प्लाज़्मा - कैंसर के विरुद्ध आशा की एक नई किरण

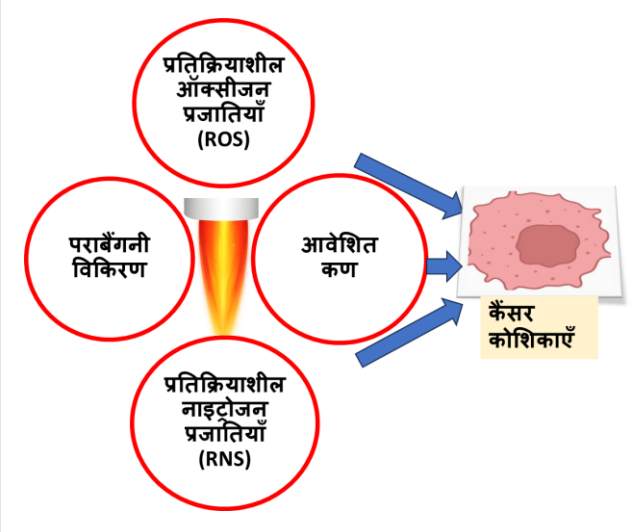
वंदना चतुर्वेदी मिश्रा

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई

आशा की किरण, अंधेरों में उजाला लाए,
जब विज्ञान का दीपक, जीवन को फिर से सजाए
राह कठिन हो, रात घनी, डर का साया छाए,
ज्ञान की लौ हर दिल में, नई सुबह बन जाए।

विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) की वर्ष 2022 की रिपोर्ट के अनुसार, दुनिया भर में कैंसर के लगभग 2 करोड़ नए मामले दर्ज किए गए जिनमें से लगभग एक करोड़ लोग इस बीमारी के कारण अपनी जान गंवा बैठे। कैंसर केवल एक चिकित्सा समस्या नहीं, बल्कि एक सामाजिक, आर्थिक और भावनात्मक चुनौती भी है। कैंसर के उपचार में तीन पारंपरिक तरीके सबसे अधिक इस्तेमाल होते हैं—

(1) **शल्य-क्रिया (सर्जरी) :** सर्जरी में ट्यूमर को शरीर से काटकर निकाल दिया जाता है, लेकिन यह तभी कारगर होती है जब कैंसर एक जगह सीमित हो और ऑपरेशन संभव हो; इसमें खून बहना, संक्रमण और ट्यूमर के दोबारा उभरने का खतरा रहता है।



(2) **कीमोथेरेपी :** कीमोथेरेपी में तेज़ी से बढ़ने वाली कैंसर कोशिकाओं को खत्म करने के लिए दवाएँ दी जाती हैं, परंतु ये स्वस्थ कोशिकाओं को भी नुकसान पहुँचा देती हैं, जिससे बाल झड़ना, उल्टी, थकान, प्रतिरक्षा में कमी और लंबे समय में अंगों को नुकसान जैसे दुष्प्रभाव हो सकते हैं, साथ ही समय के साथ दवाओं का असर भी कम हो सकता है।

(3) **विकिरण-चिकित्सा :** विकिरण-चिकित्सा में उच्च-ऊर्जा किरणों से कैंसर कोशिकाओं को नष्ट किया जाता है, लेकिन इसमें आसपास के स्वस्थ ऊतकों को भी नुकसान पहुँच सकता है, जिससे त्वचा में जलन, थकान, ऊतक का सख़्त होना और कभी-कभी भविष्य में दूसरा कैंसर होने का खतरा होता है; साथ ही इसके लिए महंगे और विशेष उपकरणों की ज़रूरत होती है।

