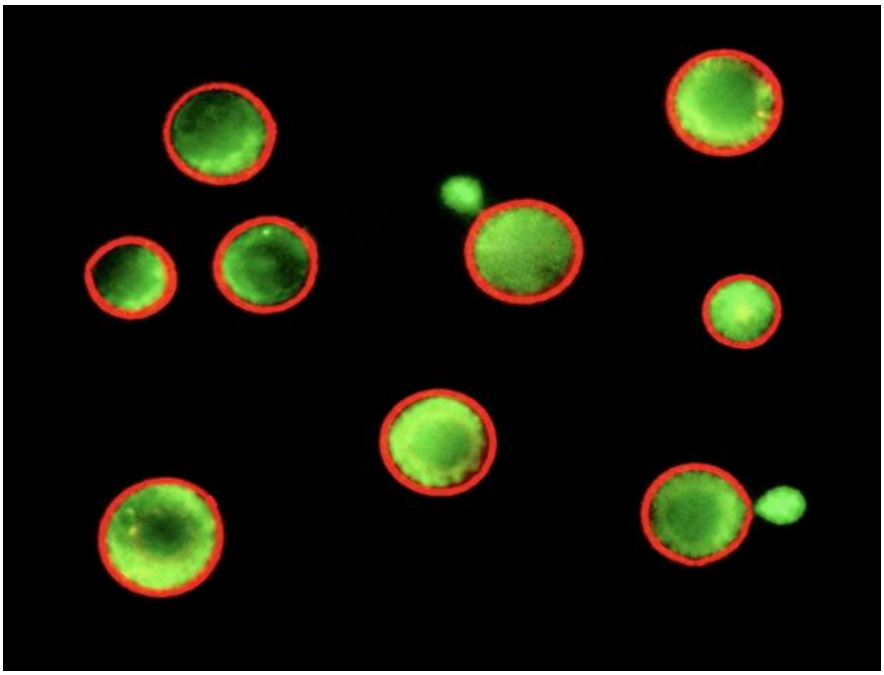
सीसीएमबी के वैज्ञानिकों द्वारा घातक कवक के मस्तिष्क में संक्रमण फैलाने के रहस्यमय तंत्र की खोज



क्रिप्टोकोकस नियोफॉर्मन्स की विशाल कोशिकाएँ

हैदराबाद, 21 अगस्त 2026: फंगल संक्रमण तेजी से दुनिया के सबसे गंभीर, लेकिन नज़रअंदाज किए गए जन स्वास्थ्य खतरों में से एक के रुप में अभी तेजी से उभर रहे हैं। आक्रामक (इनवेसिव) फंगल रोगजनक हर वर्ष सैकड़ों हजारों लोगों की मौत के लिए जिम्मेदार होते हैं, खासकर उन लोगों में जिनकी प्रतिरक्षा प्रणाली कमजोर है। इसके बावजूद, इनके उपचार के चिंताजनक रूप से विकल्प बेहद सीमित हैं। एंटीफंगल दवाओं की संख्या बहुत कम है, वे विषाक्त हो सकती हैं और इनके प्रति प्रतिरोधकता लगातार बढ़ रही है। इस बढ़ते संकट को देखते हुए, विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) ने कई फंगल रोगजनकों को अनुसंधान और नई दवाओं के विकास के लिए महत्वपूर्ण प्राथमिकताओं के तौर पर चिन्हित किया है। इनमें क्रिप्टोकोकस नियोफॉर्मन्स (Cryptococcus neoformans) सबसे घातक रोगजनकों में से एक है।

कई अन्य फंगल संक्रमणों के विपरीत, जो त्वचा तक ही सीमित रहते हैं, क्रिप्टोकोकस नियोफॉर्मन्स (Cryptococcus neoformans) का संक्रमण फेफड़ों से शुरू होता है, लेकिन यह रक्तप्रवाह के माध्यम से मस्तिष्क तक फैल सकता है और क्रिप्टोकोकल मेनिन्जाइटिस का कारण बन सकता है। यह एक अत्यंत गंभीर और खतरनाक बीमारी है, जो दुनिया भर में एड्स से संबंधित लगभग हर पांच में से एक मौत के लिए जिम्मेदार है।

