aa چه قدر است. واقعاً یک جورهایی خنده‌دار است! ببینید و نترسید!



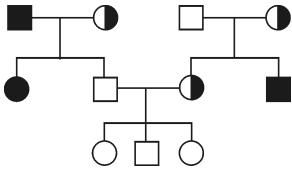
$$Aa \text{ دختر} = 1 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$



شجره‌نامه‌ی روبه‌رو با کدام بیماری مطابقت دارد؟

تست

- (۱) هانتینگتون
- (۲) زالی
- (۳) هموفیلی
- (۴) تالاسمی



گفتیم که برای حل شجره‌نامه از ۳ تا چیز استفاده می‌کنیم البته به ترتیب: ۱- نکته‌ها ۲- اطلاعاتی که سؤال داده (اگه داده باشه)

پاسخ

۳- در آخر آنالیز شجره‌نامه، با توجه به نکته‌ها این شجره‌نامه قطعاً غالب نیست و نمی‌تواند الگوی هانتینگتون باشد. یک نکته‌ی مهم دیگر هم هست:

در تست‌هایی که می‌گویند این شجره‌نامه چه بیماری‌ای را نشان می‌دهد، اگر دو یا سه گزینه یک نوع بیماری را نشان دهند، بدون توجه به صورت سؤال، هیچ‌کدام از آن‌ها جواب نیستند.

در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو الگوی بیماری کدام می‌تواند باشد؟

تست

(۱) فنیل کتونوریا (۲) هانتینگتون (۳) زالی (۴) کم‌قونی داسی شکل

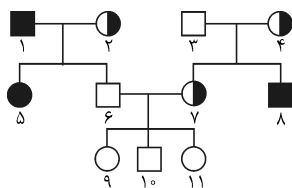
مهم نیست که شجره‌نامه‌اش چه شکلی باشه!

پاسخ

بدون این که اصلاً شجره‌نامه رو ببینی می‌تونی بگی که جواب این سؤال هانتینگتونه. چرا؟ چون ۳ گزینه‌ی دیگر الگوی یکسانی دارند (اتوزوم مغلوب) و اگر یکی از آن‌ها جواب باشه ۲ تای دیگر هم هستند! البته دیگه خیلی وقت سؤال این‌جوری نراند! این سؤال‌ها در دهه‌ی ۶۰ و اوایل دهه‌ی ۷۰ فراوان بودند.

با توجه به نکته‌ی بالا تالاسمی و زالی هیچ‌کدام نمی‌توانند جواب سؤال باشند، چون هر دو یک الگو را دارند. پس جواب می‌شود هموفیلی! اما چرا؟ گفتیم که شجره‌نامه‌های ژنوتیپی اصلاً نمی‌توانند الگوی غالب داشته باشند و بعد گفتیم که اگر در آن‌ها مرد ناقل ببینید یعنی آن شجره‌نامه حتماً و فقط از الگوی اتوزوم مغلوب پیروی می‌کند. حالا این‌جا مرد ناقل نداریم. پس باید آستین‌هایمان را بزنیم بالا و شجره‌نامه را آنالیز کنیم.

چون نمی‌دانیم نکته‌ی سؤال در کجای آن مستتر است باید ژنوتیپ‌ها را برای همه بنویسیم. یکی یکی سراغ پدر و مادرها بروید ببینید که در حالت اتوزوم مغلوب بچه‌هایی را که می‌بینید تولید می‌کنند یا در حالت وابسته به X مغلوب. البته به مرور باید بتوانید این کار را ذهنی انجام دهید.



۱×۲ ← اگر اتوزومی باشد: ۱، aa و ۲، Aa است. آیا Aa×aa می‌تواند بچه‌ی aa (۵) و AA (۶) بدهد؟ خیر! بچه‌ی Aa می‌شود اما AA نمی‌شود!

۱×۲ ← اگر وابسته به X باشد: ۱، X^hY و ۲، X^hX می‌تواند بچه‌ی X^hY×X^hX (۵) و XY (۶) بدهد؟ بعله!

تا همین جا کافیه! چرا؟ چون ما در بررسی یک خانواده فهمیدیم که الگوی این شجره‌نامه حتماً وابسته به X مغلوب است و حتماً اتوزوم مغلوب نیست.

وقتی شجره‌نامه یک الگویی دارد یعنی آن الگو در همه‌ی نقاط آن شجره‌نامه صادق است. اگر یک الگو در یک نقطه از شجره‌نامه صادق نباشد، یعنی آن الگو در کل شجره‌نامه صادق نیست.

در مورد کدام شجره‌نامه هر دو الگوی اتوزوم مغلوب و وابسته به X مغلوب صادق است؟

تست



این سؤال به شما آنالیز کردن را یاد می‌دهد! می‌بینید که همه‌ی شجره‌نامه‌ها ژنوتیپی هستند.

