हमारा शरीरः कितना हमारा, कितना पराया

डॉ. सुशील जोशी

पिछले कुछ वर्षों में जीव विज्ञान व चिकित्सा के क्षेत्र में अध्ययन की एक नई शाखा ने महत्व अख्तियार किया है। इसे माइक्रोबायोमिक्स कहते हैं। यह हमारे शरीर के विभिन्न अंगों में बसने वाले सूक्ष्मजीवों और उनके हमारे शरीर पर प्रभाव का अध्ययन है।

पिछले दो दशकों में ऐसे शोध पत्रों की बाढ़-सी आ गई है जिनमें यह बताया गया है कि यह सूक्ष्मजीव जगत हमारे जैसे बहुकोशिकीय जीवों की शरीर क्रिया पर क्या प्रभाव डालता है और इसका स्वास्थ्य व बीमारियों से क्या सम्बंध है। इस संदर्भ में यह आंकड़ा सबसे प्रचलित रहा है कि मानव शरीर में उसकी अपनी कोशिकाओं के मुकाबले सूक्ष्मजीवों की कोशिकाओं की संख्या 10 गुना या उससे भी ज़्यादा होती हैं। यानी यदि आपके शरीर में गिनती की जाए, तो शायद आपकी कोशिकाओं की संख्या मात्र 10 प्रतिशत या, दूसरे शब्दों में, नगण्य निकले। मगर हाल के एक शोध पत्र में इस आंकड़े पर सवाल उठाए गए हैं।

इस्राइल में रोहोवोत स्थित वाइज़मैन इंस्टीट्यूट ऑफ साइन्स के रॉन मिलो व उनके साथियों ने अपने ताज़ा शोध पत्र में सबसे पहले तो यह जानने का प्रयास किया है कि आखिर बैक्टीरिया और मानव कोशिकाओं का 10:1 का अनुपात आया कहां से। फिर उन्होंने नए सिरे से गणना करने की कोशिश की है कि वास्तव में मानव शरीर में बैक्टीरिया कोशिकाओं की संख्या कितनी होती है और खुद मानव की कोशिकाएं कितनी होती हैं।

यह जानना दिलचस्प होगा कि आखिर इन कोशिकाओं की गिनती कैसे की जाती है।

10:1 के अनुपात का स्रोत

मिलो व उनके साथियों ने यह जानने के लिए वैज्ञानिक साहित्य की गहन पड़ताल की कि मानव शरीर में बैक्टीरिया और मानव कोशिकाओं के 10:1 के अनुपात का स्रोत क्या है। उन्होंने पाया कि जिस आंकड़े का हवाला कई वर्षों से विभिन्न शोध पत्रों में दिया जा रहा है वह 1972 में टी. लकी ने एक मोटी-मोटी गणना के आधार पर निकाला था जिसे 'बैक ऑफ दी एन्वेलप केल्कुलेशन' कहते हैं। बाद में इसे डी. सेवेज ने 1976 में *एनुअल रिव्यू ऑफ माइक्रोबायोलॉजी* नामक शोध पत्रिका में अपने शोध पत्र में उद्धरित करके लगभग अमर कर दिया। उसके बाद से माइक्रोबायोम सम्बंधी सारे पर्चों में इसी आंकड़े को दोहराया जाता रहा है।

चूंकि इंसान के शरीर में अधिकांश सूक्ष्मजीव बैक्टीरिया होते हैं इसलिए इन्हें सूक्ष्मजीव की बजाय बैक्टीरिया कहना अनुपयुक्त नहीं है। बहरहाल, लकी ने अपने 1972 के शोध पत्र में बहुत ही मोटी-मोटी गणनाएं की थीं और वे इस निष्कर्ष पर पहुंचे थे कि एक 'संदर्भ व्यक्ति' के शरीर की आहार नाल में करीब 10^{14} बैक्टीरिया का निवास होता है। इसके बाद बैक्टीरिया की दूसरी सबसे बड़ी आबादी त्वचा पर होती है (करीब 10^{12})। ध्यान दें कि 10^{14} (10 घात 14) का मतलब होता है 1 के बाद 14 शून्य लगाई जाएं। 'संदर्भ व्यक्ति' से आशय हैः "20-30 वर्ष उम्र का पुरुष जिसकी ऊंचाई 170 से.मी. और वज़न 70 किलोग्राम है।"

मिलो की टीम का मत है कि लकी ने यह गणना एक मोटा अनुमान पाने के लिए की थी, और उन्होंने शायद सोचा भी नहीं था कि अगले तीन दशकों तक यह एक मानक संख्या के रूप में उद्धरित की जाएगी। वैसे मिलो का मत है कि लकी का यह प्रयास मोटा-मोटा अनुमान पाने के लिहाज़ से एक सराहनीय व परिष्कृत प्रयास था। तो, लकी ने यह गणना कैसे की थी?

