प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया और कोविड-19

सत्यजीत रथ

संक्रमण के प्रति हमारा शरीर अपनी प्रतिक्रिया कैसे देता है? क्या यह किसी वायरस के संक्रमण को सीमित कर सकता है? शोथ, अनुकूली प्रतिक्रिया से किन मायनों में अलग होता है? कौन-कौन से कारक हमारी प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया को कमज़ोर बना सकते हैं? *कोविड-19* और 'साइटोकाइन सैलाब' का क्या सम्बन्ध है? हम सामुदायिक प्रतिरक्षा कैसे विकसित करते हैं?

वायरल, बैक्टीरियल, फंगल— किसी भी प्रकार के संक्रमण के जवाब में हमारा शरीर इस तरह से प्रतिक्रिया देता है कि उस संक्रमण के फैलने पर लगाम लग जाए। दूसरे शब्दों में, यह प्रतिक्रियाएँ, संक्रमण को 'नियंत्रण क्षेत्रों' (containment zones) में 'क्वारंटाइन' करने की कोशिश करती हैं। इन प्रतिक्रियाओं को हम **शोथ (inflammation)** की श्रेणी में रखते हैं। इसके अलावा मानव शरीर की ऐसी प्रतिक्रियाएँ भी होती हैं जो सीधे-सीधे **वायरस-रोधी (antiviral)** होती हैं।

वायरस-रोधी प्रतिक्रियाएँ

मानव शरीर और उसे संक्रमित करने वाले वायरसों की परस्पर क्रियाओं को महज़ 'जंग' की बजाय ज़्यादा गूढ़ अर्थों में देखना उपयोगी होता है। कई बार, हमारा शरीर वायरस को बस सहन करता है। कभी-कभी वायरस शरीर की कोशिकाओं को नुकसान पहुँचाने की बजाय उनके हमसफ़र बनकर चलने लगते हैं। और कई बार ऐसा भी होता है कि हमारा शरीर वायरस के संक्रमण से वास्तव में 'युद्ध' नहीं छेड़ता।

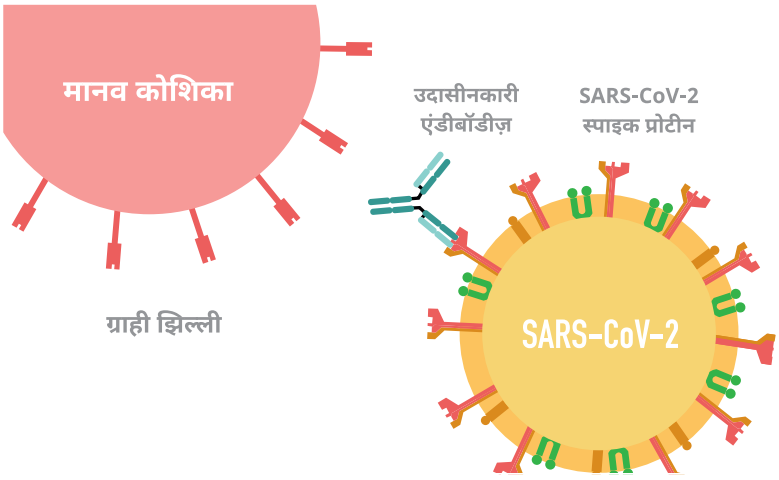
किसी वायरस संक्रमण को सीमित रखने के लिहाज़ से शरीर मुख्यत: तीन सीधे-सीधे तरीक़े अपनाता है। पहले वायरस-रोधी तरीक़े में, शरीर अपनी कोशिकाओं को संकेत भेजता है कि वे उनके अन्दर घुसपैठ करने वाले वायरस का जीना मुहाल कर दें। ऐसे संकेतों में इंटरफेरॉन-अल्फा और इंटरफेरॉन-बीटा शामिल हैं और *कोविड-19* के उपचार में इनके इस्तेमाल की कोशिश चल रही है। शरीर की दूसरी प्रतिक्रिया होती है **एंटीबॉडीज़** नाम के प्रोटींस (प्रतिरक्षी प्रोटींस) बनाना जो वायरस की सतह के ठीक उस हिस्से पर जा चिपकते हैं जिसके ज़रिए वायरस शरीर की कोशिकाओं पर चिपकता है। ऐसे एंटीबॉडी-लेपित वायरस कोशिकाओं के भीतर घुसकर उन्हें संक्रमित नहीं कर