پاسخ

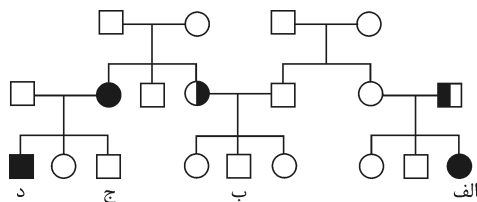
گزینه‌ی (۱): وقتی پدر aa است آیا می‌شود بچه‌ای باشد که آلل a نداشته باشد؟ معلومه که نه، درحالی‌که پسر خانواده سالم است و آلل بیماری ندارد (ناقل نیست). پس این گزینه نمی‌تواند اتوزوم مغلوب باشد. حالا وابسته به X چی؟ پدر X^hY و مادر XX است. پدر X^h ش را می‌دهد به دخترش و او را ناقل می‌کند. پسر از پدرش Y می‌گیرد و مادرش X سالم به او می‌دهد و او سالم می‌شود.

گزینه‌ی (۲): در الگوی اتوزوم، پدر aa و مادر Aa است که می‌توانند پسر aa و دختر Aa تولید کنند. پس این گزینه با الگوی اتوزوم مغلوب مطابقت دارد. الگوی وابسته به X هم در این شجره‌نامه می‌تواند صادق باشد. پدر X^hY و مادر X^hX است که پسر X^hY و دختر X^hX دارند.

گزینه‌ی (۳): در حالت اتوزوم، پدر AA و مادر Aa است که نمی‌توانند پسر aa ایجاد کنند. در حالی‌که در حالت وابسته به X مغلوب، مادر X^hX می‌تواند پسر X^hY ایجاد کند! البته Y از پدر و X^h از مادر.

گزینه‌ی (۴): الگوی اتوزوم مغلوب صادق نیست. چرا که پدر aa و مادر Aa نمی‌توانند پسر AA داشته باشند. اما الگوی وابسته به X مغلوب صادق است. پدر X^hY و مادر X^hX ، پسری XY و دختری X^hX دارند.

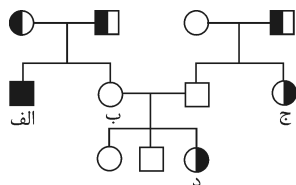
در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو احتمال به‌وجود آمدن کدام یک وجود دارد؟



- تست
- (۱) الف
 - (۲) ب
 - (۳) ج
 - (۴) د

در این شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی، مرد ناقل داریم پس الگوی صفت، اتوزوم مغلوب است و لاغیر. حالا یکی یکی گزینه‌ها را آنالیز می‌کنیم. فرد «الف» aa است پس یک a را از پدرش گرفته یکی دیگر را از مادرش. اما می‌بینیم که مادر فرد «الف» a ندارد، پس احتمال ندارد که فرد «الف» به وجود بیاید. فرد «ب» ژنوتیپ AA دارد. پس یک A را از پدرش گرفته و A دیگر را از مادرش. پدرش AA است و مادرش Aa. $Aa \times AA$ می‌تواند AA تولید کند. پس احتمال به‌وجود آمدن فرد «ب» هست. فرد «ج» AA است در حالی‌که مادرش aa است و حتماً یک a به فرد «ج» می‌دهد. پس احتمال تولد فرد «ج» وجود ندارد. فرد «د» aa است در حالی‌که پدرش AA است و حتماً یک A به فرد «د» می‌دهد. پس فرد «د» هم نمی‌تواند به‌وجود بیاید.

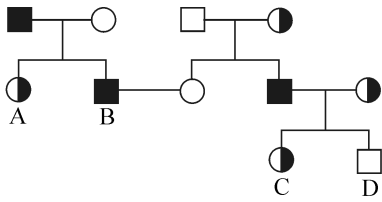
در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو احتمال به‌وجود آمدن کدام یک وجود ندارد؟



- تست
- (۱) الف
 - (۲) ب
 - (۳) ج
 - (۴) د

این شجره‌نامه قطعاً اتوزوم مغلوب است و لاغیر، چرا که مرد ناقل داریم. فرد «الف» aa است و پدر و مادرش هر دو Aa که می‌توانند بچه‌ی aa داشته باشند. فرد «ب» AA است از پدر و مادر Aa که این هم ممکن است. فرد «ج» Aa است و پدرش Aa و مادرش AA که می‌توانند بچه‌ی Aa تولید کنند. فرد «د» Aa است ولی پدر و مادرش هر دو AA هستند و هیچ آلل بیماری‌ای ندارند. از آمیزش $AA \times AA$ فرد Aa به‌وجود نمی‌آید.

در شماره‌نامه‌هایی که سؤال در مورد یک فرد خاص است، فرد «الف»، «ب»، یا علامت سؤال یا X، فردتان را در کلیت شماره‌نامه سرگردان نکنید. از کلیت شماره‌نامه کمک بگیرید تا بفهمید که الگوی شماره‌نامه چیست. بعد بروید سراغ همان آدم‌ها که در مورد آن‌ها سؤال شده است و بررسی را از آن‌ها و پدر و مادرشان یا بچه‌هایشان شروع کنید. از اول اول، بالا سمت چپ شماره‌نامه، قرار نیست همه را آنالیز کنیم، قبلی وقت می‌گیرد و قبلی وقت‌ها لازم هم نیست. جاهایی را بایر آنالیز کنید که به حل سؤال کمک می‌کند.

