त्वचा घावों को कैसे भरती है?

तनय भट्ट, गौरव कंसागरा, नेहा पिंचा एवं कॉलिन जमोरा

घाव हमारे जीवन का अपरिहार्य हिस्सा हैं। कुछ घाव जल्दी भर जाते हैं, कुछ को भरने में समय लगता है और कुछ घाव ठीक होने के बाद निशान छोड़ देते हैं। त्वचा मानव शरीर का वह अंग है जिसमें ख़ुद की मरम्मत करने की क़ुदरती क्षमता होती है। त्वचा यह कैसे करती है?

क्या आप किसी ऐसे व्यक्ति को जानते हैं जिसको कभी भी चोट न लगी हो? नहीं ना? चलिए कुछ सरल सवाल लेते हैं – क्या आपको याद है कि आपको कितनी बार कोई चीरा या घाव लगा है? यह असम्भव लगता है कि किसी के पास इनका जवाब हाँ में होगा?

चिकित्सा की भाषा में, घाव को शरीर की ऐसी चोट के रूप में परिभाषित किया जाता है जिसमें त्वचा जैसी कोई सुरक्षात्मक झिल्ली टूटती है और उसके नीचे उपस्थित ऊतकों को नुकसान पहुँचता है। चीरा लग जाना या घाव हो जाना दैनिक जीवन में आम बात है। यदि इनकी परवाह न की जाए, तो ऊतक की अखण्डता में कमी आ सकती है जिसके परिणामस्वरूप उनके द्वारा सम्पादित कार्यों में रुकावट आ जाती है और जीवन थोड़ा कठिन हो जाता है।

लाखों वर्षों के जैव-विकास ने हमारे शरीर को स्व-उपचार तंत्र से लैस कर दिया है। यही कारण है कि प्राय: हम छोटी-मोटी चोटों की परवाह नहीं करते हैं। यहाँ तक कि बड़े घावों (जैसे जलने या दुर्घटना से) के मामलों में भी चिकित्सकीय देखभाल ऐतिहासिक रूप से ऐसी तकनीकों के विकास पर केन्द्रित रही है जो शरीर के क़ुदरती चिकित्सा तंत्र के पूरक के रूप में कार्य करती हैं (देखें **बॉक्स-1**)। ऐसा करने के लिए, हम लगातार इन तंत्रों में शामिल विशिष्ट कोशिकाओं और आणविक कारकों का पता लगाने का प्रयास करते हैं। इस सम्बन्ध में जिस अंग का सबसे अधिक अध्ययन किया गया है वह है त्वचा।

मानव त्वचा

सतह के क्षेत्रफल और वज़न के हिसाब से त्वचा शरीर का सबसे बड़ा अंग है। त्वचा रोगजनकों, निर्जलीकरण, रासायनिक विषाक्त पदार्थों और हानिकारक पराबैंगनी किरणों के खिलाफ़ एक सुरक्षात्मक अवरोध के रूप में कार्य करती है। इसकी पुनर्जनन की अत्यधिक क्षमता के साथ, त्वचा की घाव की मरम्मत करने की क्षमता शरीर के सभी अंगों में सर्वाधिक है; दिल (दिल का दौरा पड़ने के बाद) और मस्तिष्क (स्ट्रोक के बाद) से भी अधिक।

स्तनधारियों की त्वचा तीन परतों से बनी होती है (देखें **चित्र-1**):

- **अधित्वचा (epidermis)**: यह त्वचा की सबसे बाहरी परत है जिसे हम देख सकते हैं। इसमें **केराटिनोसाइट्स** नामक कोशिकाएँ होती हैं, जो विभिन्न उप-परतों में व्यवस्थित होती हैं। एपिडर्मिस की सबसे निचली उप-परत में एपिडर्मल स्टेम (मूल) कोशिकाएँ विभाजित होकर अन्य परतों का निर्माण करती हैं। जैसे-जैसे विभाजित कोशिकाएँ परिपक्व होती हैं उन्हें ऊपर की तरफ धकेल दिया जाता है ताकि वे सतह पर ख़राब या क्षतिग्रस्त कोशिकाओं की जगह ले लें। एपिडर्मिस में रोम पुटिकाएँ

(hair follicles), स्वेद ग्रन्थियाँ (sweat glands) और वसीय ग्रन्थियाँ (sebaceous glands) भी होती हैं।

- **त्वचा (dermis)**: यह परत एपिडर्मिस के नीचे एक आधार तंत्र बनाती है। इसमें ज्यादातर **तन्तुकोरक (fibroblasts)** नामक कोशिकाएँ होती हैं, जो बाह्यकोशिकीय आधात्री (मैट्रिक्स) का उत्पादन करती हैं। अधिकांश रक्त वाहिकाएँ और तंत्रिकाएँ इस परत में होती हैं और उनके विस्तार उन्हें अधित्वचा कोशिकाओं से जोड़ते हैं।
- **अधोत्वचा (hypodermis)**: वसीय (adipose) ऊतक से बनी होती है। शरीर से ऊष्मा की हानि को रोकने में इसकी उपस्थिति महत्त्वपूर्ण है।

इन तीनों परतों में पाई जाने वाली कोशिकाएँ घावों को भरने की प्रक्रिया को संचालित करती हैं। इसके अलावा, त्वचा में वृहत्भक्षक कोशिकाएँ (macrophages) और मास्ट कोशिकाओं जैसी कुछ प्रतिरक्षा कोशिकाएँ होती हैं, जो चोट या संक्रमण की स्थिति में तत्काल प्रतिक्रिया देने में सक्षम होती हैं (देखें **बॉक्स-2**)।

