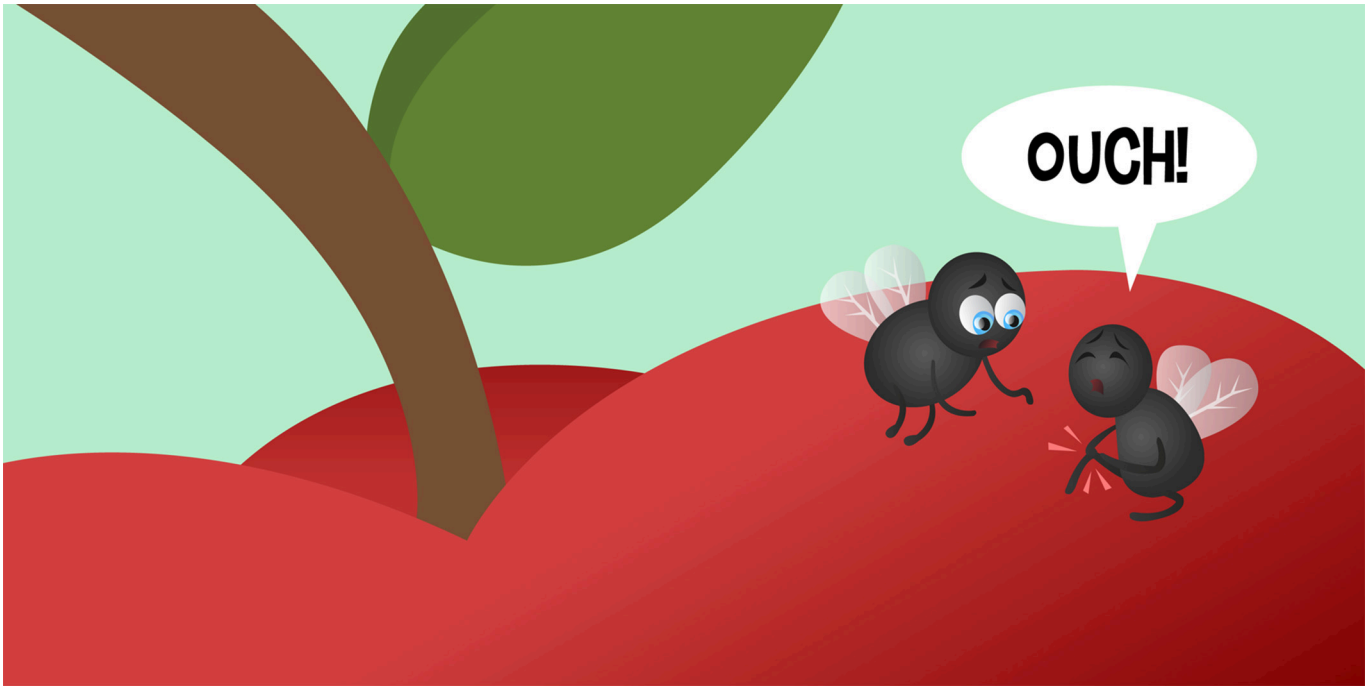
الصحة
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021
doi: 10.3389/frym.2016.00027-ar




# كيف تشعر ذبابة الفاكهة بالألم؟

***Michelle T. Juarez*** *
*Sophie Davis Program in Biomedical Education, City College of New York, New York, NY, USA*

يُعد ذباب الفاكهة هو الحيوان المثالي لإجراء بحث بيولوجي، فذباب الفاكهة يمكن أن ينمو بسرعة في المختبر، ويمكننا دراسة العديد من ذباب الفاكهة في الوقت نفسه. لذبابة الفاكهة طبقة خارجية، تمامًا مثل جلد الإنسان، تحمي نفسها من التعرض للإصابة أو الضرر. إذا كان البشر وذباب الفاكهة يستجيبون للإصابة بطرق مماثلة، فيمكننا استخدام ذباب الفاكهة لاكتشاف خطوات جديدة لتحسين صحة الإنسان؛ ومن خلال إحداث جروح في ذبابة الفاكهة باستخدام إبر صغيرة، يمكننا طرح أسئلة حول آلية علاج ذباب الفاكهة للجروح التي يتعرض لها. لقد تساءلنا عن نوع ردة فعل ذباب الفاكهة عند تعرضه للإصابة في الجلد. ذباب الفاكهة صغير الحجم وقد استخدمنا المجاهر لرؤية رد فعله تجاه الإصابة بجرح - أي الشعور بالألم! وكان الهدف من هذا البحث هو اختبار ما إذا كانت التغيرات التي طرأت على الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين لذبابة الفاكهة قد غيرت طريقة استجابة ذباب الفاكهة.