चिकित्सा समुदाय के बाहर इसके बारे में ज्यादा जानकारी नहीं है, लेकिन क्रिप्टोकोकल मेनिन्जाइटिस हर वर्ष दुनिया भर में 1,50,000 से अधिक लोगों को प्रभावित करता है, जिनमें भारत के हजारों लोग शामिल हैं- और इससे होने वाली मौत की दर बहुत ज़्यादा है।

जितना बड़ा, उतना बेहतर: फंगस की घातक जीवित रहने की घातक रणनीति

क्रिप्टोकोकस नियोफॉर्मन्स (Cryptococcus neoformans) की सबसे बड़ी असाधारण क्षमताओं में से एक है फेफड़ों में पहुंचने के बाद खुद को बदल लेने की इसकी अद्भुत क्षमता। जहां अधिकांश फंगल कोशिकाएँ केवल कुछ माइक्रोमीटर व्यास की होती हैं, वहीं कुछ कोशिकाएँ असाधारण रूप से बड़ी होकर विशाल "टाइटन कोशिकाओं" (Titan cells) में परिवर्तित हो जाती हैं–ये सामान्य फंगल कोशिकाओं की तुलना में कई गुना बड़ी होती हैं। प्रतिरक्षा कोशिकाओं के लिए इन अत्यधिक बड़ी कोशिकाओं को निगलना और नष्ट करना कहीं अधिक कठिन होता है। इस प्रकार फंगस शरीर के भीतर जीवित रहने, प्रतिरक्षा प्रणाली के हमले से बचने और लंबे समय तक संक्रमण बनाए रखने में सक्षम हो जाता है।
वैज्ञानिक लगभग दो दशकों से टाइटन कोशिकाओं के बारे में जानते हैं। हालांकि, क्रिप्टोकोकल संक्रमण में उनकी केंद्रिय भूमिका के बावजूद एक बुनियादी सवाल अभी तक सुलझ नहीं पाया है:
फंगस टाइटन कोशिका में बदलने का निर्णय कैसे लेता है?

हैदराबाद स्थित सीएसआईआर- कोशिकीय एवं आणविक जीवविज्ञान केंद्र (सीसीएमबी), के डॉ. श्रीराम वराहन के नेतृत्व में शोधकर्ताओं ने अब इस सवाल का एक अप्रत्याशित उत्तर खोज निकाला है। उनके अध्ययन में एक अज्ञात जैविक सर्किट (Biological circuit) की पहचान की गई जिसके बारे में पहले जानकारी नहीं थी। जो फंगस के ऊर्जा चयापचय(energy metabolism) को उसकी सबसे महत्वपूर्ण कोशिकीय संकेत प्रणालियों में से एक से जोड़कर *Cryptococcus neoformans* को टाइटन कोशिकाएँ बनाने में सक्षम बनाता है। यह खोज फंगस की रोगजनकता को नियंत्रित करने वाली नियामक एक पूरी व्यवस्था की नई परत को उजागर करती है और भविष्य में फंगस रोधी उपचार विकसित करने की आशाजनक संभावनाएँ खोलती है।

डॉ. श्रीराम वराहन की टीम; डॉ. वराहन बाईं ओर से तीसरे स्थान पर।

विशाल कोशिकाओं के भीतर छिपा जैविक सर्किट

वैज्ञानिक लंबे समय से यह मानते आए हैं कि चयापचय (metabolism) मुख्य रूप से कोशिकाओं को ऊर्जा उपलब्ध कराने की प्रक्रिया है। लेकिन नए अध्ययन से पता चलता है कि चयापचय एक शक्तिशाली निर्णय लेने वाली प्रणाली के रूप में भी काम करती है, जो यह निर्धारित करती है कि फंगस अधिक खतरनाक रूप धारण कर पाएगा या नहीं।