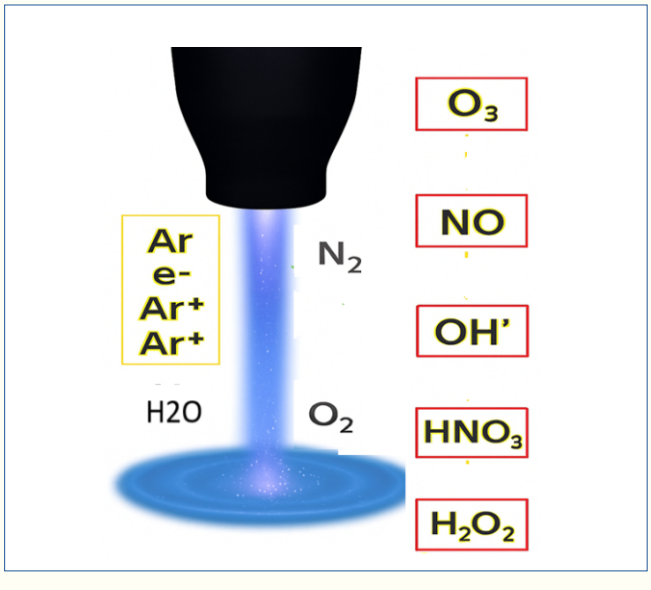
प्लाज़्मा क्या है?

प्लाज़्मा, जिसे अक्सर पदार्थ की चौथी अवस्था कहा जाता है, एक ऐसी अवस्था है जिसमें गैस के अणु और परमाणु आयनित (ionized) होकर मुक्त इलेक्ट्रॉन और आयन में बदल जाते हैं। यह अवस्था प्राकृतिक रूप से सूर्य, बिजली (lightning) और ऑरोरा में पाई जाती है, लेकिन वैज्ञानिकों ने इसे कृत्रिम रूप से भी उत्पन्न करना सीख लिया है।

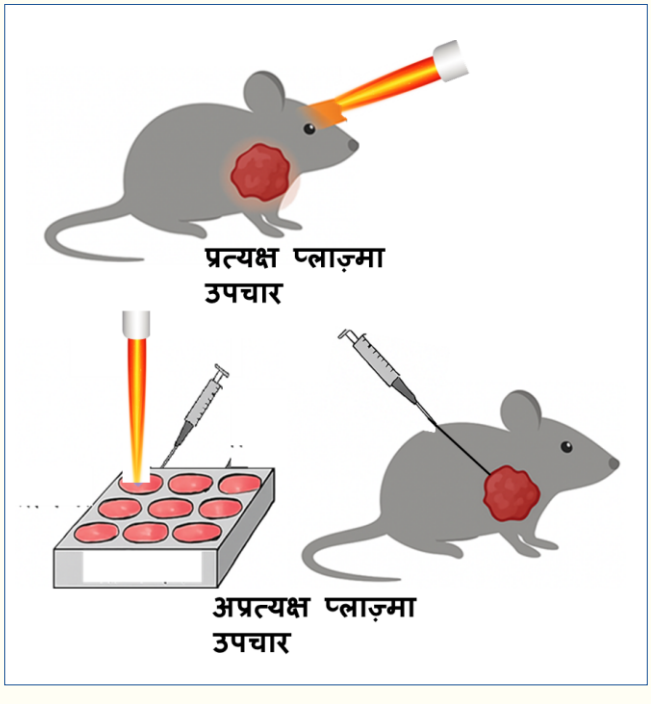
इसके दो मुख्य प्रकार हैं:

1. उच्च तापमान वाला प्लाज़्मा — सूरज में पाया जाता है।
2. निम्न तापमान या गैर-तापीय (नॉन-थर्मल) प्लाज़्मा — जिसे कमरे के तापमान पर भी उत्पन्न किया जा सकता है।

