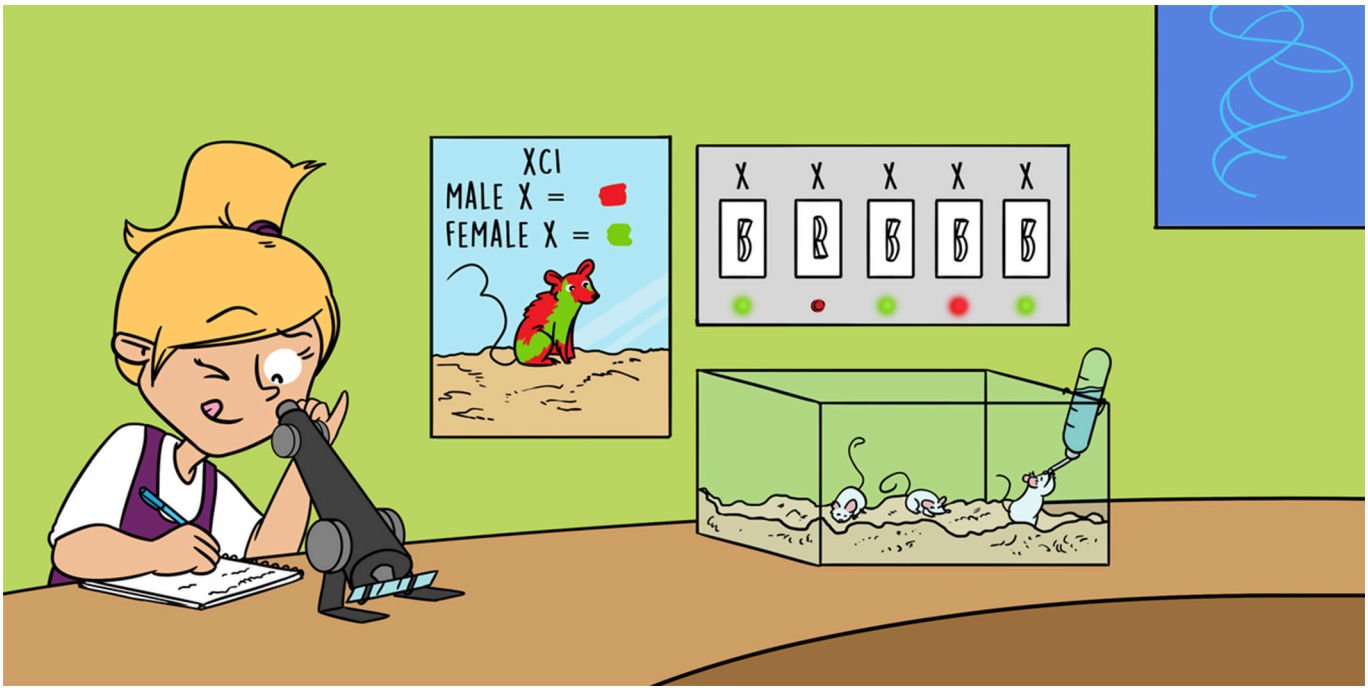
صحة الإنسان
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 17 أكتوبر 2022
doi: 10.3389/frym.2019.00134-ar



الكروموسوم X وأدواره المتعددة!

***Sarah Niemi*[1] *and Hao Wu*[2*]**
[1]قسم علم الأعصاب السلوكي، كلية العلوم بجامعة نورث إيسترن، بوسطن، ماساتشوستس، الولايات المتحدة الأمريكي
[2]معهد وايتهيد لأبحاث الطب الحيوي، معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، كامبريدج، ماساتشوستس، الولايات المتحدة الأمريكية

