जीवाणु के बायोफिल्म को कमजोर करने वाला एंजाइम और जैवसक्रिय पट्टी

विज्ञान एवं स्वास्थ्य (मुख्य परीक्षा: सामान्य अध्ययन-II एवं III) | मूल शोध का प्रकाशन: 31 जुलाई 2026 | प्रकाशित: 24 अक्टूबर 2026

खबरों में क्यों

भारतीय विज्ञान संस्थान के शोधकर्ताओं ने जीवाणुओं के बायोफिल्म की बाहरी संरचना को कमजोर करने वाला एंजाइम पहचानकर उसे चिकित्सकीय उपयोग वाले गौज, यानी जालीदार पट्टी, पर स्थिर किया है। एनपीजे बायोफिल्म्स एंड माइक्रोबायोम्स में 31 जुलाई 2026 को प्रकाशित अध्ययन में प्रयोगशाला परीक्षण और चूहों के संक्रमित घाव का मॉडल शामिल है। प्रकाशक ने उपलब्ध पांडुलिपि को प्रारंभिक, असंपादित स्वीकृत संस्करण बताया है; आगे संपादन में सामग्री बदल सकती है। एंजाइम का नाम सीआरएचएबी रखा गया है। यह गाय के रूमेन से जुड़े सूक्ष्मजीवों की जीनोमिक जानकारी से खोजा गया। इसे गाय के पेट के पदार्थ को सीधे घाव पर लगाने की सलाह नहीं समझना चाहिए। काम का मुख्य विचार जीवाणु को सीधे मारने के बजाय उसके सामुदायिक आवरण को कमजोर करना है। यह मनुष्यों के लिए स्वीकृत इलाज या बाजार में उपलब्ध नई पट्टी की घोषणा नहीं है।

बायोफिल्म क्या है?

बायोफिल्म सतह से जुड़े सूक्ष्मजीवों का समुदाय होता है, जो अपने आसपास एक बाहरी पदार्थ-जाल बनाता है। इसमें बहुशर्करा, प्रोटीन और कोशिका के बाहर मौजूद डीएनए जैसे घटक हो सकते हैं। यह जाल केवल निष्क्रिय गंदगी नहीं; समुदाय की संरचना और स्थिरता में भूमिका निभाता है। घाव और चिकित्सकीय उपकरणों की सतह पर बायोफिल्म संक्रमण को लगातार बनाए रखने की चुनौती पैदा कर सकता है। उसके भीतर जीवाणुओं की परिस्थिति खुले तरल में तैरते जीवाणुओं जैसी नहीं होती। दवा और प्रतिरक्षा कोशिकाओं की पहुँच भी प्रभावित हो सकती है। इसलिए सामान्य जीवाणु परीक्षण में मिली संवेदनशीलता से बायोफिल्म के भीतर समान परिणाम मान लेना उचित नहीं। संरचना, जीवाणुओं की अवस्था और आसपास के वातावरण को साथ समझना पड़ता है। यही कारण है कि बायोफिल्म को लक्षित करना अलग शोध-विषय है।

PCSMANTRA.COM

अध्ययन किस जीवाणु पर केंद्रित था?

मुख्य मॉडल एसिनेटोबैक्टर बाउमानी था, जो अस्पताल-संबंधी संक्रमणों में महत्त्वपूर्ण जीवाणु है। विश्व स्वास्थ्य संगठन की 2024 की प्राथमिकता सूची में कार्बापेनेम-प्रतिरोधी एसिनेटोबैक्टर बाउमानी गंभीर प्राथमिकता वाले समूह में है। इस वर्गीकरण को जीवाणु की हर अवस्था और हर दवा के प्रति समान प्रतिरोध का कथन नहीं बनाना चाहिए। अध्ययन में क्लेबसिएला न्यूमोनिए के बायोफिल्म पर भी गतिविधि देखी गई। इसका अर्थ सभी रोगजनकों और सभी मिश्रित संक्रमणों पर सफलता नहीं है। अलग जीवाणुओं के बाहरी जाल की रासायनिक बनावट भिन्न हो सकती है। एंजाइम की उपयोगिता उसकी लक्षित सामग्री और उपलब्ध पहुँच पर निर्भर करेगी। इसलिए दो उदाहरणों में प्रभाव मिलना उपयोगी संकेत है, लेकिन सभी अस्पताल संक्रमणों का एक उपचार मिलने का प्रमाण नहीं।