सकते। प्लाज़्मा उपचार या मोनोक्लोनल एंटीबॉडी उपचार जैसे उपचार यही करने की उम्मीद करते हैं। SARS-CoV-2 के लिए बन रहे टीकों जिनके द्वारा भी हम यही नतीजे पाना चाहते हैं। शरीर के द्वारा वायरस संक्रमण को सीमित करने का तीसरा तरीक़ा है 'मारक' **(killer)** कोशिकाएँ। मारक कोशिकाएँ अभी-अभी संक्रमित हुई कोशिकाओं को पहचानकर उन्हें ख़तम कर देती हैं, इसके पहले कि उनमें वायरस की प्रतियाँ बनने लगें। एंटीबॉडीज़ और मारक कोशिकाओं के माध्यम से होने वाली वायरस-रोधी प्रतिक्रियाओं को **अनुकूली प्रतिक्रियाएँ (adaptive responses)** कहते हैं। पहले तो वे अन्दर घुस आए वायरस की 'थाह' लेती हैं, फिर वे अपने खज़ाने में से उन एंटीबॉडी-निर्माता और मारक कोशिकाओं को 'खोजकर' 'ढूँढ़ निकालती' हैं जो वायरस की सतह के अंशों से या किसी वायरस-संक्रमित कोशिका से मेल खाती हों। इसके बाद, शरीर की कोशिकाओं के खज़ाने के इस हिस्से को विस्तार देकर काम में लगा दिया जाता है— या तो एंटीबॉडीज़ की तरह या मारक कोशिकाओं की तरह। और वायरस का काम तमाम करने के बाद भी यह विस्तारित खज़ाना शरीर में बना रहता है।

अनुकूली प्रतिक्रियाएँ

हम सब वायरस संक्रमण के ख़िलाफ़ शोथ एवं इंटरफेरॉन-आधारित प्रतिक्रियाओं से लैस होते हैं। संक्रमण के तुरन्त बाद (कुछ ही मिनटों या घण्टों में) यह प्रतिक्रियाएँ हरक़त में आ जाती हैं। अनुकूली वायरस-रोधी प्रतिक्रियाएँ शायद ज़्यादा प्रभावी होती हैं लेकिन उनके सक्रिय होने में कुछ समय लगता है। ख़ासकर तब, जब पहले कभी हमारा पाला उस वायरस जैसी दिखने वाली किसी चीज़ (चाहे स्वयं उस वायरस से, उससे काफ़ी मिलते-जुलते वायरस से, या टीके के रूप में उसकी नक़ल से) से न पड़ा हो। ऐसा इसलिए कि मिलते-जुलते एंटीबॉडी-निर्माता या मारक कोशिकाओं के शुरुआती खज़ाने को विस्तार देने में शरीर को समय लगता है (आमतौर पर केवल कुछ दिन, पर कभी-कभार ज़्यादा भी)। दूसरी तरफ़, अगर वायरस एक ऐसे शरीर में प्रवेश करता है जिसका अनुकूली असला इस हद तक विस्तारित हो चुका है कि वह तुरन्त ही वायरस को ताड़ लेता है तब तो अनुकूली प्रतिक्रिया भी जल्दी (कुछ ही मिनटों या घण्टों) काम करने लगती है। इसी कारण उसी वायरस के पुन:संक्रमण (या टीके की मदद से) के ख़िलाफ़ हमारी सुरक्षा बेहतर होती है। याद रखें कि पहली बार किसी वायरस द्वारा संक्रमित हो जाने पर भी इन्हीं प्रतिरक्षी प्रतिक्रियाओं के चलते हमारी सुरक्षा होती है। बात इतनी ही है कि विस्तारित अनुकूली असला पहले से मौजूद हो तो हमें त्वरित और बेहतर सुरक्षा मिलती है। अलबत्ता, यह विस्तारित अनुकूली असले समय के साथ ख़त्म भी हो सकते हैं। और यदि ऐसा होता है तो, हम उस ख़ास संक्रमण के प्रति उतने ही कमज़ोर हो जाते हैं जैसा कि तब होते जब इससे पहले हमारी भिड़न्त उस वायरस से न हुई होती (या फिर उस वायरस का टीका हमें न लगा होता)।