هل نظرت من قبل إلى قط الكاليكو، وتساءلت عن آلية حصولها على فراء مُتعدد الألوان؟ أو تساءلت عن سبب إصابة عددٍ أكبرٍ من الأولاد بعمى الألوان دون الفتيات؟ يرجع سبب تعدد ألوان فراء القطة، وتعرُض بعض الأشخاص للإصابة ببعض الأمراض مثل: عمى الألوان، أو أمراضٍ معينةٍ؛ إلى جزءٍ صغيرٍ من الجسد يُسمى الكروموسوم X! ومعرفة المزيد عن الطريقة التي تُميزنا بها الجينات؛ يُساعد العلماء في فهم الطريقة التي نتفادى بها الإصابة ببعض الأمراض. ولذلك، عمدنا إلى معرفة الكيفية التي يؤثر بها الكروموسوم X على الأمراض في الخلايا. ولهذا الغرض، استخدمنا الفئران لدراسة الآلية التي يعطل بها أحد كروموسومات X الموجودة في الإناث ذاته، وكيف تحدد هذه العملية تصميم الجسد؛ في الصحة والمرض على حد سواء.

فيمَ تتمثل أهمية الكروموسومات؟

يتكون جسدك من مليارات الخلايا؛ تحتوي كل منها على الحمض النووي (DNA). ويتكون الحمض النووي من آلاف الجينات؛ و**الجين** بمثابة "تعليمات" لازمة لتنفيذ

المراجعون الصغار

ALEJANDRO
العمر: 14

ANEAL
العمر: 15

الجين (GENE)
قِطَع من الحمض النَّوَوي (DNA)؛ مسؤولة عن تطوير الجسد وإنتاج خصائصه. وتورث الجينات من الآباء لأطفالهم.

العديد من الأشياء والتعبير عن مختلف الصفات؛ مثل لون العيون، أو ما إذا كنت أكثر عُرضة للإصابة ببعض الأمراض، أم لا.

ويلتف الحمض النووي بإحكام، داخل خلاياك، مكونًا تركيبات تُسمى الكروموسومات (أو الصبغيات). حيث تحتوي كل خلية بشرية على 46 كروموسومًا، أو 23 زوجًا من الكروموسومات (نظرًا لأن الكروموسومات تأتي عادة في صورة أزواج، ويتكوَّن كلٌّ زوج عادةً من كروموسوم واحد من الأم، وآخر من الأب). ويُسمى الزوج 23 من الكروموسومات **بكروموسومات تحديد الجنس**، وتُعرف هذه الكروموسومات بالكروموسوم X أو Y. ويمتلك الذكور كروموسومًا واحدًا لتحديد الجنس من النوع X وآخر من النوع Y، بينما تمتلك الإناث كروموسومين من النوع X لتحديد الجنس. وتمتاز الجينات الموجودة على الكروموسومات X بأهميتها في تحديد كيفية نمو الجسم وتأدية وظائفه.

كروموسوم تحديد الجنس (SEX CHROMOSOME)

هو جُزيء من الحمض النووي يرّمُز لمجموعة من الجينات التي تُحدد جنس الجنين (الكروموسومان X، وY).

ما معنى تعطيل الكروموسوم X؟

تمتلك الإناث اثنين من الكروموسومات X في كل خلية! واكتشف العلماء امتلاك الإناث لآلية خاصة تعمل عشوائيًّا على تعطيل إحدى كروموسومي X الخاصين بهم أثناء تكوينهما [1]. إذ يستمر أحدهما في العمل والتعبير عن جيناته عند تعطيل الآخر؛ مما يعني ظهور هذه الصفات في جسد الأنثى. وتُسمى عملية التعطيل هذه؛ **تعطيل الكروموسوم** X. وتستطيع الخلايا التعبير عن جينات الكروموسوم X بشكل مُختلف تمامًا عن بعضها البعض، إذ أن الخلايا لا تحتوي على الكروموسوم X ذاته. وتُسمى هذه العملية **بالفسيفسائية الخلوية**. وتمنح الفسيفسائية الخلوية الإناث تنوعًا أكبر من أقرانهم الذكور، أي أن لديهم المزيد من الخيارات أثناء التشكُل، والمزيد من الطرق للوقاية من الأمراض [2]. لا داعي للقلق، سنشرح ذلك بالتفصيل!