तापीय प्लाज़्मा में सभी कण—इलेक्ट्रॉन, आयन और तटस्थ गैस अणु—लगभग समान रूप से बहुत उच्च तापमान पर होते हैं, जिसके कारण यह अत्यधिक ऊर्जा-युक्त होता है और धातु काटने, वेल्डिंग तथा अन्य औद्योगिक प्रक्रियाओं में उपयोगी है, लेकिन जीवित ऊतकों के लिए हानिकारक है। दूसरी ओर, गैर-तापीय प्लाज़्मा में केवल इलेक्ट्रॉनों का तापमान बहुत अधिक होता है, जबकि भारी कण अपेक्षाकृत ठंडे रहते हैं, जिससे इसका औसत तापमान कम रहता है और यह जैविक ऊतकों को क्षति पहुँचाए बिना प्रभावी रूप से काम कर सकता है। यही कारण है कि गैर-तापीय प्लाज़्मा, जिसे शीत (कोल्ड) वायुमंडलीय प्लाज़्मा भी कहा जाता है, चिकित्सा अनुप्रयोगों जैसे घाव भरना, संक्रमण नियंत्रण और कैंसर उपचार में अधिक उपयुक्त और सुरक्षित माना जाता है। गैर-तापीय प्लाज़्मा विज्ञान का एक ऐसा चमत्कार जो कम तापमान पर काम करते हुए, बिना स्वस्थ ऊतकों को नुकसान पहुँचाए, कैंसर कोशिकाओं को नष्ट करने की क्षमता रखता है। गैर-तापीय प्लाज़्मा में मौजूद उत्तेजित प्रजातियाँ (Excited Species), पराबैंगनी विकिरण (UV), रिएक्टिव ऑक्सीजन प्रजातियाँ (ROS), रिएक्टिव नाइट्रोजन प्रजातियाँ (RNS) और आवेशित कण (Charged Species) सभी जैव-अणुओं पर प्रभाव डाल सकते हैं। इनकी संयुक्त क्रिया कोशिकाओं की संरचना और कार्य को प्रभावित करके विभिन्न चिकित्सीय लाभ प्रदान करती है। यह प्लाज़्मा घाव भरने, त्वचा पुनर्जनन, रक्त के थक्के जमाने (Blood Coagulation), संक्रमण नियंत्रण (Disinfection) और यहाँ तक कि कैंसर उपचार में भी प्रभावी रूप से उपयोग किया जा सकता है, क्योंकि यह सूक्ष्मजीवों को नष्ट करने, ऊतक की मरम्मत को बढ़ावा देने और असामान्य कोशिकाओं को लक्षित करने में सक्षम है।



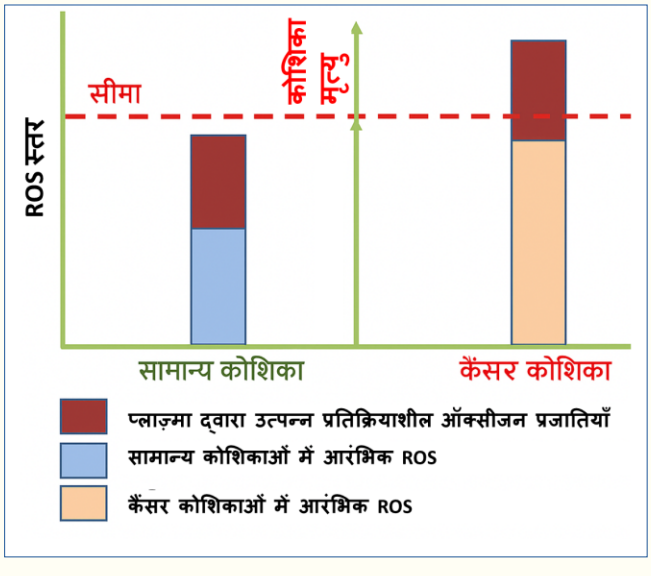
गैर-तापीय (नॉन-थर्मल) प्लाज़्मा का कैंसर उपचार में महत्व : गैर-तापीय प्लाज़्मा का चिकित्सा क्षेत्र में विशेष महत्व है, क्योंकि यह कम तापमान पर कार्य करता है और सामान्य ऊतकों के लिए सुरक्षित रहता है। यह प्लाज़्मा विभिन्न रिएक्टिव ऑक्सीजन प्रजातियों (ROS) और रिएक्टिव नाइट्रोजन प्रजातियों (RNS) का उत्पादन करता है, जो कैंसर कोशिकाओं की संरचना और कार्य को नुकसान पहुँचाकर उन्हें नष्ट करने में सक्षम होते हैं। इसका सबसे बड़ा लाभ यह है कि यह एक गैर-आक्रामक तरीका है, जिसमें



