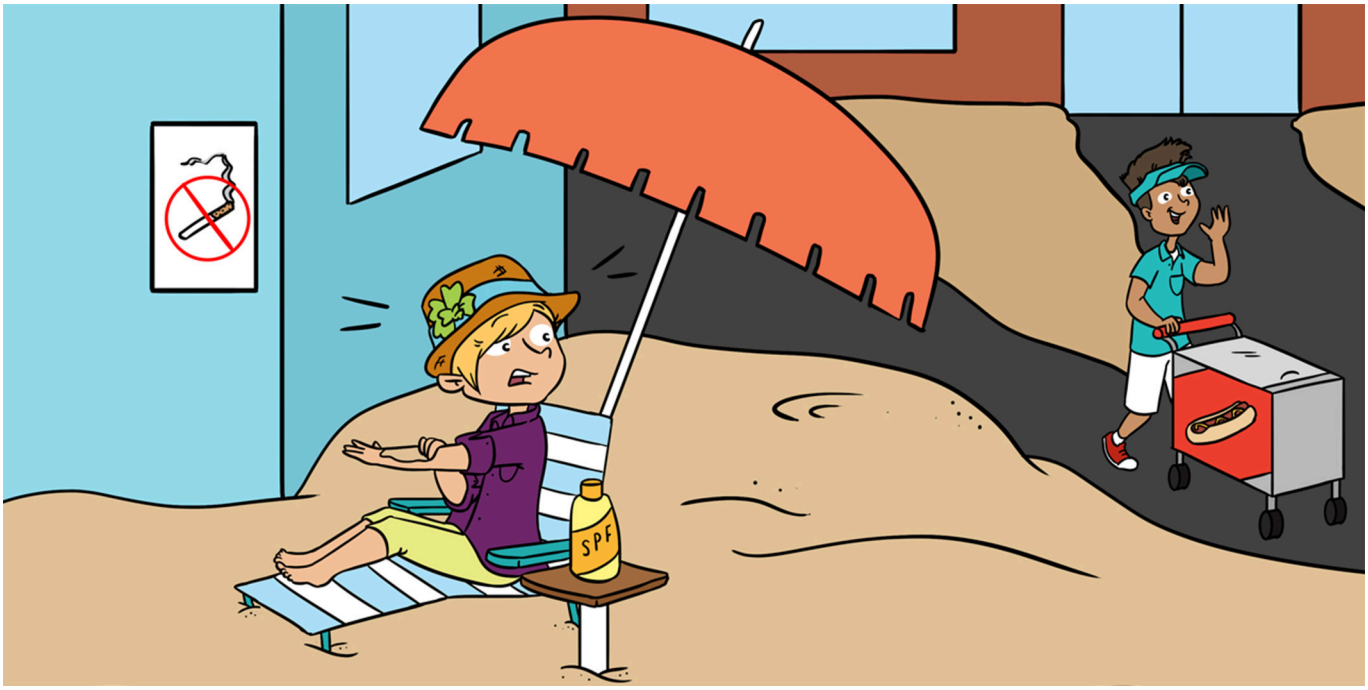
الصحة
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 أغسطس 2021
doi: 10.3389/frym.2019.00046-ar



كيف تحمي جيناتك من الطفرات بنمط حياة صحي؟

Claire L. Slote[1], Ashley Luu[2], Niranjana Mariya George[2] and Nicole Osier[1,3]*
[1]School of Nursing, The University of Texas at Austin, Austin, TX, United States
[2]College of Natural Sciences, The University of Texas at Austin, Austin, TX, United States
[3]Dell Medical School, The University of Texas at Austin, Austin, TX, United States

يُعد الحمض النووي (DNA) الوصفة السحرية لجميع أشكال الحياة على الأرض، وذلك من خلال ترميز البروتينات التي يتكون منها الكائن الحي بأكمله. فأجسامنا تمتلك أنظمة معقدة تعمل لتضمن أن حمضنا النووي منظم بشكل صحيح وأن كل خلية جديدة تحصل على نسخة كاملة وغير متغيرة منه. وإذا فشل النظام المعقد الذي يشارك في نسخ الحمض النووي، أو في حالة وجود عوامل مضرة في البيئة، فقد يحدث خطأ في تسلسل الحمض النووي. ويمكن أن تحدث هذه الأخطاء، التي تُسمى الطفرات، في أي مرحلة من مراحل الحياة، بدايةً من نمو الخلايا الأولى المكونة للجنين ووصولًا إلى الخلايا الناضجة للشخص البالغ. وتسبب بعض الطفرات مشكلات صحية خطيرة. إن الغرض من هذا المقال هو تسليط الضوء على العديد من الأشياء الضارة، التي يطلق عليها اسم المُطفِرات التي تسبب الطفرات، وكيف يمكننا حماية أجسادنا من التعرض للأذى من خلال اتباع نمط حياة صحي، وتجنب التعرض غير الضروري لأنواع المخاطر التي يمكن أن تسبب حدوث الطفرات.

