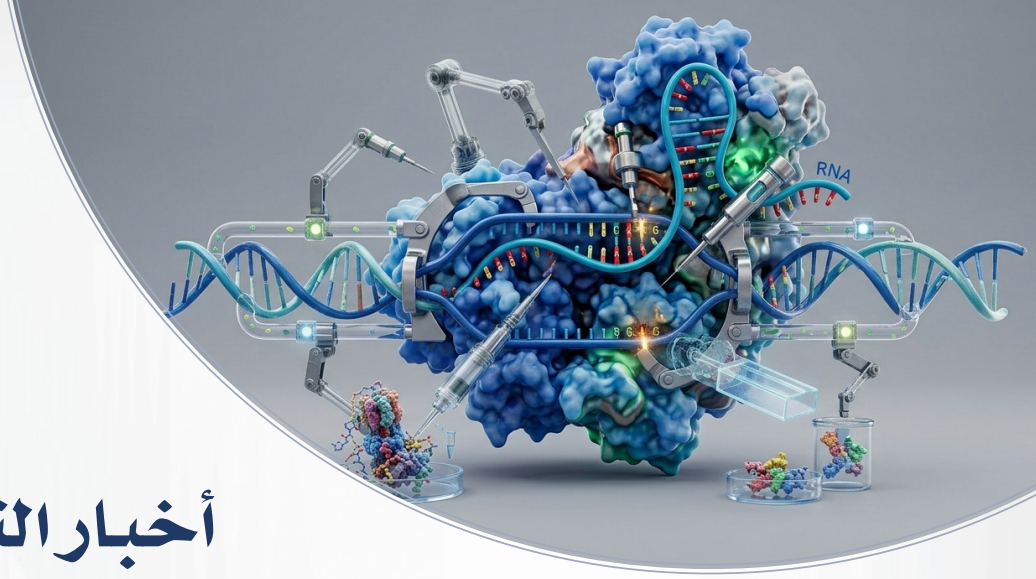


82

أخبار التقانة الحيوية

السنة الخامسة والعشرون . العدد الأول / تموز - 2026

نشرة نصف سنوية يعدّها قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية في هيئة الطاقة الذرّية

معدل الوفيات الناجمة عن اللوكيميا واللمفوما والمايلوما المتعددة بعد التعرض لمستويات منخفضة من الإشعاع المؤين لدى العاملين في المنشآت النووية (INWORKS): نتائج محدثة من دراسة دولية

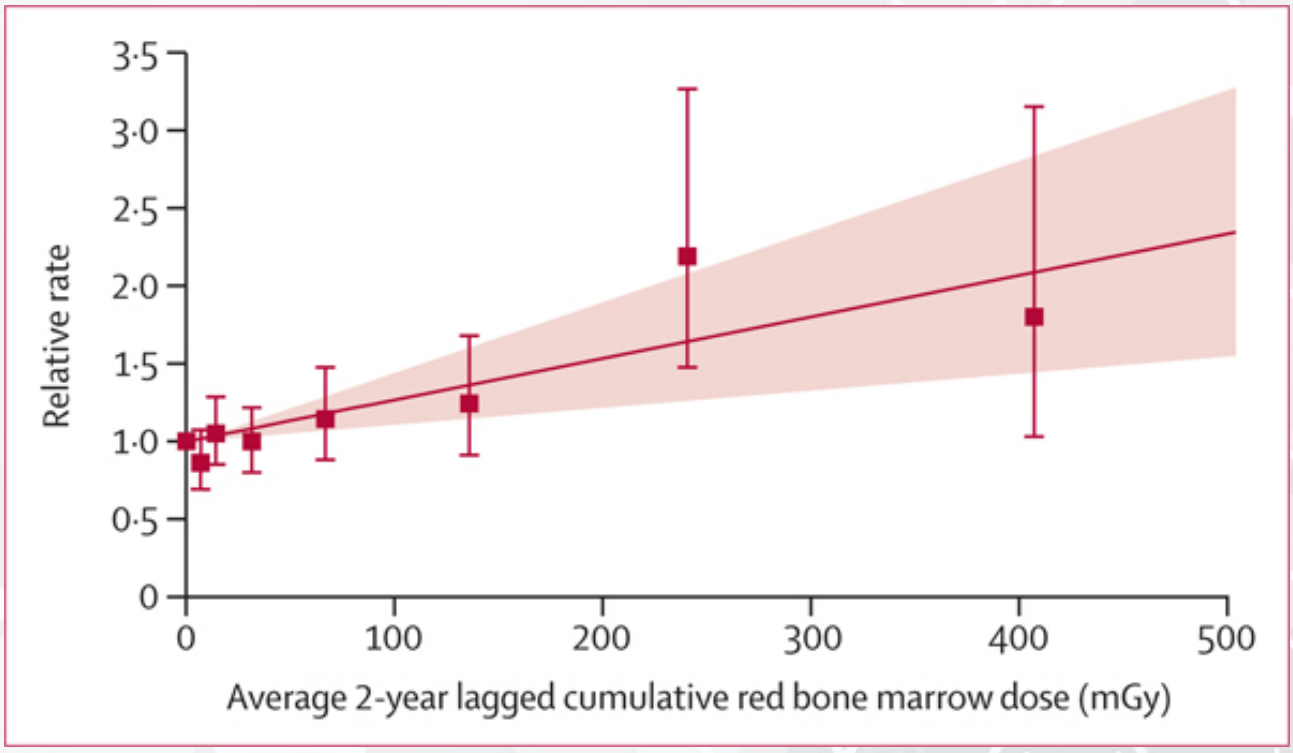
على عكس العديد من المواد المسرطنة، التي يمكن تقليلها أو إزالتها بمجرد اكتشافها والتعرف عليها، ازداد تعرض الجمهور للإشعاع المؤين في العقود الأخيرة. ففي الولايات المتحدة، على سبيل المثال، تضاعفت الجرعة الفعالة السنوية للفرد العادي بين عامي 1985 و2006، وظلت مرتفعة منذ ذلك الحين، ويعود ذلك بشكل رئيسي إلى زيادة التعرض للإشعاع المؤين الناتج عن إجراءات التصوير الطبي (بينما ظلت الجرعة المهنية السنوية للعاملين في مجال الإشعاع ثابتة نسبياً خلال تلك الفترة). يسهم فهم العلاقة بين التعرض للإشعاع بجرعات ومعدلات جرعات منخفضة والإصابة بالسرطان في اتخاذ القرارات المتعلقة بالاستخدامات الطبية والتجارية للإشعاع المؤين، فضلاً عن القرارات المتعلقة بحدود التعرض لأفراد الجمهور والعاملين في مجال الإشعاع المؤين.