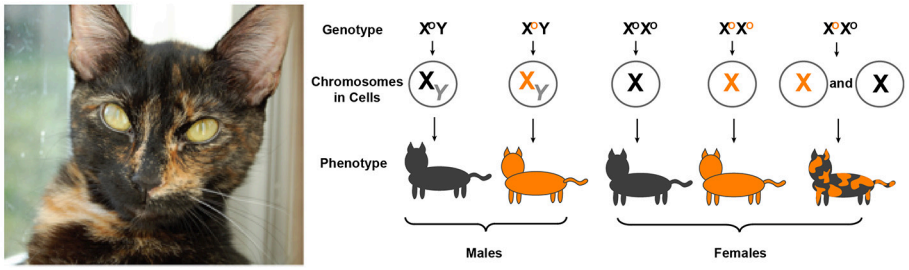
تعطيل الكروموسوم X (XCI)

عملية حيوية تُعطَل فيها إحدى نسختي الكروموسوم X الموجودة لدى إناث الثدييات.

الفُسيفسائية الخلوية (CELLULAR MOSAICISM)

يقصد بها وجود الخلايا في جنينٍ واحد بجينات أو سمات مختلفة. وهي نتيجة لتعطيل الكروموسوم X.

تخيل قطط الكاليكو - دائمًا ما تكون أنثى. وتتميز أنثاها بنوعين من الجينات المسؤولة عن تحديد لون فرائها. ويتواجد كلا النوعين في كروموسومات X الخاصة بها. كما تتميز ببقع في الفراءِ باللون البرتقالي أو الأسود؛ نتيجةً لكروموسوم X الذي عُطِّلَ في هذه البقعة من خلايا الشعر. والآن تخيل معي، الكروموسوم X الذي يحصل عليه الجنين من الأم يحمل جين الفراء البرتقالي، والآخر الذي يحصل عليه من الأب يحمل جين الفراء الأسود. ماذا سيحدث؟ بالضبط، سيصير لون بقعة الفراء الموجودة على ظهر القطة، والتي تحتوي على كروموسوم X مُعطل حصلت عليه من الأم؛ أسود! وعلى النقيض، ماذا لو احتوت بعض خلايا الجلد الموجودة على بقعة ذيل القطة على كروموسوم X مُعطل حصلت عليه من الأب؟ بطبيعة الحال، ستُعبر هذه الخلايا عن الجين البرتقالي، وسيكون الفراء برتقاليًّا (الشكل 1). ولا تحدُث عملية تعطيل الكروموسوم X إلا في إناث الثدييات، ومنهم البشر، ويؤثر ذلك على مُعظم الجينات الموجودة على الكروموسوم X.