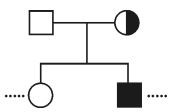


در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو احتمال به‌وجود آمدن کدام‌یک وجود ندارد؟

تست

- A (۱)
- B (۲)
- C (۳)
- D (۴)

یک پیز مهم! وقتی سؤالی می‌گوید احتمال به وجود آمدن «الف»، «ب»، «ج» و «د» وجود دارد یا نه (یعنی آن را می‌پرسد) ما نمی‌توانیم از ژنوتیپ آن‌ها برای تعیین الگوی کلی شجره‌نامه و حتی برای تعیین ژنوتیپ دیگران استفاده کنیم. چرا؟ فب معلومه دیگه! چون اونا خودشون پاشون گیره و معلوم نیست که درست باشن و آله درست نباشن (با احتمال $\frac{1}{3}$ یا $\frac{2}{3}$ درست نیستن، چرا؟) باعث کمراه شدن ما میشن.



اول الگوی شجره‌نامه را تعیین می‌کنیم. شجره‌نامه ژنوتیپی است اما مرد ناقل ندارد. پس شجره‌نامه حتماً

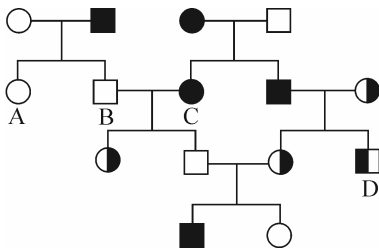
پاسخ

مغلوب است اما وابسته به X یا اتوزومی؟ باید به دنبال اطلاعات دیگری بگردیم. در سمت راست و بالای شجره‌نامه، خانواده‌ای را می‌بینیم که در آن زن ناقل، پسری بیمار دارد در حالی که پدر خانواده آلل بیماری ندارد. اگر الگو را اتوزوم

فرض کنید یعنی از ازدواج پدر AA و مادر Aa بچه‌ی aa به‌وجود آمده است که این اتفاق غیرممکن است. اما این اتفاق می‌تواند در الگوی وابسته به X بیفتد. اگر مادر X^hX (ناقل) باشد و پدر XY (سالم)، می‌توانند پسر X^hY (بیمار) تولید کنند. پس الگوی این شجره‌نامه قطعاً و فقط وابسته به X مغلوب است. حالا می‌ریم سراغ گزینه‌ها، نمی‌ریم همه رو آنالیز کنیم! از گزینه‌ها شروع می‌کنیم. A، X^hX است. می‌تواند X^h اش را از پدرش گرفته باشد و X سالم‌اش را از مادرش. B، X^hY است و نمی‌تواند به‌وجود بیاید. چرا؟ چون از پدرش فقط می‌توانسته Y بگیرد نه X. مادرش هم که X^h نداشته به بچه‌اش بدهد! C، X^hX است که X^h اش را از پدرش گرفته و X سالم‌اش را از مادرش (مادرش X^hX است). D، XY است که Y اش را از پدرش گرفته و X اش را از X سالم مادرش.

احتمال به‌وجود آمدن کدام‌یک در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو وجود دارد؟

تست

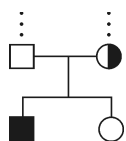


- A (۱)
- B (۲)
- C (۳)
- D (۴)

اولین و مهم‌ترین نکته‌ی این سؤال این است که فرد D، مردی ناقل است. آیا از روی آن می‌توانیم بفهمیم الگوی شجره‌نامه چیست؟

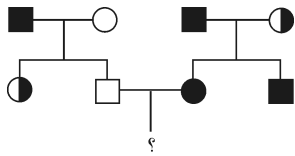
پاسخ

قبلاً گفتیم که نه. چرا؟ چون امکان دارد فرد D از همان افرادی باشد که نمی‌تواند به‌وجود بیاید (به احتمال $\frac{3}{4}$ این فرد نمی‌تواند به‌وجود بیاید) و اون وقت ما از فردی فهمیدیم الگوی شجره‌نامه چیست که خودش نمی‌توانسته به‌وجود بیاید. چون این شجره‌نامه ژنوتیپی ست، حتماً مغلوب است اما باید بفهمیم که اتوزوم است یا وابسته به X. برای این کار چاره‌ای جز آنالیز نداریم، ضمن این‌که روی ژنوتیپ‌های A، B، C و D نمی‌توانیم حساب کنیم، چون می‌توانند غلط باشند.



در این قسمت از شجره‌نامه (نسل ۳ و ۴) می‌بینید که در نسل ۳، مادر یک آلل بیماری دارد و پدر آلل بیماری ندارد، در حالی که در نسل ۴ پسر بیمار شده است. در اتوزوم مغلوب پسر aa خواهد بود و حتماً باید پدر و مادرش هر دو ناقل و Aa باشند. پس الگوی این شجره‌نامه نمی‌تواند اتوزوم مغلوب باشد، چون پدر AA است نه Aa. اما در حالت وابسته به X مغلوب مادر X^hX است و X^h اش را می‌دهد به پسرش و پسرش با یک آلل X^h بیمار می‌شود. بعد از تعیین الگو می‌رویم سراغ گزینه‌ها.