त्वचा में घाव का भरना

घाव भरने की प्रक्रिया चार चरणों में सम्पन्न होती है। इस प्रक्रिया में कुछ सेकंड से लेकर महीनों तक का समय लग सकता हैं (देखें **चित्र-2**)।

(क) रक्त के बहने को रोकना (Hemostasis)

घाव भरने के पहले चरण में रक्त के नुकसान को कम करने के लिए थक्के का बनना शामिल होता है।

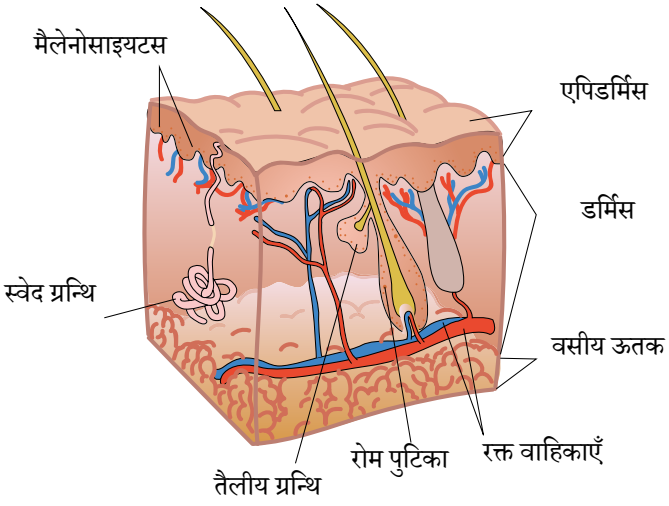
थक्का कई कोशिकाओं और ऊतकों की समन्वित गतिविधि से बनता है - इनमें से प्रत्येक को कई संकेतों के माध्यम से यह सूचना मिलती है कि कब और कैसे कार्य करना है। अधोत्वचीय कोशिकाएँ (जो रक्त वाहिकाओं के आन्तरिक अस्तर का निर्माण करती हैं) साबुत रक्त वाहिकाओं में प्रोस्टासाइक्लीन जैसे रसायन स्रावित करती है जो प्लेटलेट्स के एकत्रित होने को रोककर सुचारू रक्त प्रवाह सुनिश्चित करते हैं। जब घाव रक्त वाहिकाओं को नुकसान पहुँचाता है, तो यह नियन्त्रण प्रभावी नहीं रहता है और प्लेटलेट्स चोट की जगह पर जल्दी से जमा होने लगते हैं। ये प्लेटलेट्स प्रचुर मात्रा में **फाइब्रिन** नामक तन्तुनुमा प्रोटीन का स्राव करते हैं, जो घाव स्थल पर एक अघुलनशील जाल (थक्का) का निर्माण करता है, फलस्वरूप घाव का क्षेत्र सील हो जाता है। आमतौर पर हीमोस्टेसिस कुछ सेकंड से कुछ मिनटों के भीतर सम्पन्न होता है।

इसी के साथ, विभिन्न स्रोतों से रासायनिक संकेतों के निर्मुक्त होने के फलस्वरूप घाव भरने की शुरुआत हो जाती है। स्वस्थ पड़ोसी कोशिकाओं को चोट की सूचना दो प्रकार के आणविक संकेतों के माध्यम से दी जाती है। एक प्रकार के संकेत ऐसे आणविक रूपांकनों के रूप में होते हैं जिन्हें **क्षति-सम्बन्धी आणविक पैटर्न** – **(Damage Associated Molecular Patterns - DAMPs)** कहा जाता है, जो विशेष रूप से घाव स्थल पर मृत और क्षतिग्रस्त कोशिकाओं के मलबे (जैसे डीएनए, आरएनए, प्रोटीन) से सम्बन्धित होते हैं। अन्य आणविक रूपांकन **रोगजनक सम्बन्धी आणविक पैटर्न (Pathogen Associated Molecular Patterns - PAMPs)** के रूप में होते हैं, जो निवासी और रोगजनक बैक्टीरिया

बॉक्स-1 : घाव की देखभाल का संक्षिप्त इतिहास

घावों को ढकना और विसंक्रामकों का उपयोग, घाव भरने से सम्बन्धित चिकित्सा के ऐसे दो तरीक़े हैं जो युगों से प्रचलित हैं। घाव की देखभाल का सबसे पुराना ज्ञात रिकॉर्ड मेसोपोटामिया में मिट्टी से बनी पट्टियों (clay tablets) पर मिला है जो लगभग 2200 ईसा पूर्व का है। यह पट्टी उपचार के तीन तरीक़ों का वर्णन करती है - बीयर से घाव को साफ करना; मिट्टी के साथ तेल और पौधे के अर्क से पट्टी तैयार करना; और अन्त में, घाव पर शराब और तारपीन (एक तेल जो आजकल पेण्ट को हटाने के लिए इस्तेमाल किया जाता है) में भिगोई हुई पट्टी बाँधना। 1400 ईसा पूर्व के एक तरह के काग़ज़ *पपाइरस* (Papyruses) पर लिखी इबारत के अनुसार मिस्रवासी अपने घावों को ढकने के लिए शहद और चिपकने वाली पट्टियों का इस्तेमाल किया करते थे। 5वीं शताब्दी ईसा पूर्व में, हिप्पोक्रेट्स ने सुझाया था कि चोटों को सिरके या शराब से साफ़ किया जाना चाहिए, और शराब में भीगे कपड़े से उसकी मरहम-पट्टी की जानी चाहिए।