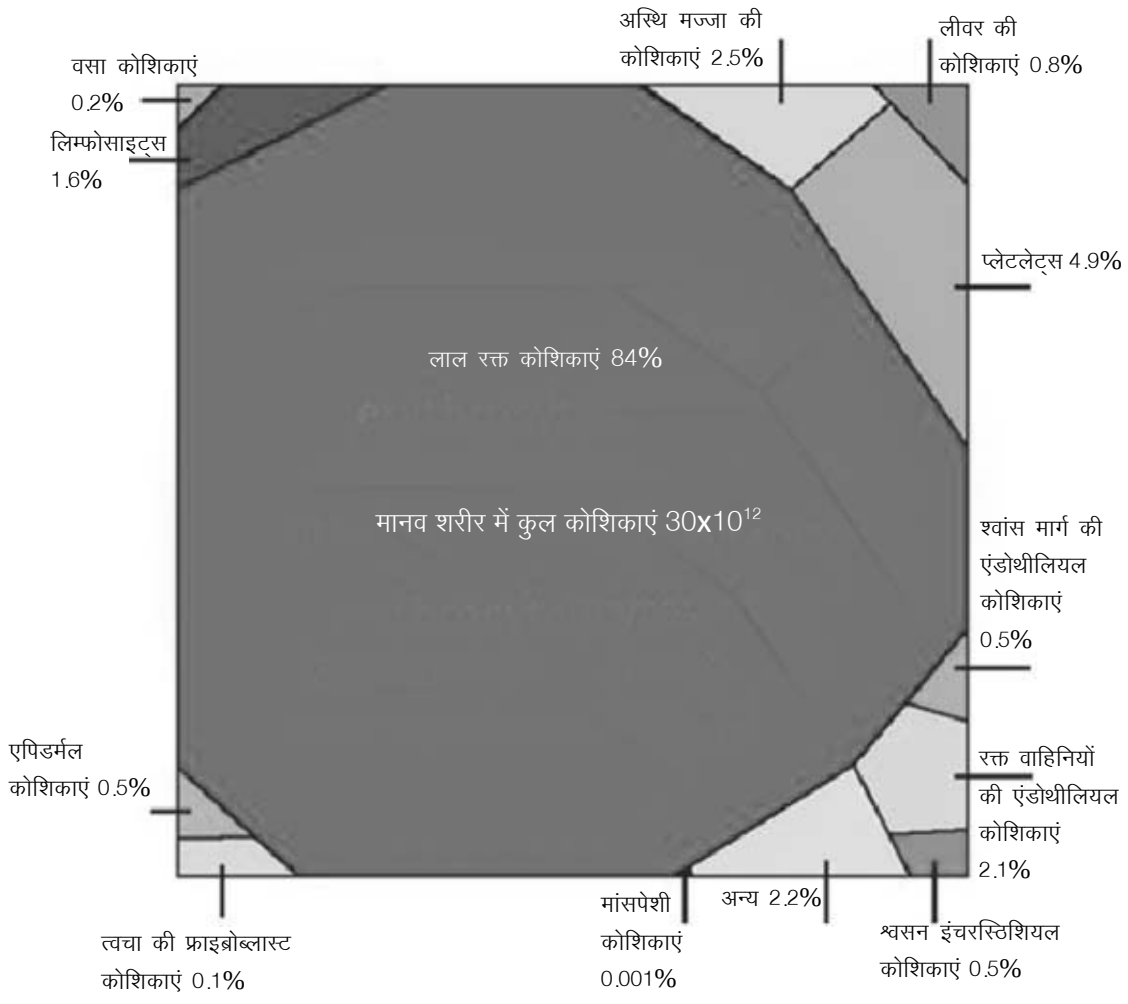
उदाहरण के लिए, लकी ने मनुष्य की आहार नाल में बैक्टीरिया की संख्या का अनुमान लगाने के लिए आहार नाल का आयतन 1 लीटर माना। यानी यदि उसमें उपस्थित पदार्थ का घनत्व 1 ग्राम प्रति मिली लीटर हो, तो बड़ी आंत (कोलन) में कुल पदार्थ 1 किलोग्राम होगा। अब उन्होंने