अब वह बात जो हम **नहीं** जानते। हम इस बात का पूर्वानुमान लगाना नहीं जानते कि वायरस के किन-किन ख़ास हिस्सों के ख़िलाफ़ हमारा शरीर सबसे ज़्यादा एंटीबॉडीज़ बनाएगा। एक विशाल अनुकूली असला होने का विरोधाभासी नुकसान यह है कि वायरस कण के अधिकांश हिस्सों से मिलते-जुलते अनेक जोड़े होंगे। दूसरे शब्दों में, अनुकूली प्रतिक्रिया वायरस की सतह और उसके अन्दरूनी हिस्से के एंटीबॉडीज़ बनाने लगेगी। केवल वही एंटीबॉडीज़ सुरक्षा प्रदान करेंगी जो वायरस की सतह के उन विशिष्ट हिस्सों पर चिपकती हैं जिनकी मदद से वायरस शरीर की कोशिकाओं से चिपकता है (देखें **चित्र 1**)। इसका मतलब यह हुआ कि हम कभी भी आश्वस्त नहीं हो सकते कि हम बहुतायत में उपयोगी एंटीबॉडीज़ बना पाएँगे या नहीं। इसी तरह, हम यह पूर्वानुमान लगाना भी नहीं जानते कि किसी संक्रमण के ख़िलाफ़ विस्तारित अनुकूली प्रतिरक्षी असला शरीर में कितने समय तक बरक़रार रहेगा। इसका मतलब यह हुआ कि हरेक नए रोगजनक (जिससे हमारा सामना होता है) और हरेक नए टीके (जिसे हम बनाना चाहते हैं) के लिए हमें बारम्बार प्रयोग करके इन दो चीज़ों को नए सिरे से जानना-समझना होगा। इसीलिए SARS-CoV-2 और कोविड-19 को



चित्र 1. एंटीबॉडीज़ तभी सुरक्षा दे पाती हैं जब वे वायरस की सतह के ठीक उसी हिस्से पर चिपकें जिस हिस्से के द्वारा वायरस शरीर की कोशिकाओं से चिपकता है।

Credits: Adapted from an image by Erlangen, Germany, on Siemens Healthineers. URL: https://www.siemens-healthineers.com/en-in/press-room/press-releases/covid-19-antibody-phe.html.

लेकर हम इतने अनिश्चित हैं और होना भी चाहिए; हमें अभी भी उनके बारे में नई-नई बातें पता चल रही हैं। इसीलिए तो SARS-CoV-2 के ख़िलाफ़ टीके 'डिज़ाइन करना' और 'बनाना' एक समय-ख़र्ची अनिश्चित प्रक्रिया है। और इसीलिए, इस बाबत, पूरी दुनिया में, सैकड़ों अलग-अलग कोशिशें चल रही हैं, और उनमें से अधिकांश के सफल (या विफल) होने की सम्भावनाएँ समान हैं।

हालिया अनुसन्धान बताते हैं कि SARS-CoV-2 के विरुद्ध एंटीबॉडी प्रतिक्रियाएँ कमज़ोर हो सकती हैं और शायद कुछ ही हफ़्तों या महीनों तक बनी रहें; ख़ासकर उन लोगों में जिनमें कोई नहीं लक्षण नहीं पाए गए हों या जिनमें हल्के लक्षण हों। यह विचार करते वक़्त कि लम्बे समय में एक समाज के तौर पर हम किस प्रकार से इस रोग का सामना करने वाले हैं, हमें इस सम्भावना को याद रखना चाहिए (जब तक कि सबके लिए पर्याप्त रूप से प्रभावी टीके उपलब्ध नहीं हो जाते!)।