सदियों में, घाव भरने में मदद के लिए अन्य साधन विकसित किए गए। अलेक्जेंड्रिया के हेरोन्स के रिकॉर्ड के अनुसार 280 ईसा पूर्व में औषधीय अर्क को शरीर में प्रवेश कराने और गहरे घावों से मवाद को चूसने के लिए ***प्युलकोस*** (जिसका अर्थ ग्रीक में 'मवाद-खींचने वाला' है) नामक सीरिंज का व्यापक उपयोग किया जाता था। अलबत्ता, पाश्चात्य विश्व में इसकी उपयोगिता भुला दी गई थी और लगभग 2000 साल बाद ही इसकी पुन: खोज हुई थी। दो सैन्य सर्जन पेयरक और लैरी ने घावों को विसंक्रमित करने के लिए एक विधि के रूप में इल्लियों के उपयोग का सुझाव दिया था। औषधीय जोंकें (*हिरुडो मेडिसिनलिस*) भी 19वीं शताब्दी में चिकित्सा कार्य का एक अनिवार्य हिस्सा थीं। दिलचस्प बात यह है कि घाव की देखभाल में सर्जरी उन्नीसवीं सदी में तब जाकर एक विश्वसनीय पद्धति बन पाई जब 1865 में जोसेफ लिस्टर द्वारा एन्टीसेप्टिक के रूप में कार्बोलिक एसिड का उपयोग किया गया।



चित्र-1 : मानव त्वचा की तीन परतें।

Credits: CNX OpenStax, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OSC_Microbio_17_02_Skin.jpg. License: CC-BY.

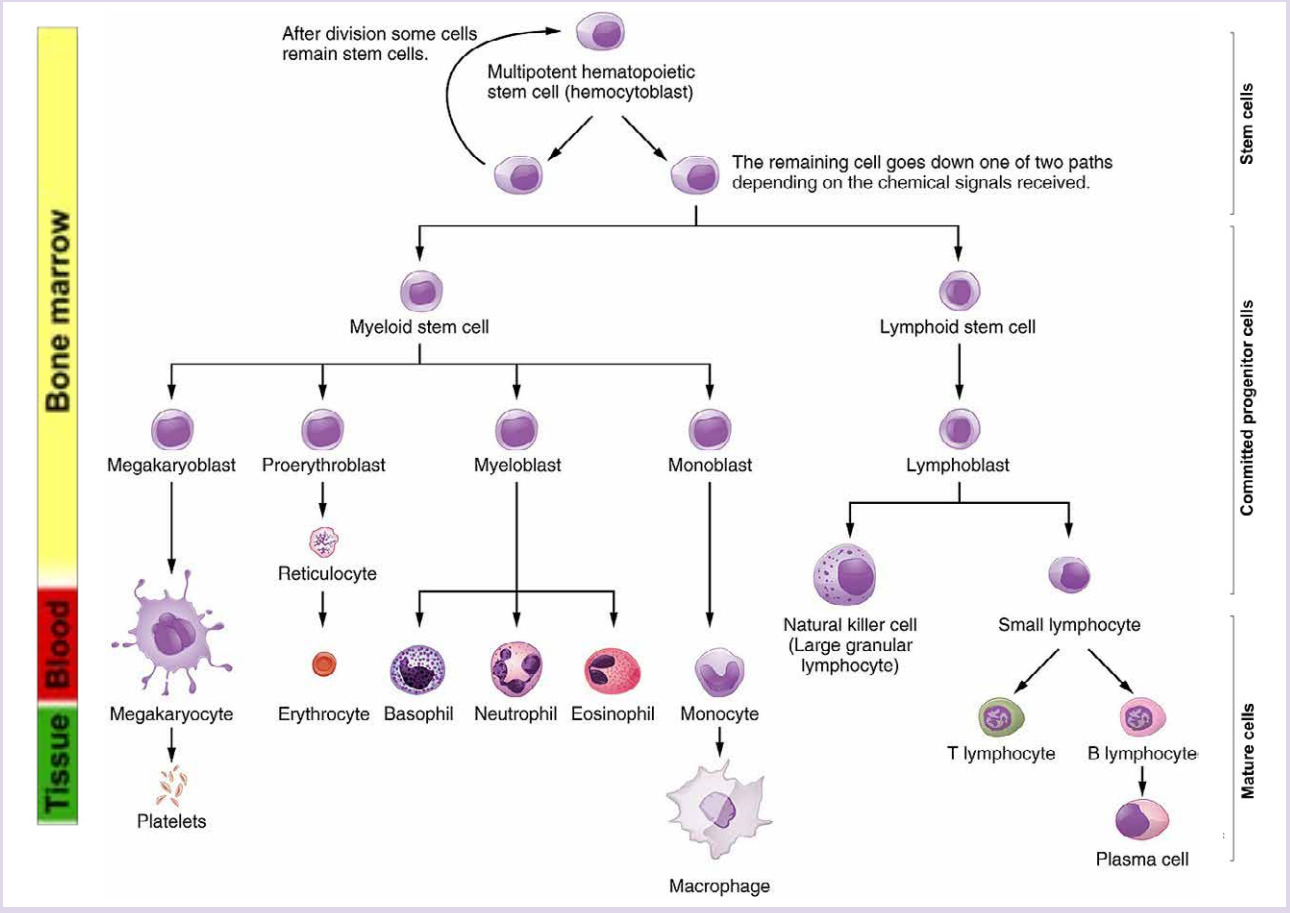
के मेटाबोलाइट्स (जैसे झिल्ली वाले लिपोपॉलेसेकेराइड, पेप्टिडोग्लाइकेन्स आदि) के विशिष्ट हैं, जो शरीर में खुले घाव के माध्यम से प्रवेश करते हैं। इन डीएएमपी और/या पीएएमपी संकेतों को पहचानने पर, स्वस्थ पड़ोसी कोशिकाओं में रासायनिक घटनाओं की एक शृंखला शुरू हो जाती है। इसके परिणामस्वरूप ऐसे रसायनों का स्राव होता है जो घाव स्थल पर प्रतिरक्षा कोशिकाओं (जैसे मैक्रोफेज- वृहद भक्षी कोशिकाओं) को आकर्षित करते हैं। हाल के अध्ययनों से पता चला है कि क्षतिग्रस्त ऊतकों में उत्पन्न कोशिकीय तनाव में कमी (क्योंकि कोशिकाओं के बीच बन्धन क्षतिग्रस्त हो जाते हैं) भी घाव को भरने की प्रक्रिया को शुरू करवा सकती है।