विभिन्न अध्ययनों से प्राप्त आंकड़ों का उपयोग किया। खास तौर से मल में बैक्टीरिया की गिनती के प्रायोगिक आंकड़ों का उपयोग किया गया। विभिन्न अध्ययनों में पता चला था कि प्रति ग्राम गीले मल में लगभग 10^{11} बैक्टीरिया होते हैं। यह आंकड़ा वास्तविक गिनती पर आधारित है।

चूंकि 1 ग्राम गीले मल में 10^{11} बैक्टीरिया हैं, तो आसानी से बताया जा सकता है कि 1 किलोग्राम में 10^{14} (10^{11}**X**1000) बैक्टीरिया होंगे। इसमें मान्यता यह है कि मल में बैक्टीरिया उसी अनुपात में निकलते हैं जितने कि वे आंत में हैं।

गणना का यह तरीका बहुत ही परिष्कृत है किंतु इसमें जो मान्यताएं ली गई हैं वे थोड़ी विवादस्पद हैं। पहली बात तो यह है कि आहार नाल में लगभग सारे बैक्टीरिया मात्र बड़ी आंत (कोलन) में ही पाए जाते हैं। कोलन का आयतन 1 लीटर नहीं बल्कि मात्र 400 मि.ली. के लगभग होता है। कोलन का आयतन निकालने की कई विधियां हैं। जैसे उसमें से पदार्थों के प्रवाह का मापन, बेरियम भोजन खिलाकर एक्सरे निकालना और पोस्ट मॉर्टम से प्राप्त आंकड़े। ऐसे कई अध्ययनों के आधार पर 'संदर्भ व्यक्ति' में कोलन का औसत आयतन 409 मि.ली. निकला है।

तो हमें यह तो पता चल गया कि कोलन में पदार्थ की मात्रा 409**X**1.02=417 ग्राम होती है। अब यह देखना है



कि प्रति ग्राम पदार्थ में कितने बैक्टीरिया होते हैं। इसका सबसे प्रचलित तरीका है कि मल के नमूने में बैक्टीरिया की गिनती कर ली जाए। मान्यता यह है कि मल का नमूना कोलन में उपस्थित पदार्थ का सही प्रतिनिधित्व करता है।

1960 व 1970 के दशक में शोधकर्ताओं ने कई मरीज़ों के मल के नमूने लिए और उनके पतले घोल बनाकर सूक्ष्मदर्शी में देखकर बैक्टीरिया की गिनती कर ली। फिर उल्टी तरफ से गणना करके पता किया कि मल में प्रति ग्राम कितने बैक्टीरिया हैं।

इन प्रयोगों के आंकड़े प्रायः बैक्टीरिया प्रति ग्राम शुष्क मल के रूप में दिए जाते हैं। मगर यदि कोलन में बैक्टीरिया की गणना करना है तो शुष्क मल के भार से काम नहीं चलेगा। आपको तो गीले मल में बैक्टीरिया का घनत्व चाहिए। इसकी गणना के लिए करना यह पड़ेगा कि यह पता लगाया जाए कि मल को सुखाने की प्रक्रिया में कितना वज़न घटता है और फिर उसकी मदद से गीले मल में बैक्टीरिया घनत्व निकालना होगा।

जब इन सुधारों के बाद प्रति ग्राम मल में बैक्टीरिया की संख्या निकाली गई तो वह आई 0.92×10^{11}।

अब कोलन में कुल बैक्टीरिया की गणना की जा सकती है। प्रति ग्राम गीले मल में 0.92×10^{11} बैक्टीरिया हैं और कोलन में भरे पदार्थ का वज़न 417 ग्राम है तो कोलन में कुल बैक्टीरिया संख्या 3.9×10^{13} आती है। यह तो हुई कोलन में बैक्टीरिया की संख्या। शेष सारे अंगों में बैक्टीरिया की संख्या कई अलग-अलग विधियों से ज्ञात की गई है और वह अधिकतम 10^{12} आती है। इन्हें जोड़ने पर हमें जो संख्या मिलेगी वह 10^{13} के आसपास ही होगी।