المراجعون الصغار:

CLASSE IIIC-ISTITUTO COM-PRENSIVO CAMPO DEL MORICINO
العمر:12-15

ما هو الحمض النووي؟

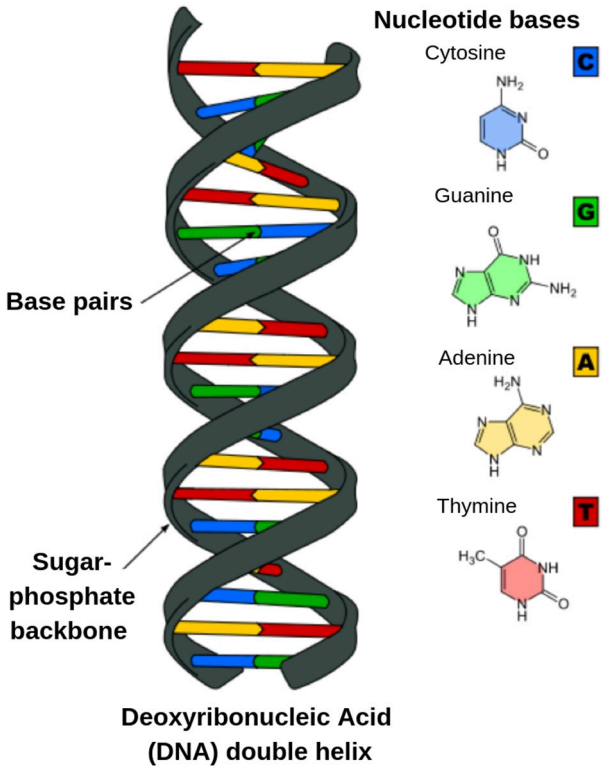
بدون **الحمض النووي**، حرفيًا لن تكون موجودًا! ولا حتى حيوانك الأليف ولا الأشجار الموجودة في حديقتك ولا اللحوم أو الفواكه أو الخضروات التي تتناولها على الغداء. فأي شيء حي عليه أن يشكر الحمض النووي! فالحمض النووي هو في الأساس الوصفة التي تسمح للكائن الحي بإنتاج المواد الأساسية (البروتينات) التي تتكون منها كل خلية. وتعمل تلك الخلايا معًا باعتبارها أنسجة وأعضاء وأنظمة عضوية لتكوين كائن حي كامل. يتكون الحمض النووي من أربعة جزيئات مختلفة تسمى القواعد: الأدينين (A)، والجوانين (G)، والسيتوسين (C)، والثايمين (T). وهذه القواعد الأربع ترتبط معًا مكونةً سلسلة طويلة. ويُشار إلى العمود الفقري الذي يربط تلك القواعد باسم "العمود الفقري المكون من السكر والفوسفات"، لأنه يتكون من جزيئات متناوبة من السكر والفوسفات. كما يُشار إلى ترتيب القواعد باسم تسلسل الحمض النووي. ويُشار إلى كل مجموعة تتكون من ثلاث قواعد في تسلسل الحمض النووي باسم **الكودون**. وتُجري أغلب الكودونات عملية الترميز لصالح أحد الأحماض الأمينية العشرين التي تشكل البروتينات. وحين لا يتوافق الكودون مع أحد الأحماض الأمينية، يُشار إليه باسم الكودون الختامي، لأنه يخبر الخلية أن عملية النسخ قد وصلت إلى نهاية الوصفة وأن إنتاج البروتين قد تم. ويوجد الحمض النووي عادةً على شكل خيطين يلتفان ويتحولان إلى شكل يُعرف باسم اللولب المزدوج، مع اقتران القواعد على الخيطين بطريقة يمكن التنبؤ بها: فدائمًا ما يقترن الأدينين مع الثيامين والجوانين مع السيتوسين (انظر الشكل 1). ولتعزيز فهمك لبنية الحمض النووي، نُوصي بالتصوير الجميل (يُقصد بها التورية) للحلزون المزدوج المصنوع من حلوى جيلي الدببة وعرق السوس، في مقال Frontiers for Young Minds الصادر في عام 2018 عن الأسس الجينية لأمراض القلب الذي حرره Clark و Alibhai و Rutland [1].

الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (الحمض النووي) (DEOXYRIBONUCLEIC ACID (DNA))

هو "الوصفة" الجزيئية التي تحتوي على التعليمات الخاصة بالكائن الحي. ويتكون الحمض النووي من أربع قواعد تتصل ببعضها البعض بواسطة أرضية من السكر والفوسفات. كما يوجد الحمض النووي في جميع الكائنات الحية وهو مسؤول عن المساعدة في نقل الجينات حين تنقسم الخلايا.