تعد دراسة الناجين اليابانيين من القنابل الذرية الأساس الرئيسي لتقديرات المخاطر الكمية المستخدمة في الحماية من الإشعاع. ورغم أن تلك الدراسة تناولت حالات التعرض لمعدلات جرعة إشعاعية عالية، إلا أن النتائج المستخلصة منها قد أسهمت في التقييمات المعاصرة للتعرض لجرعات منخفضة ومعدلات جرعات منخفضة من الإشعاع. أُجريت دراسة دولية للعاملين في المجال النووي (INWORKS) لتوفير تقييم دولي واسع النطاق لمخاطر الوفاة الناجمة عن التعرض المديد لجرعات منخفضة ومعدلات جرعات منخفضة من الإشعاع المؤين. تجمع INWORKS مجموعات من العاملين في المجال النووي الذين خضعوا للمراقبة باستخدام شارات الإشعاع في فرنسا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة، وهي دولٌ شكّلت بعضاً من أكبر وأكثر مجموعات العاملين في المجال النووي شمولاً في العالم. في هذه الدراسة، نُقدّم تحديثاً رئيسياً

لتحليلات الارتباطات بين جرعة الإشعاع والوفيات الناجمة عن الأورام الصلبة في INWORKS، مع تمديد فترة المتابعة لعشر سنوات أو أكثر في كل دولة.

في دراسة جديدة لمعدل الوفيات الناجمة عن سرطان الدم، وسرطان الغدد الليمفاوية، والورم النخاعي المتعدد بعد التعرض لمستويات منخفضة من الإشعاع المؤين لدى العاملين في المنشآت النووية -IN WORKS، أفاد باحثون من الوكالة الدولية لأبحاث السرطان (IARC) ومؤسسات شريكة في فرنسا وإسبانيا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية، والذين يدرسون آثار التعرض المستمر لجرعات منخفضة من الإشعاع المؤين على العاملين في المنشآت النووية، بزيادة في معدل الوفيات الناجمة عن الأورام الدموية. وقد نشرت النتائج في مجلة لانسيت لأمراض الدم. وقد وجد الباحثون ارتباطاً إيجابياً بين التعرض طويل الأمد لجرعات منخفضة من الإشعاع المؤين والوفيات الناجمة عن سرطان الدم (باستثناء سرطان الدم الليمفاوي المزمن CLL)، والابيضاض النخاعي المزمن CML، والابيضاض النخاعي الحادAML ، ومتلازمة خلل التنسج النخاعي، والورم النخاعي المتعدد (المايلوما).

قدر العلماء أن معدل الوفيات الناجمة عن سرطان الدم (اللوكيميا) قد ازداد بأكثر من 250% لكل 1 غراي (Gy) من التعرض للإشعاع (الزيادة النسبية لمعدل الوفيات [ERR] لكل غراي، تبلغ حوالي 2,68؛ فاصل الثقة 90%، 1,13-4,55)، ووجدوا أن هذا المعدل الزائد يمكن وصفه بشكل معقول من خلال نموذج الاستجابة الخطية للجرعة. كانت جرعة التعرض الإشعاعي التي تعرض لها العمال في



المعدلات النسبية للوفيات بسبب سرطان الدم (باستثناء سرطان الدم الليمفاوي المزمن) حسب فئة الجرعة التراكمية لنخاع العظم الأحمر المتأخرة لمدة عامين. تشير الأشرطة العمودية إلى فترات الثقة 90%، والخط المتصل هو معدل الوفيات النسبي الزائد للوكيميا مع الجرعة (الخطوط المنقطة تمثل فترات الثقة 90%). جرى تصنيف النموذج حسب البلد والجنس وفئة المواليد والعمر عند الوصول.

الدراسة منخفضة، حيث بلغت 0,016 غراي، وقدر معدل الوفيات المطلقة الناجمة عن اللوكيميا المنسوب إلى التعرض للإشعاع في مجتمع الدراسة بـ 13 حالة وفاة زائدة لكل 100,000 عامل على مدى 35 عاماً (مقارنة بـ 250 حالة وفاة متوقعة من سرطان الدم غير الليمفاوي المزمن CLL بين أولئك الذين لم يتعرضوا للإشعاع). الغراي هو واحدة لقياس كمية الإشعاع الممتصة، ويقيس الطاقة المترسبة من الإشعاع المؤين، والذي يعرف بأنه امتصاص 1 جول من طاقة الإشعاع لكل 1 كيلوغرام من المادة.

ومن شأن نتائج هذا التحديث الرئيسي لقاعدة بيانات INWORKS أن يسهم في إثراء مداولات منظمات الوقاية من الإشعاع، مثل اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع، فيما يتعلق بتقييم المخاطر في حالات التعرض للإشعاع بجرعات منخفضة ومعدلات جرعات منخفضة، لا سيما فيما يتعلق بالأدلة الداعمة للافتراضات حول حجم الزيادة في المعدل النسبي لكل غراي، وخطية العلاقة بين التعرض المطول لجرعات منخفضة نسبياً ومعدلات جرعات منخفضة، ومعدلات وفيات الأورام الصلبة.

Leuraud, K., et al., 2024. Leukaemia, lymphoma, and multiple myeloma mortality after low-level exposure to ionising radiation in nuclear workers (INWORKS): updated findings from an international cohort study. *The Lancet Haematology*, *11*(10), pp.e761-e769.

اكتشف العلماء حديثاً من أين تأتي الجزيئات البلاستيكية الدقيقة المحمولة جواً

كشفت دراسة جديدة أنه قد جرت المبالغة بشكل كبير في تقدير انبعاثات الجسيمات البلاستيكية الدقيقة، لكن الحجم الحقيقي للمشكلة لا يزال غير مؤكد.

تطفو الجزيئات البلاستيكية الدقيقة في الغلاف الجوي وتنتشر في جميع أنحاء العالم، لكن أصولها الحقيقية لم تكن مفهومة بشكل صحيح. وتظهر الأبحاث الجديدة أن المصادر البرية تطلق أكثر من 20 ضعفاً من جزيئات البلاستيك الدقيقة في الهواء مقارنة بالمحيط مما يتحدى المعتقدات السابقة. كما اكتشف العلماء أن النماذج السابقة قد بالغت بشكل كبير في تقدير كمية البلاستيك الموجودة في الغلاف الجوي.

