फ्लोरोसेंस से पैथोलॉजी तक : पॉइंट ऑफ़ केअर की राह

प्रभात कुमार सिंह एवं नितिन ओ. कावडे

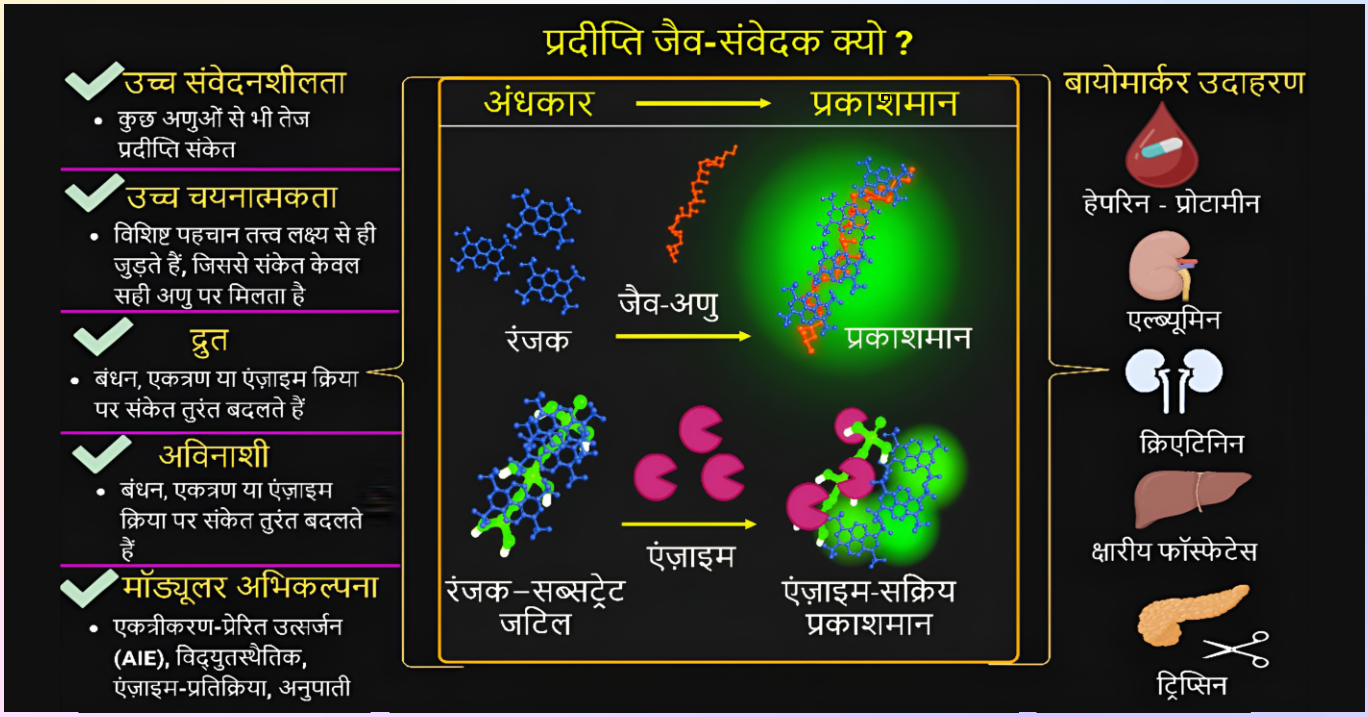
भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई

प्रतिदीप्ति (फ्लोरेसेंस) एक प्रकाश-आधारित प्रभाव है जो पदार्थ को क्षणिक रूप से "चमकने में सक्षम बनाता है। इसके द्वारा कई प्रकार के जटिल जैव-माध्यमों जैसे कि रक्त-सीरम, प्लाज़्मा और मूत्र में उपस्थित अवयवों के संवेदनशील मापन किये जा सकते हैं। इस लेख में, हमारे द्वारा विकसित उदाहरणों के माध्यम से प्रतिदीप्ति-आधारित संवेदन (सेंसिंग) तकनीकों को सरल रूप में प्रस्तुत किया गया है। स्वास्थ्य-सेवा क्षेत्र में पॉइंट-ऑफ़-केयर अनुप्रयोगों के लिए कागज़ की पट्टियों (पेपर-स्ट्रिप एवं पोर्टेबल पाठ्य-उपकरणों (रीडर्स/डिस्प्ले) के रूप में इन तकनीकों के अनुप्रयोगों की संभावनाओं को भी दर्शाया गया है।

फ्लोरेसेंस क्यों, और अभी क्यों?

उत्तम स्वास्थ्य सेवाओं के लिए चिकित्सीय परीक्षणों का (i) सटीक होना, (ii) रक्त एवं मूत्र जैसे जैविक नमूनों पर सीधे काम करना, और (iii) सरल तथा विश्वसनीय तकनीक /उपकरणों पर आधारित होना अत्यावश्यक है। प्रतिदीप्ति (फ्लोरेसेंस)-आधारित संवेदन (सेंसिंग) इन तीनों मानकों पर खरा उतरता है। इसके द्वारा विश्लेष्य पदार्थ की अत्यल्प मात्रा को कुछ ही मिनटों में सरल एवं पोर्टेबल प्रकाशीय उपकरणों की सहायता से पहचाना / मापा जा सकता है।

जिस प्रकार अँधेरे में हल्का सा प्रकाश भी स्पष्ट दिखाई देता है, उसी प्रकार प्रतिदीप्ति (फ्लोरेसेंस) फोटोनों की संख्या की सटीक गिनती कर पाना इस तकनीक की संवेदनशीलता को निर्धारित करता है। अधिक संवेदनशीलता से सूक्ष्म परिवर्तनों का पता लगाना सरल हो जाता है। प्रतिदीप्ति (फ्लोरेसेंस) संकेत के तात्कालिक (रियल-टाइम) मापन द्वारा सम्बंधित प्रक्रिया (जैसे कि रसायनिक अभिक्रिया) की गति का आकलन किया जा सकता है जिससे एंज़ाइमों की सक्रियता



/अवरोधन की दर पर भी नज़र रखी जा सकती है। गहरे-लाल (डीप-रेड) या निकट-अवरक्त (नियर-इंफ्रारेड) प्रतिदीप्ति (प्रकाश) के उपयोग से, जो अपारदर्शी (रंगीन अथवा धुंधले) नमूनों (सैम्पल्स) से अधिक प्रभावी ढंग से गुजरती है और प्राकृतिक पृष्ठभूमि प्रतिदीप्ति संकेत (बैकग्राउंड फ्लोरेसेंस सिग्नल) से कम-से-कम हस्तक्षेप करती है, इस तकनीक की चयनात्मकता बढ़ायी जा सकती है।

"डार्क-टू-ब्राइट" सिग्नल पर आधारित सेंसिंग डिज़ाइन

इस डिज़ाइन का आधार एक सरल "डार्क-टू-ब्राइट"संकेत है। प्रारम्भ में सैंपल (नमूना) मंद प्रकाश (डार्क) देता है, और लक्षित विश्लेष्य अणुओं की उपस्थिति में तीव्रता से चमक उठता (ब्राइट) है। इससे संकेत (सिग्नल) की अस्थिरता (ड्रिफ्ट) कम होती है और परिणाम आसानी से रिकॉर्ड किये जा सकते हैं। सेंसिंग दो अलग-अलग प्रकार से की जा सकती है: (1) ऐसे रंजक (डाई) अणु जो केवल एकत्रित होकर अथवा रासायनिक बंध बनाने पर ही प्रतिदीप्ति (प्रकाश) उत्पन्न करते हैं, जिसे एग्रीगेशन-इंड्यूज्ड एमिशन (AIE) कहा जाता है। (2) एंज़ाइमों के उपयोग से रंजक (डाई) अणु सक्रियित होकर एक प्रतिदीप्ति उत्पाद बनाते हैं, जिससे उत्सर्जित प्रकाश के मापन द्वारा संवेदन (सेंसिंग) किया जाता है। इसे "एंजाइम-सक्रियित प्रोब" कहा जाता है। दोनों ही प्रक्रियाएं जैविक घटनाओं को स्पष्ट प्रकाशीय संकेत में परिवर्तित करते हैं।