الكودون (CODON)

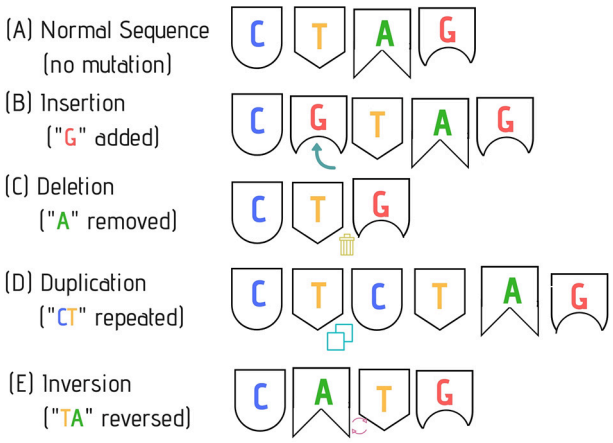
مجموعة من ثلاث قواعد في الحمض النووي ترمز لحمض أميني واحد.



شكل 1

شكل 1

رسم لطريقة اقتران خيطين من الحمض النووي معًا لتشكيل بنية اللولب المزدوج. وتظهر التركيبة الكيميائية للقواعد على اليمين، وهي مرمزة بالألوان بحيث يمكنك أن ترى، في الحلزون المزدوج، أن أزواج الأدينين مع أزواج مع الثيامين والجوانين مع السيتوسين. ويظهر العمود الفقري من السكر والفوسفات على شكل خيط رمادي يجمع القواعد معًا. الحمض النووي الريبوزي المُعاد مزجه والمعدل من الحمض النووي (Remixed and Adapted from DNA RNA) بواسطة د/ أوسير على موقع كانفا (Canva). اسم الملف: Difference DNA RNA-DE.svg: Sponk :Sponk/*translation [CC BY-SA 3.0 https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/), GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)] via Wikimedia Commons.



شكل 2

شكل 2

أمثلة على الأنواع الشائعة من الطفرات. **(A)** تسلسل الحمض النووي "الطبيعي" بدون أي طفرة، و**(B)** الغرز، حيث تتم إضافة قاعدة، و**(C)** الحذف، حيث تتم إزالة قاعدة، و**(D)** الاستنساخ، حيث تتكرر بعض القواعد، و**(E)** الانقلاب، حيث يتم عكس ترتيب القواعد.

إذن، كم عدد هذه القواعد الموجودة؟ حسنًا، يحتوي الحمض النووي للإنسان على حوالي 3 مليارات قاعدة وحوالي 99% من هذه القواعد متماثلة في جميع البشر [2]. أما الفرق الذي يمثل 1% فهو المسؤول عن تكوين جميع السمات والخصائص الفريدة، مثل لون العين أو الحالة الصحية، والتي تختلف من شخص إلى آخر. فالطرق التي تختلف بها عن أقرانك في الفصل وأصدقائك وإخوتك ترجع إلى وجود اختلاف في تسلسل الحمض النووي الخاص بك عن التسلسل الخاص بهم. يأتي حوالي نصف الحمض النووي الخاص بك من كل من والديك. ووجود اختلاف في الحمض النووي بنسبة أكثر من 1% يعني أن الكائن الحي عبارة عن نوع مختلف عنا. فمثلًا، يختلف الحمض النووي للشمبانزي بنسبة تتراوح بين 1 و2% عن الحمض النووي البشري (بمعنى أن الحمض النووي للشمبانزي يتطابق بنسبة 99-98% مع الحمض النووي البشري)، مما يجعل هذه الحيوانات أقرب أقربائنا في مملكة الحيوانات [3].

ما هي الطفرة؟

الآن بعد أن فهمنا بعض الأساسيات حول الحمض النووي، يمكننا التحدث عن كيفية تغيير تسلسل الحمض النووي. ففي بعض الأحيان يتم تغيير تسلسل حمضنا النووي؛ وهو ما يسمى بالطفرة. وتوجد أنواع مختلفة من **الطفرات**. فعلى سبيل المثال، يمكن تغيير القاعدة الأصلية المفترضة بقاعدة مختلفة (الاستبدال)، أو يمكن حذف قاعدة أو قواعد من الحمض النووي (الحذف)، أو يمكن إضافة قاعدة أو قواعد إلى الحمض النووي (الغرز)، أو يمكن قلب قطعة من الحمض النووي (الانقلاب) أو تكرارها (الاستنساخ) (انظر الشكل 2).