يؤدي الغلاف الجوي دوراً رئيسياً في نشر الجزيئات البلاستيكية الدقيقة عبر الكوكب، حيث ينقل هذه الجزيئات الصغيرة حتى إلى أكثر المناطق عزلة. يمكن للبشر والحيوانات استنشاقها مما يثير مخاوف بشأن الآثار الصحية المحتملة بمجرد أن تصبح الجزيئات البلاستيكية الدقيقة محمولة جواً. كما قد تسقط هذه الجزيئات على الأرض مما يزيد من التلوث في المحيطات والتربة حول العالم.

تقدّم دراسة جديدة، من قسم الأرصاد الجوية والجيوفيزياء في جامعة فيينا، صورة أوضح عن مصدر هذه الجزيئات البلاستيكية الدقيقة المحمولة جواً. قدّر الباحثون الانبعاثات من مصادر برية وبحرية باستخدام القياسات العالمية ونماذج الحاسوب، وكانت

النتيجة الرئيسية لافتة للنظر، حيث تنطلق جزيئات بلاستيكية دقيقة في الهواء من اليابسة أكثر بـ 20 مرة من المحيط، وقد نشرت هذه الدراسة مؤخراً في مجلة Nature. إن مصادر الجزيئات البلاستيكية الدقيقة المحمولة جواً في جميع أنحاء العالم تستقر في مواقع بعيدة ومعزولة، وهي تنشأ من مصادر مباشرة مثل تآكل الإطارات وألياف النسيج وكذلك من سطوح اليابسة والمحيطات الملوثة التي تطلق الجزيئات مرة أخرى في الهواء.

حتى الآن، لم يكن حجم هذه الانبعاثات ومساهمة كل مصدر مفهومين جيداً، وغالباً ما أشارت الأبحاث السابقة إلى المحيط على أنه المساهم الرئيسي، لكن النتائج الجديدة تتحدى هذا الافتراض.

مقارنة النماذج بالقياسات الواقعية

لفهم المشكلة بشكل أفضل، جمع الباحثون Ioanna Evangelou و Silvia Bucci و Andreas Stohl 2782 قياساً فردياً للبلاستيك الدقيق في الغلاف الجوي من دراسات أجريت حول العالم، ثم قارنوا هذه الملاحظات الواقعية بنتائج نموذج نقل تضمن ثلاثة تقديرات مختلفة للانبعاثات المنشورة.

كشفت المقارنة عن مشكلة رئيسية؛ فقد تنبأ النموذج باستمرار وجود جزيئات بلاستيكية دقيقة في الهواء وعلى سطح الأرض أكثر بكثير مما لوحظ بالفعل، وأحياناً بعدة مراتب orders من حيث الحجم. سمحت هذه الفجوة للباحثين بتعديل النموذج وتحسين تقديرات الانبعاثات لمصادر اليابسة والمحيطات بشكل منفصل مما أدى إلى نتائج أكثر دقة.

تهيمن اليابسة على انبعاث البلاستيك الدقيق؛ حيث وجد الفريق بعد إعادة معايير البيانات أن الانبعاثات من اليابسة قد جرت المبالغة بشكل كبير في تقديرها في النماذج السابقة، ولكن حتى بعد التصحيح ظلت اليابسة هي المصدر المهيمن، كما جرى تعديل انبعاثات المحيطات بالخفض.

عندما سئل المؤلف الرئيسي Stohl عن مصدر معظم الجزيئات البلاستيكية الدقيقة المحمولة جواً، أوضح قائلاً: "تظهر تقديرات الانبعاثات المعدلة الآن أن جزيئات البلاستيك الدقيقة تنبعث على اليابسة أكثر بـ 20 مرة من انبعاثها من المحيط".

وفي الوقت نفسه، أشارت المؤلفة الأولى Evangelou إلى تفصيل مهم: "ومع ذلك، فإن الكتلة المنبعثة أعلى في الواقع فوق المحيط منها فوق اليابسة، وهو ما يعزى إلى الحجم المتوسط الأكبر لجزيئات المحيط".

استمرار حالة عدم اليقين والحاجة إلى مزيد من البيانات

يمثل هذا البحث خطوة مهمة نحو فهم كيفية انتقال الجزيئات البلاستيكية الدقيقة عبر الغلاف الجوي وانتشارها عالمياً. ومع ذلك، لا تزال هناك شكوك كبيرة ولا يزال وضع البيانات غير مُرضٍ.

يقول Stohl، المؤلف الرئيسي للدراسة: "هناك العديد من أوجه عدم اليقين. نحتاج إلى مزيد من القياسات لمعرفة كمية الجزيئات البلاستيكية الدقيقة القادمة من حركة المرور وكمياتها من مصادر أخرى. كما أن توزيع أحجام هذه الجزيئات غير مؤكد إلى حد كبير، وبالتالي فإن إجمالي كمية البلاستيك المنقولة في الغلاف الجوي غير معروف بدقة".

ScienceDaily, 24 April 2026
https://www.sciencedaily.com/releases/2026/04/260423031542.htm

المؤشرات الحيوية للتعرض للإشعاع: الوضع الحالي والتوجهات المستقبلية

أدى التوسع في استخدام التقنيات الطبية القائمة على الإشعاع، بما في ذلك التصوير المقطعي المحوسب المتقدم، والتنظير التألقي التداخلي، والأساليب العلاجية الإشعاعية الجديدة، إلى زيادة أهمية القياسات الحيوية لتقييم تأثيرات الإشعاع على المرضى والعاملين في المجال الصحي. لقد تطورت القياسات الحيوية -وهي استخدام المؤشرات البيولوجية لتقدير الجرعات الإشعاعية الممتصة- بشكل ملحوظ من المقايسات الوراثية الخلوية التقليدية لتشمل المؤشرات الحيوية الجزيئية، والنهج البروتونية proteomic، والتقنيات المستجدة مثل تحليل الإكسوزومات (الحويصلات خارج الخلوية). تُعدُّ فحوصات الكروموسوم ثنائي المركز (dicentric chromosome) وتكوّن النوى الصغيرة (micronucleus) المعيارَ الذهبيّ في القياس الحيوي للإشعاع، وتوصي بهما كلٌّ من الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية لتقدير الجرعة الإشعاعية. أما تحليل التبادل الكروموسومي (الانتقالات) باستخدام تقنية التهجين الموضعي المتألق (FISH)، فيُستخدم لتقدير الجرعة بشكل استرجاعي في حالات التعرض المزمن أو القديم للإشعاع.