वास्तविक परिस्थितियों में प्रदर्शन

सामान्यतया जैव-संवेदकों (बायो-सेंसर्स) का परीक्षण शुद्ध माध्यमों जैसे लवण-जल (सेलाइन) में किया जाता है, जिससे प्राप्त परिणाम वास्तविक जैविक-नमूनों (बायो-सैम्पल्स) की तुलना में काफी अच्छे प्रतीत हो सकते हैं। इस प्रकार के परीक्षण वास्तविक परिस्थितियों को वर्णित नहीं करते। इस अनिश्चितता से बचने के लिए, भाभा परमाणु अनुसन्धान केंद्र में हम सीरम, प्लाज़्मा या कृत्रिम मूत्र में किये गए परीक्षणों से ही संवेदकों के प्रदर्शन का सत्यापन करते हैं, और स्व-मानक विधियों, जैसे एक ही सैंपल में दो रंगों की तुलना, को शामिल करते हैं ताकि नमूने के रंग या प्रकाशीय पथ की लंबाई में होने वाले अंतर का प्रभाव कम किया जा सके। इसके अलावा सभी परीक्षणों में व्यवहारिक हार्डवेयर (उपकरण) का उपयोग किया जाता है। अनुसंधान कार्य में मानक प्रयोगशाला फ्लोरोमीटर, प्रोटोटाइप के विकास एवं परीक्षण हेतु सामान्य क्यूवेट्स अथवा कागज़ (फ़िल्टर पेपर) से निर्मित पट्टियों (स्ट्रिप्स) का उपयोग किया जाता है।

प्रस्तुत लेख में हेपरिन, एल्ब्यूमिन, क्रिएटिनिन, क्षारीय (अल्कलाइन) फॉस्फेटेज़ एवं ट्रिप्सिन, इन पांच पदार्थों के प्रतिदीप्ति (फ्लोरेसेंस) - आधारित सेंसिंग परिणामों को दर्शाते हुए स्पष्ट किया गया है कि किस प्रकार इस तकनीक को रोज़मर्रा के जैविक-नमूनों (बायो-सैम्पल्स) की जांच एवं पॉइंट-ऑफ़-केयर अनुप्रयोगों के लिए उपयोग में लाया जा सकता है।

प्रथम अध्ययन (केस-1) :- हेपरिन का संवेदन (प्रोटामाइन द्वारा सुरक्षित निरसन)

हृदय एवं फेफड़े की बाईपास शल्यचिकित्सा, डायलिसिस तथा हृदय संबंधी कई प्रक्रियाओं में रक्त के थक्कों के बनने से बचाव के लिए हेपरिन, जो एक प्रतिस्कंदक (एंटीकोएग्युलेन्ट) है, का उपयोग किया जाता है। उपयोग के बाद सही समय पर प्रोटामाइन नामक औषधि, जो एक प्रोटीन है, के द्वारा हेपरिन को "निष्क्रिय"करना आवश्यक है। हेपरिन की कम मात्रा से रक्त का थक्का (थ्रॉम्बस) बनने का जोखिम बढ़ जाता है, जबकि अधिक मात्रा में इसकी उपस्थिति सामान्य रक्त जमाव प्रक्रिया को बाधित कर सकती है। वर्तमान में उपयोग में लाये जाने वाले परीक्षण (टेस्ट) प्रायः अधिक समय लेते हैं और नमूनों (सैम्पल्स) की प्रकृति (के प्रकार) से भी आसानी से प्रभावित हो जाते हैं। इन कठिनाईओं/कमियों को दूर करने के लिए, तात्कालिक एवं मरीज़ के निकट (शैय्या-निकट / बेड-साइड) किये जा सकने वाली त्वरित परीक्षण विधियां अत्यंत उपयोगी हैं।