घाव की जगह पर थक्का बनाने वाले प्लेटलेट्स भी रासायनिक संकेत मुक्त करके घाव भरने की प्रक्रिया को शुरू करते हैं, जैसे प्लेटलेट-जनित वृद्धि कारक (पीडीजीएफ- platelet derived growth factor)। प्रतिरक्षा प्रणाली की कोशिकाएँ (जैसे वृहदभक्षी कोशिकाएँ, मोनोसाइट्स, न्यूट्रोफिल) और संयोजी ऊतक (जैसे फ़ायब्रोब्लास्ट) इन रासायनिक संकेतों को पहचानकर घाव स्थल की ओर जाते हैं। ये

बॉक्स-2 : प्रतिरक्षा कोशिकाओं का संक्षिप्त परिचय

प्रतिरक्षा कोशिकाएँ हमारे शरीर के सैनिकों की तरह हैं क्योंकि वे हानिकारक आक्रमणकारियों से हमारी रक्षा करती हैं। वे अस्थि मज्जा में एक विशेष प्रकार की बहुसक्षम स्टेम कोशिकाओं (pluripotent stem cell) से उत्पन्न होती हैं, जिसे **हिमेटोपोएटीक स्टेम कोशिकाएँ (hematopoietic stem cell)** कहा जाता है। परिणामस्वरूप, ये कोशिकाएँ दो प्रकार की कोशिकाओं को जन्म देती हैं, जिन्हें **माइलॉयड पूर्वज और लिम्फोइड पूर्वज** कहा जाता है।

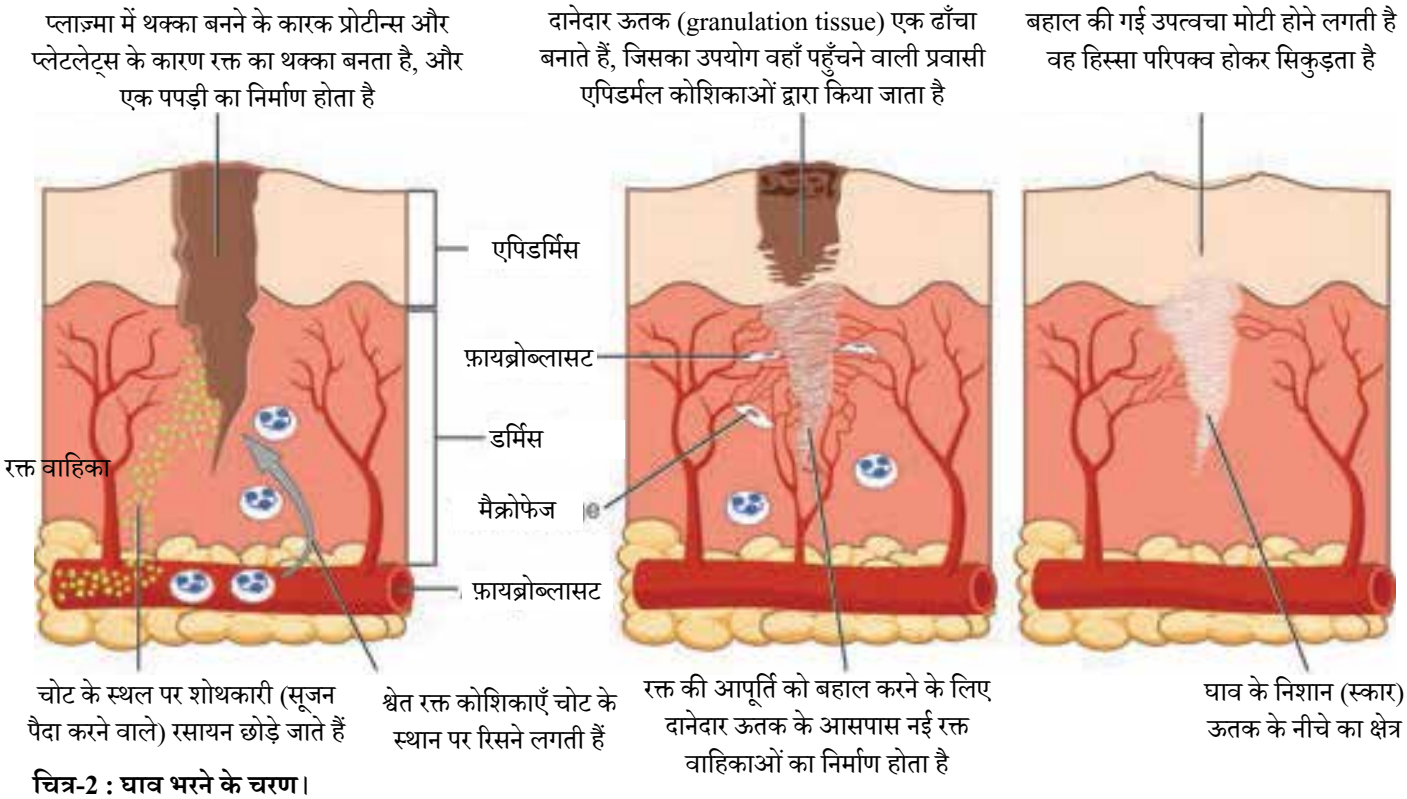
माइलॉयड पूर्वज चार प्रकार की अधिक विशिष्ट कोशिकाओं को जन्म देती हैं। मेगाकेरियोसाइट्स रक्त का थक्का बनाने के लिए प्लेटलेट्स बनाते हैं।



Credits: OpenStax College, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2204_The_Hematopoietic_System_of_the_Bone_Marrow_new.jpg. License: CC-BY.