شهدت القياسات الحيوية المعتمدة على تقنية التهجين الموضعي المتألق (FISH) تطورات حديثة جعلتها قابلة للتطبيق في حالات التعرض الداخلي للإشعاع. وقد تم تطوير نظام معتمد لتقدير الجرعات التي تصل إلى نخاع العظم الأحمر نتيجة التعرض لنظيريّ السترونشيوم-89 والسترونشيوم-90، وذلك من خلال دمج بيانات معدلات التبادل الكروموسومي (الانتقالات) مع نماذج حركية حيوية ونماذج قياس جرعات. وقد تم التحقق من صحة هذا النظام باستخدام عينات من سكان قرى تقع على نهر Techa التي تلوثت بالإشعاع في خمسينيات القرن الماضي، مما أثبت فائدته في تقدير الجرعات على المستوى الجماعي. غير أن التقدير الفردي لا يزال يمثل تحدياً، حيث تبلغ حدود الكشف حوالي 0,5 غراي.

أصبح فحص بؤر γ-H2AX علامة حساسة للكشف عن تكسر الحمض النووي مزدوج السلسلة الناتج عن التعرض لجرعات منخفضة من الإشعاع. وقد أظهرت دراسات أُجريت على مرضى يخضعون للتصوير المقطعي المحوسب (CT) زيادة ملحوظة في تكوّن هذه البؤر بعد التصوير في كل من الأطفال والبالغين. ولكن، بالرغم من أن الجرعات الفعّالة تختلف بشكل كبير بين الأطفال والبالغين، إلا أن الجرعات المحسوبة في الدم لا تختلف بشكل كبير 9.83±6.34. ملي غراي مقابل 12,82 ± 5,96 ملي غراي. كما أن العلاقة بين الضرر الحاصل في الحمض النووي والجرعة الفعّالة أو جرعة الدم تظل ضعيفة، مما يسلّط الضوء على صعوبة ترجمة قياسات الجرعة الفيزيائية إلى استجابات بيولوجية عند المستويات المنخفضة من الإشعاع. أما الأبحاث التي أجريت على الخلايا الجذعية الوسيطة المأخوذة من الأنسجة الدهنية البشرية والمعرّضة لإشعاع مماثل لجرعات التصوير المقطعي، فقد بيّنت أن

هذه التعرضات تُحدث فقط استجابة مؤقتة لضرر الحمض النووي (تظهر عبر بؤر γH2AX و BP153 و pATM) دون تأثيرات طويلة الأمد ملحوظة. وهذا يختلف عن التعرض لجرعة عالية (2 غراي) الذي يسبّب ضرراً مستداماً، وانخفاضاً في التكاثر الخلوي، وتغيّرات دائمة في التعبير الجيني. وهذا يشير إلى أن جرعات الإشعاع التشخيصية النموذجية لها تأثيرات خلوية دائمة ضئيلة.

تشكّل المؤشرات الحيوية في الإكسوزومات مجالاً واعداً في القياس الحيوي للإشعاع، حيث تعتمد على عينات غير باضعة وتسمح بالفحص عالي الإنتاجية. وقد كشفت دراسات أُجريت على نماذج حيوانية معرّضة لأشعة غاما عن تغيرات محددة في الدهون داخل الإكسوزومات المستخلصة من البلازما، تتوقف على كل من الجرعة الإشعاعية والوقت المنقضي بعد التعرض. وشملت هذه التغيرات ارتفاعاً في أحماض دهنية غير مشبعة متعددة الروابط، وسيراميدفوسفوإيثانول أمين (ceramide phosphoethanolamine)، وفوسفاتيديل كولين (phosphatidylcholine)، إضافة إلى انخفاض في كل من البلازمالوجينات (plasmalogens) المضادة للأكسدة والدهون الثلاثية. وتعكس هذه التغيرات الإجهاد التأكسدي، وإعادة تشكيل الأغشية الخلوية، وإشارات الموت الخلوي المبرمج (apoptosis) الناتجة عن الإشعاع. ويقدّم هذا الكشف مجموعةً من المؤشرات الحيوية المرشحة التي يمكن استخدامها للفرز السريع للمصابين في حالات الطوارئ الإشعاعية.

إضافة إلى ذلك، أثبتت السيتوكينات الالتهابية المنتشرة في الدم قيمتها في التنبؤ بالسمية الإشعاعية. وقد خلصت مراجعة نقدية شملت مرضى العلاج الإشعاعي لمنطقة الحوض إلى وجود ارتباطات بين التغيرات في مستويات هذه المؤشرات الالتهابية، وحجم الجرعة التراكمية، والسمية الناتجة عن العلاج. وهذا يمكّن من تخصيص العلاج وفقاً لكل مريض، من خلال التعرف على من هم الأكثر عرضة لخطر حدوث مضاعفات.

يُحدث التصوير المقطعي المحوسب الحديث ضرراً ملموساً في الحمض النووي ناتجاً عن الإجهاد التأكسدي وقابلاً للقياس، مصحوباً بزيادات تعويضية في نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة كاستجابة دفاعية. وقد دفع ذلك إلى البحث في استراتيجيات وقائية تعتمد على مضادات الأكسدة للحماية من الإشعاع، خاصة أن التصوير المقطعي قد يساهم في حوالي 5% من تشخيصات السرطان الجديدة على المستوى السكاني. في الوقت نفسه، تطورت تقنية مطيافية الرنين الإلكتروني المغزلي (EPR) باستخدام مينا الأسنان كأداة لتقدير الجرعات بشكل استرجاعي retrospective، حيث يوفر المطياف ذو النطاق (Q-band) (بتردد 34 جيغاهرتز) حساسية معززة ونسبة إشارة إلى ضوضاء أفضل مقارنة بالطرق التقليدية ذات النطاق (X-band). وهذا يتيح تقييم الجرعة من عينات الخزعات الصغيرة التي لا يتجاوز حجمها 2 ملغ مع تقدير دقيق للجرعات التي تزيد على 100 ملي سيفرت، مما يجعله مفيداً في حالات الحوادث الإشعاعية الحادة وكذلك تقدير التعرض المزمن.