الطفرات (MUTATIONS)

هي التغييرات التي تطرأ على تسلسل الحمض النووي للكائن الحي والتي قد تغير البروتينات أو لا تغيرها.

بينما تغير الطفرات تسلسل الحمض النووي دائمًا، فإنها لا تسبب دائمًا تغييرًا في البروتين الناتج أو تأثيرًا واضحًا على الكائن الحي. ويمكن أن يحدث ذلك لأن معظم الأحماض الأمينية يمكن ترميزها بكودونين مختلفين أو أكثر. فعلى سبيل المثال، تسلسل الحمض النووي CAA يرمز البروتين لإنتاج حمض الفالين، وهو أحد الأحماض الأمينية، وكذلك يرمز التسلسل CAG الحمض نفسه. لذا، إذا غيرت طفرة استبدال تسلسل الحمض النووي من CAA إلى CAG، فسيظل الفالين مضافًا إلى البروتين. وتسمى الطفرات التي لا تؤثر على البروتين الطفرات الصامتة، لأن الحمض النووي لا يزال يصنع نفس البروتين المتوقع إنتاجه، ولا يدرك الشخص المصاب بالطفرة الصامتة هذا الأمر حتى. وفي أوقات أخرى، يؤثر التغيير في تسلسل الحمض النووي على البروتين. ويمكن أن يحدث ذلك،

على سبيل المثال، إذا تم تغيير تسلسل الحمض النووي CTC إلى CAC. ففي هذه الحالة، سيتم استبدال حمض الجلوتاميك، من الأحماض الأمينية، بالفالين. وهذا التغيير في التسلسل المحدد يمثل الطفرة الموجودة عند معظم الأشخاص المصابين بفقر الدم المنجلي، وهو حالة مؤلمة للغاية. وفي أحيان أخرى، يتم غرز قاعدة إضافية في تسلسل الحمض النووي أو حذفها منه، مما يغير طريقة قراءة الكودونات. وينتج عن هذا الأمر تغيير عدد كبير من الأحماض الأمينية، وهو ما يسمى طفرة انزياح الإطار. فعلى سبيل المثال، إذا كان التسلسل الأصلي AAA-CCC-GGG يحتوي على ثيامين (T) مضاف بعد أول أدينين (A)، فسيُقرأ الآن على أنه ATA-ACC-CGG-G...؛ وهذا من شأنه أن يغير تسلسل الحمض الأميني من فينيل ألانين-جلايسين-برولين إلى تيروزين-تربتوفان-ألانين. لاحظ كيف أن الأحماض الأمينية الموجودة في البروتين والمصنوعة من الحمض النووي المتحور لا تتطابق مع التسلسل الأصلي. ومن المحتمل أن يكون لهذا الأمر تأثير كبير على وظيفة البروتين! أما الاحتمال الثالث فهو أن تسلسل الحمض النووي المتحور يتسبب في توقف إنتاج البروتين مبكرًا، بحيث يكون البروتين أقصر من المعتاد. ويُشار إلى ذلك على أنه طفرة لاغية. فإذا تم تغيير تسلسل الحمض النووي AAA-ACC-AAA-AAA ليكون AAA-ACT-AAA-AAA، فسيتغير تسلسل البروتين من فينيل ألانين-تريبتوفان- فينيل ألانين- فينيل ألانين إلى فينيل ألانين واحد فقط، لأن التسلسل ACT سيعمل بمثابة كودون ختامي. لذلك فإن البروتين الناتج سيكون أقصر من الطبيعي ولن يعمل بشكل صحيح.

الطفرات الموروثة (INHERITED MUTATIONS)
طفرة تنتقل من الأم أو الأب.

يمكن أن تنتقل الطفرات من الأم أو الأب إلى الجنين الذي ينمو، ويُطلق عليها **الطفرات الموروثة**. فعلى سبيل المثال، إذا كانت والدتك لديها طفرة تسببت في أن تكون أقصر بكثير من المتوسط، فيمكن أن ترث الطفرة منها وتكون أقصر من المتوسط. ويمكن أن تخبر أصدقاءك أنك ورثت قصر القامة من والدتك، أو أن كونك قصير القامة يأتي من جانب عائلة والدتك. وإذا أنجب أحد الأشخاص المصابين بطفرة وراثية طفلًا في يوم من الأيام، فسينقل هذا الشخص الطفرة إلى الجيل التالي. ففي المثال المذكور أعلاه، إذا نقلت لابنك أو لابنتك طفرة قصر القامة التي نقلتها لك والدتك، فيمكن لطفلك أن يقول إنه قصير القامة بسببك وبسبب جدته (والدتك).

الطفرات المكتسبة (ACQUIRED MUTATIONS)
طفرة ناتجة عن عوامل بيئية ولا تؤثر على الخلايا التي تنتقل إلى النسل في المستقبل.