شكل 1

ما أهمية دراسة عملية تعطيل الكروموسوم X؟

قد تخضع العديد من الجينات للتغيُّرات، التي تُسمى بالطفرات، إذ من الممكن أن تجعل الشخص أكثر عُرضةً للإصابة ببعض الأمراض أحيانًا. ويُطلق على الأمراض التي تُسببها طفرات الجينات الموجودة على الكروموسوم X؛ **الأمراض المُرتبطة بالكروموسوم** X. تذكر ذلك، لا يُعاني الذكور من تعطيل الكروموسوم X، إذ إنهم لا يمتلكون سوى كروموسوم X واحدًا. وبالتالي، إذا احتوى جسد الذكور على الجين المُسبب للأمراض على الكروموسوم X الخاص بهم، فسيصبح نشطًا وأكثر عُرضةً للتسبب في الإصابة بالأمراض. وعلى الرغم من ذلك، يُساعد تعطيل الكروموسوم X في حماية الإناث من الأمراض المرتبطة به. تخيل امتلاك فتاة لنسخة صحية من الجين الموجود على كروموسوم X واحد؛ ونسخة أخرى متحورة من الجين ذاته على الكروموسوم X الآخر الخاص بها. على أية حال، سيستمر الكروموسوم X الذي يحتوي على نسخة الجين الصحية في نشاطه، وسيُعبر عن هذا الجين كما ينبغي؛ حتى إذا عُطِّلَ الكروموسوم X الذي يحتوي على النسخة المتحورة جراء عملية تعطيل الكروموسوم X. وهذا لا يعني أنها لن تمرض، ولكن ستنخفض نسبة تعرضها للإصابة بالأمراض المُتعلقة بالجين المتحور. وهنا تكمُن أهمية دراسة تعطيل الكروموسوم X! كما قد تُحدِد أنماط **التعبير الجيني** للمرض الناتج عن تعطيل الكروموسوم X مدى خطورة إصابة الفرد بالأمراض المرتبطة بالكروموسوم X.

ويُعد عمى اللونين الأحمر والأخضر أحد الأمثلة على الأمراض المُرتبطة بالكروموسوم X. وهو مرض لا يستطيع الشخص المُصاب به التمييز بين اللونين الأحمر والأخضر. كما أن المرض المعروف باسم مرض نوري هو مثال آخر على الأمراض المرتبطة بالكروموسوم X؛ وهذا ما درسناه سابقًا. إذ يؤثر هذا المرض على العين، ويؤدي في أغلب الأحيان إلى عمى الأولاد. والمُثير في الأمر أنه يؤثر أيضًا على الفتيات؛ ولكن بمعدل متوسط. ويحدُث هذا المرض بسبب طفرة في جين مُرتبط بالكروموسوم X، معروف باسم نورين (norrin). وقد أردنا فهم الطريقة التي يؤثر بها تعطيل الكروموسوم X على الفتيات اللائي يحملن نسخة خبيثة من الجين المُسبب لمرض نوري. إذ قد يستفيد العلماء من معرفة أنماط الأمراض المختلفة هذه في معرفة المزيد حول سبب إصابة الأشخاص بالأمراض أو تجنبها.

شكل 1

يوجد في اليسار صورة لقط الكاليكو التقليدي. ويوضح الرسم التخطيطي كيف يتسبب تواجد جينات الفراء باللون الأسود واللون البرتقالي على كلٍ من الكروموسومات X؛ إلى ألوان مُختلفة في الفراء. ولا يمتلك ذكر القط سوى كروموسوم X واحدًا فقط، لذا لا يخرج لونه عن الأسود أو البرتقالي. وعلاوةً على ذلك، ستحصل أنثى القط التي تحمل اثنين من الكروموسومات ذات اللون البرتقالي على فراء برتقالي، فيما ستحصل التي تحمل اثنين من الكروموسومات ذات اللون الأسود على فراء أسود. وعلى الرغم من ذلك، وبسبب تعطيل الكروموسوم X، ستحصل الإناث اللائي يحملن كروموسوم X باللون البرتقالي وآخر باللون الأسود على فراء مُختلط (مُقتبس من Slutz [3]).

الأمراض المُرتبطة بالكروموسوم X (X-LINKED DISEASE)

هي أمراض وراثية مُرتبطة بالجين المُسبب للأمراض الموجود على الكروموسوم X.

التعبير الجيني (GENE EXPRESSION)

هي العملية التي تُستخدم بها المعلومات المُستمدة من الجين لتكوين الخصائص الجسدية للحيوان.