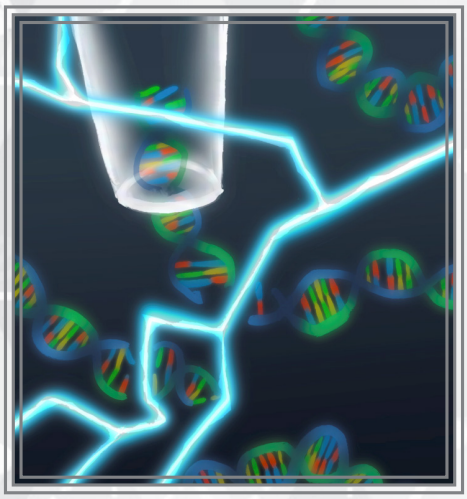
أصبحت القياسات الحيوية للإشعاع ذات أهمية متزايدة في متابعة العاملين في المجال الصحي المعرّضين للإشعاع المبعثر. فقد أظهرت دراسات أُجريت على مختصّي الأشعة الطبية أن التشوهات الصبغية وتكوّن النوى الصغيرة هما المعياران الأكثر موثوقية لتقييم التأثيرات البيولوجية للإشعاع، كما تُعدّ المؤشرات الحيوية للحمض النووي علامات مهمّة للتنبؤ بخطر الإصابة بالسرطان المرتبط بالإشعاع. إضافة إلى ذلك، فإن معدلات الإصابة بإعتام عدسة العين (cataract incidence) مرتفعة أيضاً بين هؤلاء العاملين، مما يؤكد الحاجة إلى تعزيز تدابير الوقاية وإجراء فحوص صحية دورية. وفي مجال العلاج

الإشعاعي، تسهم المؤشرات الحيوية المنتشرة في الدم في التنبؤ بالسمية الإشعاعية، مما يدعم تصميم خطط علاجية مخصصة لكل مريض وتحسين الرعاية الداعمة. ويعكس هذا تحولاً من الاعتماد على قياس الجرعة الفيزيائية وحدها، نحو نهج متكامل في إدارة التعرض للإشعاع يأخذ في الاعتبار الاستجابات البيولوجية.

يجري إنشاء شبكات وطنية للقياسات الحيوية الإشعاعية في جميع أنحاء العالم بهدف تعزيز التأهب لحالات الطوارئ. ففي الهند، على سبيل المثال، تضم شبكة القياسات الحيوية ستة مختبرات إقليمية مخصصة للمقارنة بين المختبرات وبناء القدرات. وتعدّ الشبكات المماثلة ضرورية لتوسيع نطاق القدرة على القياسات الحيوية لإدارة الأحداث الإشعاعية واسعة النطاق. أما الأولويات الرئيسية لتطوير المؤشرات الحيوية للتعرض الإشعاعي، فتشمل: التحقق من صحة المؤشرات الحيوية الجديدة في ظل ظروف تعرض متنوعة، ودمج منهجيات متعددة الأوميات (Multi-omics) مثل: دراسة الدهونيات lipidomics والمنتسخات transcriptomics والبروتيوميات proteomics، وتطوير أنظمة آلية عالية الإنتاجية للفرز السريع في حالات الطوارئ، ووضع بروتوكولات موحدة واختبارات كفاءة، إضافة إلى دمج هذه المؤشرات الحيوية في الممارسة السريرية الروتينية من أجل إدارة إشعاعية مخصصة لكل فرد.

المراجع:

1. Tolstykh EI ,et al .Dose assessment based on the translocation frequency in T-lymphocytes :development and validation of biodosimetry system for89,90 Sr .Radiat Environ Biophys65:237-;2026 .256
2. Frequency of γ-H2AX foci ,micronucleus formation ,and radiation dose to the blood lymphocytes in pediatric and adult participants underwent computed tomography imaging .ScienceDirect2025 .
3. Pathak R et al ,.Current Status and Developments in Biodosimetry Research in India .Journal of Medical Physics.12-23:(1)51;2026 .
4. Kirti ,et al .Exosomal lipidomic alterations as prospective molecular signatures for radiation emergencies .Biochem Biophys Res Commun.828:154091;2026 .
5. Lopes R et al ,.Health effects of ionizing radiation on healthcare professionals :a review .J Radiol Prot45:021002;2025 .
6. Vinnikov VA ,Belyakov O .Radiation Exposure Biomarkers in the Practice of Medical Radiology: Cooperative Research and the Role of the International Atomic Energy Agency) IAEA (Biodosimetry/Radiobiology Laboratory .Health Phys 2020 .Jul.83-94:(1)119;



ذبابة الثلج تولد حرارة ذاتية لمقاومة التجمد في البرد القارس

تتمتع ذبابة الثلج snow fly بقدرة غير متوقعة على البقاء في ظل درجات الحرارة المتجمدة؛ إذ إنها تُنتج بروتينات مضادة للتجمد لمنع تكون الجليد، بل تستطيع توليد حرارتها الخاصة. واكتشف العلماء أن جيناتها فريدة من نوعها، وأنها تشعر بألم أقل تجاه البرد مقارنةً بالحشرات الأخرى. هذه الصفات مجتمعةً تُمكنها من البقاء نشطة في ظروف تُجمد معظم الكائنات الحية.

كشفت دراسة حديثة أن ذبابة الثلج *Chionea alexandriana* التي تعيش في بيئات شديدة البرودة، تقاوم درجات الحرارة المتجمدة عن طريق توليد دفعات من حرارة الجسم وإنتاج بروتينات مضادة للتجمد. ففي دراسة جديدة، بحث علماء من جامعة نورث وسترن northwestern university كيف تحافظ هذه الحشرات الصغيرة عديمة الأجنحة على حياتها في ظروف التجمد بحثاً عن شركاء للتزاوج ووضع البيض، واكتشفوا أن ذبابات الثلج تعتمد على مزيج مذهل من الأدوات البيولوجية؛ إذ تتمتع بالقدرة على توليد حرارة جسمها بنفسها كالثدييات، وإنتاج بروتينات مضادة للتجمد، مشابهة لتلك الموجودة في أسماك القطب الشمالي. وأشارت الدراسة أن هذه الذبابة تستطيع البقاء نشطة في درجات حرارة منخفضة تصل إلى -6 درجة مئوية (21,2 فهرنهايت)، في حين لا تستطيع معظم الحشرات البقاء على قيد الحياة في درجات حرارة دون الصفر، مما يثير دهشة العلماء ويفتح الباب لفهم أعمق لآلية تكيف الكائنات الحية مع البيئات القاسية، والعمل على تطوير طرائق جديدة لحماية الخلايا والأنسجة والمواد من التلف الناتج عن البرودة. وقد نُشرت الدراسة في 24 آذار/مارس من العام الحالي في مجلة Current Biology الأمريكية.