एरिथ्रोसाइट्स या लाल रक्त कोशिकाएँ शरीर की ऑक्सीजन परिवहन प्रणाली बनाती हैं। ग्रैनुलोसाइट्स (अपने कई दानों के साथ) और परिपक्व मोनोसाइट्स (जिन्हें **मैक्रोफेज** कहा जाता है) जन्मजात प्रतिरक्षा प्रणाली बनाते हैं, जो किसी भी संक्रामक रोगजनक के लिए पहली प्रतिक्रिया के रूप में कार्य करते हैं।

लिम्फोइड पूर्वज **टी-**और **बी-कोशिका अग्रदूतों** के रूप में परिपक्व होते हैं (ये नाम इस आधार पर पड़े हैं क्योंकि ये क्रमशः थाइमस और अस्थि मज्जा में परिपक्व होती हैं)। लिम्फोसाइट्स अनुकूली प्रतिरक्षा प्रणाली का निर्माण करते हैं, जो चोट या संक्रमण के बाद के चरणों में काम करती है। टी-कोशिकाएँ डेन्ड्राइटिक कोशिकाओं और प्राकृतिक मारक (Natural Killer-NK) कोशिकाओं के साथ मिलकर शरीर की संक्रमित कोशिकाओं को मार देती हैं। बी-कोशिकाएँ प्रतिरक्षियों (एंटीबॉडी) का उत्पादन करने के लिए विशेषीकृत होती हैं; एंटीबॉडी संक्रमित कोशिकाओं पर परत चढ़ाकर टी-कोशिकाओं और एनके-कोशिकाओं द्वारा उन्हें पहचानने योग्य बनाती हैं। इनमें से कुछ विशिष्ट प्रतिरक्षी शरीर में बने रहते हैं और प्राकृतिक टीकों की तरह काम करते हैं, जो भविष्य में उन्हीं आक्रमणकारियों के खिलाफ़ तेज़ी से प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया शुरू करने में मदद करते हैं।



चित्र-2 : घाव भरने के चरण।

Credits: OpenStax College, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:417_Tissue_Repair.jpg. License: CC-BY.

प्रतिरक्षा कोशिकाएँ दो भूमिकाएँ निभाती हैं – वे इस चोट के माध्यम से शरीर में प्रवेश करने वाले संक्रामक रोगजनकों से लड़ती हैं, और मृत कोशिकाओं के रूप में जमा हुए मलबे को हटाती हैं।

(ख) शोथ (Inflammation)

शोथ को चोट की जगह पर प्रतिरक्षा प्रणाली की स्थानीय प्रतिक्रिया कहा जा सकता है। पहली शताब्दी ई. में, औलस सेलस (एक रोमन विश्वकोश रचयिता, जिन्हें चिकित्सा के क्षेत्र में उनके व्यापक काम के लिए जाना जाता है) ने शोथ के चार प्रमुख लक्षणों का वर्णन किया है - कैलोर (गर्मी), डोलर (दर्द), रूबोर (लालिमा) और ट्यूमर (सूजन)। आज भी, घाव के स्वस्थ होने के शुरुआती चरणों को इन्हीं लक्षणों के आधार पर पहचाना जाता है।

त्वचा की शोथ आमतौर पर चोट के कुछ घण्टों के भीतर दिखाई देती है और कुछ दिनों (2-4) से लेकर कुछ हफ़्तों तक बनी रह सकती है। क्षतिग्रस्त त्वचा कोशिकाएँ कोशिकीय रसायनों का स्राव करती हैं, जो आस-पास के क्षेत्र में स्वस्थ कोशिकाओं को विभाजन करने और चोट के स्थान पर पहुँचने के लिए प्रेरित करती हैं। इन रसायनों में से कुछ आस-पास के ऊतकों में फैल जाते हैं और त्वचा तथा रक्त वाहिकाओं में उपस्थित प्रतिरक्षा कोशिकाओं को आकर्षित और सक्रिय करते हैं। उदाहरण के लिए, मास्ट कोशिकाएँ और बेसोफिल्स हिस्टामाइन (एक कोशिकीय संकेतन अणु, अकसर एलर्जी प्रतिक्रिया के दौरान खुजली का कारण) मुक्त करते हैं, जो रक्त वाहिकाओं को फैलाता है और अधिक पारगम्य बना देता है। ऐसा होने पर क्षतिग्रस्त ऊतकों में रक्त से विभिन्न प्रतिरक्षा कोशिकाओं और प्लाज्मा प्रोटीन (जैसे एल्बुमिन और एंटीबॉडीज़) का रिसाव बढ़ जाता है।