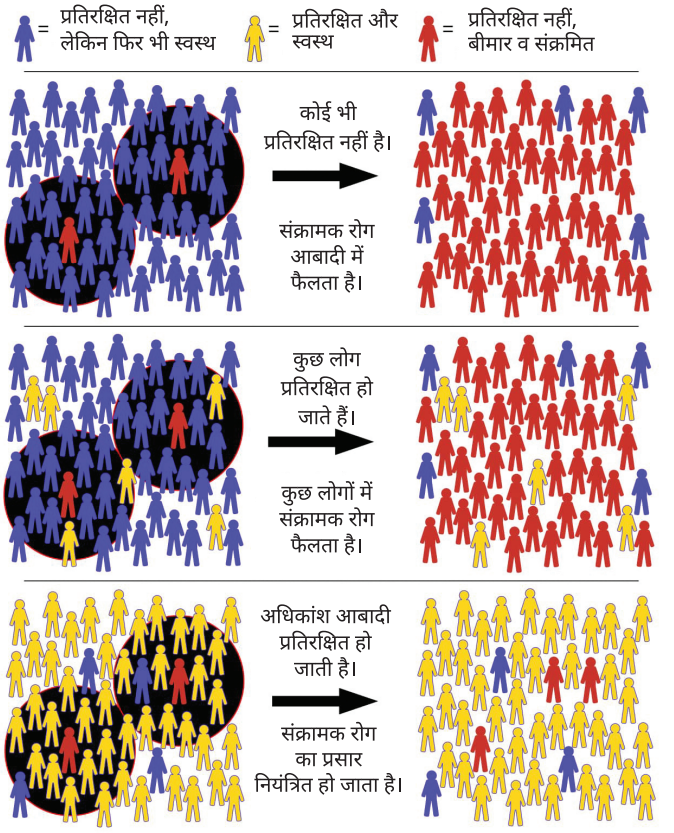
प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया को प्रभावित करने वाले कारक

हम में से ज़्यादातर की प्रतिरक्षा प्रतिक्रियाएँ काफ़ी ठीकठाक होती हैं। अगर ऐसा न होता तो बचपन से लेकर अब तक हम नाना प्रकार के संक्रमणों की चपेट में आते रहते और बहुत सम्भावना है कि लगातार अस्पताल में भर्ती हो रहे होते! दरअसल, कैंसर के लिए कीमोथेरेपी करा रहे लोगों के साथ ऐसा ही कुछ हो रहा होता है। इस उपचार के साइड इफेक्ट के तौर पर उनकी प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया इतनी कमज़ोर हो जाती है कि उन्हें गम्भीर *कोविड-19* हो जाने की सम्भावनाएँ बढ़ जाती हैं। इससे थोड़ा-सा अलग, किसी भी प्रकार की मौजूदा शोथ हमारी कंटेनमेंट व वायरस-रोधी प्रतिक्रियाओं को इस हद तक प्रभावित कर सकती है कि *कोविड-19* का गम्भीर रोगी हो जाने की हमारी सम्भावनाएँ बढ़ जाती हैं। बुज़ुर्गों, मोटे व्यक्तियों, टाइप-2 मधुमेह, हृदय या उच्च रक्तचाप के मरीज़ों, किडनी, लीवर या फेफड़ों की जीर्ण बीमारियों से ग्रस्त लोगों के मामलों में यही होता है।

साइटोकाइन सैलाब

शोथ प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया किसी भी आने वाले रोगजनक को उसी स्थान पर सीमित करने का प्रयास करती है जहाँ पर उसका सामना शरीर से सबसे पहले होता है। इसके लिए शरीर स्थानीय स्तर पर बने रासायनिक संकेतों, जिसे साइटोकाइन कहते हैं, का इस्तेमाल करता है ताकि वहाँ पर 'सूक्ष्म-कंटेनमेंट' क्षेत्र बन जाए। निस्सन्देह, साइटोकाइन्स थोड़े बहुत आस-पास रिसते भी हैं लेकिन उनके रिसाव की मात्रा इतनी कम होती है कि इन क्षेत्रों के बाहर उनका कोई असर नहीं पड़ता।