इस दिशा में हमनें एक विशेष रंजक (डाई) विकसित किया है जो हेपरिन के संपर्क में आते ही तीव्र प्रतिदीप्ति (प्रकाश) उत्सर्जित करता है। धनावेशित रंजक और ऋणावेशित हेपरिन अणुओं के बीच प्रबल आकर्षण के कारण यह प्रतिदीप्ति उत्पन्न होती है, जो बिना तनुकृत (डाइल्यूटेड) किए मानव सीरम में भी प्रभावी है। रंजक-हेपरिन से बना संकुल (कॉम्प्लेक्स) ही हेपरिन के शरीर से निरसन को ट्रैक करने में सक्षम बनाता है। जब प्रोटामाइन मिलाया जाता है तो यह रंजक- हेपरिन संकुल को तोड़ देता है और प्रतिदीप्ति (प्रकाश) संकेत तुरंत घट जाता है। इससे यह स्पष्ट हो जाता है कि दी गई खुराक पर्याप्त है या नहीं।

प्रतिदीप्ति का यह संकेत (सिग्नल) कुछ सेकंड से मिनटों के भीतर बदलता है और साधारण से उपकरणों जैसे कि क्यूवेट या छोटे चैनल में भी आसानी से पढ़ा जा सकता है। प्रतिदीप्ति-आधारित इस विधि से हेपेरिन–प्रोटामाइन का त्वरित, मरीज़ के निकट (शैय्या-निकट / बेड-साइड) परीक्षण संभव हो पाता है, जो चिकित्सकीय प्रक्रियाओं को अधिक सुरक्षित बनाते हुए शीघ्र निर्णय में सहायक है।

द्वितीय अध्ययन (केस 2) :- एल्ब्यूमिन (रक्त परीक्षण और मूत्र जाँच)

एल्ब्यूमिन, मानव शेयर में यकृत (लिवर) में बनने वाला और रक्त-प्लाज़्मा में सबसे ज्यादा पाया जाने वाला प्रोटीन है। रक्त में एल्ब्यूमिन का स्तर यकृत की कार्यक्षमता और पोषण-स्तर को दर्शाता है, जबकि मूत्र में एल्ब्यूमिन की उपस्थिति, जिसे एल्ब्यूमिन-से-क्रिएटिनिन अनुपात (ACR) कहा जाता है, दीर्घकालिक वृक्क रोड (क्रॉनिक किडनी डिजीज; CKD) की पहचान और अवस्था निर्धारण के लिए एक प्रमुख सूचक है।

एल्ब्यूमिन के त्वरित परिक्षण के लिए हमनें एक रंजक (डाई) अणु विकसित किया है जो एल्ब्यूमिन अणु के साथ "सक्रिय"होकर गहरे लाल रंग (डीप रेड) की सैकड़ों गुना अधिक प्रतिदीप्ति (प्रकाश) उत्पन्न करता है। यह प्रतिदीप्ति प्राकृतिक पृष्ठभूमि प्रकाश (बैकग्राउंड फ्लोरेसेंस) से अतिभिन्न होती है। इस लेबल-फ्री परीक्षण से मानव मूत्र में एल्ब्यूमिन की जांच त्वरित एवं प्रभावी ढंग से की जा सकती है। प्रयुक्त रंजक (डाई) से प्राप्त प्रतिदीप्ति उत्सर्जन (फ्लोरेसेंस ग्लो) का रंग, नमूने को उत्तेजित करने के लिए उपयोग किये गए आपतित प्रकाश के रंग से काफी हटकर लालरंग के क्षेत्र में होता है। अतः मूत्र के अपारदर्शी (धुंधले) नमूनों से प्राप्त परिणाम भी विश्वसनीय होते हैं। यह विधि केवल मिश्रण और माप पर आधारित है तथा इसके लिए केवल साधारण क्यूवेट्स या पोर्टेबल प्रकाशीय उपकरण ही आवश्यक हैं।