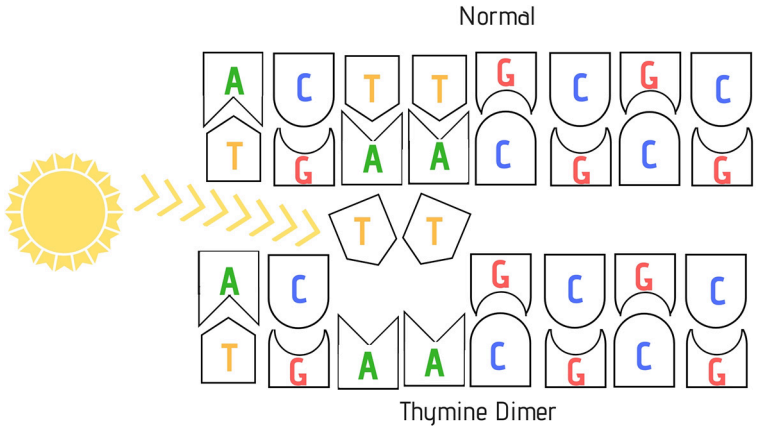
من ناحية أخرى، تحدث طفرات أخرى بعد الولادة، ويُطلق عليها **الطفرات المكتسبة**. وعادةً ما تكون الطفرات المكتسبة ناتجة عن شيء ما في البيئة وغالبًا ما تكون آثارها موجودة فقط في الخلايا التي تعرضت لهذا المحفز البيئي. وبالتالي، ستحدث الطفرة لبعض الخلايا بينما ستمتلك الخلايا الأخرى التسلسل الطبيعي من الحمض النووي. فعلى سبيل المثال، إذا حدثت لك بطريقة ما طفرة في خلايا الجلد في ركبتك ثم جرحت ركبتك واضطررت إلى صنع خلايا جديدة لتحل محل الخلايا التي أصيبت، فستحتوي هذه الخلايا الجديدة على الطفرة. ورغم ذلك لن تنتقل الطفرة إلى نسلك في المستقبل، إذا أنجبت طفلًا لاحقًا.

ما مصادر الطفرات وكيف يمكنني تجنبها؟

ضوء الشمس

مثنوي الثايمين (THYMINE DIMERS)
طفرة تحدث في خيط واحد من خيطي الحمض النووي، عندما يرتبط اثنان من الثايمين ببعضهما البعض، بدلًا من الارتباط بالأدينينات الموجودة على الخيط الثاني من الحمض النووي.

يعتبر ضوء الشمس أحد مسببات الطفرات. فكيف يؤثر ضوء الشمس على حمضنا النووي؟ يصنع ضوء الشمس بُنى تُسمى **مثنوي الثايمين**، والتي تعني أن قاعدتين من الثايمين (T) (T) موجودتين على نفس خيط الحمض النووي تصبحان متصلتين بطريقة غير طبيعية، بدلًا من الارتباط بشكل صحيح بالقاعدة التكميلية من الأدينين (A) على الشريط المقابل. حيث يسبب مثنوي الثايمين حدوث التواءات في شكل الحمض النووي (انظر الشكل 3) [2]. وتلك الالتواءات تُصعب من عملية



شكل 3

شكل 3

تتسبب الأشعة فوق البنفسجية (UV) الموجودة في ضوء الشمس في تكوين طفرات مثنوي الثايمين، والتي تحدث عندما يرتبط اثنان من الثايمين على نفس الخيط من الحمض النووي معًا بدلًا من الترابط بشكل صحيح مع الأدينينات الموجودة على الخيط المقابل. ويمكن أن يتسبب ذلك في حدوث طفرات عند صنع نسخة من الحمض النووي للجيل القادم من الخلايا.

نسخ الحمض النووي، مما قد يتسبب في حدوث طفرة. ومن أجل تجنب نمو مثنوي الثايمين في خلايانا، من المهم جدًا استخدام واقي من الشمس للمساعدة في منع تعرض الجلد للأشعة فوق البنفسجية "أ" و "ب" (UVA وUVB). حيث توصي إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) باستخدام عامل حماية من الشمس (SPF) لا يقل عن 15، للحماية من سرطان الجلد والشيخوخة المبكرة للجلد (انظر الجدول 1). وتلزم إعادة وضع المنتج الواقي من الشمس كل ساعتين أو بعد السباحة أو التعرق أو الاستحمام أو استخدام منشفة [4]. أما بعض الأشخاص الذين يمتلكون بشرة حساسة أو فاتحة فعليهم أن يفكروا في الاعتماد على مستويات أعلى من الحماية من الأشعة فوق البنفسجية ويُنصح بقيامهم باستشارة أحد الأطباء الذي يسمى طبيب الأمراض الجلدية، وهو خبير في الحفاظ على صحة البشرة.