लेकिन बहुत ज़्यादा मात्रा में वायरस का हमला होने की सूरत में यह दाँव उल्टा भी पड़ सकता है। देखभाल करने वाले लोग, नर्स, डॉक्टर और अन्य स्वास्थ्यकर्मी आमतौर पर इसके शिकार होते हैं जिनका सम्पर्क लम्बे समय तक संक्रमित लोगों से रहता है (या फिर वे भी जो एक भीड़भाड़ वाले और बन्द वातानुकूलित कमरे में घण्टों तक रहते हैं)। ऐसे मामलों में, वायरस हमारे शरीर के वायु मार्गों के कई



चित्र 2. समुदाय की उल्लेखनीय आबादी का किसी रोगजनक के प्रति अनुकूली-प्रतिरोधी हो जाने का स्वाभाविक प्रतिफल सामुदायिक प्रतिरक्षा होती है। अव्वल तो, SARS-CoV-2 जैसे नवीन रोगजनक के ख़िलाफ़ कोई भी प्रतिरक्षित नहीं होता। तो समुदाय में इसका संक्रमण तेज़ी-से फैलता है। कालान्तर में, दो प्रकार के लोग इसके प्रति अनुकूली-प्रतिरोधी हो जाते हैं— एक तो वे जो इस संक्रमण से उबर आते हैं, और दूसरे वे जिन्हें इसका टीका लग जाता है। अनुसन्धानों से पता चलता है कि *कोविड-19* के संक्रमितों में अनुकूली-प्रतिरोधी प्रतिक्रिया से प्राप्त सुरक्षा महज़ कुछ हफ़्ते या महीने तक ही क़ायम रहती है। अभी तक तो इस वायरस के ख़िलाफ़ एक भी प्रमाणित वैक्सीन उपलब्ध नहीं है। यदि लोगों की एक बड़ी आबादी इस वायरस के प्रति अनुकूली-प्रतिरोधी हो जाती है तो कम प्रतिरोधी लोगों के किसी संक्रमित व्यक्ति के सम्पर्क में आने के मौक़े कम हो जाते हैं। नतीजतन, संक्रमण के फैलाव पर लगाम कस जाती है। आकलन सुझाते हैं कि SARS-CoV-2 के मामले में ऐसा होने की सम्भावना तब है जब 50-80% आबादी इसके प्रति अनुकूली-प्रतिरोधी हो जाए।
Credits: Tkarcher, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Herd_immunity.svg. License: CC-BY-SA.

बिन्दुओं से प्रवेश करता है। मामला तब भी बिगड़ सकता है जब हमारी शुरुआती प्रतिरक्षा प्रतिक्रियाएँ असन्तुलित रहें और सही वक़्त पर हरक़त में न आएँ। कैंसर के लिए कीमोथेरेपी ले रहे लोगों को या जिनके शरीर में अभी शोथ है उनमें यह समस्या देखी गई है। ऐसे मामलों में, वायरस की छोटी-सी मात्रा भी फैलकर, प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया सक्रिय होने से पहले ही शरीर के अनेक हिस्सों में पहुँच जाएगी। दोनों मामलों में, प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया तब केवल इतना कर पाएगी, और करती भी है कि सभी लक्षित स्थानों पर सूक्ष्म-कंटेनमेंट तैयार कर दे। दिक़्क़त यह है कि हरेक 'सम्भावी' सूक्ष्म-कंटेनमेंट क्षेत्र में से साइटोकाइन्स रिसने लगेंगे। अब इन तमाम रिसते रसायनों की कुल मात्रा इतनी अधिक हो जाती है कि स्थानीय क्षेत्रों के बाहर भी समूचे शरीर पर इनके असर दिखने लगते हैं। नतीजतन, समूचा शरीर एक विशाल कंटेनमेंट क्षेत्र बन जाता है ठीक उसी तरह जैसे एक पुलिसिया 'लॉकडाउन' में समूचा देश महीनों-महीनों बन्द रहा। पूरे शरीर में साइटोकाइन्स का यह जमावड़ा साइटोकाइन सैलाब कहलाता है, जिसके चलते रोग गम्भीर हो जाता है।