प्रतिरक्षा कोशिकाएँ घाव स्थल में चरणों में प्रवेश करती हैं, और घाव की सीमाओं पर सूक्ष्मजीवी आक्रमणकारियों से लड़ने के लिए सेना का गठन करती हैं। ऐसा करने वाली पहली कोशिकाएँ जन्मजात प्रतिरक्षा तंत्र की कोशिकाएँ होती हैं। उदाहरण के लिए, वृहदभक्षी कोशिकाएँ और न्यूट्रोफिल रोगजनकों और शरीर की कोशिकाओं के मलबे को साफ़ करने में मदद करते हैं। मैक्रोफेज त्वचीय फाय़ब्रोब्लास्ट को घाव स्थल पर आकर्षित करने के लिए साइटोकाइन्स का भी स्राव करती हैं (देखें **बॉक्स-3**)। ये साइटोकाइन्स क्षतिग्रस्त वाहिकाओं का स्थान लेने के लिए नई रक्त वाहिकाओं को बनाने में मदद करते हैं। इस प्रक्रिया को **एंजियोजेनेसिस** कहते हैं। जन्मजात प्रतिरक्षा के बाद अनुकूली प्रतिरक्षा सक्रिय होती है जिसमें टी और बी लिम्फोसाइट्स शामिल होते हैं। इसके अलावा, घाव स्थल पर सभी प्रतिरक्षा कोशिकाएँ रासायनिक संकेतों (कारकों) का स्राव करती हैं जो उपत्वचीय केराटिनोसाइट्स, त्वचीय

बॉक्स-3 : साइटोकाइन्स और वृद्धि कारक

कोशिकाएँ साइटोकाइन्स नामक रसायन छोड़ती हैं। शब्द 'साइटोकाइन' दो ग्रीक शब्दों के संयोजन से बना है- 'साइटो' का अर्थ सेल और 'काइनोस' का अर्थ गति। ये रसायन प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया में सेल-टू-सेल सम्प्रेषण में मददगार होते हैं और कोशिकाओं को शोथ वाले स्थानों की ओर गति करने को उकसाते हैं। इनमें से कुछ (इन्टररफेरॉन) वायरल संक्रमण के ख़िलाफ़ छोड़े जाते हैं (जैसे INF_{γ})। अन्य **इन्टरल्यूकीन्स** कहलाते हैं जो शोथ को बढ़ावा देते हैं (जैसे IL1)।

वृद्धि कारक साइटोकाइन्स का एक वर्ग है। जैसा कि नाम से पता चलता है, वृद्धि और संख्यावृद्धि का संकेत देते हैं (जैसे TGF- β1, PDGF और FGF)। ये विकासात्मक और पुनर्जनन के संकेतों के जवाब में निर्मित होते हैं।

फ़ायब्रोब्लास्ट और त्वचा स्टेम कोशिकाओं (जो रोमकूपों तथा एपिडर्मिस के अन्य भागों में होती हैं) को सक्रिय करती हैं। घाव स्थल पर स्थानीय तथा बाहर से आई कोशिकाओं (प्रतिरक्षा कोशिकाओं, केराटिनोसाइट्स, फ़ायब्रोब्लास्ट्स, और स्टेम सेल) के बीच रासायनिक संकेतन के माध्यम से वार्तालाप के ज़रिए मरम्मत का अगला चरण शुरू होता है।

(ग) संख्यावृद्धि (Proliferation)

एक बार सक्रिय हो जाने के बाद, फ़ायब्रोब्लास्ट संख्यावृद्धि करते हैं और घाव स्थल की ओर जाते हैं, जहाँ वे ईसीएम (ECM) के घटकों का स्राव करते हैं। ईसीएम में कोलाजेन, फाइब्रोनेक्टिन जैसे प्रोटीन्स और अन्य यौगिक होते हैं जो घाव को भरने के लिए सहायक संरचना बनाने के लिए आवश्यक हैं। पेशीय तन्तु (मायोफ़ायब्रोब्लास्ट, जिन्हें सक्रिय फ़ायब्रोब्लास्ट भी कहते हैं) अपनी फैलने-सिकुड़ने की क्षमता के कारण घाव के क्षेत्र को संकुचित करने में मध्यस्थ बनते हैं, इस प्रक्रिया में ईसीएम के साथ संवाद शामिल होता है।

प्रतिरक्षा कोशिकाएँ और फ़ायब्रोब्लास्ट साइटोकाइन्स का स्राव करते हैं जो उपत्वचीय स्टेम कोशिकाओं को सक्रिय कर देते हैं। इन कारकों में परिवर्तनकारी वृद्धि कारक (TGF-β), केराटिनोसाइट वृद्धि कारक (KGF) और उपत्वचीय वृद्धि कारक (EGF) शामिल हैं। एक बार सक्रिय होने के बाद, अधित्वचीय और रोम पुटिका स्टेम कोशिकाएँ संख्यावृद्धि करती हैं और घाव को बन्द करने के लिए ईसीएम से बने नए जाल की ओर जाने लगती हैं। इस प्रक्रिया, जिसे पुनरुत्वचीकर (**reepithelialization**) कहते हैं, के फलस्वरूप घाव बन्द हो जाता है। चोट वाली जगह पर ऑक्सीजन की कमी, स्थानीय कोशिकाओं को ऐसे रासायनिक संकेत छोड़ने को उकसाती है, जो एंजियोजेनेसिस (नई रक्त वाहिकाओं का निर्माण) शुरू करवाते हैं। वृहदभक्षी कोशिकाएँ और फ़ायब्रोब्लास्ट लैक्टिक एसिड, बायोजेनिक एमाइन, फ़ायब्रोब्लास्ट ग्रोथ फैक्टर (FGF) और वेस्कुलर एंडोथेलियल ग्रोथ फैक्टर (VIGF) जैसे रसायनों का स्राव करके इस प्रक्रिया को बढ़ावा देते हैं। नवगठित ऊतक को नए सिरे से ऑक्सीजन की आपूर्ति के लिए यह प्रक्रिया ज़रूरी है।

(घ) पुनर्निर्माण (Remodeling)