तृतीय अध्ययन (केस 3) :- कृत्रिम मूत्र में क्रिएटिनिन का संवेदन

क्रिएटिनिन, जो मानव शरीर में प्रोटीन के पाचन से बना एक अपशिष्ट है, सामान्यतया गुर्दों द्वारा रक्त से फिल्टरित होकर मूत्र के माध्यम से शरीर से निष्कासित होता है। रक्त में क्रिएटिनिन की मात्रा, गुर्दों की कार्यक्षमता (eGFR) का अनुमान लगाने के लिए की जाती है। मूत्र में एल्ब्यूमिन के साथ मिलकर एल्ब्यूमिन- से- क्रिएटिनिन का अनुपात (एल्ब्यूमिन टू क्रिएटिनिन रेश्यो; ACR), दीर्घकालिक वृक्क रोड (क्रॉनिक किडनी डिजीज; CKD) की पहचान और निगरानी हेतु प्रमुख आधार है। दोनों ही परीक्षण विश्व स्वास्थ्य संगठन द्वारा दी गयी मानव शरीर के बाहर (पात्रे; इन-विट्रो) की जाने वाली आवश्यक नैदानिक जांचों में शामिल हैं। वर्ष 2024 के KDIGO, जो गुर्दे से सम्बंधित बीमारियों के लिए साक्ष्यों के आधार पर चिकित्सकीय दिशानिर्देश तैयार करने वाला एक वैश्विक गैर-लाभकारी संगठन है, के अनुसार भी, पॉइंट-ऑफ़-केयर क्रिएटिनिन परीक्षण सीमित लैब सुविधाओं वाले समुदायों में गुर्दे के रोग सम्बंधित मामलों की पहचान बढ़ाने में महत्वपूर्ण है।

इस दिशा में हमनें सरल स्वपोषी-परपोषी (होस्ट–गेस्ट) युग्म पर आधारित थायोफ्लैविन-T (ThT) रंजक (डाई) और सल्फरीकृत बीटा- साइक्लोडेक्सट्रिन (सल्फेटेड β - साइक्लोडेक्सट्रिन) युक्त द्वि- वर्णीय आनुपातिक सेंसर विकसित किया है। एल्युमिनियम आयनों की उपस्थिति में

यह युग्म अलग हो जाता है, जिसका स्पेक्ट्रम रिकॉर्ड किया जाता है। क्रिएटिनिन इस युग्म को फिर से जोड़ देता है, जिसके परिणामस्वरूप दो तरंग दैर्ध्यों के बीच प्रतिदीप्ति (प्रकाश) का संतुलन विपरीत दिशाओं में बदल जाता है। इस प्रतिदीप्ति अनुपात के मापन का फ़ायदा यह है कि नमूने (सैंपल) के रंग या प्रकाशीय पथ लम्बाई (ऑप्टिकल लेंथ) से होने वाले अंतर निरस्त हो जाते हैं एवं सामान्य नमूनों में भी विश्वसनीय परिणाम मिलते हैं।

यह विधि, रोगी के वास्तविक नमूनों के सटीक विकल्प के रूप में प्रयुक्त प्रयोगशाला में निर्मित कृत्रिम मूत्र में भी प्रभावी है। प्रतिदीप्ति अनुपात में परिवर्तन को एल ई डी (LED), फोटो डायोड या स्पेक्ट्रोमीटर, आदि संहत प्रकाशीय उपकरणों (कॉम्पैक्ट ऑप्टिकल इक्विपमेंट) द्वारा आसानी से मापा जा सकता है, जिससे रोगियों की शीघ्र जांच और अनुवर्तन (फॉलो-अप) के लिए सरल एवं पोर्टेबल सुविधा विकसित की जा सकती है।

