

# حين تكتب البروتينات شيفرة الحياة

إكتشاف آلية غير مسبقة لتخليق DNA

أ.د. عبدالرؤوف علي المناعمة

2026-05-04

في عالم البيولوجيا الجزيئية، لطالما اعتُبر الحمض النووي DNA كتاب الحياة. تُكتب حروفه بدقة عبر آليات معروفة تعتمد على قوالب (templates) توجه عملية النسخ والتضاعف. لكن ماذا لو علمت أن بعض المخلوقات لديها طريقة أخرى "تكتب" بها هذا الكتاب دون الحاجة إلى قالب جيني تقليدي؟

[دراسة حديثة](#) نُشرت في مجلة Science كشفت عن نظام بكتيري مذهل يعيد تعريف فهمنا لآليات تخليق الأحماض النووية، ويكشف عن سلاح خفي تستخدمه البكتيريا في حربها المستمرة ضد الفيروسات (البكتيريوفاج).

## نظام دفاعي غير تقليدي

البكتيريا ليست كائنات بسيطة كما يُعتقد؛ فهي تمتلك ترسانة معقدة من أنظمة الدفاع. أحد هذه الأنظمة يعتمد على إنزيمات تُعرف بـ النسخ العكسي المرتبط بالدفاع (Defense-associated Reverse Transcriptases (DRTs)، وهي بروتينات قادرة على تصنيع DNA بطرق غير مألوفة.

## الدراسة ركزت على نظام محدد يُسمى DRT3، يتكون من:

1- إنزيمين مختلفين Drt3a و Drt3b.

2- جزيء RNA غير مشفر.

هذا النظام لا يكتفي بإنتاج DNA، بل يصنع سلاسل مزدوجة من DNA ذات نمط متكرر (GT/AC) بطريقة منسقة ومذهلة.

## نصف تقليدي ونصف ثوري

ما يجعل هذا النظام فريدًا هو أنه يجمع بين آليتين مختلفتين تمامًا:

- النسخ وفق القالب Drt3a: هذا الإنزيم يعمل بطريقة تشبه الإنزيمات الكلاسيكية، حيث يستخدم جزءًا من RNA كقالب لتخليق سلسلة DNA مكونة من تكرارات (GT) (Guanine-Thymine).

- الكتابة بدون قالب Drt3b: هنا تكمن المفاجأة الحقيقية.

- الإنزيم الثاني Drt3b لا يستخدم أي قالب نووي، بل يعتمد على:

1- بنية البروتين نفسه

2- تفاعلات كيميائية دقيقة بين الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات

بعبارة أخرى، البروتين نفسه يعمل كقالب، موجّهًا إضافة القواعد النيتروجينية بدقة لإنتاج سلسلة مكملة (AC) (Adenine-Cytosine).

هذا يمثل مثالًا نادرًا لما يُعرف بـ التخليق المعتمد على قالب بروتيني (protein-templated synthesis)، وهو مفهوم كان يُعتقد أنه محدود للغاية في الطبيعة.

لماذا هذا مهم؟

هذا الاكتشاف ليس مجرد تفصيل تقني، بل يحمل دلالات عميقة:

1- إعادة تعريف قواعد البيولوجيا.

2- كنا نظن أن تخليق DNA يعتمد دائمًا على DNA أو RNA كقالب. هذه الدراسة تثبت أن البروتين يمكن أن يؤدي هذا الدور أيضًا.

3- فهم أعمق لمناعة البكتيريا.

النتيجة النهائية (DNA متكرر) قد يعمل كـ: "إسفنجة جزيئية" تمتص بروتينات الفيروس

أو بنية غير تقليدية تعيق تكاثر الفاج

آفاق تطبيقية واعدة

هذا النظام قد يُلهم:

1- تطوير أدوية جديدة في الهندسة الوراثية.

2- تصميم بوليمرات صناعية ذات خصائص مبرمجة.

3- ابتكار استراتيجيات جديدة لمكافحة الفيروسات.

## ذكاء جزيئي مذهل

التحليل البنيوي باستخدام المجهر الإلكتروني فائق الدقة كشف أن هذا النظام يتجمع في معقد سداسي متناظر، حيث تعمل الوحدات البروتينية بشكل جماعي ومنسق. كما أن دقة اختيار القواعد في Drt3b لا تأتي من الصدفة، بل من روابط هيدروجينية محددة وتفاعلات شحنة ( $\pi$ -cation). كل ذلك يضمن إنتاج تسلسل متكرر بدقة شبيهة مثالية وبدون أي قالب جيني.

**هذا الاكتشاف يفتح الباب أمام تساؤلات فلسفية وعلمية عميقة:**

هل يمكن أن تكون هناك أنظمة أخرى في مخلوقات أخرى تعتمد على "قوالب بروتينية"؟

أم أنه سلاح لم نكن ندركه في سياق الحرب بين البكتيريا والفيروسات؟

ما كشفتته هذه الدراسة ليس مجرد آلية جديدة، بل لغة جديدة لكتابة الحياة، بل لغة لا تعتمد فقط على تسلسل القواعد، بل على هندسة البروتين ذاته. وذلك في زمن كنا نظن فيه أننا فهمنا أساسيات البيولوجيا الجزيئية، تأتي هذه المخلوقات الصغيرة لتذكرنا أننا لا نعرف إلا القليل القليل.

تواصل مع الكاتب: [elmanama\\_144@yahoo.com](mailto:elmanama_144@yahoo.com)

### References

1. Pujan Deng et al. Protein-templated synthesis of dinucleotide repeat DNA by an antiphage reverse transcriptase. *Science* 0, ead1656  
[/https://doi.org/10.1126/science.aed1656](https://doi.org/10.1126/science.aed1656)