قال ماركو غاليو Marco Gallio من جامعة نورث وسترن، الذي قاد الدراسة: إن الحشرات عادة ما تكون من ذوات الدم البارد، لذا فهي عرضة لتقلبات درجات الحرارة الخارجية، لكن لديها قدرة مذهلة على التكيف مع الظروف القاسية. فعندما يشتد البرد، تلجأ عادةً إلى البحث عن مأوى والدخول في حالة سكون حتى تتحسن الأحوال الجوية. لكن تفضل ذبابات الثلج البرد القارس والظروف الثلجية، وتختبئ عندما يذوب الثلج وتدفأ الأجواء. إنها حقاً تتجاوز حدود الممكن. وقد اكتشفنا الآن أن ذبابات الثلج لا تكتفي بتحمل البرد فحسب، بل لديها طرائق متعددة لمواجهته.

جينات غير عادية وبروتينات مضادة للتجمد

لفهم كيفية بقاء ذباب الثلج على قيد الحياة في مثل هذه الظروف القاسية، قام الباحثون أولاً بفحص تركيبها الجيني (الوراثي). وكان غاليو وفريقه أول من قام بتسلسل جينوم genome ذبابة الثلج ومقارنته

بجينومات حشرات أخرى غير متكيفة مع البيئات الباردة، كما قاموا بتحليل الحمض النووي الريبي RNA لتحديد الجينات المستخدمة بنشاط للبقاء على قيد الحياة في درجات الحرارة المتجمدة. وقد أجرى هذه المقارنات المعقدة ريتشارد سوهيندرا، طالب دكتوراه يعمل مع ويليام كاث؛ إذ كانت النتائج غير متوقعة. قال غاليو: لم نتمكن من العثور على العديد من الجينات في أي قاعدة بيانات. في البداية، ظننت أننا قمنا بتحليل تسلسل جينوم نوع غريب، فمن النادر جداً ألاّ يكون لجين نشط، يُنتج بروتيناً، تطابق مع أي جين آخر. وتبين لاحقاً أن هذه الجينات غير المألوفة مسؤولة عن إنتاج بروتينات مضادة للتجمد، تعمل بطريقة مشابهة لتلك الموجودة لدى أسماك القطب الشمالي، حيث ترتبط ببلورات الجليد وتمنع نموها، ما يحمي الخلايا من التلف الناتج عن التجمد.

إنتاج الحرارة يُساعد ذباب الثلج على البقاء نشطاً

حدد الفريق البحثي أيضاً جينات مرتبطة باستخدام الطاقة والعمليات الخلوية المُشاركة في إنتاج الحرارة. يشير هذا إلى قدرة أخرى غير متوقعة؛ إذ إن ذباب الثلج لا يقاوم التجمد فحسب، بل يُولّد حرارته بنفسه. قال غاليو: في الحيوانات الأكبر حجماً، وجدنا جينات مرتبطة بتوليد الحرارة في الميتوكوندريا الموجودة في الأنسجة الدهنية البنية. تمتلك العديد من الحيوانات، كالمرموط marmot والدب القطبي، دهوناً بنية اللون تُنتج الحرارة، وعندما تدخل في سبات شتوي، تُحرق هذه الدهون المُخزنة لإنتاج الحرارة بدلاً من إنتاج الطاقة الكيميائية. لذا، يُمكن القول: إن ذباب الثلج يستخدم مزيجاً من الاستراتيجيات التي تستخدمها الدببة القطبية وأسماك القطب الشمالي.

وللتحقق من دور البروتينات المضادة للتجمد، قام ماثيو كابيك، طالب الدكتوراه في مختبر غاليو، بتعديل ذباب الفاكهة وراثياً لإنتاج إحدى بروتينات ذبابة الثلج، ثم عرّضها لدرجات حرارة متجمدة ضمن المختبر، وأظهرت النتائج أن الذباب المعدل كان أكثر قدرة على البقاء مقارنة بالذباب الطبيعي، مما يؤكد فعالية هذه البروتينات في منع التجمد. وفي تجربة أخرى، اختبر الباحثون ما إذا كانت ذبابات الثلج تُولّد حرارة بالفعل، حيث قاسوا درجة حرارة الحشرات الداخلية بينما قاموا بخفض درجة الحرارة المحيطة تدريجياً إلى ما دون الصفر. خلال هذه العملية، حافظت ذباب الثلج على حرارة أعلى قليلاً من المتوقع مقارنة بحشرات أخرى، دون وجود أي دليل على الارتعاش، مما يشير إلى أن إنتاج الحرارة يتم على المستوى الخلوي على غرار كيفية توليد الثدييات وحتى بعض النباتات للحرارة. قد يمنح هذا الدفء المؤقت ذبابات الثلج وقتاً كافياً للعثور على مأوى وتجنب التجمد عند الانخفاض المفاجئ في درجات الحرارة.

انخفاض الحساسية للألم الناتج عن البرودة

يعرف معظم الناس اللسعة الحادة عند لمس الجليد أو المعدن البارد، وينتج هذا الإحساس عن جزيئات تفاعلية في الخلايا تُرسل إشارات للجسم لتجنب الأذى. أما في ذباب الثلج، فإن هذه الاستجابة أقل بكثير؛ إذ كشف غاليو وفريقه أن ذبابة الثلج أقل حساسية للألم الناتج عن البرودة مقارنة بحشرات أخرى، إذ تبين أن أحد البروتينات الحسية المسؤولة عن استشعار المؤثرات الضارة أقل حساسية بنحو ثلاثين مرة مقارنة بما هو موجود لدى البعوض أو ذباب الفاكهة، مما يسمح لها بتحمل ظروف قاسية دون تعطل وظائفها الحيوية.

يعتزم الفريق البحثي مواصلة دراسة آليات إنتاج الحرارة لدى ذباب الثلج على المستوى الخلوي واستكشاف المزيد من البروتينات المضادة للتجمد التي ينتجها. قد يكشف هذا العمل ما إذا كانت الكائنات الحية الأخرى تستخدم استراتيجيات مماثلة للبقاء على قيد الحياة في بيئات شديدة البرودة.

ScienceDaily, 26 March 2026.

آلية جزيئية جديدة في النباتات قد تؤدي لزيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية

تم الكشف حديثاً عن آلية جزيئية جديدة ومبتكرة لدى نباتات الحزازيات القرنية (hornworts) يمكن لها أن تسهم مستقبلاً في تحسين كفاءة عملية التمثيل الضوئي في المحاصيل الزراعية، وتطوير محاصيل مهمة مثل القمح والرز بحيث تحول ضوء الشمس إلى غذاء بكفاءة أعلى.