إشعاع الأشعة السينية

إن إشعاع الأشعة السينية هي النوع المستخدم في الأشعة السينية (صور الأشعة الطبية) للأسنان والعظام وغيرها من أجزاء الجسم الصلبة. ويتمتع إشعاع الأشعة السينية بمستوى مرتفع جدًا من الطاقة يمكنه تكوين جزيئات تسمى الجذور الحرة.

وتكون الجذور الحرة غير مستقرة للغاية، ولكي تصبح أكثر استقرارًا، يمكنها سرقة الإلكترونات من الحمض النووي، مما قد يؤدي إلى حدوث طفرات [5]. نستطيع تقليل التعرض للأشعة السينية عن طريق استخدام أشكال أخرى من الأشعة الطبية عندما يكون ذلك ممكنًا، وارتداء معدات واقية لحماية الجسم عند إجراء الأشعة السينية. فإذا كنت قد ذهبت إلى طبيب الأسنان وقمت بإجراء أشعة سينية على أسنانك، فمن المحتمل أنك تتذكر ارتداء غطاء من الرصاص الثقيل من خلال لفه على جسمك. حيث يحمي الغطاء الرصاصي أجزاء الجسم التي لا يقوم طبيب الأسنان بإجراء أشعة لها. ويعتبر إجراء الأشعة السينية فقط عند الضرورة إحدى الممارسات الجيدة لمنع أي آثار سلبية مفرطة على حمضك النووي (انظر الجدول 1) [5]. وهذا هو السبب في عدم إجراء الأشعة السينية إذا كان الطبيب متأكدًا بدرجة كافية من إصابة المريض بالتواء في الكاحل وليس كسرًا.

المطفر	عوامل الخطر	السلوك الصحي الذي يمنع التعرض
ضوء الشمس	زيادة التعرض لضوء الشمس مما يؤدي إلى تكون مثنوي الثايمين في الحمض النووي	•استخدام واقٍ من الشمس •تجنب التعرض الزائد للشمس •إعادة وضع المنتج الواقي من الشمس كل ساعتين •ارتداء ملابس / قبعة تغطي البشرة
إشعاع الأشعة السينية	•الأشعة السينية العديدة •القرب الشديد من الأشعة السينية	•تقليل عدد الأشعة السينية والقيام بالضروري منها فقط •ارتداء سترة من الرصاص على الأجزاء التي لا يتم فحصها بالأشعة السينية •استخدام أجهزة الأشعة البديلة
التبغ منتجات	•التدخين •مضغ التبغ •التدخين السلبي	منتجات/ •تجنب التدخين •التبغ •تجنب التواجد بالقرب من الدخان
المواد الكيميائية	زيادة التعرض للمواد / الكيميائية المسرطنة المسببة للطفرات	•تقليل التعرض •التخلص من المواد الكيميائية بشكل مناسب •ارتداء ملابس واقية
النيتريتات	زيادة استهلاك اللحوم المصنعة مثل الهوت دوج والنقانق ولحم الخنزير المقدد	تقليل استخدام اللحوم المصنعة واللحوم المشوية

جدول 1

جدول 1

العوامل البيئية التي يمكن أن تسبب حدوث الطفرات.

السجائر ومنتجات التبغ الأخرى

كيف يؤدي التدخين إلى الإصابة بالسرطان؟ تحتوي السجائر ومنتجات التبغ على مواد كيميائية تُعرف باسم **المواد المسرطنة**، وهي **مطفرات** تُعرف أيضًا بأنها تسبب مرض السرطان. يوجد بجميع الخلايا السرطانية طفرات في الحمض النووي، والمواد المسرطنة هي التي تسبب الطفرات. حيث تسبب المواد المسرطنة طفرات عن طريق إتلاف الطريقة التي تصلح بها الخلية الحمض النووي أو تصنع بها البروتينات. فإذا كانت الخلية السرطانية غير قادرة على إصلاح تلف الحمض النووي، فستستمر في الانقسام لتكوين خلايا جديدة وستنقل الطفرة إلى جميع الخلايا الجديدة التي يتم تكوينها. ونظرًا لأن الخلايا السرطانية تنمو وتنقسم على نحو أسرع من الخلايا الطبيعية، فيمكن أن تتكون كتل من هذه الخلايا غير الطبيعية، والتي تسمى أورامًا. لذا فإن أفضل طريقة لتجنب التعرض لهذه المواد المسرطنة هي عدم التدخين أو استخدام منتجات التبغ (انظر الجدول 1). كما أنه من الضروري محاولة تقليل التعرض للتدخين السلبي، مما يعني تجنب الأشخاص الآخرين الذين يدخنون السجائر [6].