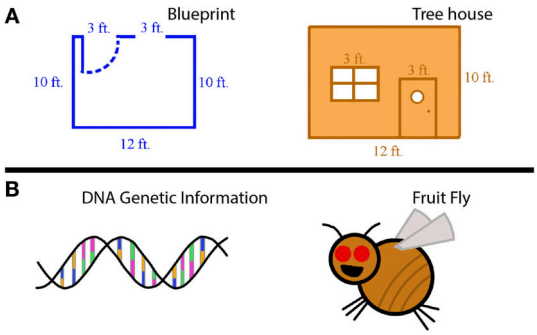
## الدروس المستفادة من تجربة ذبابة الفاكهة

تحتوي جميع أجسام الكائنات الحية على **الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (DNA)**، وهو **المعلومات الجينية** للكائن الحي. ماذا يعني ذلك؟ إن المعلومات الجينية تشبه مخططًا تفصيليًا

المراجعون الصغار:

THE METROPOLITAN SCHOOL OF PANAMA
العمر:12

الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (DNA) (DEOXYRIBONUCLEIC ACID)
المادة الجينية الموجودة في الكائنات الحية.




**شكل 1**

**شكل 1**

مقارنة بين الشكل **A.** المخطط وهي تعليمات لبناء شيء مثل بيت الشجرة، والشكل **B.** الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين الذي يحتوي على تعليمات (معلومات جينية) لتكوين حيوان، مثل ذبابة الفاكهة.

لبناء بيت شجرة. فإذا كانت المعلومات الواردة في المخطط صحيحة وكانت مواد البناء قوية، فيمكنك بناء بيت شجرة يصمد لفترة طويلة (الشكل 1A)؛ ومع ذلك، إذا كانت هناك تعليمات مفقودة أو مكررة، فقد ينهار بيت الشجرة. يُعد ذباب الفاكهة (واسمه اللاتيني: *Drosophila melanogaster* (ذبابة الفاكهة سوداء البطن)) حيوانًا رائعًا لاستخدامه في التجارب، حيث يمكننا طرح أسئلة حول مخططاته (الحمض النووي) لفهم المشكلات المعقدة حول بناء بيت الشجرة (جسم ذبابة الفاكهة) (الشكل 1B). هذا وقد تم استخدام ذباب الفاكهة في الأبحاث منذ أكثر من 100 عام لدراسة الجينات وتأثيرها على تكوين جسم ذبابة الفاكهة [1]. تجمع الأبحاث الحالية حول ذباب الفاكهة بين نقاط قوة العديد من التقنيات البيولوجية وبيانات الحمض النووي المتاحة على الحاسوب [2]. يعتبر ذباب الفاكهة من الحشرات، ويُطلق على دراسة الحشرات اسم **علم الحشرات**.

**المعلومات الجينية (GENETIC INFORMATION)**

دراسة الآلية التي يمكن أن تؤثر بها التغييرات التي تطرأ على الحمض النووي على النمو أو السلوك.

**علم الحشرات (ENTOMOLOGY)**

هو دراسة علم الحشرات.