XX، A است. نمی‌تواند به وجود بیاید چرا که پدرش X^hY است و حتماً X^h را به دخترش می‌دهد در حالی که X^h ندارد. XY، B است. Y اش را از پدرش گرفته و X اش را از مادرش. می‌تواند به وجود بیاید. C، X^hX^h است و نمی‌تواند به وجود بیاید. چون با این که مادرش X^hX^h است اما پدرش اصلاً X^h ندارد. ضمناً پسرش هم XY است. زنی که بیماری وابسته به X مغلوب دارد حتماً همه‌ی پسرهایش بیمار خواهند شد. نگویید پسر C که سالم است به وجود نمی‌آید! چرا؟ چون A و B و C و D می‌توانند به وجود نیایند، نه والدین یا فرزندان آن‌ها. D هم نمی‌تواند به وجود بیاید. چرا؟ خب معلومه دیگه! در الگوی وابسته به X مغلوب که مرد ناقل نداریم!



در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو چه نسبتی از زاده‌ها بیمار می‌شوند؟

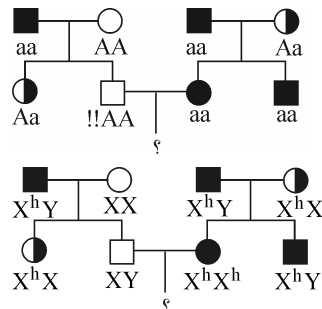
$$\frac{1}{4} (2)$$

۱) صفر

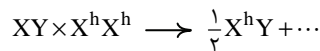
$$1 (4)$$

۳) $\frac{1}{2}$

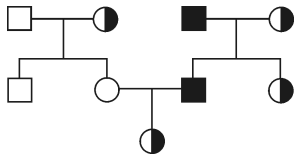
شجره‌نامه ژنوتیپیست و الگوی آن حتماً مغلوب است. مرد ناقل نداریم، پس یا اتوزوم مغلوب است یا وابسته به X مغلوب. حالا باید



بینیم چند چند است. هر دو حالت را باید امتحان کنیم تا در یکی به تضاد برسیم. به این میگن یه آنالیز واقعی. یعنی اومدیم و الگوی اتوزومی رو برای همه نوشتیم و در پدر علامت سوال به تضاد خوردیم! و فهمیدیم که الگوی این شجره‌نامه نمی‌تواند اتوزوم مغلوب باشد. می‌بینید که در حالت وابسته به X مغلوب به هیچ تضادی نمی‌رسیم و همه چیز ردیف ردیف است. حالا دیگر سؤال خیلی ساده به نظر می‌رسد.



می‌خواهیم پنجره‌ی جدیدی به رویان باز کنیم که ریشه‌ی همه‌ی بدبختی‌ها و ترس‌ها از این شجره‌نامه از این جاست: اینو دیدی، اینو بزن! تا این جای کار رو اگر به سبک ما اومدی جلو که خوش اومدی. گذاشتیم این نکته رو این جا بگیم که یک کمی هم آنالیز یاد بگیرید و ترستون بریزه.



چند الگو در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو صادق است؟

$$2 (2)$$

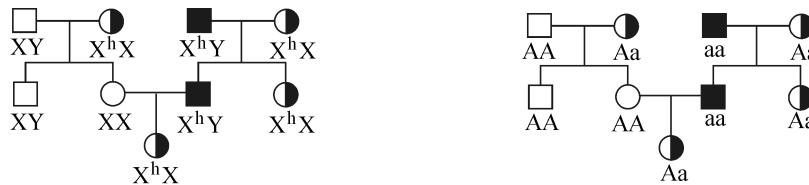
۱) ۱

$$4 (4)$$

۳) ۳

«اگر مرد ناقل در شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی ندیدی یعنی آن شجره‌نامه وابسته به X مغلوب است». با این نکته‌ی نسبی که به صورت

تمام‌عیار از آن استفاده می‌شود، جواب سؤال بالا می‌شود گزینه‌ی (۱). چرا؟ چون شجره‌نامه ژنوتیپی است، و ۲ الگوی غالب جواب نمی‌شوند. پس این شجره‌نامه یا اتوزوم مغلوب است یا وابسته به X مغلوب. با این نکته‌ی بالا هم چون این شجره‌نامه مرد ناقل ندارد، الگوی آن می‌شود وابسته به X مغلوب.



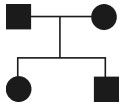
در کمال تعجب می‌بینید که هر دو الگوی اتوزوم مغلوب و وابسته به X مغلوب در مورد این شجره‌نامه که مرد ناقل هم ندارد، صادق هستند و اگر شما با این نکته سر کنکور می‌رفتید و این تست را می‌دادند، حتماً اشتباه می‌زدید. در واقع نکته‌هایی که از شجره‌نامه استخراج و ارائه می‌شوند، دو نوع هستند: نکته‌های قطعی و نکته‌های نسبی.