تعتمد هذه الآلية على مكوّن بروتيني فريد يعرف باسم RubcS-STAR والذي يعمل على تجميع إنزيم روبيسكو (Rubisco) داخل تراكيب خلوية كثيفة، مما يعزز من كفاءة تثبيت ثاني أكسيد الكربون. وقد أظهرت التجارب أن إدخال هذا المكوّن إلى نباتات أخرى أدى إلى إعادة تنظيم إنزيم روبيسكو بالطريقة نفسها عند الحزازيات القرنية؛ الأمر الذي يفتح المجال أمام تطوير محاصيل زراعية أكثر إنتاجية وكفاءة من خلال إمكانية هندسة عملية التمثيل الضوئي. تمت الدراسة عن طريق باحثين في معهد بويس طومسون (BTI)، وجامعة كورنيل، وجامعة إدنبرة.

الروبيسكو ومعوقات التمثيل الضوئي

على الرغم من الأهمية الحيوية لإنزيم روبيسكو باعتباره نقطة الدخول الأساسية للكربون في السلسة الغذائية، إلا أن لديه عيباً رئيسياً، فهو يعمل ببطء، وغالباً ما يتفاعل مع الأكسجين بدلاً من ثاني أكسيد الكربون؛ مما يؤدي إلى هدر الطاقة وانخفاض كفاءة نمو النباتات.

يمكن القول: إن روبيسكو هو أهم إنزيم على الكوكب؛ لأنه نقطة دخول جميع ذرات الكربون تقريباً في الغذاء الذي يتم تناوله.

لقد طورت بعض الكائنات مثل الطحالب، استراتيجيات للتغلب على هذا القصور عبر وضع إنزيم روبيسكو داخل هياكل مجهرية تسمى البيرينويدات (pyrenoids)، والتي تُركز ثاني أكسيد الكربون حول الإنزيم لضمان عمله بأقصى كفاءة.

لطالما تمنى الباحثون إدخال هذا النوع من نظام تركيز الكربون إلى المحاصيل الغذائية التي لا تحتوي بشكل طبيعي على البيرينويدات. ومع ذلك، فقد أثبتت الدراسات أن نقل الآليات المعقدة من الطحالب إلى النباتات البرية أمر صعب للغاية.

استراتيجية الحزازيات القرنية hornwort plants

تعد الحزازيات القرنية النباتات الأرضية الوحيدة التي تحتوي على حجيرات لتركيز الكربون مشابهة لتلك الموجودة في الطحالب، ولأن الحزازيات القرنية أقرب تطوراً إلى نباتات المحاصيل من الطحالب، توقع الباحثون أن نقل مثل هذه الآليات الجزيئية من الحزازيات إلى النباتات سيكون أسهل.

وقد افترض الباحثون أن النباتات الحزازية ستستخدم شيئاً مشابهاً لما تستخدمه الطحالب، كاستخدام بروتين منفصل يُجمع الروبيسكو، إلا أن نتائج البحث أظهرت أن هذه النباتات قامت بتعديل إنزيم الروبيسكو للقيام بتجميعه.

دور بروتين RbcS-STAR في تجميع إنزيم الروبيسكو

يتألف إنزيم الروبيسكو من قطع بروتينية كبيرة وصغيرة. وفي الحزازيات، تتضمن نسخة واحدة من المكون الصغير منطقة إضافية تسمى منطقة STAR. يشابه هذا الذيل الإضافي الفيلكرو الجزيئي molecular velcro، حيث يتسبب في تماسك بروتينات الروبيسكو معاً ويشكل هياكل متجمعة داخل الخلية.

أجرى الباحثون العديد من التجارب لتحديد إمكانية عمل منطقة STAR في نباتات أخرى؛ فقاموا أولاً بإدخال مكون RbcS-STAR في نوع نباتي قريب من الحزازيات القرنية لا يحتوي على البيرينويدات. أظهرت النتائج بعد الإدخال تحول الروبيسكو من الشكل المنتشر في جميع أنحاء الخلية إلى تشكيل هياكل مركزة تشبه البيرينويدات، ثم اختبر الباحثون الفكرة نفسها في نبات الأرابيدوبسيس arabidopsis، وهو نبات يُستخدم على نطاق واسع في الأبحاث المختبرية، ومرة أخرى تجمع الروبيسكو في حجيرات كثيفة داخل الكلوروبلاست.

كما جرت تجربة ربط ذيل STAR فقط بإنزيم الروبيسكو لنبات الأرابيدوبسيس، وأدى الربط إلى تشكيل ظاهرة التجميع، مما يدل على أن منطقة STAR هي القوة الدافعة الحقيقية، وهي أداة معيارية قادرة على العمل عبر أنواع نباتية مختلفة.

مسار محتمل نحو محاصيل أكثر كفاءة وزراعة مستدامة

حقيقة أن هذه الآلية تعمل عبر أنواع نباتية مختلفة تجعل الاكتشاف مهماً خاصة للزراعة، من خلال تحفيز تجميع الروبيسكو في المحاصيل ببساطة عن طريق إضافة مكون الفيلكرو الشامل.

ومع ذلك، يؤكد الباحثون أن هناك حاجة إلى مزيد من العمل؛ إذ لا يكفي تجميع الروبيسكو وإنما يجب العمل على زيادة كفاءة النبات في إيصال ثاني أكسيد الكربون إلى هذا الإنزيم.

ويمثل هذا الاكتشاف خطوة محورية لتحسين التمثيل الضوئي، فزيادة كفاءته يمكن أن تؤدي إلى رفع إنتاجية المحاصيل وتقليل الآثار البيئية للزراعة، حيث يهدف هذا البحث في جوهره إلى الاستفادة من حلول الطبيعة وتطبيقها لتعزيز إنتاج الغذاء العالمي بشكل مستدام.

ScienceDaily, 11 March 2026. <www.sciencedaily.com/releases/2026/03/260311004716.htm>.

