# नीले प्रकाश से स्पिंडल निर्माण: कोशिका विभाजन समझने का लीसा मंच

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी (मुख्य परीक्षा: सामान्य अध्ययन-III) | शोध की तारीख: 15 सितंबर 2026 | प्रकाशित: 24 अक्टूबर 2026

## खबरों में क्यों

भारतीय विज्ञान संस्थान के विग्नेश ओलक्कल, मधुमिता बालकृष्णन और सचिन कोटक ने प्रकाश से नियंत्रित ऐसा प्रायोगिक मंच बनाया है जो मानव कोशिकाओं में विभाजन की संरचना बनने में सहायता करता है। ईएमबीओ रिपोर्ट्स में प्रकाशित अध्ययन ने ऑरोरा ए काइनेज के अणुओं को पास लाकर सक्रिय किया और सूक्ष्मनलिकाओं के निर्माण की शुरुआत कराई। शोधपत्र इस विधि को लाइट-इंड्यूस्ड स्पिंडल असेंबली, संक्षेप में लीसा कहता है।

मूल शोध 15 सितंबर को प्रकाशित हुआ; संस्थान की समाचार व्याख्या 29 सितंबर की है। यह जीवित, प्रयोगशाला में संवर्धित मानव कोशिकाओं पर मूलभूत शोध है। इसे मानव शरीर पर नीली रोशनी डालकर विभाजन ठीक करने की चिकित्सा या कैंसर का उपचार नहीं मानना चाहिए। प्रकाश तभी कार्य करता है जब कोशिकाओं में विशेष रूप से बनाई गई प्रोटीन व्यवस्था मौजूद हो और उपयुक्त कोशिकीय परिस्थिति मिले।

## स्पिंडल और सेंट्रोसोम क्या करते हैं?

कोशिका विभाजन में गुणसूत्रों को व्यवस्थित ढंग से अलग करना जरूरी होता है। इसके लिए सूक्ष्मनलिकाओं से बना अस्थायी ढांचा, माइटोटिक स्पिंडल, काम करता है। सेंट्रोसोम सूक्ष्मनलिकाओं को व्यवस्थित करने वाला महत्वपूर्ण कोशिकीय केंद्र है। इसमें सेंट्रिओल की जोड़ी और आसपास का गतिशील प्रोटीन पदार्थ शामिल होता है। विभाजन के समय इसके आसपास की व्यवस्था में बड़ा परिवर्तन आता है।

कार्यशील सेंट्रोसोम में लगभग दो सौ प्रोटीनों का जटिल समुच्चय शामिल है। इतनी जटिल व्यवस्था में कौन से न्यूनतम कार्यात्मक घटक जरूरी हैं, यह समझना आसान नहीं है। नया अध्ययन पूरा सेंट्रोसोम हूबहू बनाने का दावा नहीं करता। सवाल अधिक सीमित है: क्या कुछ नियंत्रित घटकों से उसके प्रमुख सूक्ष्मनलिका-व्यवस्थापक कार्यों को जीवित कोशिका के भीतर दोहराया जा सकता है?

## ऑरोरा ए को पास लाने का विचार

PCSMANTRA.COM

ऑरोरा ए एक काइनेज है, यानी दूसरे प्रोटीनों से जुड़े संकेतों को फॉस्फोराइलेशन के माध्यम से नियंत्रित करने वाला एंजाइम। इसके सक्रिय होने में एक विशेष स्थान पर फॉस्फोराइलेशन महत्वपूर्ण है। सामान्य सेंट्रोसोम में सेप-192 नामक सहायक ढांचा ऑरोरा ए को स्थानीय रूप से इकट्ठा करके उसकी सक्रियता बढ़ाने में भूमिका निभाता है। शोधकर्ताओं ने पूछा कि इस ढांचे की भूमिका और अणुओं को पास लाने की भूमिका कैसे अलग की जाए।

यदि प्रयोग में अणुओं को किसी वैकल्पिक तरीके से पास लाया जा सके, तो इस प्रश्न को सीधे परखा जा सकता है। अध्ययन ने यही करने के लिए प्रकाश-संवेदी प्रोटीन व्यवस्था का उपयोग किया। लेकिन पास आना और सक्रिय होना समान घटना नहीं हैं। आगे के प्रयोगों में दोनों को अलग-अलग मापना इस अध्ययन का महत्वपूर्ण हिस्सा है, क्योंकि केवल दिखाई देने वाला गुच्छा कार्यशील एंजाइम का प्रमाण नहीं होता।