डॉ. श्रीराम वराहन ने कहा, "हमने फंगस के ऊर्जा केंद्र और उसके सबसे महत्वपूर्ण जीवित रहने वाले मार्गों के बीच एक अप्रत्याशित जैविक संबंध का पता लगाया है। हमारे निष्कर्ष बताते हैं कि चयापचय केवल ऊर्जा उपलब्ध कराने का काम नहीं करता, बल्कि यह उन कोशिकीय संकेतों को सक्रिय रूप से नियंत्रित करता है, जो फंगस को टाइटन कोशिकाओं (Titan cells) में रूपांतरित होने में सक्षम बनाते हैं।"

शोधकर्ताओं ने पाया कि ग्लूकोज़ का कुशल चयापचय फंगल कोशिका के भीतर कैल्शियम के उचित संतुलन को बनाए रखने में मदद करता है। कैल्शियम को आमतौर पर मजबूत हड्डियों के निर्माण के लिए जाना जाता है, लेकिन जीवित कोशिकाओं के भीतर इसका काम अलग होता है। यह एक छोटे आणविक संदेशवाहक की तरह कार्य करता है, जो कोशिका के एक हिस्से से दूसरे हिस्से तक सूचनाएँ पहुँचाता है। जब कैल्शियम का स्तर संतुलित रहता है, तो यह "कैल्सीन्यूरिन (Calcineurin)" नामक एक प्रमुख संकेत मार्ग को सक्रिय करता है। यह मार्ग फंगस को मानव शरीर के भीतर कठिन और तनावपूर्ण परिस्थितियों में जीवित रहने और अंततः उसे विशाल टाइटन कोशिकाओं में विकसित होने में में सक्षम बनाता है।

फंगस के सबसे खतरनाक हथियारों में से एक को निष्क्रिय करना

इस खोज से पहली बार यह पता चला है कि टाइटन कोशिकाओं के निर्माण को नियंत्रित करने में फंगस के उर्जा चयापचय, कैल्शियम सिग्नलिंग और कैल्सीन्यूरिन सक्रियण के बीच सीधा संबंध है। ये प्रक्रियाएँ स्वतंत्र रूप से काम करने के बजाय एक समन्वित जैविक नेटवर्क के रूप में मिलकर कार्य करती हैं। यह नेटवर्क रोगजनक फंगस को अपने मेजबान के शरीर के भीतर अनुकूलन करने और जीवित रहने में सक्षम बनाता है।

इस छिपी हुई कमजोरी की पहचान से क्रिप्टोकोकल रोग से लड़ने की एक बिल्कुल नई रणनीति सामने आती है। केवल फंगस को नष्ट करने की कोशिश करने के बजाय, भविष्य में ऐसी उपचार पद्धतियाँ विकसित की जा सकती हैं जो फंगस को टाइटन कोशिकाएँ बनाने से ही रोक दें। इस तरह गंभीर संक्रमण फैलने से पहले ही उसके सबसे शक्तिशाली रोग उत्पादक हथियारों में से एक को निष्क्रिय किया जा सकता है।

एंटीफंगल उपचार की एक नई दिशा

ऐसे समय में जब दुनिया भर में आक्रामक फंगल संक्रमण बढ़ रहे हैं और नयी एंटीफंगल दवाओं की अत्यधिक आवश्यकता है, ये निष्कर्ष दुनिया के सबसे घातक फंगल रोगजनकों में से एक की अब तक अज्ञात कमजोरी को उजागर करते हैं, जिसे पहले पहचाना नहीं

गया था। टाइटन कोशिकाओं के निर्माण को नियंत्रित करने वाले चयापचय संबंधी सर्किट को लक्षित करके वैज्ञानिक ऐसी उपचार पद्धतियाँ विकसित कर सकते हैं जो फंगस को कमजोर करें, प्रतिरक्षा तंत्र द्वारा उसे खत्म करने की क्षमता को बेहतर बनाएँ और अंततः क्रिप्टोकोकल मेनिन्जाइटिस (मस्तिष्कावरण शोथ) के बोझ को कम करें।

केवल फंगल वृद्धि पर हमला करने के बजाय, एंटीफंगल दवाओं की अगली पीढ़ी संभवत: रोगजनक को उस जीवित रहने की रणनीति को सक्रिय करने से रोकने पर केंद्रित होगी, जो उसे इतना खतरनाक बनाती है।