نکته‌ی قطعی یعنی نکته‌ای که همیشه درست است و بستگی به نوع سؤال ندارد. مثلاً این نکته که «اگر در شجره‌نامه‌ی فرد ناقل ببینیم، آن شجره‌نامه به هیچ وجه نمی‌تواند غالب باشد» همیشه قطعی است چرا که در الگوی غالب ما اصلاً فرد ناقل نداریم. عمراً! یا این قاعده که «اگر در شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی مرد ناقل دیدیم، آن شجره‌نامه قطعاً اتوزوم مغلوب است و لاغیر» همیشه درست است. چرا که ما هیچ وقت نمی‌توانیم در الگوی وابسته به X مغلوب مرد ناقل داشته باشیم. اما نکته‌ی «همه‌ی شجره‌نامه‌های ژنوتیپی که مرد ناقل ندارند، وابسته به X مغلوب هستند»



نسبی است و ایراد اساسی دارد که استفاده از آن‌ها را محدود می‌کند به‌خصوص در سال‌های اخیر که طراحان کنکور سؤال‌ها را بسیار زیرکانه و خلاقانه طرح می‌کنند و بر نقطه ضعف‌های این نکته‌های نسبی واقف‌اند.

ایراد اساسی: راستش را بخواهید این نکته که «در هر شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی که مرد ناقل نباشد، الگوی وابسته به X مغلوب صادق است» درست است! اما نکته‌ی قطعی باید جامع و مانع باشد. یعنی علاوه بر این که می‌گوید در این حالت این الگو صادق است، باید بگوید الگوهای دیگر صادق نیستند.



به شجره‌نامه‌ی روبه‌رو توجه کنید:

نکته‌ی مسخره: اگر پدر و مادر بیمار باشند و همه‌ی فرزندان آن‌ها هم بیمار شوند، الگوی اتوزوم مغلوب صادق است.

آیا از نکته‌ی مسخره می‌توانیم بفهمیم که چه الگویی در این حالت صادق نیست؟ آیا این نکته جامع و مانع است؟ آیا می‌شود از این نکته استفاده کرد؟

راستش را بخواهید در همین شجره‌نامه‌ی مسخره! هر ۴ الگو صادق هستند!!! (امتحان کنید!) اما باز هم این نکته‌ی مسخره غلط نیست!!! اما به درد نمی‌خورد و گمراه‌کننده است. الگوی اتوزوم مغلوب صادق است اما علاوه بر این که چه الگویی صادق است، این مهم است که چه الگوهای صادق نیستند.

نکته‌ی غلط: اگر در شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی مرد ناقل نداشتیم، الگوی شجره‌نامه وابسته به X مغلوب است و لاغیر.

این نکته کاملاً غلط است. همین صفحه‌ی قبل یک مثال زدیم و شجره‌نامه‌ی را نشان دادیم که ژنوتیپی بود و مرد ناقل نداشت، اما هر دو الگوی وابسته به X مغلوب و اتوزوم مغلوب در آن صدق می‌کرد.

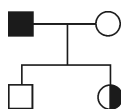
نکته‌ی نسبی و خطرناک: اگر در شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی مرد ناقل نداشتیم، الگوی وابسته به X مغلوب همیشه در آن صادق است.

این نکته کاملاً و همیشه درست است اما جامع و مانع نیست و خطرناک است. با این نکته همان سؤال صفحه‌ی قبل را غلط حل می‌کنید. فرق نکته‌ی غلط و نکته‌ی نسبی در «ولاغیر» آخر آن است.

نکته‌ی درست: همه‌ی شجره‌نامه‌های ژنوتیپی که مرد ناقل ندارند، الگوی وابسته به X مغلوب همیشه برای آن‌ها صادق است ولی **گاهی** علاوه بر الگوی وابسته به X مغلوب، الگوی اتوزوم مغلوب هم در مورد آن‌ها صدق می‌کند و این همان پاشنه‌ی آشیل این نکته‌ی نسبی است که اگر طراح از آن استفاده کند کلی تلفات می‌گیرد! پس چرا این نکته به‌وجود آمد؟! راستش را بخواهید نوع طرح سؤال در دهه‌ی ۶۰ و اوایل دهه‌ی ۷۰ این نکته‌ی نسبی و نکات نسبی شبیه این را رواج داد.



کدام الگو در شجره‌نامه‌ی مقابل صادق است؟ (تستی در دهه‌ی ۱۷۰)



- (۱) اتوزوم مغلوب
(۲) اتوزوم غالب
(۳) وابسته به X مغلوب
(۴) وابسته به X غالب



خوب دقت کنید تا بفهمید. گزینه‌های غالب حذف می‌شوند چون شجره‌نامه ژنوتیپی است و فرد ناقل دارد. چون مرد ناقل ندارد ۲ الگوی اتوزوم مغلوب و وابسته به X مغلوب می‌توانند صادق باشند.

a الگوی وابسته به X مغلوب همیشه صادق است.

b الگوی اتوزوم مغلوب گاهی صادق است.