संख्यावृद्धि अवस्था के दौरान फ़ायब्रोब्लास्ट की सक्रियता के परिणामस्वरूप ईसीएम प्रोटीन (जैसे कोलाजेन) का अत्यधिक मात्रा में जमाव हो जाता है। यही चोट के निशान बनने के लिए ज़िम्मेदार है। गम्भीर घाव के मामले में अधिक संख्या में फ़ायब्रोब्लास्ट सक्रिय होते हैं जिसके परिणामस्वरूप निशान अधिक गहरे होते हैं और लम्बे समय तक बने रहते हैं।

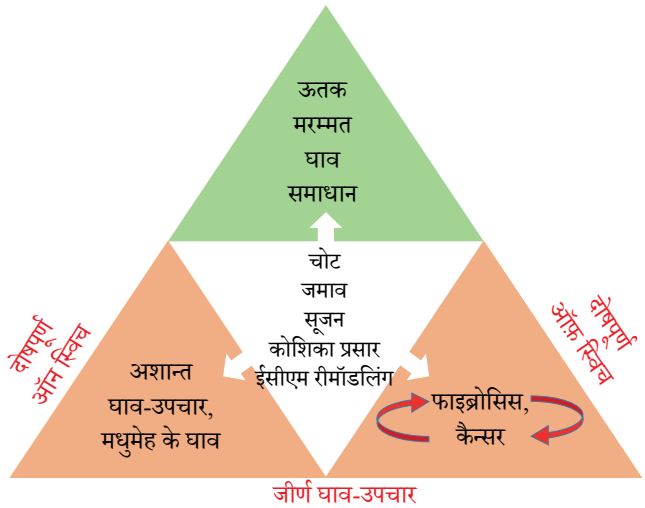
इस चरण की एक विशेषता धात्री मेटालोप्रोटीनों (MMPs) जैसे प्रोटीन विघटनकारी एन्जाइमों की सक्रियता है। एमएमपी अत्यधिक मात्रा में उपस्थित ईसीएम प्रोटीन चबा जाते हैं और रक्त वाहिकाओं और नवगठित कोशिकाओं के लिए जगह बनाते हैं। निशान ऊतक के लुप्त होने में इस एन्जाइम की क्रिया नज़र आती है। इसे पूरा होने में, घाव की गम्भीरता के आधार पर, कुछ महीनों से लेकर कई वर्षों तक लग सकते हैं। उदाहरण के लिए, आपने खरोंच का निशान कुछ दिनों में गायब होते हुए देखा होगा, जबकि किसी गहरे घाव (जैसे सड़क पर गिरने से) के निशान को पूरी तरह से ग़ायब होने में महीनों या वर्षों का समय लग जाता है।

समापन

आज, हमारे पास घाव भरने में सहायता करने के लिए 5000 से अधिक उत्पाद हैं, और भविष्य में काफी सम्भावनाएँ हैं। घाव की मरहम-पट्टी की ऐसी सामग्रियों का विकास जारी है जो लगातार विभिन्न वृद्धिकारक [कोशिका विभाजन और प्रवास (migration) को बढ़ाना देने वाले रसायन] तथा विसंक्रामक (संक्रमण से बचाव के लिए संक्रमण-रोधी रसायन) छोड़ती रहें ताकि घाव के स्वस्थ होने की क्रिया बेहतर हो सके।

अलबत्ता, घाव भरने की प्रक्रिया त्रुटिहीन प्रक्रिया नहीं है (**चित्र-3** देखें)। कुछ मामलों में, मरम्मत की प्रक्रिया शुरू नहीं हो पाती है क्योंकि कुछ कोशिकीय किरदार घाव के संकेतों का प्रत्युत्तर नहीं देते। इसका एक उदाहरण ठीक न होने वाले मधुमेह अल्सर में देखा जाता है – रक्त में शर्करा का उच्च स्तर प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया में भी बाधा उत्पन्न करता है और त्वचा कोशिकाओं की संख्यावृद्धि और प्रवास में भी। उम्र बढ़ने के साथ भी घाव भरने में ज़्यादा समय लग सकता है क्योंकि घाव स्थल पर वृद्धि कारकों का उत्पादन कम हो जाता है। दोनों मामलों में उपचार ऐसे वृद्धिकारक प्रदान करके किया जाता है जो कोशिकाओं के प्राकृतिक घाव-प्रत्युत्तर की नक़ल करते हैं। यह घाव मरम्मत की प्रक्रिया को धक्का मारकर शुरू करता है और नई त्वचा (re-epithelialization) बनाने में मदद करता है।

किसी स्वस्थ शरीर में, जैसे ही घाव भर जाता



चित्र-3 : घाव भरना एक त्रुटि-रहित प्रक्रिया नहीं है।

Credits: Tanay Bhatt, Gaurav Kansagara, Neha Pincha & Colin Jamora. License: CC-BY.Tissue_Repair.jpg. License: CC-BY.

है, घाव स्थल पर एकत्रित कोशिकाएँ पुनः अपने कार्य को सम्पन्न करने में जुट जाती हैं **(homeostasis)**। अलबत्ता, कुछ मामलों में, घाव-भरने सम्बन्धी प्रत्युत्तर तब भी जारी रहता है जब ज़रूरत नहीं रह जाती है। अनुसन्धान से पता चला है कि घाव का गम्भीर निशान क्षतिग्रस्त ऊतक के सामान्य कामकाज में बाधा डाल सकता है (देखें **बॉक्स-4**)। ऐसे मामलों में, अतिक्रियाशील फ़ायब्रोब्लास्ट द्वारा कोलेजन के अत्यधिक स्राव के परिणामस्वरूप फाइब्रोसिस नामक रोग हो सकता है। ब्रोसिस शरीर में विभिन्न अंगों के संयोजी ऊतकों में हो सकता है, जैसे हृदय, यकृत, गुर्दे, फेफड़े आदि। इस स्थिति में सम्बन्धित अंग की संरचना और कार्य का नुक़सान होता है। गम्भीर मामलों में यह मृत्यु का कारण भी बन सकता है। त्वचा के फाइब्रोसिस कई रूपों में प्रकट होते हैं। जैसे केलोइड्स, स्क्लेरोडर्मा और विभिन्न प्रकार के त्वचा कैन्सर।