मनुष्य शरीर में कोशिकाएं

यह भी रोचक है कि हम कैसे जानते हैं कि मनुष्य के शरीर में कितनी कोशिकाएं होती हैं। वैज्ञानिक साहित्य में इसका आंकड़ा 10^{12} से लेकर 10^{14} के बीच मिलता है।

एक तरीका यह है कि 100 (10^2) किलोग्राम के एक व्यक्ति को लें और इस वज़न में एक औसत स्तनधारी कोशिका के वज़न से भाग दे दें। स्तनधारी कोशिका का औसत वज़न 10^{-12} से 10^{-11} किलोग्राम माना जाता है (अर्थात 0.000000000001 किलोग्राम)। इस आधार पर गणना करें तो 100 किलोग्राम के व्यक्ति में कोशिकाओं की संख्या 10^{13} और 10^{14} के बीच निकलती है। अब इस गणना में एक चीज़ को छोड़ दिया गया है - मनुष्य के शरीर का सारा वज़न कोशिकाओं में नहीं होता बल्कि कुछ वज़न कोशिकाओं के बीच के पदार्थ में भी होता है। अलबत्ता, ऐसी मोटी-मोटी गणनाओं में इस तरह की चीज़ों को छोड़ना लाज़मी है।

एक अध्ययन में डीएनए आधारित विधि का उपयोग भी किया गया है। डीएनए सजीवों के गुणधर्मों का निर्धारण करने वाला पदार्थ है जो कोशिकाओं के केंद्रक में पाया जाता है। सबसे पहले 25 ग्राम के एक चूहे में उपस्थित कुल डीएनए (लगभग 20 मि.ग्रा.) में एक कोशिका में अनुमानित डीएनए की मात्रा (6×10^{-12} ग्राम प्रति कोशिका) से भाग दे दिया गया। इस तरीके से 25 ग्राम के चूहे में कोशिकाओं की संख्या निकली 3×10^9 कोशिकाएं। अब चूहा तो 25 ग्राम का है। मगर इसके आधार पर गणना करके 100 कि.ग्रा. के एक मनुष्य में कोशिकाओं की संख्या निकाली जा सकती है - लगभग 10^{13} कोशिकाएं। मगर इस विधि की एक दिक्कत है। स्तनधारियों के शरीर में कोशिकाओं की एक बड़ी तादाद (वास्तव में सबसे बड़ी तादाद) ऐसी है जिनमें डीएनए तो क्या केंद्रक ही नहीं होता। जैसे, लाल रक्त कोशिकाएं और रक्त प्लेटलेट्स।

एक अन्य विधि में कोशिकाओं के विभिन्न समूहों को व्यवस्थित रूप से गिना जाता है। किया यह जाता है कि कोशिकाओं के समूह बनाए जाते हैं। ऐसे एक प्रयास में समूहीकरण या तो ऊतक के आधार पर (जैसे ग्लियल कोशिकाएं) किया गया अथवा उनके पाए जाने के स्थान के आधार पर (जैसे अस्थि मज्जा की केंद्रकयुक्त कोशिकाएं) किया गया। ग्लियल कोशिकाएं तंत्रिका तंत्र की संयोजी कोशिकाएं होती हैं। इसके लिए प्रत्येक समूह की कोशिकाओं की संख्या का अंदाज़ लगाने के लिए आप चाहें तो शोध साहित्य में दिए गए आंकड़े का उपयोग कर सकते हैं या फिर प्रत्येक ऊतक की पतली स्लाइस (अनुप्रस्थ काट) में

कोशिकाओं की संख्या गिन सकते हैं और इस संख्या को उस ऊतक की मोटाई से गुणा करके कुल कोशिकाओं की संख्या निकाल सकते हैं। ऐसे एक प्रयास में मनुष्य शरीर में कोशिकाओं की संख्या निकली थी 3.7×10^{13}।

मिलो व उनके साथियों ने थोड़ा अलग रास्ता अपनाया। उन्होंने सारी कोशिकाओं पर ध्यान न देकर मात्र 6 किस्म की कोशिकाओं पर ध्यान दिया जिनके बारे में पता है कि वे कुल कोशिकाओं में 97 प्रतिशत होती हैं: लाल रक्त कोशिकाएं (70 प्रतिशत), ग्लिअल कोशिकाएं (8 प्रतिशत), एंडोथीलियल कोशिकाएं (7 प्रतिशत), त्वचा की फाइब्रोब्लास्ट कोशिकाएं (5 प्रतिशत), प्लेटलेट्स (4 प्रतिशत) और अस्थि मज्जा की कोशिकाएं (2 प्रतिशत)।