يستخدم كل حيوان حي نوعًا من الطبقات الخارجية المتخصصة لحماية نفسه والحفاظ على الجزء الداخلي من الجسم من النزف، بالإضافة إلى منع المخاطر الخارجية من إلحاق الأذى بالجسم. ويؤدي تداعي هذه الطبقة الخارجية وانهيارها إلى حدوث مجموعة واسعة من ردود الفعل في الحيوان. عند حدوث ضرر للطبقة الخارجية، يجب على الحيوان تنشيط عمل الجينات التي تساعد في إصلاح الطبقة الخارجية وتعطيل جينات المتعضيات غير المرغوب فيها فورًا. قد تحدث العديد من المشكلات حين لا يتم تنشيط الجينات أو تعطيلها عن العمل على النحو المناسب؛ فعلى سبيل المثال، إذا كان الجين المسؤول عن الإصلاح في حالة "التنشيط" في الوقت الخطأ، فيمكن أن تتكون ندبة كبيرة، أو إذا كان الجين المسؤول عن الحماية في حالة "التعطيل" في الوقت الخطأ، فقد تمثل القرحة المفتوحة مدخلًا للكائنات الحية غير المرغوب فيها والعدوى. لذا فإنه من المهم فهم التوازن بين عمليتي الإصلاح والحماية.

**الفعل/رد الفعل (ACTION/ REACTION)**

طريقة تهدف إلى دراسة الجرح والألم عن طريق التسبب في الإصابة.

ولقد أجرينا بحثنا باستخدام أسئلة **الفعل/رد الفعل**، مما يعني أننا أجرينا فعلًا على ذبابة الفاكهة (إصابة **جليدة** ذبابة الفاكهة، وهي تشبه **الجلد**، بإبرة صغيرة) ثم وضعنا ذباب الفاكهة تحت الملاحظة لرؤية رد فعله تجاه الإصابة. ثمة العديد من المزايا لاستخدام ذباب الفاكهة عند طرح الأسئلة العلمية؛ إذ يمكن أن ينمو ذباب الفاكهة بسرعة في المختبر (حيث تتكون دورة حياته من 10 أيام، وهي الفترة التي يستغرقها في النمو من يرقات إلى ذباب) ويمكنه العيش لفترة طويلة (60 يومًا، وهو إجمالي الوقت الذي تقضيه ذبابة الفاكهة وهي حية). لا تُعد عملية إنماء ذباب الفاكهة في المختبر أمرًا مكلفًا، لذلك يمكننا بسهولة استخدام الكثير منها، حتى 100 ذبابة، لكل تجربة من تجاربنا. ولكن يعيب استخدام ذبابة الفاكهة أنها صغيرة ولا يمكن رؤيتها بدون مساعدة المجاهر للحصول على صورة مقربة منها. وبعد النظر في كل من المزايا والعيوب، اخترنا إجراء تجاربنا على

**الجليدة (CUTICLE)**

الطبقة الخارجية في ذباب الفاكهة.

**الجلد (SKIN)**

الطبقة الخارجية في البشر.

ذباب الفاكهة لأنه من الصعب إجراء تجارب مماثلة على البشر؛ على سبيل المثال، حاول العثور على 100 متطوع من أجل التعرض ''للطعن'' ثم مشاهدة جراحهم تُشفى.

تحدث الإصابة عند حدوث ضرر بالجسم وتحدث الإصابات بعدة طرق. وفي بعض الأحيان، يمكننا رؤية الإصابة إذا حدثت في الجزء الخارجي من الجسم، ولن نتمكن من رؤية الإصابة في أحيان أخرى إذا كانت الإصابة قد حدثت داخل الجسم. ذباب الفاكهة صغير للغاية لدرجة أنه لن يسعفنا إلا استخدام مجاهر خاصة لمساعدتنا على رؤية داخل أجسامها وخارجها على حد سواء. يمكنك أن ترى في رابط الفيديو هذا (http://www.jove.com/video/50750/microinjection-wound-assay-vivo-localization-epidermal-wound-response-)، كيف تتسبب إبرة صغيرة تخترق جسم ذبابة فاكهة في إلحاق إصابة صغيرة بها [3]. يمكننا طرح أسئلة حول ردة فعل ذبابة الفاكهة تجاه هذه الإصابة. لقد استخدمنا طريقتين مختلفتين للتسبب في الإصابة: (1) الوخز بالإبرة - يشبه لدغة حشرة تترك موضع ألم صغيرًا على ذراعك - و(2) حقن مادة كيميائية - شبيهة بالطفح الجلدي الذي يسببه نبات اللبلاب السام، والذي يسبب مواضع ألم في جميع أجزاء الجسم. استخدمنا كلتا الطريقتين لاختبار الدور الذي تلعبه أجزاء معينة من الحمض النووي في رد الفعل تجاه التعرض للجرح (WR). وقد انتابنا الفضول لمعرفة كيف تتسبب لدغة الحشرات في حدوث رد فعل صغير بينما يتسبب اللبلاب السام في رد فعل كبير.