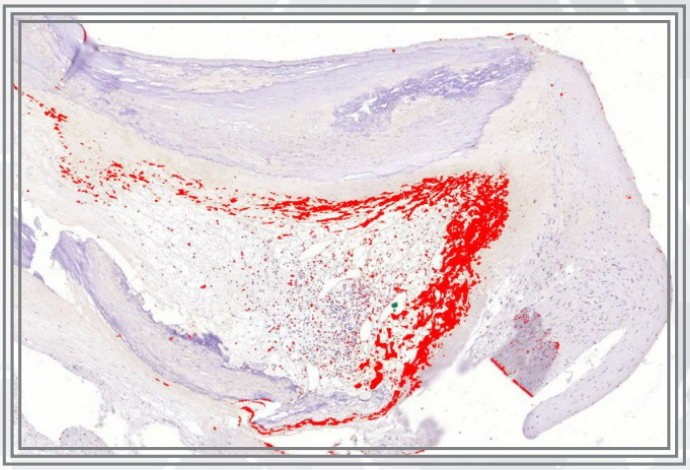
العدوى البكتيرية قد تُسهم في حدوث النوبات القلبية

لطالما كان يُشتبه في تسبب البكتريا في مرض الشريان التاجي، ولكن الأدلة المباشرة العلمية لم تكن موجودة إلى أن أظهرت دراسة مؤخراً وللمرة الأولى أن احتشاء عضلة القلب قد يكون مرضاً معدياً، وهذا الاكتشاف يخالف الفهم التقليدي لآلية حدوث احتشاء عضلة القلب، ويفتح آفاقاً جديدةً للعلاج والتشخيص، وحتى تطوير اللقاحات.

قد تحتوي لويحات تصلب الشرايين على أغشية حيوية biofilms لبكتريا، ولكن دون ظهور أي أعراض؛ تبقى كامنة على مدى سنوات أو حتى عقود، وبذلك تكون هذه البكتيريا محمية من جهاز المناعة لدى المريض والصادات الحيوية؛ لأنها لا تستطيع اختراق الغشاء الحيوي.

لُوحِظَ وجود الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين (DNA) من عدة أنواع من البكتريا الفموية داخل لويحات تصلب الشرايين؛ وقد يؤدي التهاب فيروسي أو أي عامل ميكروبي إلى تنشيط الغشاء الحيوي، مما يُحفز تكاثر البكتريا مؤديةً إلى التهاب يُسبب في تمزق اللويحة المُحمّلة بالكوليسترول؛ مما يؤدي إلى تكوّن خثرة دموية، وفي النهاية إلى احتشاء عضلة القلب. تفتح هذه النتائج آفاقاً جديدة لفهم آليات أمراض القلب وتطوير استراتيجيات تشخيصية وعلاجية جديدة لاحتشاء عضلة القلب، كما أنها تُعزز إمكانية الوقاية من أمراض الشريان التاجي واحتشاء عضلة القلب عن طريق التمنيع.

https://healthcare-in-europe.com/en/news/research-bacteria-heart-attack.html



غشاء حيوي بكتيري يبطن لويحة في الشريان التاجي محملة بالكوليسترول

علماء يبتكرون بلاستيكاً يدمر الفيروسات بمجرد ملامستها

نجح العلماء من جامعة RMIT الأسترالية في ابتكار غشاء بلاستيكي رقيق ومرن قادر على تدمير الفيروسات ميكانيكياً فور ملامستها لسطحه. يعد هذا الإنجاز حلاً ثورياً للحد من انتشار الأمراض، خاصة على السطوح كثيرة اللمس مثل: شاشات الهواتف والمعدات الطبية.

تعتمد هذه التقنية على هندسة أغشية رقيقة من الأكريليك، ويُغطى سطحها بآلاف الأعمدة النانوية nanopillars (نتوءات مجهرية دقيقة) فائقة الدقة. تعمل هذه الأعمدة النانوية على الإمساك بالغلاف الخارجي للفيروس عند ملامسته لها وسحبه حتى يتمزق وذلك بفعل قوة ميكانيكية مباشرة تعطل وتقتل الفيروسات بشكل فوري. وقد أظهرت الأبحاث المنشورة في مجلة "Advanced Science" أن طريقة التمزيق هذه أكثر فعالية من التصاميم السابقة التي حاولت ثقب الفيروسات. وعند إجراء هذه التجارب على فيروس نظير الأنفلونزا البشري من النوع الثالث (Hpiv-3) كانت النتائج مذهلة، ففي غضون ساعة واحدة من التعرض، تمزقت وتعطلت حوالي 94% من الجزيئات الفيروسية.

كما اكتشف الباحثون أن مدى تقارب الأعمدة النانوية يؤدي دوراً أكبر بكثير من ارتفاعها، فالمسافة بين الأعمدة النانوية يجب أن تكون ضيقة (حوالي 60 نانومتر) لتحقيق أعلى فعالية ممكنة، حيث إن الأعمدة المتراصة بإحكام تساهم بشكل أكبر في الضغط على الفيروس نفسه في وقت واحد وبالتالي تفكيكه مباشرة، وهذا ما أكده الباحث Samson Mah الجامعة نفسها في هذه الدراسة. وقد أظهرت دراسات سابقة أجريت على مواد صلبة مثل السليكون النانوي الشوكي، إمكانية تعطيل الفيروسات فيزيائياً.

حتى الآن، ركز البحث على فيروس نظير الأنفلونزا البشري من النوع الثالث (Hpiv-3) الذي يمتاز بأنه مغلف بغشاء خارجي دهني هش يمكن تعطيله بواسطة الأعمدة النانوية بسهولة أكبر من الفيروسات غير المغلفة التي يتطلع الباحثون إليها لاختبار فاعلية الغشاء على سطحها، إضافة إلى رغبتهم في دراسة مدى فاعلية الغشاء المحكم على السطوح المنحنية حيث إن هذا الانحناء يمكن أن يغير المسافة بين الأعمدة النانوية.

ويتطلع الباحثون لإمكانية تحسين هذا الغشاء واستخدامه مستقبلاً لتغطية مجموعة واسعة من السطوح عالية التلامس والشراكة مع الشركات لتصنيعه على نطاق واسع، وهذا ما أشارت إليه الأستاذة Elena Ivanova.

ScienceDaily, 22 April 2026. <www.sciencedaily.com/releases/2026/04/260422044622.htm>.

شارك في هذا العدد:

- د. عدنان اختيار
- دعاء المطلق
- د. آية طوير
- د. فواز كردعلي
- م. محاسن حسن
- ب. ريم نوفل
- د. أيمن المريري
- ب. نور الفقسة

- التدقيق اللغوي : ريما سنديان
- الإخراج الفني : راما الكاج
  بشار مسعود
- مراجعة : د. فواز كرد علي
  د. ناديا حيدر

- للاستعلام والمراسلة :

هيئة الطاقة الذرية السورية
دمشق- سورية - ص.ب 6091
هاتف: 00963112132580
فاكس: 00963116112289
البريد الالكتروني : atomic@aec.org.sy
الموقع الإلكتروني: www.aec.org.sy