## प्रकाश-संवेदी व्यवस्था कैसे बनाई गई?

टीम ने लीसा बनाने के लिए लैरिएट नामक मौजूदा प्रकाशीय नियंत्रण रणनीति को नया उपयोग दिया। लैरिएट आमतौर पर प्रोटीनों को इकट्ठा करके उनकी क्रिया रोकने के लिए इस्तेमाल होता है। यहां विचार उलटा था: यदि किसी एंजाइम की सक्रियता अणुओं के पास आने पर बढ़ती है, तो नियंत्रित गुच्छन उसे बंद करने के बजाय चालू कर सकता है। यह उपयोग उस एंजाइम की कार्यविधि पर निर्भर है।

शोधकर्ताओं ने ऑरोरा ए को पौधे से प्राप्त प्रकाश-संवेदी क्राइ-दो खंड से जोड़ा और दूसरे प्रकाश-प्रतिक्रियाशील साझेदार को बहु-इकाई कृत्रिम ढांचे पर रखा। नीले प्रकाश में उनके संपर्क से ऑरोरा ए के बड़े समूह बने। इसलिए इसे बिना किसी ढांचे की व्यवस्था कहना भ्रामक होगा। प्राकृतिक सेप-192 की आवश्यकता को पार किया गया, लेकिन प्रयोग में अभियांत्रित प्रोटीन और कृत्रिम समूह बनाने वाला आधार इस्तेमाल हुआ।

## गुच्छन की सीमा: हर अवस्था में सक्रियता नहीं

नीले प्रकाश से कोशिकाओं में प्रोटीन तेजी से इकट्ठा हुए। विभाजन की अवस्था में इन समूहों में सक्रिय ऑरोरा ए का संकेत बढ़ा। प्रकाश हटाने पर व्यवस्था वापस बिखर सकती थी, जिससे सक्रियता को समय के अनुसार नियंत्रित करने का साधन मिला। यह स्थायी रूप से प्रोटीन बढ़ा देने के बजाय गतिविधि को बार-बार बदलकर जांचने का प्रयोगात्मक लाभ देता है।

परंतु अंतरावस्था, जब कोशिका माइटोसिस में नहीं थी, में गुच्छे बनने के बावजूद वही सक्रियता संकेत नहीं मिला। इससे स्पष्ट है कि केवल अणुओं को इकट्ठा करना सभी परिस्थितियों में पर्याप्त नहीं है। विभाजन की आणविक परिस्थिति भी चाहिए। लेखक एक संभावना बताते हैं कि कुछ जरूरी सहायक घटक अंतरावस्था में केंद्रक के भीतर सीमित रहते हों; यह प्रस्ताव है, हर कारण का अंतिम समाधान नहीं।

## सेप-192 से स्वतंत्रता, टीपीएक्स-दो की जरूरत

प्रयोगों में सेप-192 की मात्रा घटाने पर भी प्रकाश-प्रेरित समूह ऑरोरा ए की सक्रियता और स्पिंडल निर्माण में सुधार ला सके। यह बताता है कि इस अभियांत्रित व्यवस्था में प्राकृतिक सहायक ढांचे की भूमिका को पार किया जा सकता है। इसे सभी कोशिकीय सहयोगियों से स्वतंत्र एक अकेले प्रोटीन की उपलब्धि नहीं कहना चाहिए। समूहों की क्रिया में दूसरे महत्वपूर्ण साझेदार की आवश्यकता सामने आई।

टीपीएक्स-दो नामक प्रोटीन इन समूहों में पहुंचा। उसकी मात्रा घटाने पर सक्रिय ऑरोरा ए का संकेत और सूक्ष्मनलिकाओं की शुरुआत, दोनों बुरी तरह प्रभावित हुए। इसलिए ऑरोरा ए और टीपीएक्स-दो की कार्यात्मक धुरी इस मंच की महत्वपूर्ण शर्त है। कौन से अन्य घटक भी सहयोग करते हैं, यह अभी पूरी तरह स्पष्ट नहीं। शोधपत्र समूहों की संपूर्ण प्रोटीन संरचना की आगे जांच को आवश्यक दिशा बताता है।

PCSMANTRA.COM

## सेंट्रोसोम हटाने पर क्या सुधार मिला?

टीम ने सेंट्रिनोन नामक अवरोधक से कोशिकाओं के सेंट्रोसोम समाप्त करने की प्रयोगात्मक व्यवस्था अपनाई। ऐसी हीला कोशिकाओं में स्पिंडल छोटा होना, ध्रुवों की संरचना में समस्या और विभाजन में देरी जैसे दोष मिले। प्रकाश से ऑरोरा ए समूह सक्रिय करने पर स्पिंडल संगठन तथा विभाजन की प्रगति से जुड़े कई मापों में महत्वपूर्ण सुधार हुआ।