गाय के रूमेन से खोज का संबंध

रूमेन में रहने वाले सूक्ष्मजीव जटिल वनस्पति पदार्थों को तोड़ने वाले एंजाइमों का संभावित स्रोत हैं। शोधकर्ताओं ने ऐसे सूक्ष्मजीवों की जीनोमिक जानकारी में बहुशर्करा तोड़ने की क्षमता वाले एंजाइम खोजे। पहचान के बाद चुने एंजाइम का वैज्ञानिक तरीके से अध्ययन हुआ। यहाँ प्राकृतिक स्रोत खोज की शुरुआत है, तैयार घरेलू चिकित्सा नहीं। किसी जैविक स्रोत में उपयोगी अणु मिलना उस स्रोत के कच्चे रूप को सुरक्षित या प्रभावी उपचार नहीं बनाता। शुद्धता, मात्रा, संरचना और क्रियाशीलता का नियंत्रण आवश्यक है। अध्ययन का योगदान विशिष्ट एंजाइम और विशिष्ट बायोफिल्म के संबंध में है। इसे सभी प्राकृतिक पदार्थों के चिकित्सकीय लाभ की सामान्य पुष्टि में बदलना विज्ञान की सीमा पार करना होगा। जैवप्रौद्योगिकी में स्रोत से उत्पाद तक कई अलग विकास-चरण होते हैं।

एंजाइम ने बायोफिल्म पर क्या किया?

शोध में एंजाइम ने बायोफिल्म के बहुशर्करा-समृद्ध बाहरी जाल को तोड़ा और उसके बनने तथा पहले से बने बायोफिल्म के बने रहने को प्रभावित किया। लेकिन एंजाइम ने जाँची गई परिस्थितियों में खुले तरल में मौजूद जीवाणुओं की वृद्धि को सीधे नहीं रोका। यह अंतर केंद्रीय है। बाहरी संरचना का कम होना अपने आप सभी जीवाणुओं के मर जाने के बराबर नहीं। शोध में सूक्ष्मदर्शी चित्रण, जैवभार और जीवित जीवाणुओं के मापन जैसे अलग संकेत उपयोग हुए। इन संकेतों के अर्थ अलग हैं। सतह पर कम जीवाणु दिखना उनके पूरे संक्रमण से समाप्त हो जाने का प्रमाण नहीं। कमजोर जाल से जीवाणु निकल भी सकते हैं। इसलिए आवरण को बिखेरने और उसके बाद जीवाणुओं की प्रभावी निकासी का संयुक्त प्रश्न महत्त्वपूर्ण रहता है।

प्रतिरक्षा और एंटीबायोटिक की भूमिका

बायोफिल्म की संरचना कमजोर होने पर प्रतिरक्षा कोशिकाओं के लिए जीवाणुओं तक पहुँचना आसान हो सकता है। अध्ययन में मैक्रोफेज द्वारा जीवाणुओं को ग्रहण करने के संकेत बढ़े। एंजाइम और कोलिस्टिन नामक एंटीबायोटिक की पूरक भूमिकाएँ भी जाँची गईं। यह कहना अधिक सटीक है कि एक संरचनात्मक जाल पर और दूसरा जीवाणु की जीवित रहने की क्षमता पर काम करता है। हर प्रयोग में संयोजन ने हर माप पर अतिरिक्त लाभ दिया, ऐसा नहीं था। परिपक्व बायोफिल्म को बिखेरने के कुछ परीक्षणों में एंजाइम के साथ कम मात्रा की कोलिस्टिन जोड़ने से अतिरिक्त लाभ नहीं मिला। चूहों के घाव मॉडल में संयोजन के उपयोगी परिणाम अलग संदर्भ में हैं। इसे मरीज को स्वयं एंटीबायोटिक जोड़ने, बदलने या बंद करने की सलाह नहीं बनाना चाहिए।

PCSMANTRA.COM

जैवसक्रिय गौज ने क्या दिखाया?

शोधकर्ताओं ने एंजाइम को गौज पर सहसंयोजक तरीके से स्थिर करके स्थानीय जैवसक्रिय सामग्री बनाई। एंजाइम का सतह पर टिकना, सक्रिय रहना और घाव के वातावरण में उपयोगी होना अलग-अलग आवश्यकताएँ हैं। संक्रमित घाव वाले चूहों में एंजाइमयुक्त गौज से जीवाणु भार, घाव भरने और सूजन से जुड़े संकेतों का मूल्यांकन हुआ। लेख में बेहतर उपचार-संबंधी परिणाम बताए गए हैं। फिर भी यह मनुष्यों के पुराने घाव, मधुमेहजन्य पैर के घाव या हर प्रकार के संक्रमित घाव का परीक्षण नहीं है। पशु मॉडल नियंत्रित परिस्थिति देता है, लेकिन मानव रोग की पूरी जटिलता नहीं। गौज को घाव पर सुरक्षित लगाए रखने के कारण घाव की प्रगति लगातार देख पाना संभव नहीं था। इसलिए अंतिम-बिंदु के अनेक मापों से मूल्यांकन किया गया।

प्रतिरोध की चिंता क्या समाप्त हो गई?