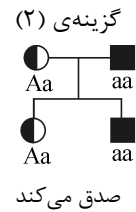
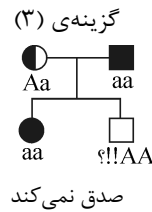
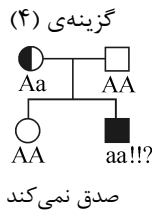
خب با توجه به ۲ گزاره‌ی a و b و با توجه به این که هر تست در کنکور فقط یک جواب داره به نظر شما جواب چی می‌شه؟! خب معلومه وابسته به X مغلوب.

در واقع برای این که این جور تست‌ها فقط یک جواب درست داشته باشند، طراح مجبور بود کاری کند که فقط الگوی وابسته به X مغلوب صادق باشد و الگوی اتوزوم مغلوب صدق نکند. دقت کنید طراح کار عکسش را نمی‌توانست انجام دهد. یعنی شما هیچ شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی‌ای نمی‌توانید طراحی کنید که مرد ناقل نداشته باشد و در آن الگوی وابسته به X مغلوب صادق نباشد و الگوی اتوزوم مغلوب صادق باشد. این بود که با توجه به رواج فقط این جور سؤال‌ها در آن سال‌ها، این نکته نسبی این جوری خیلی معروف شد که هر شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی که مرد ناقل ندارد، وابسته به X مغلوب است که البته ایرادش را گفتیم.

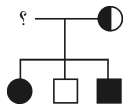
در کدام شجره‌نامه الگوهای بیش‌تری صادق است؟



می‌بینید که اگر فقط آن نکته‌ی نسبی را حفظ کرده باشید، نمی‌توانید این سؤال را حل کنید. در واقع بر اساس آن نکته‌ی نسبی گزینه‌های (۲)، (۳) و (۴) وابسته به X مغلوب هستند که درست است. این الگو در هر ۳ تای آنها صادق است اما این نکته برای حل این سؤال کافی نیست. گزینه‌ی (۱) فقط اتوزوم مغلوب است و لاغیر، چرا که مرد ناقل یعنی فقط اتوزوم مغلوب. بر اساس نکته‌ی نسبی می‌دانیم که در یک شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی که مرد ناقل ندارد حتماً الگوی وابسته به X مغلوب صادق است. پس لازم نیست آن را در گزینه‌های (۲)، (۳) و (۴) امتحان کنیم. در این ۳ گزینه الگوی اتوزوم مغلوب را امتحان می‌کنیم:



فقط گزینه‌ی (۲) است که ۲ الگوی اتوزوم و وابسته به X مغلوب در آن صدق می‌کند. در گزینه‌ی (۱) فقط اتوزوم مغلوب و در گزینه‌های (۳) و (۴) فقط وابسته به X مغلوب صادق است.



۴ (۴)

۳ (۳)

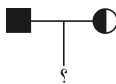
۲ (۲)

۱ (۱)

این شجره‌نامه، ژنوتیپی است و فقط بیماری‌های مغلوب در آن صادق هستند. یک مرد در بیماری‌های مغلوب می‌تواند ۵ نوع ژنوتیپ داشته باشد.

مرد	زن	
AA	x Aa	→ x فرزند بیمار نمی‌دهد
Aa	x Aa	→ ✓ هم بیمار می‌دهد هم AA
aa	x Aa	→ x AA نمی‌دهد
XY	x X ^h X	→ x دختر بیمار نمی‌دهد
X ^h Y	x X ^h X	→ ✓ پسر سالم، پسر بیمار و دختر بیمار می‌دهد

در شجره‌نامه‌ی مقابل احتمال تولد دختر بیمار چه قدر است؟



۱ (۲)

۱ (۱) صفر

 $\frac{1}{4}$ (۴) $\frac{1}{2}$ (۳)

بابا به خدا طراح‌ها پیشرفت کردن! جدیداً کلی سؤال باصفا میدن! این شجره‌نامه ژنوتیپی است پس حتماً و فقط می‌تواند مغلوب باشد. حالا اتوزوم مغلوب یا وابسته به X مغلوب؟ در هر دو حالت احتمال دختر مغلوب را حساب می‌کنیم:

$$aa \times Aa \rightarrow \frac{1}{2}aa + \frac{1}{2}Aa \Rightarrow \text{احتمال دختر بیمار} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$X^h Y \times X^h X \rightarrow \frac{1}{2} X^h X^h + \dots$$

می‌بینید که سؤال طوری طراحی شده که در هر دو حالت پاسخ $\frac{1}{4}$ باشد! امکان دارد شما کلی وقت بگذارید تا تنهای الگوی صادق در این شجره‌نامه را بیابید که البته نتیجه نمی‌گیرید، چون دو الگو در آن صادق است! این ایده که در یک شجره‌نامه چند الگو صادق باشد و جواب مسئله در همه‌ی الگوها یکسان باشد، قبلاً در کنکور سراسری آمده است.