मनुष्य के शरीर में कोशिकाओं की सबसे बड़ी संख्या लाल रक्त कोशिकाओं की होती हैं। एक औसत व्यक्ति के शरीर में खून का आयतन 4.9 लीटर होता है। प्रयोगों के आंकड़े बताते हैं कि पुरुषों में प्रति लीटर खून में कोशिकाओं की संख्या $4.6\text{-}6.1 \times 10^{12}$ तथा महिलाओं में $4.2\text{-}5.4 \times 10^{12}$ होती है। इस हिसाब से कुल 4.9 लीटर खून में लाल रक्त कोशिकाओं की संख्या 2.6×10^{13} निकलती है।

पहले की गणनाओं के आधार पर ग्लिअल कोशिकाओं की संख्या 3×10^{12} बताई गई थी। यह आंकड़ा इस मान्यता के आधार पर निकला था मस्तिष्क में तंत्रिका कोशिकाओं और ग्लिअल कोशिकाओं का अनुपात 10:1 का होता है। मगर हाल में जब मस्तिष्क के अलग-अलग हिस्सों की छानबीन की गई तो पता चला है कि यह अनुपात वास्तव में 1:1 के ज़्यादा करीब है। तो संभवतः मस्तिष्क में ग्लिअल कोशिकाओं और तंत्रिका कोशिकाओं की संख्या बराबर-बराबर होती है (8.5×10^{10})।

अब आते हैं एंडोथीलियल कोशिकाओं पर। ये वे कोशिकाएं हैं जो हमारे सारे अंगों (आंत, फेफड़े, रक्त वाहिनियां वगैरह) का अस्तर बनाती हैं। पहले इनकी संख्या का अनुमान 2.5×10^{12} माना गया था। यह इस आधार पर निकाला गया था: एक एंडोथीलियल कोशिका की सतह का क्षेत्रफल लेकर उससे रक्त वाहिनियों की सतह के क्षेत्रफल में भाग दे दिया गया। शरीर में महीन रक्त वाहिनियों यानी केशिकाओं की कुल लंबाई 8×10^{9} से.मी. मानी गई थी। मगर इसी गणना को थोड़ा अलग ढंग से किया जा सकता है। प्रत्येक किस्म की रक्त वाहिनी में खून की मात्रा के अनुमान उपलब्ध हैं। विभिन्न रक्त वाहिनियों के औसत व्यास के आंकड़े के आधार पर हर प्रकार की वाहिनी की लंबाई पता की जा सकती है। इसके आधार पर उनकी अंदरुनी सतह का क्षेत्रफल निकाला जा सकता है। अब इस कुल क्षेत्रफल में एक एंडोथीलियल कोशिका के क्षेत्रफल से भाग देने पर पता चलता है कि रक्त वाहिनी की एंडोथीलियल कोशिकाओं की संख्या 6×10^{11} है।

फाइब्रोब्लास्ट कोशिकाएं शरीर के संयोजी ऊतक की कोशिकाएं होती हैं। पहले त्वचा की फाइब्रोब्लास्ट कोशिकाओं की संख्या 1.85×10^{12} निकाली गई थी। इस अनुमान के लिए मानव शरीर की सतह के कुल क्षेत्रफल (1.85 वर्ग मीटर) में फाइब्रोब्लास्ट कोशिका के औसत क्षेत्रफल से भाग किया गया था। मगर इसमें त्वचा की मोटाई का ध्यान नहीं रखा गया था। त्वचा की विभिन्न परतों में कोशिकाओं का घनत्व बराबर-बराबर नहीं होता। जब इस बात को भी गणना में शामिल किया गया तो पता चला कि त्वचा की फाइब्रोब्लास्ट कोशिकाओं की संख्या 2.6×10^{10} है।