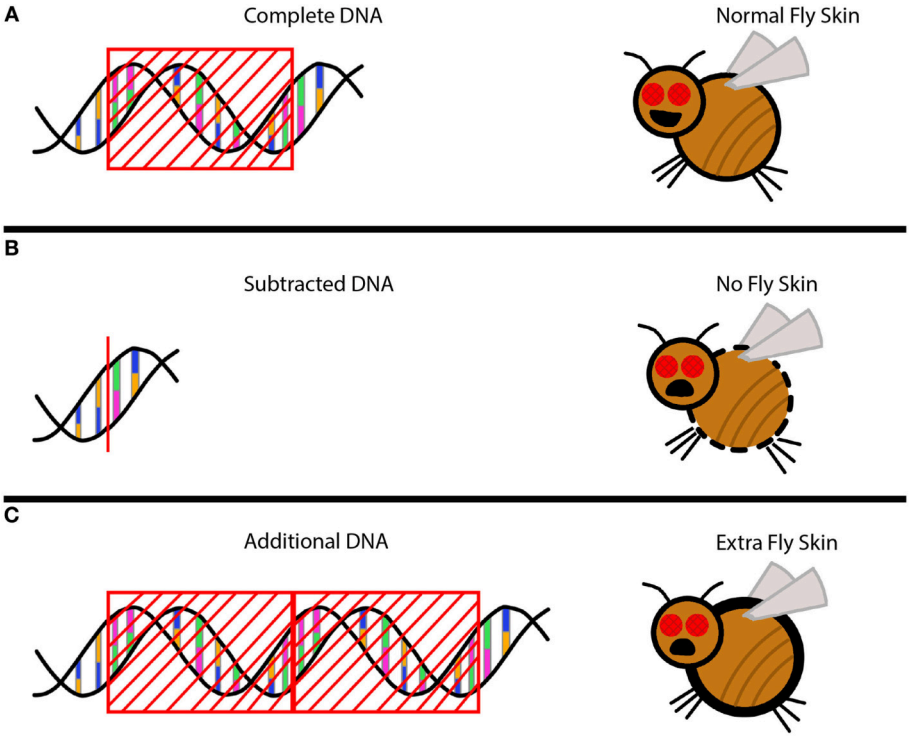
لقد استخدمنا المنهج العلمي باعتباره سبيلًا لتقصي ردود فعل ذبابة الفاكهة تجاه الإصابة. الخطوة الأولى في الطريقة العلمية هي طرح سؤال ثم التفكير في الإجابة. الإجابة تكون فرضيتك. وكانت فرضيتنا أن رد الفعل الموضعي للإصابة سيحسن من قدرة ذباب الفاكهة على البقاء على قيد الحياة. أما الخطوة الثانية فهي إجراء التجربة من خلال دراسة الفعل/رد الفعل. وفيما يلي وصفًا للإجراءات التي قمنا بها على ذباب الفاكهة. والخطوة الثالثة في المنهج العلمي هي جمع الإجابات من التجربة التي أجريناها من خلال النظر في رد فعل ذباب الفاكهة تجاه الإصابة. وتتمثل الخطوة الأخيرة في إعادة النظر في الفرضية ثم تكرار التجارب مرة أخرى. كان الهدف من دراستنا هو اختبار رد الفعل تجاه الإصابة في ذبابة الفاكهة وربما محاولة تحسينه، حتى يمكن استخدام النتائج لعلاج الإصابة لدى البشر [4].

