ثالثاً: قواعد الاحتمالات الأساسية (Probability Rules)

قاعدة الضرب (AND): نضرب الاحتمالات ببعضها عندما نطلب حدوث شيئين معاً (مثل: طفل أول مصاب **و** طفل ثاني مصاب).

قاعدة الجمع (OR): نجمع الاحتمالات عندما نطلب أحد الخيارين (مثل: أطفال كلهم ذكور **أو** كلهم إناث).

كل حمل هو **حدث مستقل (Independent Event)** لا يتأثر بنتيجة الحمل الذي قبله.

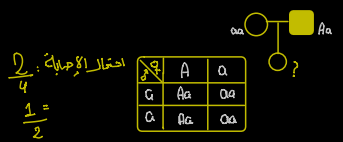
- احتمال الطفل يكون ذكر/أنثى $\Leftarrow \frac{1}{2}$

رابعاً: المسائل الحسابية وحساب المخاطر (Risk Assessment)

1. تحديد جنس المواليد (4 أطفال)

- احتمال أن يكونوا **كلهم ذكور** (and) = $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$
- احتمال أن يكونوا **كلهم إناث** = $\frac{1}{16}$
- احتمال أن يكونوا **من نفس الجنس** (كلهم ذكور **أو** كلهم إناث) = $\frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$

2. مرض هانتينغتون (Huntington's Disease - AD)



المسألة: امرأة توفي والدها بمرض هانتينغتون، ما احتمال إصابتها؟

الحل: المرض سائد (AD)، نعتبر الأب هجيناً (Aa) والأم سليمة (aa). باستخدام مربع بانيت (Punnett Square)، احتمال انتقال الأليل السائد (A) للابنة هو $\frac{1}{2}$.

3. التليف الكيسي (Cystic Fibrosis - AR) لأبوين حاملين للمرض $(Aa \times Aa)$

♂ \ ♀	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

احتمال طفل مصاب (aa) = $\frac{1}{4}$

احتمال طفل حامل للمرض (Aa) = $\frac{1}{2}$

احتمال طفل سليم تماماً (AA) = $\frac{1}{4}$

احتمال طفلين مصابين معاً: $\frac{1}{16} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$

احتمال طفلين كلاهما حامل للمرض: $\frac{1}{4} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$

احتمال طفلتين (إناث) ومصابتين بالتليف الكيسي:

$$\frac{1}{64} = \frac{1}{8} \times \frac{1}{8} = (\text{بنت} \times \frac{1}{4} \text{ مصابة}) \times (\text{بنت} \times \frac{1}{2})$$

احتمال إصابة الطفلتين (and) $\frac{1}{64} = \frac{1}{8} * \frac{1}{8}$

* احتمال طفلة و مصابة $\frac{1}{8} = \frac{1}{4} * \frac{1}{2}$

* احتمال طفلة و مصابة $\frac{1}{8} = \frac{1}{4} * \frac{1}{2}$

4. القدرة على تذوق مادة PTC

- القدرة (T) سائدة، وعدم القدرة (t) متنحية. لأبوين هجينين ($Tt \times Tt$):
- نسبة الأطفال المتذوقين = $\frac{3}{4}$ ، وغير المتذوقين = $\frac{1}{4}$.
- احتمال أن يكون الطفل الأول متذوقاً = $\frac{3}{4}$ ، والطفل الرابع أيضاً = $\frac{3}{4}$ (لأنها أحداث مستقلة).

خامساً: حساب المخاطر بناءً على التاريخ العائلي (High-Yield Exam Focus)

عند حساب خطورة إصابة الجنين بمرض متنحٍ مثل التليف الكيسي (CF)، نطبق المعادلة:

$$\text{Risk} = \text{P(Father is carrier)} \times \text{P(Mother is carrier)} \times \frac{1}{4}$$

Probability of passing aa

	A	a
A	AA سليم	Aa
a	Aa	aa مصاب

القواعد الذهبية لتحديد احتمالية أن يكون الشخص (Carrier) دون فحص جيني:

1. **قاعدة الأخ المصاب (My brother is affected):** إذا كان للشخص أخ مصاب بمرض AR وهو شخص سليم ظاهرياً، فإن احتمال أن يكون حاملاً للمرض هو $\frac{2}{3}$ (لأننا نستثني الطراز aa من مربع بانيت).
2. **قاعدة ابن الأخ/الأخت المصاب (My niece/nephew is affected):** إذا كان ابنُ أخ أو ابن أخت الشخص مصاباً، فإن احتمال أن يكون الشخص حاملاً للمرض هو $\frac{1}{2}$.
3. **عامة الناس (General Population):** إذا لم يكن هناك تاريخ عائلي، نأخذ النسبة من معطيات السؤال (في الملف التكرار في المجتمع الأبيض يساوي $\frac{1}{25}$).