दिलचस्प बात है कि कुछ प्रोटीन और प्रक्रियाएँ (जैसे शोथ, रक्तवाहिका जनन और फ़ायब्रोब्लास्ट सक्रियण) जो घाव भरने की प्रक्रिया के केन्द्र में हैं, कुछ क़िस्म के कैन्सर में अतिरंजित पाए जाते हैं। इस खोज ने इस परिकल्पना को जन्म दिया है कि कैन्सर एक ऐसा घाव है जो ज़्यादा ही स्वस्थ हो जाता है। घाव भरने और कैन्सर पर समानान्तर शोध दोनों के लिए नए चिकित्सीय लक्ष्य खोलने की क्षमता रख सकता है।

बॉक्स-4 : त्वचा का दाग

अपने कार्यों को कुशलतापूर्वक करने के लिए, त्वचा में स्टेम-कोशिकाओं, रक्त वाहिकाओं, तंत्रिकाओं, बालों और स्वेद ग्रन्थियों की आपूर्ति होती है। त्वचा के ये घटक चोट लगने पर सक्रिय हो जाते हैं और त्वचा को ठीक करने में मदद करते हैं। लेकिन त्वचा की विशेष संरचना के लिए अपनी मूल स्थिति को पूरी तरह से हासिल करना मुश्किल है। तेज़ी से स्वस्थ होने का वैकासिक लाभ संक्रमण और तरलों की क्षति की आशंका को कम करता है, लेकिन यह पूर्ण मरम्मत की क़ीमत पर प्राप्त होता है! इस प्रकार, घाव भरने से अकसर निशान ऊतक (स्कार टिशू) का निर्माण होता है जिसमें स्वस्थ त्वचा जैसी शक्ति और लचीलेपन की कमी होती है।

मुख्य बिन्दु

- हमारे शरीर का सबसे बाहरी सुरक्षात्मक आवरण होने के नाते, त्वचा का विकास एक अद्भुत आत्म-मरम्मत/स्वास्थ्य-लाभ क्षमता के साथ हुआ है।
- त्वचा में घाव भरने के चार चरण होते हैं – रक्त का बहाव रुकना, शोथ, कोशिकाओं की संख्यावृद्धि और पुनर्निर्माण।
- रक्त के थक्के बनने से रक्त का बहना रोका जाता है – यह रक्त की हानि को रोकने के लिए एक त्वरित प्रतिक्रिया है।
- शोथ के दौरान, प्रतिरक्षा कोशिकाएँ संक्रमण के ख़िलाफ़ लड़ने के लिए घाव स्थल में प्रवेश करती हैं।
- संख्यावृद्धि चरण में घाव को भरने के लिए सक्रिय कोशिकाओं का विभाजन और घाव स्थल पर उनका पहुँचना शामिल है।
- पुनर्निर्माण (रीमॉडलिंग) के दौरान, ईसीएम का अत्यधिक जमाव, जो निशान के रूप में दिखाई देता है, हल हो जाता है।
- मधुमेह के कारण घाव सम्बन्धी प्रतिक्रिया में देरी हो सकती है, जबकि घावों की अधिक मरम्मत फाइब्रोसिस/कैन्सर को जन्म दे सकती है।

Note: Image used in the background of the article title – Human skin. Credits: Kowshik Kuri. URL: https://www.flickr.com/photos/kowshikkuri/26739953088/in/photostream/. License: CC-BY.

तनय भट्ट इंस्टीट्यूट फॉर स्टेम सेल साइंस एंड रिजनरेटिव मेडिसिन (इनस्टेम), बेंगलूरु में प्रोफ़ेसर कॉलिन जमोरा के मार्गदर्शन में पीएचडी कर रहे हैं। वे त्वचा स्वास्थ्य लाभ प्रक्रिया को उत्तेजित करने वाले कारकों के बारे में अध्ययन कर रहे हैं। उनसे tanaybhatt123@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

गौरव कंसागरा इनस्टेम स्थित जमोरा प्रयोगशाला में स्नातक के छात्र हैं। वे घाव भरने और त्वचा के फाइब्रोसिस में फ़ायब्रोब्लास्ट सक्रियण के नियमन की जाँच कर रहे हैं। उनसे gauravk.ncbs@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

नेहा पिंचा वर्तमान में यूसीएसएफ, यूएसए में पोस्ट-डॉक्टरल शोध कर रही हैं। उन्होंने कॉलिन जमोरा की देखरेख में पीएचडी पूरी की, जहाँ उन्होंने एक नवीन क्रियाविधि की खोज की, जिसके द्वारा मास्ट कोशिकाएँ त्वचा के फाइब्रोसिस के विकास में योगदान करती हैं। उनसे npincha@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

कॉलिन जमोरा बेंगलूरु के इनस्टेम में प्रोफ़ेसर हैं। वे शोथ और ऊतक हीमोस्टेसिस केन्द्र के समन्वयक हैं। उनकी प्रयोगशाला उन क्रियाविधियों को स्पष्ट करने का काम करती है जो घाव भरने की प्रतिक्रिया में काम करते हैं, और इस प्रक्रिया में गड़बड़ होने पर उत्पन्न होने वाली बीमारियों का अध्ययन करते हैं। उनसे colinj@instem.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर** : कामिनी उपाध्याय