## الاكتشاف

يمكن للعلماء تطبيق تقنية خاصة على بعض أنواع الحيوانات، بما في ذلك ذباب الفاكهة، حيث يمكنهم إضافة أجزاء إلى الحمض النووي وحذفها منه. تخيل نوعًا واحدًا من ذباب الفاكهة لديه المقدار الطبيعي من الحمض النووي والجليدة العادية (الشكل 2A). ثم تخيل نوعًا خاصًا (أو **متحورًا**) من ذباب الفاكهة به تغيير (أو طفرة) حيث تم حذف بعض من الحمض النووي، وفقد ذباب الفاكهة القدرة على إنماء جليدة خاصة به على الإطلاق (الشكل 2B). ثم تخيل نوعًا خاصًا آخر من ذباب الفاكهة به **طفرة** مختلفة حيث تمت إضافة بعض من الحمض النووي الإضافي إليها ويمكن أن ينمو لها طبقة إضافية من الجليدة (الشكل 2C). وبالاستفادة من التقنيات المستخدمة في المختبر لإجراء تغييرات في الحمض النووي لذباب الفاكهة، أجرينا تجارب على الأنواع الثلاثة من ذباب الفاكهة (ذات الجليدة العادية، والتي بدون جليدة، وذات الطبقة الإضافية من الجليدة)، وقد فحصنا هذه الأنواع الثلاثة من ذباب الفاكهة لنرى طريقة استجابة كل منها للإصابات، ولا ننسى في هذا المقام فضل ذباب الفاكهة للخدمات التي قدمها لنا، فهذا الذباب محل البشر أو الحيوانات الأخرى في بحثنا. في علم الأحياء، تُعد ذبابة الفاكهة حيوانًا مثاليًا لطرح الأسئلة العلمية الصعبة.