المواد المسرطنة (CARCINOGENS)

المواد / الكيماويات التي يمكن أن تسبب حدوث طفرات تؤدي إلى الإصابة بالسرطان.

المواد الكيميائية

المطفرات الكيميائية هي مواد كيميائية ثَبُت أنها تسبب طفرات. وتعتبر بعض المواد الكيميائية أيضًا مواد مسرطنة ويمكنها أن تسبب السرطان للإنسان، مثل تلك المواد الموجودة في دخان السجائر التي قمنا بمناقشتها أعلاه [2]. وتوجد أمثلة أخرى على المطفرات الكيميائية ومنها البنزين

المطفرات (MUTAGENS)

المواد / الكيماويات التي تسبب حدوث تغيرات في تسلسل الحمض النووي للكائن الحي.

(مكون رئيسي للوقود) وكلوريد الفينيل (شائع الاستخدام في الأنابيب) والزرنيخ (المستخدم في بعض المبيدات الحشرية وسم الفئران). ولكن لم يتم ربط بعض المطفرات الكيميائية بالسرطان. فإذا لم يكن معروفًا بنسبة 100% أنها تسبب السرطان، فيُشار إلى هذه المواد الكيميائية باعتبارها مطفرات فقط، وليست مواد مسرطنة. ولتجنب حدوث الطفرات، نحتاج إلى تقليل التعرض لهذه المواد الكيميائية باستخدام معدات الحماية، مثل الأقنعة والقفازات، عند العمل بها. وبمجرد التوقف عن استخدام هذه المواد، يجب التخلص منها بشكل مناسب (انظر الجدول 1).

مركبات النيتريت

توجد مواد تسمى النيتريت أو النيتريتات في العديد من اللحوم المصنعة، مثل لحم الخنزير المقدد والبسطرمة والسلامي والهوت دوج والنقانق. حيث يتحد النيتريت مع البروتينات الموجودة في اللحم لتكوين مركبات أخرى تُعرف بأنها مواد مسرطنة [7]. أعرف الآن ما تفكر فيه: هل يجب أن أتخلى عن أطعمتي المفضلة تمامًا؟ لحسن الحظ، الجواب لا. فلا يزال بإمكانك تناول اللحوم المصنعة ولكن تناولها يوميًا ربما لا يعتبر فكرة سديدة. فلكي تحمي نفسك من النيتريت، يجب أن تقلل من استهلاكك للحوم المصنعة وحاول أيضًا تضمين الأصناف الصحية في نظامك الغذائي، مثل الفواكه والخضراوات والحبوب الكاملة (انظر الجدول 1).

الخلاصة

الآن بعد أن عرفت المقصود بالطفرات وكيف تحدث الطفرات المكتسبة، يمكنك اتخاذ الخطوات اللازمة للمساعدة في تجنب إصابتك بالطفرات، ويمكنك أن تعلّم أصدقائك وعائلتك الخطوات التي يمكنهم اتخاذها في حياتهم اليومية لتجنب حدوث الطفرات. توجد أسباب أكثر للطفرات مما ذكرناه هنا، والعديد منها يكون خارج عن إرادتنا. وهذا هو السبب في الأهمية الشديدة لمنع حدوث أكبر عدد ممكن من الطفرات، حتى نحد من الآثار السلبية للطفرات على صحتنا. فحمضك النووي هو جزيء بالغ الأهمية لك، ومن الجدير حمايته وأنت تستطيع القيام بذلك!

المراجع

1. Clark, N., Alibhai, A., and Rutland, C. S. 2018. Mending a broken heart–the genetics of heart disease. *Front. Young Minds* 6:19. doi: 10.3389/frym.2018.00019
2. Ackerman, S., and Horton, W. 2018. Chapter 2.4–effects of environmental factors on DNA: damage and mutations. *Green Chem.* 1:109–28. doi: 10.1016/B978-0-12-809270-5.00005-4
3. Ebersberger, I., Metzler, D., Schwarz, C., and Pääbo, S. 2002. Genomewide comparison of DNA sequences between humans and chimpanzees. *Am. J. Hum. Genet.* 70:1490–7. doi: 10.1086/340787
4. Latha, M. S., Martis, J., Shobha, V., Shinde, R. S., Bangera, S., Krishnankutty, B., et al. 2013. Sunscreening agents. *J. Clin. Aesthet. Dermatol.* 6:16–26.
5. ACHRE. 1994. *Advisory Committee on Human Radiation Experiments Report*. Retrieved from: https://bioethicsarchive.georgetown.edu/achre/final/summary.html%23publication
6. Centers for Disease Control and Prevention (US), National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (US), and Office on Smoking and Health (US). 2010. *How Tobacco Smoke Causes Disease: The Biology and*