यह आंशिक या पर्याप्त सुधार के विशिष्ट परिणामों का समूह है, हर कोशिका में हर दोष पूरी तरह मिटने की गारंटी नहीं। मुख्य यांत्रिक परीक्षण हीला कोशिकाओं पर केंद्रित थे। दूसरी कोशिका पंक्तियों में सक्रियता दिखने को सभी प्रकार की कोशिकाओं में वही बचाव प्रभाव सिद्ध होना नहीं मानना चाहिए। अलग कोशिकाएं सेंट्रोसोम खोने पर अलग प्रतिक्रिया दे सकती हैं; अध्ययन की चर्चा इस अंतर को स्पष्ट रखती है।

## प्रमाण को मजबूत कैसे बनाया गया?

शोध में केवल प्रकाश पड़ने के बाद तस्वीर लेना पर्याप्त नहीं माना गया। प्रकाश और अंधेरे की तुलना, सक्रियता के संकेत, समूह न बना सकने वाला परिवर्तित खंड और जरूरी प्रोटीनों की मात्रा घटाने जैसे परीक्षण शामिल थे। सूक्ष्मनलिकाओं की वृद्धि पहचानने वाले चिह्नों ने समूहों से उनकी शुरुआत देखने में सहायता की। एंजाइम की क्रिया रोकने पर यह क्षमता घटने से कार्यात्मक संबंध का आधार मिला।

ऐसे नियंत्रण गुच्छन, सक्रियता और सूक्ष्मनलिका निर्माण को जोड़ने में मदद करते हैं। फिर भी तस्वीर में किसी प्रोटीन का स्पष्ट संकेत न मिलना अपने आप उसकी हर संभव भूमिका का पूर्ण निषेध नहीं है। न्यूनतम कार्यशील प्रणाली की पहचान और उसके सभी घटकों की अंतिम सूची दो अलग स्तर हैं। इसी कारण लेखक यांत्रिक व्याख्या के साथ बचे प्रश्न भी बताते हैं।

## भारत और मुख्य परीक्षा के लिए महत्व

यह अध्ययन कृत्रिम जीवविज्ञान और प्रकाशीय नियंत्रण का उदाहरण है। किसी जटिल कोशिकीय व्यवस्था को सरल, नियंत्रित मॉड्यूल से परखने पर उसके आवश्यक कार्यों को समझने में मदद मिलती है। यहां प्रकाश केवल देखने का साधन नहीं, अभियांत्रित जैविक प्रक्रिया को बदलने का साधन है। वैज्ञानिक प्रश्न यह है कि प्रोटीन की स्थानिक व्यवस्था उसकी गतिविधि और कोशिकीय कार्य को कैसे प्रभावित करती है।

ऑरोरा ए का असामान्य नियंत्रण कैंसर और कुछ विकास-संबंधी स्थितियों से जुड़ा है। इसलिए उसके विशिष्ट सहयोगियों और संकेत मार्गों की पहचान भविष्य में औषधि अनुसंधान के लिए उपयोगी हो सकती है। लेकिन इस अध्ययन में नई कैंसर दवा, मरीजों पर उपचार या सुरक्षित चिकित्सकीय प्रकाश व्यवस्था का परीक्षण नहीं हुआ। उत्तर में मूलभूत तंत्र की उपलब्धि और संभावित उपचार दिशा को स्पष्ट अलग रखना चाहिए।

## आगे क्या देखना होगा?

अगले प्रश्न समूहों की पूरी आणविक संरचना, टीपीएक्स-दो की सटीक भूमिका और अलग कोशिकीय परिस्थितियों में परिणामों की पुनरावृत्ति से जुड़े हैं। यह भी जांचना होगा कि कौन से सहयोगी सक्रियता बनाए रखते हैं और कौन सीधे सूक्ष्मनलिकाओं की शुरुआत में मदद करते हैं। इन भूमिकाओं को अलग करने से न्यूनतम कार्यशील मॉड्यूल की समझ अधिक स्पष्ट होगी।

संतुलित निष्कर्ष है कि लीसा मानव कोशिकाओं में सेंट्रोसोम-जैसे प्रमुख कार्यों को नियंत्रित ढंग से पुनर्गठित करने का शोध मंच है। प्राकृतिक ढांचे को पार करना सभी सहायक प्रोटीनों की जरूरत खत्म करना नहीं है।

अभ्यास प्रश्न: प्रकाश-नियंत्रित प्रोटीन गुच्छन जटिल कोशिकीय प्रक्रियाओं को समझने में कैसे उपयोगी हो सकता है? लीसा के उदाहरण से वैज्ञानिक उपलब्धि, प्रयोग की शर्तों और चिकित्सकीय अनुप्रयोग की सीमाओं की चर्चा कीजिए। (250 शब्द)

PCSMANTRA.COM

स्रोत: प्राथमिक शोध। भारतीय विज्ञान संस्थान का विवरण।