

विकिरण को अनुचित रूप से बदनाम किया गया: क्यों रैखिक गैर-सीमा मॉडल को त्याग देना चाहिए

आयनीकरण विकिरण को अक्सर एक अदृश्य खतरे के रूप में चित्रित किया जाता है, जिसे हिरोशिमा, चेनोबिल और फुकुशिमा जैसे भयावह ऐतिहासिक घटनाओं ने आकार दिया है। यह डर **रैखिक गैर-सीमा (LNT) मॉडल** द्वारा और बढ़ाया जाता है, जो मानता है कि विकिरण की कोई भी खुराक—चाहे वह कितनी भी छोटी हो—कैंसर के जोखिम को समानुपातिक रूप से बढ़ा देती है। यह मॉडल विश्व भर में नियामक नीतियों को निर्देशित करता है, सख्त जोखिम सीमाएं लागू करता है और व्यापक सार्वजनिक चिंता को जन्म देता है।

हालांकि, बढ़ते वैज्ञानिक साक्ष्य बताते हैं कि LNT मॉडल न केवल अत्यधिक सरल है—यह वैज्ञानिक रूप से त्रुटिपूर्ण भी है। जैविक प्रणालियों में निम्न-खुराक विकिरण के खिलाफ मजबूत रक्षा तंत्र मौजूद हैं, और कई मामलों में, ऐसी जोखिम भी फायदेमंद हो सकती है। प्राकृतिक उच्च-विकिरण क्षेत्रों से लेकर ऐतिहासिक चिकित्सा उपयोगों और नियंत्रित प्रयोगशाला अध्ययनों तक, वास्तविकता स्पष्ट है: विकिरण को अनुचित रूप से बदनाम किया गया है, और LNT मॉडल को जैविक मरम्मत तंत्रों और अनुकूली प्रतिक्रियाओं को प्रतिबिंबित करने वाले मॉडल के पक्ष में त्याग देना चाहिए।

LNT मॉडल की खामियां

LNT मॉडल की उत्पत्ति उच्च-खुराक जोखिम से बचे लोगों—मुख्य रूप से परमाणु बम के पीड़ितों—से प्राप्त आंकड़ों से हुई है, जहां 1,000 mSv से अधिक खुराकों पर कैंसर का जोखिम बढ़ा था। यह मॉडल उच्च-खुराक प्रभावों को रैखिक रूप से लगभग शून्य खुराकों तक विस्तारित करता है, यह मानते हुए कि कोई ऐसी सीमा नहीं है जिसके नीचे विकिरण हानिरहित हो। इस तर्क के अनुसार, ग्रेनाइट काउंटरटॉप के पास खड़े होने या एकल एक्स-रे करने में भी जोखिम होता है।

हालांकि, गहन जांच के तहत यह धारणा टूट जाती है। **100 mSv से कम खुराक**, विशेष रूप से जब समय के साथ फैली हो, अध्ययनों में बहुत कम या कोई मापनीय नुकसान नहीं दिखाती। LNT मॉडल जैविक प्रणालियों की गैर-रैखिक प्रकृति को ध्यान में नहीं रखता, जिसमें प्राकृतिक पृष्ठभूमि विकिरण और ऑक्सीडेटिव तनाव से होने वाले दैनिक नुकसान को संभालने के लिए विकसित परिष्कृत डीएनए मरम्मत तंत्र शामिल हैं।

प्राकृतिक पृष्ठभूमि विकिरण विश्व भर में काफी भिन्न होता है। उच्च-विकिरण क्षेत्रों जैसे रामसर, ईरान (300-30,000 nSv/h), ग्वारापारी, ब्राजील (800-90,000 nSv/h), और केरल, भारत (446-3,000 nSv/h) में, लोग अपने पूरे जीवन को वैश्विक औसत 270 nSv/h से कई गुना अधिक खुराक दरों पर जीते हैं—और फिर भी कैंसर की दरों में कोई लगातार वृद्धि नहीं देखी गई है। यह इस विचार को कमजोर करता है कि सभी विकिरण खतरनाक हैं, और सुझाव देता है कि निम्न-खुराक जोखिम तटस्थ या यहां तक कि फायदेमंद हो सकते हैं।

विकिरण हॉर्मेसिस: एक बेहतर दृष्टिकोण

हॉर्मेसिस परिकल्पना प्रस्तावित करती है कि निम्न खुराकों में आयनीकरण विकिरण (आमतौर पर 100 mSv से कम कुल, या 10-100,000 nSv/h की सीमा में) अनुकूली जैविक प्रतिक्रियाओं को ट्रिगर कर सकता है जो कोशिकाओं को अधिक लचीला बनाते हैं। इनमें बेहतर डीएनए मरम्मत, सुपरऑक्साइड डिसम्यूटेज जैसे एंटीऑक्सिडेंट्स का बढ़ा हुआ उत्पादन, और बेहतर प्रतिरक्षा निगरानी शामिल हैं।

प्रयोगशाला अध्ययन इस दृष्टिकोण का समर्थन करते हैं। निम्न-खुराक विकिरण के संपर्क में आने वाली कोशिकाएं अक्सर मरम्मत प्रोटीन को बढ़ाती हैं और क्षतिग्रस्त घटकों को अधिक कुशलता से हटाती हैं। पशु प्रयोगों से पता चला है कि निम्न पृष्ठभूमि विकिरण के संपर्क में आने वाले चूहों को कभी-कभी नियंत्रण समूहों की तुलना में अधिक समय तक जीवित रहते हैं और उनमें कम ठ्यूमर विकसित होते हैं।

ऐतिहासिक साक्ष्य भी हॉर्मेसिस के साथ संरेखित हैं। **ऑस्ट्रिया** में गैस्टिनर हाइल्सटोलन जैसे स्थानों पर, लोग रेडॉन से समृद्ध थर्मल स्पा में जाते हैं, जहां खुराक दरें लगभग **10,000-100,000 nSv/h** होती हैं, ताकि गठिया जैसे सूजन संबंधी रोगों का इलाज किया जा सके। हालांकि सदियों तक तंत्र समझा नहीं गया था, ये उपचार अक्सर दर्द और सूजन को कम करते हैं—जो विकिरण-प्रेरित प्रतिरक्षा मॉड्यूलेशन के साथ सुसंगत है।

बेशक, कोई भी पूर्णकालिक रूप से रेडॉन स्पा में या ग्वारापारी के समुद्र तट पर नहीं रहता। लेकिन यही बात है: छोटी अवधि के लिए उच्च खुराक दरें अक्सर कोई मापनीय नुकसान नहीं पैदा करती हैं और चिकित्सीय लाभ प्रदान कर सकती हैं—जो LNT मॉडल के साथ सीधा विरोधाभास है।

सनटैन सादृश्य: एक सामान्य ज्ञान की तुलना

सार्वजनिक रूप से मध्यम सूर्य जोखिम को सामान्य, यहां तक कि स्वस्थ माना जाता है, भले ही पराबैंगनी (UV) विकिरण एक ज्ञात कार्सिनोजेन हो। क्यों? क्योंकि हम समझते हैं कि शरीर सूर्य के प्रकाश का जवाब **मेलेनिन** उत्पन्न करके देता है, जो आगे UV क्षति से बचाता है। लोग त्वचा कैंसर के जोखिम को **विटामिन D** और सूर्य के प्रकाश के अन्य लाभों के बदले स्वीकार करते हैं—बशर्ते जोखिम उचित हो।

आयनीकरण विकिरण मौलिक रूप से समान है। निम्न खुराक दरों पर, शरीर **अनुकूलन** करता है, क्षति को बेअसर करने के लिए मरम्मत तंत्रों को सक्रिय करता है। फिर भी, LNT मॉडल जोर देता है कि सभी आयनीकरण विकिरण खतरनाक हैं, जो तुच्छ जोखिमों का डर पैदा करता है: एक **सीटी स्कैन (~2-10 mSv)**, एक **अंतरमहाद्वीपीय उडान (2,000-15,000 nSv/h)**, या परमाणु ऊर्जा संयंत्र के पास रहना। ये डर बने रहते हैं, भले ही ऐसी जोखिमें दुनिया के कई हिस्सों में प्राकृतिक पृष्ठभूमि स्तरों के बराबर या उससे कम हों।

LNT मॉडल को क्यों बदलना चाहिए

LNT मॉडल को त्यागने के पांच प्रमुख कारण हैं:

1. निम्न खुराकों में नुकसान का कोई सबूत नहीं

उच्च पृष्ठभूमि क्षेत्रों में अध्ययन उच्च प्राकृतिक विकिरण (अक्सर दसियों हजार nSv/h) और कैंसर की दरों में वृद्धि के बीच कोई लगातार संबंध नहीं दिखाते। ये निष्कर्ष LNT की भविष्यवाणियों का सीधे खंडन करते हैं।

2. जैविक अनुकूलन को नजरअंदाज किया गया

LNT मॉडल शरीर को निष्क्रिय मानता है। वास्तव में, निम्न-खुराक विकिरण डीएनए मरम्मत, एंटीऑक्सिडेंट रक्षा, और सेलुलर सफाई प्रक्रियाओं को सक्रिय करता है—सुरक्षात्मक प्रतिक्रियाएं जिन्हें मॉडल पूरी तरह से नजरअंदाज करता है।

3. विकिरण का डर असंगत है

यह मॉडल हानिरहित या लाभकारी जोखिमों के बारे में सार्वजनिक चिंता को बढ़ाता है, जिससे लोग चिकित्सा इमेजिंग से इनकार करते हैं या परमाणु संयंत्रों से छोटे उत्सर्जन पर घबरा जाते हैं—गलत जानकारी पर आधारित तर्कहीन प्रतिक्रियाएं।

4. नियामक अतिशयोक्ति महंगी है

LNT-आधारित नीतियां अत्यधिक परिरक्षण, अत्यंत निम्न जोखिम सीमाएं, और महंगे सफाई मानकों की आवश्यकता होती हैं। फुकुशिमा दुर्घटना के बाद, हजारों लोगों को उन क्षेत्रों से निकाला गया जहां खुराक दर **10,000 nSv/h** से कम थी, जिसके परिणामस्वरूप तनाव से संबंधित मौतें हुईं, न कि विकिरण बीमारी से। इन नियमों का लागत-लाभ संतुलन गहराई से त्रुटिपूर्ण है।

5. बेहतर विकल्प मौजूद हैं

एक **सीमा मॉडल**, जो यह मानता है कि एक निश्चित खुराक (उदाहरण के लिए, 100 mSv) के नीचे कोई नुकसान

नहीं है, या एक हॉर्मेटिक मॉडल, जो निम्न-खुराक जोखिम के संभावित लाभों को मान्यता देता है, जैविक वास्तविकताओं और वैज्ञानिक साक्षों को बेहतर ढंग से प्रतिबिंबित करेगा।

विकिरण के प्रति एक तर्कसंगत दृष्टिकोण

LNT मॉडल को बदलने का मतलब उच्च-खुराक विकिरण के वास्तविक खतरों को कम करना नहीं है। **1,000 mSv से अधिक** की खुराकें निस्संदेह हानिकारक हैं और इन्हें सख्ती से नियंत्रित किया जाना चाहिए। लेकिन अधिक सटीक मॉडल को अपनाने से संभव होगा:

- चिकित्सा उपयोग में स्मार्टनेस:** मरीज और डॉक्टर निम्न-खुराक इमेजिंग या विकिरण चिकित्सा को बिना अनुचित डर के आत्मविश्वास के साथ उपयोग कर सकते हैं।
- संतुलित विनियमन:** नीतियां वास्तव में खतरनाक जोखिमों को प्राथमिकता दे सकती हैं, जिससे स्वास्थ्य सेवा और परमाणु उद्योग पर आर्थिक बोझ कम हो।
- सार्वजनिक समझ:** विकिरण को हमारे पर्यावरण का एक प्राकृतिक हिस्सा मानना—जैसे सूर्य का प्रकाश—तर्कहीन डर को कम करेगा और सूचित निर्णय लेने को सक्षम करेगा।

आलोचकों को जवाब

कुछ लोग तर्क देते हैं कि LNT मॉडल सबसे सुरक्षित है क्योंकि निम्न खुराकों के प्रभावों को मापना मुश्किल है। वे परमाणु श्रमिकों के अध्ययनों का हवाला देते हैं, जिनमें **50 mSv** के आसपास कैंसर का जोखिम थोड़ा बढ़ा हुआ है, लेकिन ये अध्ययन अक्सर भ्रामक चरों—जैसे धूम्रपान, शिफ्ट कार्य, या तनाव—से प्रभावित होते हैं, जिन्हें अलग करना मुश्किल है। इस बीच, उच्च-विकिरण क्षेत्रों से बड़े पैमाने पर डेटा और अच्छी तरह से नियंत्रित प्रयोगशाला अध्ययन **निम्न या कोई जोखिम** और अक्सर निम्न-खुराक विकिरण से **सकारात्मक प्रभाव** दर्शाते हैं।

LNT मॉडल को आदत या सावधानी के कारण बनाए रखना वैज्ञानिक सावधानी नहीं है—यह **नियामक जड़ता** है। यह डर को बढ़ावा देता है, नवाचार को हतोत्साहित करता है, और अधिक तात्कालिक स्वास्थ्य जोखिमों से संसाधनों को हटाता है।

निष्कर्ष

रैखिक गैर-सीमा मॉडल विकिरण जीव विज्ञान को अत्यधिक सरल बनाता है और अनुचित डर को बढ़ावा देता है। उच्च-विकिरण क्षेत्रों, प्रयोगात्मक जीव विज्ञान, और ऐतिहासिक चिकित्सीय उपयोग से साक्ष्य स्पष्ट रूप से दिखाते हैं कि **निम्न-खुराक विकिरण स्वाभाविक रूप से खतरनाक नहीं है**—और यह भी फायदेमंद हो सकता है। सूर्य के प्रकाश की तरह, आयनीकरण विकिरण में जोखिम और लाभ दोनों हैं, और हमारी नीतियों को इस बारीकी को प्रतिबिंबित करना चाहिए।

LNT मॉडल को **सीमा या हॉर्मेटिक मॉडल** के पक्ष में त्यागकर, हम चिकित्सा, उद्योग, और ऊर्जा में विकिरण के उपयोग के लिए एक अधिक तर्कसंगत ढांचा बना सकते हैं। इससे **अधिक प्रभावी नियम, कम लागत, और बेहतर सूचित जनता** होगी। विकिरण दुश्मन नहीं है—यह एक प्राकृतिक शक्ति है जिसे हम समझ सकते हैं, अनुकूलन कर सकते हैं, और बुद्धिमानी से उपयोग कर सकते हैं।