**متحور (طافر)**
**(MUTANT)**
حيوان حدث له تغير في حمضه النووي.

**طفرة**
**(MUTATION)**
التغيير الذي يحدث في الحمض النووي.

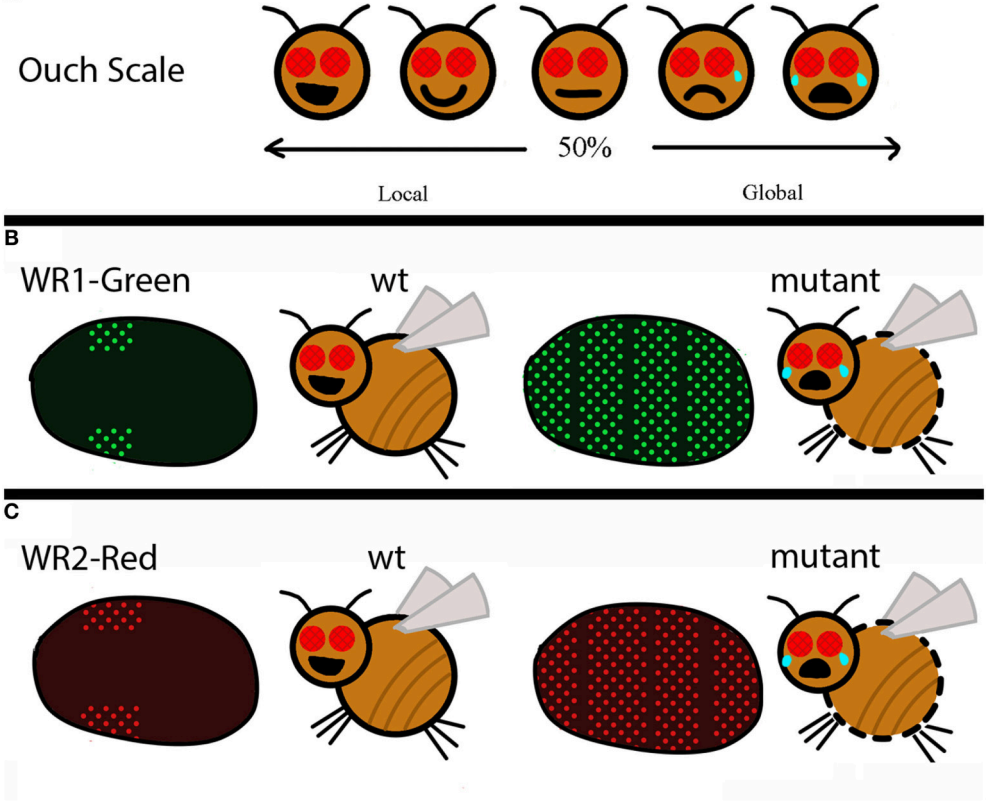



**شكل 2**

يمكن للأنواع المختلفة من الطفرات أن تؤثر على جليدة ذبابة الفاكهة. **A.** يتضمن المقدار الطبيعي من الحمض النووي لذبابة الفاكهة معلومات وراثية مسؤولة عن تكوين جليدة عادية لذبابة الفاكهة. تشير المنطقة المظللة باللون الأحمر إلى المنطقة التي قد تتعرض لتغييرات/طفرات. **B.** عندما تُحذف المعلومات الوراثية من منطقة الحمض النووي لذبابة الفاكهة، التي تتضمن تعليمات تكوين جليدة ذبابة الفاكهة، لا تكون الذبابة أي جليدة، كما هو موضح بالخط المتقطع. **C.** عندما تُضاف المعلومات الوراثية إلى منطقة الحمض النووي لذبابة الفاكهة، التي تتضمن تعليمات تكوين جليدة ذبابة الفاكهة، تكون الذبابة جليدة إضافية سميكة، كما هو موضح بالخط السميك.

## كيف تغير طفرة الحمض النووي رد فعل ذبابة الفاكهة تجاه الجروح؟

قمنا باستخدام ''مقياس الألم'' لقياس رد فعل ذبابة الفاكهة تجاه الجرح. ''مقياس الألم'' هو عبارة عن مجموعة من الأوجه تشير إلى عدم شعور الذبابة بألم، أو شعورها بألم خفيف، أو ألم متوسط، أو ألم شديد (الشكل 3A). رد الفعل الموضعي تجاه الجرح هو عبارة عن رد فعل صغير تبديه ذبابة الفاكهة، وهو يماثل الألم الناتج عن لدغة حشرة، ويصنف ذلك على ''مقياس الألم'' باعتباره ألمًا خفيفًا. أما رد الفعل العام تجاه الجرح، فهو رد فعل كبير تبديه ذبابة الفاكهة، وهو يماثل الألم الناتج عن الطفح الجلدي الذي يتسبب فيه نبات اللبلاب السام، ويصنف هذا الألم على ''مقياس الألم'' باعتباره ألمًا شديدًا. في حال تطبيق إجراء الوخز بالإبرة على ذباب الفاكهة ذي المقدار الطبيعي من الحمض النووي والجليدة الطبيعية، ينجم عن جرح الوخز بالإبرة رد فعل موضعي يعادل الألم الخفيف في مقياس الألم. يستجيب ذباب الفاكهة ذو الطفرة الناتجة عن حذف جزء من الحمض النووي، والتي تسببت في عدم تكوين جليدة الذباب، للجرح برد فعل عام، يعادل الألم الشديد في مقياس الألم (الشكل 3B). يتمثل جزء آخر مهم من الطريقة العلمية في تكرار النتائج التجريبية نفسها باستخدام عينات مختلفة. أجرينا هذا باستخدام عينة باللون الأخضر (رد فعل تجاه الجرح - أخضر) وعينة باللون الأحمر (رد فعل تجاه الجرح - أحمر) تعطيان أنماطًا مماثلة من ردود الفعل (الشكلان 3B,C). يماثل تكرار النتائج التجريبية باستخدام أكثر من عينة الذهاب إلى المدرسة باستخدام الدراجة أو لوح التزلج، حيث يستغرق كلا النشاطين نفس مدة الانتقال، ولكن المتعة تكمن في اختيار طريقة الذهاب إلى الوجهة.




**شكل 3**

مقارنة رد الفعل تجاه الجرح (WR) في ذباب الفاكهة الطبيعي وذباب الفاكهة ذي الطفرة. **A.** ''مقياس الألم'' لقياس رد الفعل تجاه الجرح. **B.** رد الفعل تجاه الجرح - أخضر، ذبابة طبيعية - رد فعل موضعي تجاه الجرح، مقياس ألم خفيف، والذبابة ذات الطفرة - رد فعل عام تجاه الجرح، مقياس ألم شديد. **C.** رد الفعل تجاه الجرح - أحمر، ذبابة طبيعية - رد فعل موضعي تجاه الجرح، مقياس ألم خفيف، والذبابة ذات الطفرة - رد فعل عام تجاه الجرح، مقياس ألم شديد.