बिना चीरा लगाए उपचार संभव है, जिससे मरीज़ को कम दर्द और तेज़ रिकवरी मिलती है। साथ ही, इसमें चयनात्मकता होती है—यह स्वस्थ कोशिकाओं को सुरक्षित रखते हुए केवल कैंसर कोशिकाओं पर ही हमला करता है, जिससे दुष्प्रभाव न्यूनतम रहते हैं और उपचार अधिक प्रभावी बनता है।

कैंसर कोशिकाओं का चयनात्मक विनाश

गैर- तापीय (नॉन-थर्मल) प्लाज़्मा की चयनात्मकता (Selective Killing) मुख्य रूप से कैंसर कोशिकाओं और सामान्य कोशिकाओं की संरचना व जैव-रसायनिक अंतर पर आधारित होती है। कैंसर कोशिकाओं की झिल्ली (Membrane) अधिक अस्थिर और नकारात्मक चार्ज वाली होती है, जिससे प्लाज़्मा से उत्पन्न रिएक्टिव ऑक्सीजन और नाइट्रोजन प्रजातियाँ (ROS/RNS) आसानी से उनमें प्रवेश कर सकती हैं। तेज़ी से विभाजित होने के कारण इन कोशिकाओं का मेटाबॉलिज्म पहले से ही उच्च ROS स्तर बनाए रखता है, और जब प्लाज़्मा से अतिरिक्त ROS बनते हैं तो यह जल्दी उस न्यूनतम आवश्यक स्तर (Threshold) तक पहुँच जाता है, जिसके बाद कोशिका मृत्यु (Cell Death) हो जाती है। दूसरी ओर, सामान्य कोशिकाओं में ऑक्सिडेंट और एंटीऑक्सिडेंट के बीच संतुलन बनाए रखने की क्षमता होती है, साथ ही उनका



DNA मरम्मत तंत्र मज़बूत होता है, जिससे वे ROS द्वारा हुई क्षति की मरम्मत कर पाती हैं और जीवित रहती हैं। इस प्रकार, कैंसर कोशिकाएँ जल्दी क्षतिग्रस्त होकर नष्ट हो जाती हैं जबकि स्वस्थ कोशिकाएँ सुरक्षित रहती हैं।

अन्य चिकित्सा उपयोग

गैर-तापीय प्लाज़्मा अपने कम तापमान और उच्च जैव-क्रियाशीलता के कारण दंत-चिकित्सा, त्वचा-रोग, घाव-उपचार और निष्क्रियकरण जैसे कई क्षेत्रों में प्रभावी रूप से काम करता है। इसमें उत्पन्न रिएक्टिव ऑक्सीजन और नाइट्रोजन प्रजातियाँ (ROS/RNS), पराबैंगनी विकिरण (UV) और आवेशित कण सीधे बैक्टीरिया, वायरस और फंगस की कोशिका झिल्ली और DNA को नुकसान पहुँचाकर उन्हें निष्क्रिय कर देते हैं। दंत-चिकित्सा में यह दाँतों और मसूड़ों की सतह पर मौजूद रोगजनक सूक्ष्मजीवों को नष्ट करता है और मसूड़ों की चिकित्सा में सहायता करता है। त्वचा-रोगों में यह संक्रमण, एक्ज़िमा और फंगल रोग के कारकों को खत्म करता है तथा सूजन कम करता है। घाव-उपचार में यह संक्रमण हटाकर ऊतक पुनर्जीवन को प्रोत्साहित करता है और रक्त प्रवाह में सुधार करता है। निष्क्रियकरण में यह उपकरणों और सतहों पर मौजूद बैक्टीरिया को बिना गर्मी से नुकसान पहुँचाए नष्ट कर देता है, जिससे संवेदनशील चिकित्सा उपकरण भी सुरक्षित रहते हैं।