جمع‌بندی شجره‌نامه‌های ژنوتیپی

۱ وقتی فرد ناقلی در یک شجره‌نامه دیدیم یعنی آن شجره‌نامه ژنوتیپی است. الگوهای غالب، ناقل ندارند. پس الگوی یک شجره‌نامه‌ی



ژنوتیپی حتماً و فقط مغلوب است: اتوزوم یا وابسته به X

۲ اگر در یک شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی مرد ناقل دیدیم یعنی الگوی آن شجره‌نامه قطعاً و فقط اتوزوم مغلوب است. چرا که الگوی وابسته به X مغلوب (مثل هموفیلی) اصلاً مرد ناقل ندارد. در صفات وابسته به X چون مردها یک کروموزوم X دارند و XY هستند، نمی‌توانند ناقل باشند.

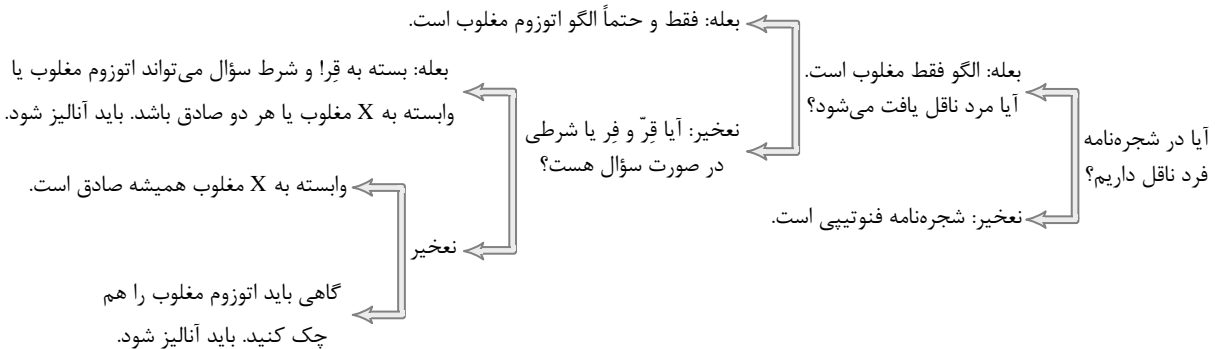
۳ اگر در شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی مرد ناقل ندیدیم:

a الگوی وابسته به X مغلوب حتماً در آن صادق است (نکته‌ی نسبی - فقط را ندارد)

b الگوی اتوزوم مغلوب در آن می‌تواند صادق باشد یا نباشد. (نکته‌ی نسبی - حتماً را ندارد) a و b در کنار هم: نکته‌ی قطعی

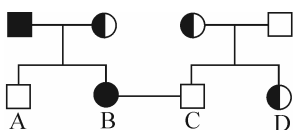
c پس اگر گفتند الگوی این شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی چیست (گزینه‌ها ۴ الگوی معروف هستند!) و سؤال فقط یک گزینه‌ی درست داشت، جواب وابسته به X مغلوب است چون طراح باید جوری سؤال را طرح کند که الگوی وابسته به X صادق باشد و الگوی

اتوزومی نه. اما اگر بپرسند در این شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی که مرد ناقل ندارد چند الگو صادق است، باید اتوزوم مغلوب را چک کنیم و ببینیم صادق است یا نه. وابسته به X مغلوب را چک نمی‌کنیم چون همیشه در شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی بدون شرط که مرد ناقل ندارد، صادق است! امکان دارد شرط و احتمالی در صورت سؤال قید شود که با آن شرط، دیگر وابسته به X مغلوب صادق نباشد و تنها الگوی صادق، اتوزوم مغلوب باشد.



این الگوریتم در واقع شامل تمام نکات قطعی و نسبی شجره‌نامه ژنوتیپی است. می‌بینید که گاهی هم لازم است آنالیز کنید و این یعنی شما خلاق باقی می‌مانید! نکته‌ای زندگی نکنید.

در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو از ازدواج B و C، فرزند آنها به احتمال $\frac{1}{4}$ پسری سالم خواهد بود. چه نسبتی از زاده‌ها بیمار خواهند شد؟



$$\frac{1}{4} (2)$$

۱) صفر

$$\frac{1}{4} (4)$$

۳) $\frac{1}{2}$

خب، بر اساس الگوریتم، شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی که مرد ناقل ندارد اما در صورت سؤال شرط دارد، باید آنالیز شود! در شجره‌نامه‌های ژنوتیپی چون همه چیز معلوم است خیلی لازم نیست در عمق شجره‌نامه شروع کنیم! از پدر و مادر مورد سؤال شروع می‌کنیم.