लेखक प्रतिरोध से अपेक्षाकृत स्वतंत्र संरचना-लक्षित रणनीति की चर्चा करते हैं। विचार यह है कि सीधे जीवाणु की जीवित रहने की क्षमता पर प्रहार न करने से अलग चयन-दबाव हो सकता है। सीमित क्रमिक संपर्क परीक्षण में नया प्रतिरोध नहीं दिखा। लेकिन यह भविष्य में कभी प्रतिरोध न बनने का प्रमाण नहीं। छह क्रमिक चरणों का परीक्षण लंबी अवधि के व्यापक चिकित्सकीय उपयोग के बराबर नहीं है। बायोफिल्म से जुड़ी सहनशीलता और वंशानुगत एंटीबायोटिक प्रतिरोध भी पूरी तरह समान अवधारणाएँ नहीं। इसलिए इस तरीके को प्रतिरोध का प्रश्न हमेशा के लिए खत्म करने वाला समाधान कहना गलत होगा। इसकी संभावित उपयोगिता मौजूदा उपचारों के पूरक के रूप में है; सुरक्षित उपयोग और प्रतिरोध की निगरानी फिर भी जरूरी रहेगी।

मानव उपयोग से पहले क्या सीमाएँ हैं?

चुनी कोशिका रेखाओं में अनुकूल परिणाम और चूहों में सुरक्षा-संबंधी संकेत प्रारंभिक प्रमाण हैं। वे मनुष्य में एलर्जी, प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया, बार-बार उपयोग और लंबे समय के प्रभावों का पूरा उत्तर नहीं देते। बड़े पैमाने पर उत्पादन में एंजाइम की समान गुणवत्ता, निष्क्रिय होने की गति और पट्टी का भंडारण भी परखना होगा। अस्पताल में संक्रमण रोकने की सामान्य व्यवस्था, स्वच्छता और उचित घाव-देखभाल का स्थान ऐसी सामग्री अपने आप नहीं लेती। उपचार की उपयोगिता केवल प्रयोगशाला में गतिविधि से तय नहीं होगी; उपलब्ध देखभाल के मुकाबले लाभ, लागत और उपयोग की सुविधा भी देखनी होगी। चिकित्सकीय परीक्षण में उचित तुलना और स्पष्ट परिणाम-माप आवश्यक रहेंगे। मिश्रित जीवाणु समुदाय वाले घाव में एक एंजाइम पर्याप्त होगा या कई एंजाइम चाहिए होंगे, यह अलग प्रश्न है। संस्थान ने आगे पैच और श्वसन संक्रमणों के लिए वितरण प्रणालियों की संभावना बताई है। इन्हें वर्तमान शोध में पूरा हुआ मानव परीक्षण नहीं मानना चाहिए। साँस के जरिए देने वाला उपचार और घाव पर पट्टी अलग उपयोग हैं; दोनों की सुरक्षा तथा प्रभावशीलता स्वतंत्र रूप से प्रमाणित करनी होगी।

आगे क्या देखना होगा?

अगला चरण अधिक विविध जीवाणु समूहों, घाव की परिस्थितियों और स्वतंत्र प्रयोगशालाओं में परिणाम जाँचना होगा। मानव उपयोग की दिशा में उपयुक्त सुरक्षा तथा चिकित्सकीय परीक्षण आवश्यक होंगे। साथ ही यह समझना होगा कि बायोफिल्म बिखरने के बाद निकले जीवाणुओं का नियंत्रण कैसे सुनिश्चित होगा। मुख्य परीक्षा में इस उदाहरण को प्रतिजैविक प्रतिरोध, जैवप्रौद्योगिकी और कार्यात्मक चिकित्सा सामग्री से जोड़ें। केंद्रीय सीख यह है कि रोगजनक को सीधे मारना ही एकमात्र शोध-दिशा नहीं; उसके संरक्षण-जाल को कमजोर करना भी उपयोगी हो सकता है। लेकिन प्रयोगशाला और पशु मॉडल की सफलता से स्वीकृत मानव उपचार तक की दूरी बनाए रखना जरूरी है। संभावित पूरक रणनीति को तैयार इलाज कहना वैज्ञानिक तथा सार्वजनिक स्वास्थ्य, दोनों दृष्टियों से गलत होगा।

PCSMANTRA.COM

अभ्यास प्रश्न: बायोफिल्म के बाहरी जाल को लक्षित करने वाले एंजाइम संक्रमण-नियंत्रण में कैसे सहायक हो सकते हैं? प्रतिजैविक प्रतिरोध और मानव उपयोग के संदर्भ में इस रणनीति की सीमाएँ बताइए। (250 शब्द)

स्रोत: मूल शोध; प्रकाशक की प्रारंभिक पूर्ण पांडुलिपि; प्रकाशकीय अभिलेख; आईआईएससी विवरण; डब्ल्यूएचओ की 2024 प्राथमिकता सूची; बायोफिल्म पर स्वतंत्र समीक्षा; बाहरी पदार्थ-जाल पर स्वतंत्र समीक्षा।