गैर-तापीय (नॉन-थर्मल) प्लाज़्मा चिकित्सा की चुनौतियाँ और सीमाएँ

गैर-तापीय प्लाज़्मा चिकित्सा के कई लाभ होने के बावजूद इसकी कुछ सीमाएँ भी हैं। यह सभी प्रकार के कैंसर पर समान रूप से प्रभावी नहीं होता, क्योंकि विभिन्न कैंसर कोशिकाओं की संरचना और प्रतिक्रिया में अंतर होता है। इसके लिए उपयोग होने वाले उपकरण महंगे और तकनीकी रूप से जटिल होते हैं, जिन्हें संचालित करने के लिए विशेष प्रशिक्षण की आवश्यकता पड़ती है। साथ ही, इसकी दीर्घकालिक सुरक्षा और संभावित दुष्प्रभावों को पूरी तरह

समझने के लिए अभी और व्यापक वैज्ञानिक अध्ययन आवश्यक हैं, ताकि इसे बड़े पैमाने पर सुरक्षित और मानक उपचार के रूप में अपनाया जा सके।

भविष्य की संभावनाएँ

आने वाले वर्षों में गैर- तापीय प्लाज़्मा उपचार कैंसर चिकित्सा का एक प्रमुख हिस्सा बन सकता है। यदि इसके लिए पोर्टेबल और किफायती उपकरण विकसित कर लिए जाएँ, तो यह तकनीक दूरस्थ और ग्रामीण क्षेत्रों तक आसानी से पहुँच सकेगी। साथ ही, इसे पारंपरिक उपचार विधियों के साथ संयोजन (कंबिनेशन थैरेपी) में उपयोग करके उपचार की प्रभावशीलता बढ़ाई जा सकती है और मरीज़ों को अधिक सुरक्षित, कम दुष्प्रभाव वाला विकल्प प्रदान किया जा सकता है।

गैर-तापीय प्लाज़्मा की किरण,
आशा का नया सवेरा लाए,
जहाँ कैंसर हार मान जाए और जीवन मुस्कुराए !

गैर-तापीय प्लाज़्मा कैंसर उपचार में एक क्रांतिकारी बदलाव लाने की क्षमता रखता है — यह केवल रोगग्रस्त कोशिकाओं को नष्ट नहीं करता, बल्कि जीवन की उम्मीद को भी संजीवनी देता है। कम दुष्प्रभाव, उच्च चयनात्मकता और व्यापक उपयोग क्षमता के साथ, यह तकनीक आने वाले समय में मानवता की सबसे बड़ी चिकित्सा उपलब्धियों में गिनी जा सकती है। यदि भविष्य के शोध इसके लाभों को और प्रमाणित करते हैं, तो संभव है कि एक दिन कैंसर का भय केवल इतिहास के पन्नों में सिमटकर रह जाए।

लेखक का परिचय

वन्दना चतुर्वेदी मिश्रा

डॉ. वंदना चतुर्वेदी मिश्रा, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई के लेसर एवं प्लाज़्मा प्रौद्योगिकी प्रभाग (L&PTD) में वैज्ञानिक अधिकारी-ई के पद पर कार्यरत हैं।

झाबुआ (मध्य प्रदेश) के जवाहर नवोदय विद्यालय में आयोजित जन-संपर्क अभियान 'परमाणु ज्योति' के दौरान उत्साहित छात्र-छात्राएँ