कुल मिलाकर मानव शरीर में गैर-रक्त कोशिकाओं की अनुमानित संख्या 9×10^{11} आती है। इसमें अन्य गैर-रक्त कोशिकाओं की संख्या को भी जोड़ दें तो भी ऐसी कोशिकाओं की कुल संख्या 3×10^{12} ही होती है। इसका मतलब है कि हमारे शरीर में कुल कोशिकाओं में से रक्त कोशिकाएं 90 प्रतिशत हैं और शेष कोशिकाएं मात्र 10 प्रतिशत।

अपने शरीर को देखें तो विश्वास नहीं होता कि कोशिकाओं की 90 प्रतिशत संख्या सिर्फ खून में बहती केंद्रक विहीन लाल रक्त कोशिकाओं और प्लेटलेट्स के रूप में है। आखिर वज़न के हिसाब से देखें तो कहां मात्र 5 लीटर खून और कहां भारी भरकम हड्डियां और मांसपेशियां। इस विरोधाभास को समझने के लिए हमें कोशिकाओं के वज़न पर गौर करना होगा। हमें देखना होगा कि विभिन्न कोशिकाओं की अनुमानित संख्याओं में उनके वज़न का गुणा किया जाए तो क्या हमारे शरीर के भार के बराबर हो जाता है। यहां यह

पहले ही बता देना मुनासिब है कि व्यक्ति के कुल भार का लगभग 25 प्रतिशत कोशिकाओं से बाहर तरल रूप में और 7 प्रतिशत हिस्सा कोशिकाओं के बाहर ठोस रूप में होता है। यानी किसी व्यक्ति का वज़न 70 किलोग्राम हो, तो कोशिकाओं के आधार पर हमें सिर्फ 47 किलोग्राम का हिसाब मिलाना है।

इसकी गणना एक रिपोर्ट के नतीजों के आधार पर की जा सकती है - *रिपोर्ट ऑफ दी टास्क ग्रुप ऑन रेफरेंस मैन* (संदर्भ व्यक्ति पर टास्क समूह की रिपोर्ट)। इस रिपोर्ट में मानव शरीर के विभिन्न ऊतकों के वज़न दिए गए हैं और इसमें कोशिकाओं में समाहित व कोशिकाओं से बाहर मौजूद वज़न अलग-अलग दिए गए हैं। इसका अंदाज़ लगाने के लिए पोटेशियम सांद्रता का उपयोग किया जाता है।

इस गणना से स्पष्ट है कि कोशिकाओं की संख्या और ऊतक के भार के बीच सीधा सम्बंध नहीं है। कोशिकाओं की संख्या की दृष्टि से लाल रक्त कोशिकाओं का बोलबाला (84 प्रतिशत) है जो हमारे शरीर की सबसे कम आयतन की कोशिकाओं में से हैं - लाल रक्त कोशिका का आयतन मात्र 100 घन माइक्रोमीटर होता है। इसके विपरीत भार की दृष्टि से देखें तो कुल कोशिका भार में से 75 प्रतिशत मात्र दो प्रकार की कोशिकाओं से बना होता है - वसा कोशिकाएं और मांसपेशीय कोशिकाएं। ये बड़ी-बड़ी कोशिकाएं होती हैं जिनका आयतन आम तौर पर 10,000 घन माइक्रोमीटर से ज़्यादा होता है। मगर कुल कोशिकाओं में से इनकी संख्या बहुत कम (0.1 प्रतिशत) होती है।

बैक्टीरिया बनाम हम

अब हमने बैक्टीरिया की संख्या का भी अनुमान लगा लिया है और अपनी कोशिकाओं का भी। अब कह सकते हैं कि यह अनुपात अधिकतम 1:1.3 का है। दूसरे शब्दों में हमारे शरीर में हमारी अपनी कोशिकाएं और बैक्टीरिया कोशिकाएं लगभग बराबर-बराबर है। हां, यदि हम मानव शरीर में बैक्टीरिया कोशिकाओं की संख्या और केंद्रक युक्त कोशिकाओं की संख्या का अनुपात निकालें, तो वह बेशक 10:1 का आता है। मगर नई गणनाओं के आधार पर इस आंकड़े को त्यागकर नए आंकड़े को अपना लेना चाहिए। क्या इस नए आंकड़े की वजह से माइक्रोबायोमिक्स का महत्व कम हो जाता है? ऐसा नहीं है। यह सवाल मात्र संख्याओं का नहीं बल्कि बैक्टीरिया और हमारे शरीर की आपसी अंतर्क्रिया का है। ***(स्रोत फीचर्स)***