चतुर्थ अध्ययन (केस 4):- अल्कलाइन फॉस्फेटेज़ (ALP) सक्रियता और उसके अवरोधक

एल्कलाइन फॉस्फेटेस (ALP) एक नियमित रक्त परीक्षण है जो एल्कलाइन फॉस्फेटेस नामक एंजाइम की मात्रा को मापता है तथा चिकित्सकों को यकृत तथा पित्त-नलिकाओं की सेहत और अस्थि-अपचय (बोन टर्नओवर) का आकलन करने में मदद करता है। इसका बढ़ा हुआ स्तर यकृत (लिवर) या हड्डियों में समस्या का संकेत दे सकता है, जबकि कम लेवल पोषण की कमी या दूसरी समस्याओं का संकेत देते हैं। अत्यधिक ALP स्तर के साथ बढ़ा हुआ बिलीरुबिन प्रायः यकृत में पित्त प्रवाह की समस्या की ओर संकेत करता है। रक्त में लिए जाने वाले एंज़ाइम परीक्षण, जिसे गामा ग्लूटेमाएल ट्रांस्फ़ेरेस (GGT) कहा जाता है, के साथ यह पुष्टि की जा सकती है की अधिक ALP का स्रोत वास्तव में यकृत (लिवर) है या नहीं। रोज़मर्रा में किये जाने वाले जांच एवं निदान के लिए, ALP-सक्रियता की शीघ्र जांच चिकित्सीय निर्णयों में मददगार हो सकती है।

इसके लिए हमनें एक "लाइट-अप"(टर्न-ऑन) डिज़ाइन विकसित की है, जिसमें एक रंजक-प्रोटीन (डाई–प्रोटीन) युग्म प्रबल प्रतिदीप्ति (चमक) देता है और फॉस्फेट-युक्त योजक इस प्रतिदीप्ति (चमक) को बंद कर देता है। ALP एंज़ाइम, योजक के फॉस्फेट समूहों को तोड़कर पुनः प्रतिदीप्ति उत्पन्न करता है। पुनः उत्पन्न होने वाली प्रतिदीपि तीव्रता जितनी अधिक होगी, नमूने (सैंपल) में ALP सक्रियता भी उतनी ही अधिक होगी। यह "लाइट-अप"(टर्न-ऑन) संकेत मानव रक्त-सीरम में सीधे कार्य करता है और इसके लिए साधारण प्रकाशीय उपकरणों की आवश्यकता होती है।

यह अभिक्रिया कुछ सेकंड से मिनटों में ही पूर्ण हो जाती है और इसे क्यूवेट या कागज़ की पट्टियों (पेपर स्ट्रिप्स) पर भी पढ़ा जा सकता है। यह विधि उन औषधियों की शीघ्रजांच (स्क्रीनिंग) के लिए भी उपयोगी है जो ALP को अवरुद्ध करती हैं, विशेषकर तब जब पुष्टि हेतु प्रयोगशाला परीक्षण तुरंत उपलब्ध न हों।

पांचवां अध्ययन (केस 5):- ट्रिप्सिन (प्रोटीज़ सक्रियता और अवरोधन)

ट्रिप्सिन की जांच की दो विशेष आवश्यकताएं होती हैं: (i) सिस्टिक फाइब्रोसिस नामक बीमारी के लिए नवजात शिशुओं की स्क्रीनिंग, जहाँ एड़ी से लिए गए रक्त में उच्च प्रतिरक्षा- क्रियाशील ट्रिप्सिनोजेन (इम्यूनो रिएक्टिव ट्रिप्सिनोजेन; IRT), विश्वभर में प्रथम-चरण के परीक्षण के रूप में प्रयुक्त होता है, और (ii) अग्न्याशय संबंधी रोग, जहाँ ट्रिप्सिन (ट्रिप्सिनोजेन) की असामयिक सक्रियता अग्नाशयशोथ (पैनक्रियाटाइटिस) अनुसंधान में प्रमुख कारक और मापन संकेत है।