सामुदायिक प्रतिरक्षा (Herd Immunity ज़रा यह सोचें कि एक समुदाय में कोई भी वायरस कैसे फैलता (या 'प्रसारित' होता) है। मान लें कि (किसी दूरदराज़ जंगल में) कोई व्यक्ति वायरस के सम्पर्क में आकर संक्रमित हो जाता है। अब जब तक कि वह उस वायरस से निपटे, उसके शरीर में वायरस की नई प्रतिलिपियाँ बन जाएँगी। वायरस अगर ख़ुशकिस्मत है (!) तो शरीर में नई बनीं उसकी प्रतिलिपियाँ किसी न किसी तरीक़े से (प्राय: शरीर के तरल पदार्थों के साथ) शरीर के बाहर फैलेंगी। दूसरे लोगों के साथ उपयुक्त सम्पर्क होते ही यह वायरस प्रतिलिपियाँ संक्रमण स्थापित कर सकती हैं। इस प्रकार जब तक सबसे पहले संक्रमित हुआ इन्सान अपने शरीर से वायरस को ख़त्म करे, लोगों का अगला जत्था वायरस की प्रतिलिपियाँ तैयार करके फैला रहा होगा।

वायरस की 'सफलता' यही होती है कि एक संक्रमित व्यक्ति से कितने अन्य व्यक्ति सफलतापूर्वक संक्रमित हुए। यदि यह संख्या (जिसे 'R' कहते हैं) एक से कम है तो फैलाव का हर चक्र पहले वाले चक्र के मुक़ाबले छोटा होगा और संक्रमण आसानी से दम तोड़ देगा। यह संख्या एक से जितनी अधिक होगी संक्रमण उतनी ही तेज़ी-से समुदाय में फैलेगा। अलबत्ता, यह संख्या संक्रमित व्यक्ति के सम्पर्क में आने वाले लोगों की प्रतिरक्षा क्षमता पर भी निर्भर करती है। जिन लोगों की 'मुलाक़ात' वायरस से पहले ही हो चुकी है और उनका अनुकूली असला विस्तृत हो चुका है, ऐसे लोग अनुकूली-प्रतिरोधी (adaptive immune) होते हैं। यह लोग संक्रमित नहीं होते। अगर संक्रमित व्यक्ति के सम्पर्क में आने वाले ज़्यादातर लोग इसी तरह से अनुकूली-प्रतिरोधी हुए तो वायरस की प्रसार क्षमता कुन्द पड़ जाती है। ठीक यही बात तब होती है जब एक ठीकठाक प्रभावी टीका लगने से किसी आबादी का काफ़ी बड़ा हिस्सा (वास्तव में संक्रमित होने की बजाय) अनुकूली-प्रतिरोधी हो जाता है। इसलिए, किसी समुदाय में अगर आबादी का काफ़ी बड़ा हिस्सा वायरस के प्रति अनुकूली-प्रतिरोधी है तो उस वायरस के फैलने की सम्भावना अन्तत: ख़त्म ही हो जाएगी (देखें **चित्र 2**)। इस स्थिति को सामुदायिक प्रतिरक्षा कहते हैं।

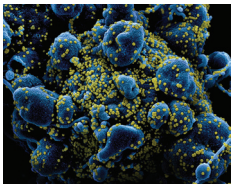
चलते-चलते

जैसा कि हम देख सकते हैं, इस बात की पूरी सम्भावना है कि अधिकांश संक्रमण, देर-सबेर, सामुदायिक प्रतिरक्षा के स्तर पर पहुँच जाएँगे। यानी सामुदायिक प्रतिरक्षा महज़ एक प्राकृतिक परिणाम है, न कि स्वीडन सरकार या मिस्टर बोरिस जॉनसन द्वारा रची गई कोई रणनीति।

SARS-CoV-2 के सन्दर्भ में सामुदायिक प्रतिरक्षा हासिल करने के हिसाब से आबादी का कितना अनुपात अनुकूली-प्रतिरोधी होना चाहिए? हम पक्की तौर पर नहीं जानते— यह प्रतिशत अलग-अलग संक्रमणों और सूक्ष्मजीवों से सम्बन्धित कई कारकों के हिसाब से बदलता है। वैसे 50-80% के बीच का आँकड़ा सामने आया है। इस समय तो, SARS-CoV-2 के प्रति अनुकूली-प्रतिरोधी हासिल कर चुके लोगों का अधिकतम दर्ज अनुपात लगभग 20% है। इससे यह तो स्पष्ट है कि SARS-CoV-2 के प्रति सामुदायिक प्रतिरक्षा अभी तक तो दुनिया के किसी भी हिस्से में विकसित नहीं हो पाई है।