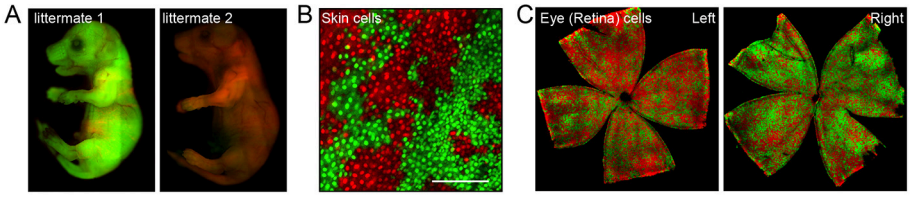
كيف درسنا تعطيل الكروموسوم X، ومرض نوري في تجربتنا؟

يحدُث النمط الناتج عن تعطيل الكروموسوم X في خلايا جسد الأنثى بالكامل في وقتٍ مبكر جدًّا من عملية النمو. مما يعني أن تريليونات الخلايا التي يتألف منها الجسد تُعبر عن جيناتها من كروموسوم X واحد فقط من الاثنين. وقد يحتوي عضوًا كاملًا، أو جزءًا من العضلات، أو جانبًا كاملًا من الدماغ، على نمطٍ ما من "الجينات المرتبطة بكروموسوم X المستمد من الأم"، و"الجينات المرتبطة بكروموسوم X المستمدة من الأب". مُذهل حقًّا! لقد أردنا معرفة ما إذا كانت مجموعات من خلايا جسد الأنثى تميل إلى التعبير عن "جين الأم"، أم "جين الأب". وإليكم كيف فعلناها:

استخدمنا الفئران في تجربتنا؛ للسهولة البالغة في التعامل معها في المختبر. واستخدمنا الأصبغة المُلونة لتمييز الكروموسوم X المُستمد من الأم والأب في إناث الفئران. حيثُ لونَّا "الكروموسوم X المُستمد من الأم" باللون الأخضر، فيما لونَّا "الكروموسوم X المُستمد من الأب" باللون الأحمر.

بحيث لونت الصبغة الحمراء أو الخضراء الكروموسوم X الذي كان يعمل على التعبير عن جيناته؛ أي الكروموسوم X الذي لم يُعطل بواسطة عملية تعطيل الكروموسوم X. ودرسنا أنثى فأر معافاة، وأخرى مُصابة بمرض نوري [4]. وتمكننا من رؤية اللونين الأحمر والأخضر في الخلايا؛ باستخدام مجهر مُتخصص. وتعرفنا بهذه الطريقة على الخلية التي تحتوي على "الكروموسوم X النشط المُستمد من الأب"، و"الكروموسوم X النشط المُستمد من الأم". ولونّا الخلايا الموجودة في جميع أجزاء جسد الفأر، مثل: القلب، واللسان، والجلد، ومُقلة العين! وكان من المُثير للاهتمام النظر إلى خلايا مُقلة العين، إذ إن مرض نوري يؤثر على العين، ويسبب العمى. كما فحصنا الصور وناقشنا سبب أهمية هذه الأنماط المختلفة من تعطيل الكروموسوم x في تجربتنا؛ بعد التقاط صور لأجزاء الجسد المُختلفة. على أية حال، تُمثل الخلايا الحمراء والخضراء في الشكل 2 أمثلة على الأنماط الرائعة التي يمكن أن تنشأ عن تعطيل الكروموسوم X!

ويُظهر الشكل 2 بعضًا من نتائج تجربتنا. وتوضح الخلايا الحمراء والخضراء في هذا الشكل الكيفية التي يُمكن أن يختلف بها تعطيل الكروموسوم X داخل أنثى حيوان واحد؛ أو بين الأشقاء. وفي الشكل 2A، يمكنك ملاحظة أنه على الرغم من تشارُك الأختين في الحمض النووي ذاته من والديهما، فإن إحداهما يغلب عليها اللون الأخضر تقريبًا، والأخرى يغلب عليها اللون الأحمر. مما يعني أن الفأر الأخضر يُعبر في الغالب عن جينات "الكروموسوم X المُستمد من الأم"؛ وأن مُعظم جينات "الكروموسوم X المُستمد من الأب" مُعطلة. وعلى النقيض، تجد مُعظم جينات "الكروموسوم X المُستمد من الأب" في الفأر الأحمر نشطة، بينما تجد جينات "الكروموسوم X المُستمد من الأم" مُعطلة. وهذه هي الطريقة التي قد يُحدث بها تعطيل الكروموسوم X تنوعًا بين الكائنات الحية.