باشد $X^hX^h \times XY \rightarrow \frac{1}{2}X^hX + \frac{1}{2}X^hY$ اگر الگو وابسته به X باشد

باشد $aa \times AA \rightarrow 1Aa \Rightarrow$ احتمال پسر سالم $= 1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$

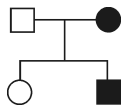
می‌بینید که در الگوی وابسته به X همه‌ی پسرها X^hY و بیمار می‌شوند. اما در الگوی اتوزوم اتوزوم احتمال پسر سالم می‌شود $1 \times \frac{1}{2}$ ، یعنی همان $\frac{1}{2}$. پس با این شرطی که در شجره‌نامه هست، شجره‌نامه اتوزومی است و وابسته به X نیست. البته اگر این شرط را در نظر نگیرید و کل شجره‌نامه را آنالیز کنید، می‌بینید که هر دو الگو درست است و البته نمی‌شد که درست نباشد. بعد با این شرط یکی حذف شد و اتوزوم باقی ماند. می‌بینید که در حالت اتوزوم احتمال بیمار شدن زاده‌ها صفر است.

شجره‌نامه‌های فنوتیپ

۹ اگر در شجره‌نامه‌ای فرد ناقل را نشان ندهند که ناقل است و آن را سالم (○ یا □) نشان دهند، یعنی آن شجره‌نامه فنوتیپی است. در مورد الگوهای غالب، شجره‌نامه‌ها فنوتیپی می‌شوند چون فرد ناقل در این الگوها نیست.

سختی اصلی در شجره‌نامه‌ها، مربوط به شجره‌نامه‌های فنوتیپی است و علت این امر این است که به راحتی شجره‌نامه‌های ژنوتیپی، شاید نمی‌توان تعیین کرد که الگوی شجره‌نامه چیست.

تست چند الگو در شجره‌نامه‌ی روبه‌رو صدق می‌کند؟



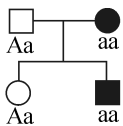
۲ (۲)

۱ (۱)

۴ (۴)

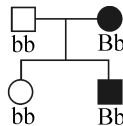
۳ (۳)

اول سؤال سخنه رو دادیم که کپ کنین!!! ببینید این سؤال را با هیچ نکته‌ای نمی‌توان حل کرد! فقط راهش امتحان کردن و آنالیز کردن است. سؤال مشروط و شرط‌دار هم نیست. صورت سؤال، گزینه‌ها و شکل شجره‌نامه خیلی استاندارد و درست حسایی است، اما اصلاً با روش‌های «این رو دیدی، اون رو بزنی» قابل حل نیست! هر ۴ الگو را برای این شجره‌نامه فرض می‌کنیم:



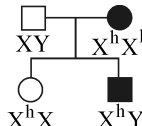
۱ اتوزوم مغلوب صادق است.

a آل بیماری است



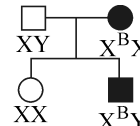
۲ اتوزوم غالب صادق است.

B آل بیماری است



۳ وابسته به X مغلوب صادق است.

X^h آل بیماری است



۴ وابسته به X غالب صادق است.

X^B آل بیماری است

دیدید که هر ۴ الگو در این شجره‌نامه صادق بود!

حالا این مثال سخت را زدیم تا بگوییم سختی شجره‌نامه‌ی فنوتیپی و فرق آن با شجره‌نامه‌ی ژنوتیپی چیست. به حالت ۱ یعنی الگوی اتوزوم مغلوب دقت کنید. سختی کار این‌جاست که ما نمی‌دانیم پدر، Aa است یا AA. فقط می‌دانیم aa نیست (چون خانهاش سیاه نیست!). حالا از کجا می‌فهمیم Aa است؟ چون پسرش aa شده پس حتماً یک a را از پدرش گرفته بنابراین پدر حتماً Aa است و AA نیست. دختر می‌تواند AA یا Aa باشد، اما چون مادرش aa است پس او حتماً Aa است (aa هم که قطعاً نیست چون هاشور نخورده!). می‌بینید که این جور شک‌ها و نیاز به این آنالیزها در شجره‌نامه‌های ژنوتیپی حس نمی‌شد.

در حالت ۲ یعنی الگوی اتوزوم غالب شما نمی‌دانید که مادر خانواده BB است یا Bb (یعنی یک آل بیماری دارد یا ۲ تا)، اما با دیدن دخترش که bb است می‌فهمید که مادرش حتماً یک آل b دارد و حتماً Bb است و BB نیست. بعد به پسر خانواده دقت می‌کنید و می‌پرسید که آیا Bb است یا BB؟ و با کمی مکث جواب می‌دهید، قطعاً Bb است. چرا که فقط یک B در والدین هست نه ۲ تا! پس او نمی‌تواند ۲ تا آل B داشته باشد. می‌رویم سراغ حالت ۳. چون در الگوی وابسته به X مغلوب مردها نمی‌توانند ناقل باشند، فقط دختر خانواده است که می‌تواند ۲ نوع ژنوتیپ برایش متصور شد: X^hX یا X^hX^h . چون مادر خانواده X^hX^h است، حتماً یک X^h به دخترش می‌دهد و او را X^hX می‌کند.

در حالت ۴ باید بدانیم مادر خانواده X^BX^B است یا X^BX . با توجه به این‌که دختر خانواده XX است و X^B ندارد، مادر فقط می‌تواند X^BX باشد. بقیه‌ی فنوتیپ‌ها فقط یک نوع ژنوتیپ دارند.