सामुदायिक प्रतिरक्षा की टिकाऊ स्थिति आने के लिए ज़रूरी है कि वायरस के संक्रमण के परिणामस्वरूप एक अच्छी सुरक्षात्मक अनुकूली-प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया स्थापित होनी चाहिए और यह प्रतिक्रिया (मसलन,एंटीबॉडीज़) जल्दी ग़ायब भी नहीं हो जानी चाहिए। जहाँ तक SARS-CoV-2 की बात है तो इसकी पहली शर्त का पालन तो संक्रमित लोगों की बड़ी आबादी में हुआ है, लेकिन जहाँ तक एंटीबॉडीज़ के टिके रहने का मसला है तो अनिश्चितता अभी भी बरक़रार है। सो SARS-CoV-2 के मामले में अर्जित सामुदायिक प्रतिरक्षा के किंचित अस्थायी बने रहने की सम्भावना है। स्थिति को टिकाऊ बनाने के लिहाज़ से हमें टीकों पर और भी ज़्यादा निर्भर बने रहना पड़ेगा (जितना पहले सोचा नहीं था, उससे ज़्यादा)।

मुख्य बिन्दु



- मानव शरीर शोथ और वायरस-रोधी प्रतिक्रियाओं के द्वारा किसी वायरस के संक्रमण से हमारी सुरक्षा करता है।
- शोथ, साइटोकाइन्स की मदद से संक्रमण के प्रसार को नियंत्रण क्षेत्रों में 'क्वारंटाइन' कर सीमित कर देती है।
- वायरस-रोधी प्रतिक्रियाएँ तीन ख़ास तरीक़ों से संक्रमण को एक सीमित दायरे में रखती हैं— कोशिकाओं को यह संकेत देकर कि वे वायरस की घुसपैठ को मुश्किल बना दें, ऐसी एंटीबॉडीज़ बनाकर जो वायरस के कोशिकाओं से जुड़ने में अड़ंगा लगाती हैं, और संक्रमित कोशिकाओं को पहचानकर उन्हें ख़त्म करने के लिए मारक कोशिकाओं को काम पर लगाकर।
- चूँकि एंटीबॉडीज़ व मारक कोशिकाओं वाली वायरस-रोधी प्रतिक्रियाएँ 'अनुकूली' होती हैं, सो वे सक्रिय होने में समय ले सकती हैं।
- SARS-CoV-2 के प्रति एंटीबॉडी प्रतिक्रियाएँ हल्की-फुल्की हो सकती हैं, और इसीलिए वे महज़ कुछ हफ़्तों से लेकर केवल कुछ महीनों तक ही क़ायम रह सकती हैं।
- कैंसर के लिए कीमोथेरेपी करा रहे, और शोथ से पीड़ित लोग *कोविड-19* के गम्भीर रूप से शिकार हो सकते हैं।
- ज़्यादा मात्रा में वायरस का हमला और कमज़ोर प्रतिरक्षा— इन दो कारकों के चलते साइटोकाइन सैलाब सक्रिय हो सकते हैं जिनके परिणामस्वरूप रोग गम्भीर हो सकता है।
- पहले से ही वायरस के संसर्ग में आने या प्रभावी टीकाकरण के चलते एक बड़ी आबादी के अनुकूली-प्रतिरोधी हो जाने के प्राकृतिक परिणाम को सामुदायिक प्रतिरक्षा कहते हैं।

Note: Source of the image used in the background of the article title: https://www.flickr.com/photos/niaid/49680384281/in/photostream/. Credits: The National Institute of Allergy and Infectious Diseases, US. License: CC-BY.

सत्यजीत रथ भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसन्धान संस्थान (IISER), पुणे में विज़िटिंग प्रोफ़ेसर हैं। पूर्व में वे राष्ट्रीय प्रतिरक्षा विज्ञान संस्थान (NII), नई दिल्ली में वैज्ञानिक के पद पर रहे हैं। **अनुवाद :** मनोहर नोतानी