Behavioral Basis for Smoking-Attributable Disease: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention (US). Retrieved from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK53010/

7. Baena Ruiz, R., and Salinas Hernández, P. 2014. Diet and cancer: risk factors and epidemiological evidence. *Maturitas* 77:202–8. doi: 10.1016/j.maturitas.2013.11.010

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 أغسطس 2021

حرره: Valeria Costantino, University of Naples Federico II, Italy

الاقتباس: Slote CL, Luu A, George NM and Osier N (2021) كيف تحمي جيناتك من الطفرات بنمط حياة صحي؟ Front. Young Minds
doi: 10.3389/frym.2019.00046-ar

مُترجَم ومقتبس من: Slote CL, Luu A, George NM and Osier N (2019) Ways You Can Protect Your Genes From Mutations With a Healthy Lifestyle. Front. Young Minds 7:46. doi: 10.3389/frym.2019.00046

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2019 © 2021 Slote, Luu, George and Osier.
هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

CLASSE IIIC-ISTITUTO COMPRENSIVO CAMPO DEL MORICINO، العمر: 12-15

نحن صف يتكون من 20 طالبًا ونحن جزءًا من Comprehensive Institute "Campo del Moricino" الذي يقع في منطقة وجد فيها الرحالة الفقراء وغالبًا ما يطلق عليهم "موري (Mori)" مكانًا للدفن في العصر النورماندي السوابي. لهذا نطلق على أنفسنا هذا الاسم. ولكن حتى لو كان الاسم يشير إلى حادث متعلق بالموت، فإننا نشيطون للغاية ولطيفون ومتعاونون فيما بيننا. لقد منحنا هذا المشروع الفرصة للمشاركة والتعمق في الموضوعات التي درسناها حتى الآن على مستوى المدرسة فقط، ويسعدنا للغاية أن نشارك في كتابة هذا المقال، بمساعدة معلمتنا لمادة العلوم Lina Medugno ومعلمة اللغة الإنجليزية Emilia Corrado. ونأمل أن نحقق النجاح وأن تتم قراءة العمل وفهمه بسهولة من قبل العديد من الأشخاص مثلنا.

المؤلفون

CLAIRE L. SLOTE
أنا حاليًا ممرضة مسجلة أعمل في وحدة العناية المركزة (ICU) في أوستن، بتكساس. وقد تخرجت حديثًا بدرجة البكالوريوس من The University of Texas في أوستن في ديسمبر من عام 2018، وبدأت العمل بوظيفة ممرضة في فبراير 2019. في وقت فراغي أستمتع بالذهاب إلى صالة الألعاب الرياضية واستكشاف مطاعم جديدة في أوستن والتطوع كمربية في عمليات المحاكاة السريرية في UT's School of Nursing.

ASHLEY LUU
أنا طالبة جامعية في The University of Texas في أوستن، أسعى للحصول على بكالوريس العلوم والآداب في علم الأحياء وشهادة في أسس إدارة الأعمال وشهادة أخرى في عدم المساواة الاجتماعية والصحة والسياسية. وبعد التخرج، أخطط للاستمرار في كلية الطب بالإضافة إلى الدراسة في مجال الصحة العامة. وفي وقت فراغي أحب الطبخ والسير لمسافات طويلة والسفر والتنزه في الهواء الطلق!

NIRANJANA MARIYA GEORGE
أنا حاليًا طالبة جامعية في The University of Texas في أوستن، أسعى للحصول على بكالوريوس العلوم والآداب في علم الأعصاب وشهادة في أعمال الرعاية الصحية. كما أخطط للالتحاق بكلية الطب والحصول على درجة الماجستير في إدارة الأعمال. و في وقت فراغي أحب ممارسة اليوجا وتجربة أنواع جديدة من الطعام واستكشاف أوستن.

NICOLE OSIER
أنا باحثة رئيسية في The University of Texas في أوستن. وأنا حاصلة على درجة البكالوريوس في علوم التغذية والتمريض من Michigan State University ودرجة الدكتوراة من University of Pittsburgh. ويتمثل هدفي في فهم الأسباب التي تجعل بعض الأفراد يتعافون بشكل أفضل من الآخرين بعد تعرضهم لإصابة في الرأس وتطبيق هذه المعلومات لمساعدة الأطباء والممرضات على علاجها. لمعرفة المزيد عن مختبري، زوروا موقع الويب الخاص بي: https://nicoleosier.wixsite.com/osierlaboratory/. في وقت فراغي أستمتع بقضاء الوقت مع زوجي وقطتي والسفر حول العالم.
*nicoleosier@utexas.edu

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology