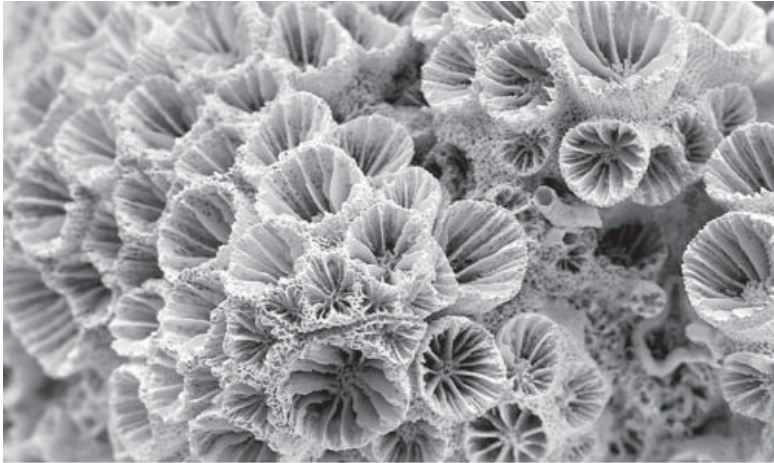


मानव हड्डियाँ कैसे विकसित करें

आधुनिक बोन ग्राफ्ट में कोरल की एक आश्चर्यजनक भूमिका

कार्ली ऐनी यॉर्क



फोटो - Vsevolod FINCH Ziablov

प्रवाल (कोरल) का कंकाल, जिसमें जटिल, फूल जैसी कैलिस (कोरालाइड्स) संरचनाएँ स्पष्ट दिखाई देती हैं।

सन् 1668 में, जैकब वैन मीकेरन नाम के एक डच डॉक्टर के पास एक साहसिक योजना थी। हाल ही में उनकी देखभाल में एक मरीज़ आया, जिसको एक अनोखी चोट थी — उसकी खोपड़ी बुरी तरह से क्षतिग्रस्त हो गई थी। वह एक सिपाही था जिसने युद्ध की क्रूरताएँ देखी थीं, और हालाँकि वह यह दास्तान सुनाने के लिए ज़िन्दा बच गया, लेकिन युद्ध के मैदान में वह बुरी तरह ज़ख्मी हो गया था। वैन मीकेरन ने इसे सर्जरी से ठीक करने का प्रस्ताव रखा,

घायल हिस्से में किसी दूसरी खोपड़ी का एक टुकड़ा लगाकर उसकी आकृति को ठीक करने का। आप सोच रहे होंगे कि बिना कोई अपराध किए खोपड़ी का टुकड़ा कहाँ से मिलेगा, और यही सवाल वैन मीकेरन के मन में भी था।

अनोखे बोन ग्राफ्ट की शुरुआत

मानव खोपड़ी का इस्तेमाल करना थोड़ा मुश्किल हो सकता था, इसलिए उन्होंने तय किया कि सबसे अच्छा उपाय होगा, कुत्ते की खोपड़ी का एक



चित्र-1: डायर वुल्फ एवं मानव खोपड़ी के आकार की तुलना।

टुकड़ा इस्तेमाल करना (शायद वैन मीकेरन बिल्ली-प्रेमी थे)। तो, उन्होंने सिपाही का सिर काटकर खोला और कुत्ते की खोपड़ी का टुकड़ा चोट वाली जगह पर लगा दिया। सर्जरी सफल रही, और सिपाही ने आगे चलकर एक... नाखुश ज़िन्दगी जी। दरअसल, एक ऐसी समस्या आ खड़ी हुई जिसकी कल्पना वैन मीकेरन ने नहीं की थी। मरीज़ के चर्च ने तय किया कि अब वह शख्स आंशिक रूप से कुत्ता हो गया है, इसलिए अब वह चर्च का सदस्य नहीं रह सकता। चर्च ने उसे समुदाय से बाहर कर दिया, और समुदाय से दूर होने पर वह बेहद व्यथित हो गया।

बेबस होकर सिपाही वैन मीकेरन के पास लौटा और उनसे कुत्ते की

खोपड़ी का टुकड़ा निकाल देने की विनती की। वैन मीकेरन ने अनमने मन से हामी भर दी, लेकिन उन्हें अपनी सफल सर्जरी को नष्ट करने का दुख भी था। जब उन्होंने दूसरी बार सिपाही की खोपड़ी खोली, तो दृश्य चौंकाने वाला था। कुत्ते की खोपड़ी का वह टुकड़ा सिपाही की खोपड़ी के साथ पूरी तरह जुड़ चुका था और अब उसे निकालना असम्भव था। उन्होंने दर्ज इतिहास में शायद सबसे पहली सफल अस्थि प्रत्यारोपण (बोन ग्राफ्ट) प्रक्रिया की थी।

बोन ग्राफ्ट: कठिन चिकित्सा चुनौती

बोन ग्राफ्ट तकनीक 1600 के दशक से अब तक बहुत आगे बढ़ चुकी है, और आज जिन सामग्रियों

का उपयोग किया जाता है, उनके कारण लोगों को अपने चर्च से बहिष्कृत नहीं किया जाता। लेकिन बोन ग्राफ्ट सर्जरी में अब भी कई तरह की समस्याएँ बनी हुई थीं। हड्डियाँ एक खास तरह का ऊतक (tissue) होती हैं, क्योंकि इनमें क्रिस्टल के स्वरूप में खनिज, प्रोटीन से जुड़े होते हैं। कोलेजन का जाल इन खनिजों को सही तरीके से एकसाथ रखने में मदद करता है। हड्डियों को इतना मज़बूत होना चाहिए कि हमारा शरीर जो दबाव डालता है, उसे सह सकें, और साथ ही इतनी हल्की भी होनी चाहिए कि हम आसानी-से हिल-डुल और चल-फिर सकें।

यह एक मुश्किल सन्तुलन है, इसलिए इसे हासिल करने के लिए हड्डियों में कई परतें होती हैं। बाहर की सफेद और सख्त परत, जिससे हम कंकाल के रूप में सबसे ज़्यादा परिचित होते हैं, मज़बूत और ठोस होती है। लेकिन अन्दर का हिस्सा खोखला होता है और उसमें स्पंजी, छिद्रदार ऊतक मौजूद होता है जिसमें रक्त नलिकाएँ उपस्थित होती हैं। हड्डियाँ जीवित ऊतक हैं, जो लगातार खुद को नया रूप देते रहते हैं, इसलिए यदि हड्डी में फ्रैक्चर छोटा है, तो वह अपने आप ठीक हो जाता है। लेकिन अगर बीच में बड़ा खाली हिस्सा हो, तो हड्डी के लिए खुद को ठीक करना मुश्किल हो

जाता है। इसका सबसे अच्छा इलाज हड्डी का ग्राफ्ट लगाना है। उचित संरचना मिलने पर हड्डी, नए विकसित हिस्सों के साथ ग्राफ्ट को जोड़कर, उसे अपने में समाहित कर लेती है।

जैसा कि वैन मीकेरन ने देखा, ग्राफ्ट के लिए हड्डियों को ढूँढना पेचीदा हो सकता है। एक विकल्प अंगदाता का उपयोग करना है, लेकिन इसके लिए मृत शरीर की आवश्यकता होती है और इससे रोग संक्रमण की थोड़ी सम्भावना भी बनी रहती है। दूसरा तरीका यह है कि हम इस काम के लिए हड्डी का एक टुकड़ा रोगी के शरीर से ही लें। इसमें दो सर्जरी करनी पड़ती हैं — एक, जिसमें हड्डी का टुकड़ा रोगी के किसी अन्य हिस्से से निकाला जाता है, और दूसरी, जिसमें इसे उस स्थान पर लगाया जाता है जहाँ ज़रूरत है। दो सर्जरी के कारण इस तरीके में जटिलताओं का जोखिम बढ़ जाता है।

सालों तक डॉक्टर एक बेहतर विकल्प की तलाश करते रहे, लेकिन ऐसा कोई पदार्थ नहीं मिला जो कारगर साबित हो सके। कृत्रिम सामग्रियों जैसे लकड़ी और संगमरमर के साथ प्रयोग किए गए, मगर कोई सफलता नहीं मिली। पहला विदेशी पदार्थ जिसने थोड़ी-सी उम्मीद की किरण जगाई, वह था प्लास्टर ऑफ पेरिस। सबसे बड़ी चुनौती थी एक

कृत्रिम संरचना बनाना, जिसमें ऐसी जाली हो जो सम्पूर्ण पुनर्निर्मित हड्डी में रक्त वाहिकाओं को बढ़ने दे। यह कार्य काफी कठिन साबित हुआ। इंजीनियरों ने छिद्रयुक्त सिरैमिक से सहायक संरचना बनाने की कोशिश की, लेकिन उसमें प्राकृतिक हड्डी जैसी एकसमान आन्तरिक संरचना नहीं थी। इसी कारण डॉक्टरों के पास या तो मृत शरीर की हड्डी का उपयोग करने या फिर रोगी की दो सर्जरी करने के अलावा और कोई विकल्प नहीं बचता था।

कोरल में छिपी ग्राफ्ट की सम्भावना

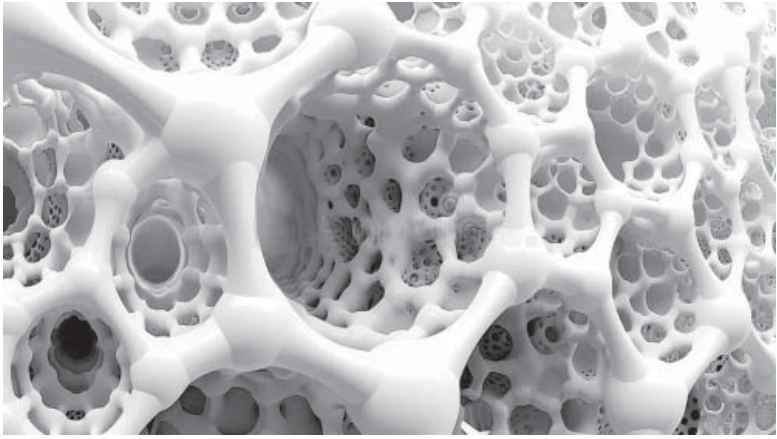
जॉन वेबर जब कोरल रीफ का अध्ययन कर रहे थे तब उनके दिमाग में बोन ग्राफ्ट का खयाल दूर-दूर तक नहीं था। वे पेन स्टेट यूनिवर्सिटी में समुद्री भूवैज्ञानिक (marine geologist) थे और उन्हें चिकित्सा समुदाय की कमियों की तुलना में कोरल की रासायनिक संरचना को समझने में कहीं अधिक रुचि थी। वेबर विशेष रूप से यह समझना चाहते थे कि कोरल कंकाल में पाए जाने वाले रसायन, प्रजाति और पर्यावरण के आधार पर किस प्रकार बदलते हैं। उन्होंने 1960 और 1970 के दशक में इन विषयों पर कई शोध-पत्र प्रकाशित किए।

जब पेन स्टेट (Penn State) यूनिवर्सिटी को कुछ नई और अत्याधुनिक तकनीक मिली, तो वेबर

का शोध पूरी तरह बदल गया। पेन स्टेट अमेरिका के उन शुरुआती शोध संस्थानों में से एक था, जिन्हें स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप मिला था। यह पारम्परिक माइक्रोस्कोप से अलग था क्योंकि यह किसी भी नमूने का त्रिआयामी दृश्य प्रदान करता था। यूजीन व्हाइट पेन स्टेट यूनिवर्सिटी में एक पदार्थ वैज्ञानिक थे और उन्हें इस बेहद महत्वपूर्ण और दुर्लभ तकनीक को चलाने की ज़िम्मेदारी मिली थी। वेबर को कोरल के कंकाल देखने की जिज्ञासा हुई, इसलिए उन्होंने व्हाइट से इसे स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप से देखने की अनुमति मांगी। स्वयं एक स्कूबा डाइवर होने के कारण, व्हाइट भी इस विचार से रोमांचित हो गए।

देशभर से लोग व्हाइट के पास अपने अलग-अलग पदार्थों का विश्लेषण करने के लिए लाते थे, लेकिन यह पहली बार था जब उन्हें किसी सामग्री में व्यक्तिगत रुचि थी। उन्होंने कई स्कैन किए और जो उन्होंने देखा, उसने उन्हें पूरी तरह चौंका दिया। कोरल कंकालों में आपस में जुड़े छिद्रों का एक नेटवर्क था – ‘स्विस चीज़’ की तरह, लेकिन कहीं अधिक छिद्र-युक्त। व्हाइट के व्यापक अनुभव के बावजूद, उन्होंने पहले कभी ऐसा कुछ नहीं देखा था। यह तो बिलकुल भी किसी मानव-निर्मित पदार्थ जैसा नहीं दिखता था।

एक मेडिकल छात्र की नई और



चित्र-2: कोरल की जटिल संरचना का एक क्लोज़-अप दृश्य इसकी नाजुक और छिद्रदार बनावट को दर्शाता है।

अलग दृष्टि से ही यह पहचानना सम्भव हुआ कि यह संरचना मानव हड्डी से कितनी मिलती-जुलती थी। 1971 में व्हाइट ने अपने भतीजे रॉडनी को, जो न्यूयॉर्क स्टेट यूनिवर्सिटी की अपरस्टेट मेडिकल यूनिवर्सिटी में छात्र था, गर्मियों में अपनी प्रयोगशाला में काम करने के लिए बुलाया। तीनों ने मिलकर कोरल की संरचना का अध्ययन किया और उसके साँचे बनाए। यह और भी स्पष्ट हो गया कि प्रकृति ने हड्डी के प्रत्यारोपण के लिए एक ऐसी आदर्श संरचना (matrix) तैयार की थी, जिसकी नकल करने में इंजीनियर अब तक असफल रहे थे। चूँकि कोरल कंकाल के छिद्र एकसमान आकार के थे और पूरी तरह एक-दूसरे से जुड़े हुए थे, इसलिए यह नई रक्त

वाहिकाओं और ऊतकों के विकसित होने के लिए आदर्श ढाँचा (scaffold) था, जिस पर वे हड्डी के प्रत्यारोपण के साथ बढ़ सकते थे। अपने नए विचार को लेकर उत्साहित होकर, उन्होंने 1972 में एक शोध-पत्र प्रकाशित किया, जिसमें सुझाव दिया गया कि कोरल बोन ग्राफ्ट सामग्री के एक अच्छे स्रोत के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है।

यह सब मेडिकल कम्युनिटी के लिए बहुत रोमांचक था, लेकिन इसमें एक बड़ी समस्या थी। कोरल के कंकाल कैल्शियम कार्बोनेट से बने होते हैं, और कैल्शियम कार्बोनेट घुलनशील होता है – यह पेट में अत्यधिक अम्ल की समस्या का आम इलाज भी है! इसका मतलब था कि इससे पहले कि हड्डी बढ़ना शुरू

करे, यह पदार्थ शरीर में टूट जाएगा। उन्हें ऐसा तरीका चाहिए था जिससे कोरल की रासायनिक संरचना बदली जा सके, लेकिन कोरल के कंकाल के बढ़ने के तरीके पर कोई असर न पड़े।

कोरल से बना अनोखा पदार्थ

इसी समय रसायनविद डेला रॉय इस परियोजना से जुड़ीं। एक जादूगर की तरह, रॉय ने कोरल को एक फॉस्फेट घोल में रखा और फिर उसे उच्च दबाव पर गर्म किया। इस प्रक्रिया ने कैल्शियम कार्बोनेट को कैल्शियम फॉस्फेट में बदल दिया, जो मानव हड्डियों में पाया जाने वाला खनिज है, और यह बदलाव संरचना को बदले बिना किया गया। इस नए पदार्थ का नाम कोरलाइन हाइड्रॉक्सी-एपेटाइट रखा गया और मेडिकल कम्युनिटी ने इसे उत्साहपूर्वक

अपनाया। यह न केवल हड्डी के विकास के लिए एक उत्कृष्ट आधार बना, बल्कि पशुओं और मनुष्यों पर किए गए अध्ययनों में इसके बहुत ही कम नकारात्मक प्रभाव देखे गए। आज इस पदार्थ का उपयोग दसियों हज़ार मरीजों के बोन ग्राफ्ट में किया जा चुका है, जिसमें दन्त प्रत्यारोपण से लेकर रीढ़ की हड्डियों को जोड़ने (स्पाइनल फ्यूज़न) तक के उपचार शामिल हैं।

1668 में कुत्ते की खोपड़ी से शुरू हुआ एक निराशाजनक प्रयास आज आधुनिक चिकित्सा में समुद्री जीवन के सबसे रचनात्मक उपयोगों में से एक बन चुका है। प्रकृति पहले ही एक आदर्श संरचना बना चुकी थी; बस, कुछ जिज्ञासु दिमागों, स्कूबा गोताखोरों से लेकर सर्जनों तक, को इसे पहचानने की देर थी।

कार्ली ऐनी यॉर्क: वर्तमान में लेनॉयर-राइन यूनिवर्सिटी में एसोसिएट प्रोफेसर हैं। उन्होंने ओल्ड डोमिनियन यूनिवर्सिटी से पारिस्थितिक अध्ययन में पीएच.डी. की है। वे बच्चों के लिए विज्ञान पर आधारित दो नॉन-फिक्शन पुस्तकों, *A Day in the Life: Horses* और *Queens of the Jungle* की लेखिका भी हैं। नॉर्थ कैरोलिना में रहती हैं।

अँग्रेज़ी से अनुवाद: निधि सोलंकी: शिक्षा के क्षेत्र में 12 वर्षों से अधिक समय तक कार्य किया है और वे मुख्य रूप से भौतिक विज्ञान की शिक्षिका रही हैं। उन्हें बच्चों के साथ जुड़ना बहुत पसन्द है और पेड़ों तथा बादलों के बीच रहकर उन्हें आनन्द की अनुभूति होती है। वर्तमान में वे बैंगलोर स्थित Sparkling Mindz Global School में भौतिक विज्ञान पढ़ाने के साथ-साथ Psychodynamic Psychotherapy की पढ़ाई भी कर रही हैं।

यह कार्ली ऐनी यॉर्क की किताब *The Salmon Cannon and the Levitating Frog: And Other Serious Discoveries of Silly Science* से लिया गया अंश है।

यह अंश *Nautilus* के अंक 29 जून, 2025 से साभार।