ट्रिप्सिन के संवेदन के लिए हमनें एक सरल "ब्राइट-टू-डिम" विधि (प्रोब) विकसित की है। एक विशेष ऋणावेशित रंजक (डाई), क्षारीय प्रोटीन 'प्रोटामाइन' से जुड़कर एक तीव्र प्रतिदीप्तिमान संकुल (फ्लोरेसेंट कॉम्प्लेक्स) बनाता है। सक्रिय ट्रिप्सिन प्रोटामाइन को काट देता है और यह संकुल

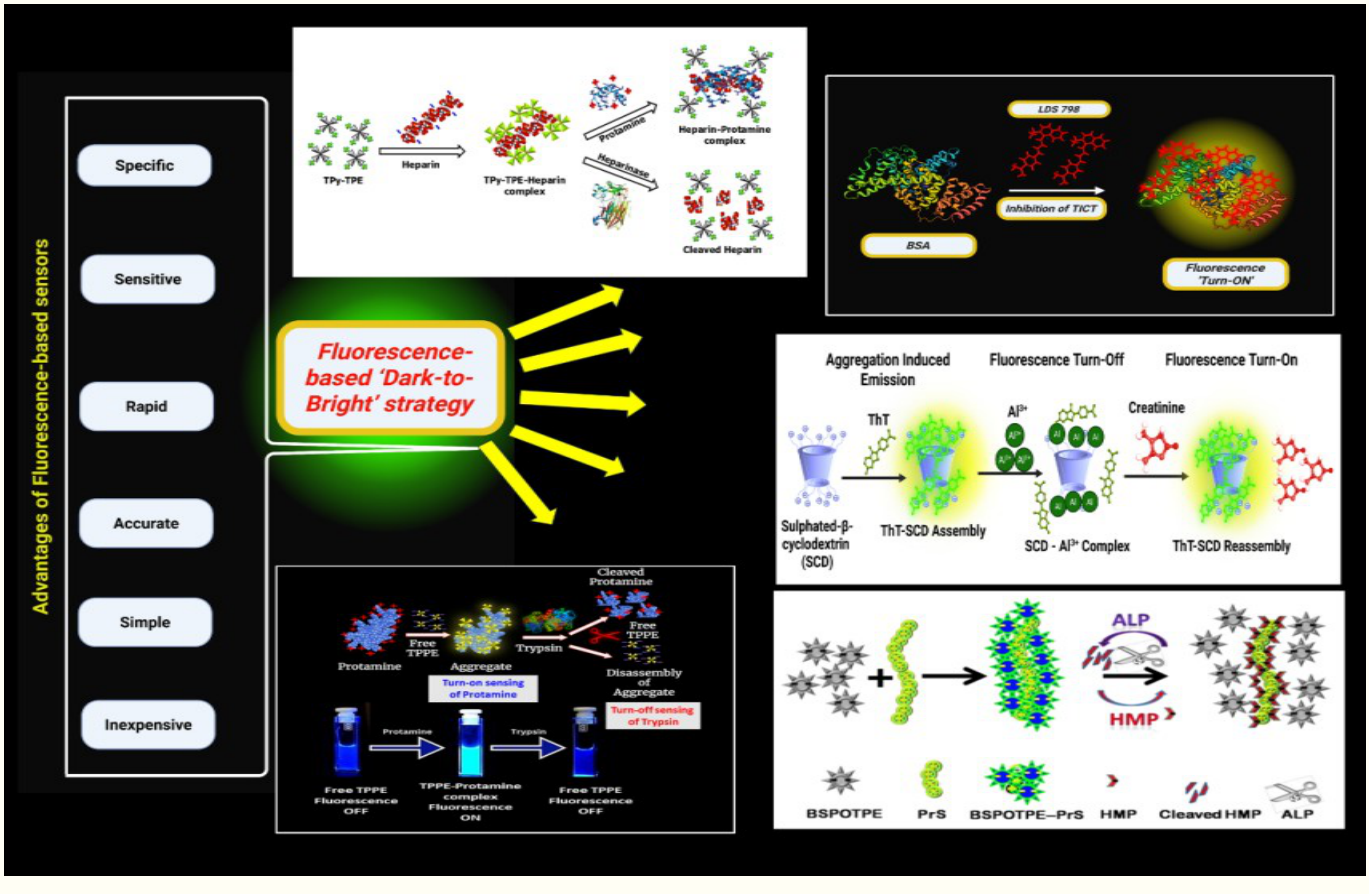
(कॉम्प्लेक्स) टूट जाता है जिससे लगभग 470 नैनोमीटर (nm) पर उत्सर्जित प्रकाश (प्रतिदीप्ति) एंज़ाइम सक्रियता के अनुपात में घट जाता है। यही सिद्धांत तनुकृत मूत्र में भी कार्य करता है, जिससे रोज़मर्रा के नमूनों से भी विश्वसनीय परिणाम प्राप्त होते हैं।