## كيف تغير مادة كيميائية رد فعل ذبابة الفاكهة تجاه الجروح؟

تتمثل الطريقة الأخرى لدراسة رد فعل ذباب الفاكهة تجاه الجرح في حقنه بمحلول كيميائي ينسخ طفرة الحمض النووي. تُمكننا هذه الطريقة من اختبار ما إذا كان لذباب الفاكهة نفس رد الفعل تجاه الجروح الناجمة عن طريقتين مختلفتين - الوخز بالإبرة في حالة ذباب الفاكهة الطافر مقارنة بحقن المادة الكيميائية، أم لا. ينجم عن حقن ذبابة فاكهة طبيعية بمحلول كيميائي رد فعل عام تجاه الجرح، يصنف باعتباره ألمًا شديدًا في مقياس الألم (مماثل للشكلين 3B,C)، وهي نتيجة مماثلة لتلك النتيجة في حالة ذباب الفاكهة ذي طفرة الحذف الذي أصيب بالوخز بالإبرة. تؤدي حقيقة ملاحظة نفس النتيجة مع طفرة الحمض النووي وحقن محلول كيميائي إلى طرح سؤال جديد حول التداخل بين الحمض النووي والمادة الكيميائية في رد الفعل تجاه الجرح.

تم تكرار هذا النوع من التجارب عدة مرات وبطرق مختلفة. تتمثل الخطوة التي تلي اكتشاف تغييرات في رد فعل ذبابة الفاكهة تجاه الجرح في معرفة ما قد تفعله الجينات المختلفة التي تشترك في رد الفعل تجاه الجرح. وبالتالي، يمكن إجراء دراسات إضافية على حيوانات أخرى لمعرفة ما إذا كان لديها نفس نوع رد الفعل تجاه الجرح مثل ذباب الفاكهة أو ما إذا كانت أية حيوانات أخرى تستخدم استراتيجيات مختلفة لالتئام الجروح. وفي نهاية الأمر، نأمل أن تكون النتائج التي توصلنا إليها مفيدة في مساعدة البشر الذين يصابون بجروح [5].

## تصميم ضمادة أفضل

نأمل أن يساعدنا رد فعل ذبابة الفاكهة تجاه الجرح على فهم آلية تفاعل مختلف الحيوانات، بما في ذلك البشر، مع الجروح ومعالجتها. يمكن أن تنجم الجروح عن أسباب مختلفة عديدة (على سبيل المثال، جراحة أو عدوى) ويمكن أن تؤثر على أجزاء الجسم (على سبيل المثال، الجلد أو العضلات). قد يقدم لنا فهم كيفية استجابة الحيوانات للجروح والإصابات طريقة لتحسين صحة الإنسان. فكلما فهمنا المخططات المستخدمة لبناء بيت الشجرة الخاص بنا، تمكنا من استخدام ذباب الفاكهة في تحسين علاج جروح البشر. بالإضافة إلى ذلك، يمكننا دراسة التغييرات التي تطرأ على الحمض النووي مع مرور الوقت، نظرًا لوجود الحمض النووي في جميع الكائنات الحية، كما يمكن طرح أسئلة كثيرة عن مختلف الحيوانات (بما في ذلك الديدان، وذباب الفاكهة والفئران). يساعد العلماء القائمون على دراسة الحيوانات في اكتشاف حقائق ممتعة حول علم الأحياء – علم دراسة جميع الكائنات الحية. هذا ويتمثل هدفنا الأساسي في فهم العلاقة الخاصة بين البشر وجميع الكائنات الحية الأخرى – بما فيها البكتيريا، والفطريات، والنباتات، والحيوانات.