شكل 2

ويُظهر الشكل 2C **شبكية** مُقل العين لأنثى فأر مُصابة بمرض نوري. إذ يُمكنك أن ترى اللون الأحمر يغلُب على الشبكية اليسرى؛ مما يعني نشاط "الكروموسوم X المُستمد من الأب" بشدة في تلك العين. فيما يغلب اللون الأخضر على العين اليسرى؛ مما يعني نشاط "الكروموسوم X المُستمد من الأم" في المناطق الخضراء، وبطبيعة الحال؛ تجده مُعطلًا في الخلايا الحمراء! والآن، ما الذي نستنتجه من هذا عن كيفية تأثير تعطيل الكروموسوم X على مرض نوري؟ لنفترض أن "الكروموسوم X المُستمد من الأب"، المُلون باللون الأحمر؛ يحمل النسخة المُصابة من جين مرض نوري. مما يعني أن الكروموسوم X المُصاب نشط؛ ويُعبر عن جين المرض في الخلايا الحمراء. وكلما زاد عدد الخلايا التي تُعبر عن الجين المُسبب للمرض؛ زاد المرض سوءًا! لذا، بالاستعانة بهذه الصورة، يُمكننا أن نستنتج أن العين اليسرى أشد مرضًا من العين اليمنى في هذا الفأر. وهذا يُفسر لمَ قد يقتصر تأثير المرض على عين واحدة، أو كلتيهما بتفاوت؛ في أنثى مريضة. كما يُفسر تعطيل الكروموسوم X سبب إصابة مريضتين بمرض نوري بدرجات متفاوتة؛ إذ قد تُعاني إحداهما من أعراضٍ حادةٍ، قد تصل إلى العمى، في حين لا تُعاني الأخرى إلا من أعراضٍ طفيفة. وهذا اكتشافٌ مُذهلٌ لتجربتنا.

ماذا تعلمنا أيضًا عن تعطيل الكروموسوم X؟

ودرسنا أيضًا الكيفية التي يُشكل بها تعطيل الكروموسوم X جسد الأنثى خلال مراحل نموها. وأثناء إجراء تجربتنا على الفئران، وجدنا أن الخلايا التي تعبر عن اللون الأخضر أو الأحمر تُوَزع أحيانًا بالتساوي (تمامًا مثل الزينة الحمراء والخضراء على حلوى الكب كيك). بينما تُشكِل الخلايا الحمراء والخضراء بقعًا أو تناسقًا في مناطق أخرى؛ كما في الشكل 2B. لذا، تساءلنا عن سبب ظهور الألوان مُبعثرة في بعض الأحيان؛ ومُجمعةً في أحيانٍ أخرى. ومن خلال بحثنا، أدركنا أن نمط تعطيل الكروموسوم X يعتمد على كيفية تطور أنسجة الجسد. فعندما ينمو الحيوان؛ تتحرك بعض الخلايا مثل خلايا الدم الدم؛ في جميع أجزاء الجسد. بينما لا يتحرك البعض الآخر بكثر عادةً؛ مثل خلايا الجلد، أثناء النمو. مما يعني امتلاك خلايا الدم فرصة الاختلاط مع بعضها البعض، بالإضافة إلى امتلاكها فرصة أكبر لتبدو مثل الزينة الحمراء والخضراء المخلوطة. وقد تتشارك الخلايا التي تظل في منطقة معينة؛ مثل خلايا الجلد، الكروموسوم X المُعطل ذاته، إذ إنها نتجت من الخلية المنقسمة ذاتها. مما يُنتج البُقع الحمراء والخضراء؛ تمامًا مثل نمط فراء قط الكاليكو المُتفاوت؛ أو في أعين المصابين بمرض نوري! والمُذهل في الأمر أن