الحالة العائلية للزوجين	احتمال الأب (Carrier)	احتمال الأم (Carrier)	احتمال نقل المرض للجنين (aa)	الحسبة النهائية لخطورة إصابة الجنين
زوجان سليمان تماماً ولا يوجد أي تاريخ عائلي	$\frac{1}{25}$ (المجتمع)	$\frac{1}{25}$ (المجتمع)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2500} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{25} \times \frac{1}{25}$
الأب تم فحصه جينياً وهو Carrier، والأم من عامة الناس	1 (مؤكد)	$\frac{1}{25}$ (المجتمع)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{100} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{25} \times 1$
ابن أخت الأم مصاب بـ CF والأب من عامة الناس	$\frac{1}{25}$ (المجتمع)	$\frac{1}{2}$ (قاعدة ابن الأخت)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{200} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{25}$
أخو الأب مصاب بـ CF والأم من عامة الناس	$\frac{2}{3}$ (قاعدة الأخ)	$\frac{1}{25}$ (المجتمع)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{150} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{25} \times \frac{2}{3}$

إضافة هامة: إذا طلب السؤال احتمال أن يكون الجنين **أنثى ومصابة** في نفس الوقت، نضرب الناتج النهائي بـ $\frac{1}{2}$ (احتمال الجنس).

- مثال: خطورة الجنين في حالة ابن أخت الأم = $\frac{1}{200}$ ، إذاً احتمال أن تكون **أنثى مصابة** = $\frac{1}{200} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{400}$.

بالتوفيق الكبيرة جداً في امتحانك! ركزي على الفروقات بين $\frac{2}{3}$ للأخ و $\frac{1}{2}$ لابن الأخ لأنها مواضع أسئلة كلاسيكية في الامتحانات الطبية!

طريقة الحل:

1. تحسبين احتمال أن الأب حامل للمرض (سواء من المجتمع $\frac{1}{25}$ أو من قريبه المصاب). PDF + 1
2. تحسبين احتمال أن الأم حاملة للمرض (سواء من المجتمع أو من قريبها المصاب). PDF + 1
3. تضربين الاحتمالين معاً، ثم تضربينهما في خطورة ظهور المرض المتنحي من أبوين حاملين وهي دائماً $\frac{1}{4}$. PDF + 4

ملخص كبسولة الامتحان (High-Yield):

- **الآباء مفحوصون ومؤكدون جينياً؟** ← مربع بانيت مباشرة. PDF + 1
- **الآباء غير مفحوصين ولدينا أقارب مصابون أو نسبة مجتمع؟** ← قانون الـ Risk (احتمال الأب × احتمال الأم × $\frac{1}{4}$). PDF + 2

3. الأعداد (أولاد وبالدة الأم وأخواتها)
الآن، من أين جاءت الفقرة الأم بالأصل المتنحي (aa)؟ حتماً وبكه من أحد والديها (أحد أم الجدة). PDF
هذا يعني أن أحد الأعمام هو شخص حامل للمرض ويعزاره الجيني (Aa). PDF
4. الوصول إلى "الأم" (التي تريد حساب خطورتها)
الأم وأختها هما أختان شقيقتان من نفس الأب والأم (الأعداد). PDF
العم والعمة (الأعمام Aa، والعم AA) عندما يتجوان طفلاً، هناك احتمالان لكل طفل إما أن يرث الأليل السليم (A) أو يرث الأليل المصاب (a). PDF
بناءً على ذلك، فإن احتمال أن تكون الأم قد ورثت الأليل (a) وتكون حاملة للمرض (Aa) مثل أختها هو تماماً احتمال 50% (أي $\frac{1}{2}$). PDF
باختصار شديد للتذكر في الامتحان:
ابن أخت مصاب ← يعني أختي حاملة للمرض حتماً (1). PDF
أختي حاملة للمرض ← يعني احتمال أن تكون أمنا أيضاً حاملة للمرض هو $\frac{1}{2}$ لأننا نملك نفس الأبوين ونرث منهما بالتساوي. PDF