## شكر وتقدير

العمل البحثي الخاص بالمقال الأصلي المستخدم في وصف مقال الاكتشاف الجديد الحالي مدعوم جزئيًا من The National Institutes of Health، و NIH NIAID R03AI117671، و NIH NCI U54CA137788/U54CA132378، و NIH NIMHD 8G12MD7603 وأخيرًا، يعرب المؤلف عن امتنانه الشديد إلى Chiandredi وChloe، وذلك لنصائحهما الرائعة وإسهاماتها التحريرية في مقال الاكتشاف الجديد الحالي، فقد أسهما في رسم الأشكال وإعداد المقارنات لشرح الأفكار العلمية، حيث إن شجاعتهما لتجربة شيء جديد أو تعريف قارئ جديد بعلم الأحياء تبعث على النشاط والمتعة.

## مقال المصدر الأصلي

Juarez, M. T., Patterson, R. A., Sandoval-Guillen, E., McGinnis, W. 2011. Duox, Flotillin-2, and Src42A are required to activate or delimit the spread of the transcriptional response to epidermal wounds in Drosophila. PLoS Genet. 7:e1002424. doi: 10.1371/journal.pgen.1002424

## المراجع

1. Ugur, B., Chen, K., Bellen, H. J. 2016. *Drosophila* tools and assays for the study of human diseases. *Dis. Model. Mech.* 9:235–44. doi: 10.1242/dmm.023762
2. Attrill, H., Falls, K., Goodman, J. L., Millburn, G. H., Antonazzo, G., Rey, A. J., et al. 2016. FlyBase: establishing a Gene Group resource for *Drosophila melanogaster*. *Nucleic Acids Res.* 44:D786–92. doi: 10.1093/biosci/gkv1046
3. Juarez, M. T., Patterson, R. A., Li, W., McGinnis, W. 2013. Microinjection wound assay and in vivo localization of epidermal wound response reporters in *Drosophila* embryos. *J. Vis. Exp.* 81:e50750. doi: 10.3791/50750
4. Juarez, M. T., Patterson, R. A., Sandoval-Guillen, E., McGinnis, W. 2011. Duox, Flotillin-2, and Src42A are required to activate or delimit the spread of the transcriptional response to epidermal wounds in *Drosophila*. *PLoS Genet.* 7:e1002424. doi: 10.1371/journal.pgen.1002424

5. Sen, C. K., Gordillo, G. M., Roy, S., Kirsner, R., Lambert, L., Hunt, T. K., et al. 2009. Human skin wounds: a major and snowballing threat to public health and the economy. *Wound Repair Regen.* 17:763–71. doi: 10.1111/j.1524-475X.2009.00543.x

**نُشر على الإنترنت بتاريخ:** 22 يناير 2021

**حرره:** Pasquale Maffia, University of Glasgow, UK

**الاقتباس:** Juarez MT (2021) كيف تشعر ذبابة الفاكهة بالألم؟ Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2016.00027-ar

**مُترجَم ومقتبس من:** Juarez MT (2016) How Does a Fruit Fly Say "Ouch"? Front. Young Minds 4:27. doi: 10.3389/frym.2016.00027

**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** © 2016 © 2021 Juarez. 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

**THE METROPOLITAN SCHOOL OF PANAMA**، العمر: **12**

نحن نمثل الصف السادس في مدرسة the Metropolitan School of Panama، وهي مدرسة دولية، حيث يأتي طلابنا من جميع أنحاء العالم. سنتعلم هذا العام عن الطريقة العلمية وكيفية استخدامها لتبادل المعرفة العلمية. يسعدنا أن نكون جزءًا من مشاركة هذه المعرفة، وأن نساعد في تحرير المقالات لطلاب مثلنا لفهمها.

## المؤلفون

**MICHELLE T. JUAREZ**

أعمل أستاذة في City College of New York. في مختبري، ندرس الخواص الوراثية الخاصة بذبابة الفاكهة (*Drosophila*) وتطورها، لطرح أسئلة حول التئام الجروح والعدوى. أستمتع بالعمل مع الطلاب وعرض عالم الأحياء والعلوم المثير لهم. عندما لا أكون في المختبر، أذهب للتجول، وأزرع نباتات في حديقة النافذة بمنزلي. *mjuarez@med.cuny.edu

**النسخة العربية مقدمة من**
Arabic version provided by

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