شكل 2

التُقِطَت هذه الصور باستخدام مجهر يُمكنه التعرف على الأصبغة الحمراء والخضراء التي لوِّنت بها كروموسومات الفأر (مُقتبس من Wu et al. [4]). ويُنشئ تعطيل الكروموسوم X أنماطًا مُختلفةً في جميع أنحاء الجسد. الشكل **(A)** يوضح أشقاء من أنثى الفئران؛ تظهر بها أنماطًا مُختلفة من تعطيل الكروموسوم X على أجسادهما بالكامل. الشكل **(B)** يوضح أنماطًا مُتفاوتةً في خلايا جلد الأنثى؛ نتيجة تعطيل الكروموسوم X. الشكل **(C)** يوضح نمطًا مُتفاوتًا في خلايا العين (الشبكية) لفأر مُصاب بمرض نوري؛ نتيجة تعطيل الكروموسوم X. كما يُظهر نمط تعطيل الكروموسوم X الموجود في شبكية العين اليسرى مقابل الموجود في العين اليمنى كيفية تفاوت شدة المرض بين العينين.

الشبكية (RETINA)

هي الطبقة الداخلية من العين؛ والأكثر حساسية في معظم الحيوانات الفقارية. وتتشابه وظيفة الشبكية بوظيفة الفيلم التصويري الموجود بالكاميرا!

النمط يختلف حتى بين الأشقاء؛ لدرجة أن الإناث المُتماثلة ستمتلك أنماط تعبير جيني مُتفاوتة على الكروموسوم X.

كيف يستفيد الطب والعلوم من دراستنا؟

ماذا يعني هذا كله؟ وكيف يمكن أن يُساعد اكتشافنا لأنماط تعطيل الكروموسوم X في مُساعدة البشر؟ حسنًا، درسنا نشاطًا حيويًّا مُذهلًا يحدث في كافة إناث الثدييات. وقد يستفيد العلماء الباحثون في مجال الأمراض المرتبطة بالكروموسوم X من هذه التقنية التي استخدمناها؛ وهي ترميز ألوان الكروموسوم X. ونأمل أن تُلهم هذه الدراسة الآخرين (ربما علماء المُستقبل، بما فيهم أنت!)؛ لفهم كيفية تأثير تعطيل الكروموسوم X على نمو الدماغ. وسيكون من الشائق أن نفهم الكيفية التي يؤدي بها تعطيل الكروموسوم X إلى وجود الاختلافات في الجانبين الأيمن والأيسر من الدماغ، أو احتمالية تسببه في وجود اختلافات في بنية الدماغ بين الذكور والإناث. ونرى أن معرفة المزيد عن الدور الذي يؤديه تعطيل الكروموسوم X في الإصابة بالمرض سيحسن فهمنا حول الكثير من الأمراض. وعلاوةً على ذلك، قد تؤدي الأبحاث المستقبلية إلى اكتشاف دواء لتنشيط الكروموسوم X المُعطل؛ لمُساعدة الإناث المصابة بالأمراض المرتبطة بالكروموسوم X على التعافي.

مقال المصدر الأصلي

Wu, H., Luo, J., Yu, H., Rattner, A., Mo, A., Wang, Y., et al. 2014. Cellular resolution maps of X chromosome inactivation: implications for neural development, function, and disease. *Neuron* 81:103–19. doi: 10.1016/j.neuron.2013.10.051

المراجع

1. Lyon, M. F. 1962. Sex chromatin and gene action in the mammalian X-chromosome. *Am. J. Hum. Genet.* 14:135–48.
2. Migeon, B. 2006. *Females Are Mosaics: X Inactivation and Sex Differences in Disease*. Oxford, UK: Oxford University Press.
3. Slutz, S. 2019. *X-inactivation Marks the Spot for Cat Coat Color*. Science Buddies. Available online at: https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/MamBio_p022/mammalian-biology/x-inactivation-cat-coat-color (accessed April 19, 2019).
4. Wu, H., Luo, J., Yu, H., Rattner, A., Mo, A., Wang, Y., et al. 2014. Cellular resolution maps of X chromosome inactivation: implications for neural development, function, and disease. *Neuron* 81:103–19. doi: 10.1016/j.neuron.2013.10.051

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 17 أكتوبر 2022

حرره: Kari Ersland

مرشدو العلوم: Elvira Fatsini Fernández and Dr. Kawaljit Kaur

الاقتباس: Niemi S and Wu H (2022) الكروموسوم X وأدواره المتعددة! Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2019.00134-ar

مُترجَم ومقتبس من: Niemi S and Wu H (2019) X Marks the Spot: How X Chromosome Inactivation Gives Females an Advantage. Front. Young Minds. 7:134. doi: 10.3389/frym.2019.00134

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 © 2022 Niemi and Wu. 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

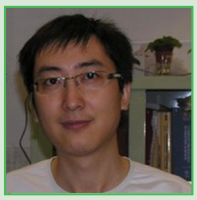
ALEJANDRO، العمر: **14**
أحب العلوم منذ السادسة من عمري. وحاليًّا، لديّ تجربة تعاون نشطة مع مجموعة علمية مُختصة في مجال الروبوتات، في إحدى الجامعات المُهمة بالقرب من مدينتي. وأعتقد أن فهم هذا الجزء من العلم تحديًا مثيرًا للاهتمام. كما أحب العلوم البيولوجية والرياضيات كثيرًا. بالإضافة إلى ذلك، أحب لعب كرة القدم مع أصدقائي، كما أعزف على البوق. كما أذهب إلى منزل أجدادي خلال عطلة نهاية الأسبوع، وأساعد جدي في جني محصول الخضراوات.

ANEAL، العمر: **15**
أحب تخطى حدود الحياة ذاتها.

المؤلفون

SARAH NIEMI
طالبة في السنة النهائية بجامعة نورث إيسترن، حيثُ تدرُس علم الأعصاب السلوكي، ولديها التزام طفيف نحو الكتابة. وقد دمجت حبها للعلم والكتابة معًا؛ عبر نشرها للعديد من المقالات في مجلة العلوم الخاصة بجامعة نورث إيسترن، وكتابتها للشعر عن الصحة العقلية. ولديها

شغف عميق بالبحوث النفسية، وتأمل في الحصول على درجة الدكتوراة في علم الأعصاب لمتابعة مهنة البحث في نهاية المطاف. وتحبُ الخَبزَ والرسم في أوقات فراغها!



HAO WU
حاصل على درجة الدكتوراة من جامعة هونغ كونغ للعلوم والتكنولوجيا. وهو باحث زائر في معهد وايتهيد لأبحاث الطب الحيوي بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وهو مُهتم بتسخير تقنية الخلايا الجذعية المُستحثة وافرة القدرة وأساليب تحرير الجينوم وما فوق الجينوم؛ لإنشاء نماذج ذات صلة بالأمراض تكون دقيقة وراثيًّا فيما يخص الاضطرابات العصبية. ويأمل أن تُحسن هذه النماذج من فهم الآليات المرضية للمرض، وأن يُساعد في تطوير المُمارسات العلاجية المُمكنة. وفي وقتٍ لاحق، كان زميلًا في مرحلة ما بعد الدكتوراة في كلية الطب بجامعة جونز هوبكنز، إذ أجرى بحثه على مجال خرائط التحليل الخلوي لتعطيل الكروموسوم X. *hwu@wi.mit.edu

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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