यह एक मिश्रण और मापन (मिक्स एंड मेज़र) प्रकार का परीक्षण है जो सामान्य क्यूवेट में किया जा सकता है। लगभग 15 मिनट में इसके परिणाम आ जाते हैं। इस विधि द्वारा बिना किसी अतिरिक्त सेटअप परिवर्तन के, त्वरित सक्रियता जाँच एवं संभावित ट्रिप्सिन अवरोधकों की स्क्रीनिंग की जा सकती है।

महत्त्वपूर्ण टिप्पणियाँ:

इस लेख में प्रस्तुत विधियों का परीक्षण केवल शुद्ध लवण-जल (सेलाइन) में ही नहीं बल्कि सीरम, प्लाज़्मा और कृत्रिम मूत्र जैसे वास्तविक नमूनों (सैम्पल्स) में भी किया गया है। ये सभी सैम्पल्स अक्सर अपारदर्शी (धुंधले) या रंगीन हो सकते हैं। उदाहरण के लिए, एल्ब्यूमिन परीक्षण में गहरे लाल / निकट-अवरक्त प्रतिदीप्ति (प्रकाश) का उपयोग किया जाता है, और क्रिएटिनिन परीक्षण में द्वि-वर्णीय (द्वि-रंग) अनुपात मापा जाता है। दोनों तरीकों में वास्तविक नमूनों (सैम्पल्स) से प्राप्त संकेत को रव-युक्त (नॉइज़) नमूनों से भली-भांति अलग किया जा सकता है।

प्रस्तुत विधियों में यथासंभव रूप से प्रतिदीप्ति के एक संकेत (तीव्रता) की बजाय दो संकेतों के अनुपात को मापा जाता है ताकि नमूने (सैंपल) की मात्रा, प्रकाशीय पथ की लंबाई, या प्रकाश स्रोत की तीव्रता में होने वाले अंतर निरस्त हो जाते हैं। इस प्रकार परिणामों की स्वतः ही अंतर्निर्मित जाँच हो जाती है। यह विशेष रूप से छोटे और पोर्टेबल रीडर्स के लिए अत्यंत उपयोगी है।



धनावेशित प्रोटीन और ऋणावेशित रंजक (डाई) के बीच का जो आकर्षण हेपरिन का पता लगाता है, वही हमें इसके प्रतिविष (प्रोटामाइन) के मापन तथा हेपरिन को विघटित करने वाले एंज़ाइम के संकेत का पता लगाने में भी मददगार है। इस तरह एक ही प्रकार के रसायनिक क्रिया से विभिन्न प्रकार के कई संबंधित परीक्षण किये जा सकते हैं।

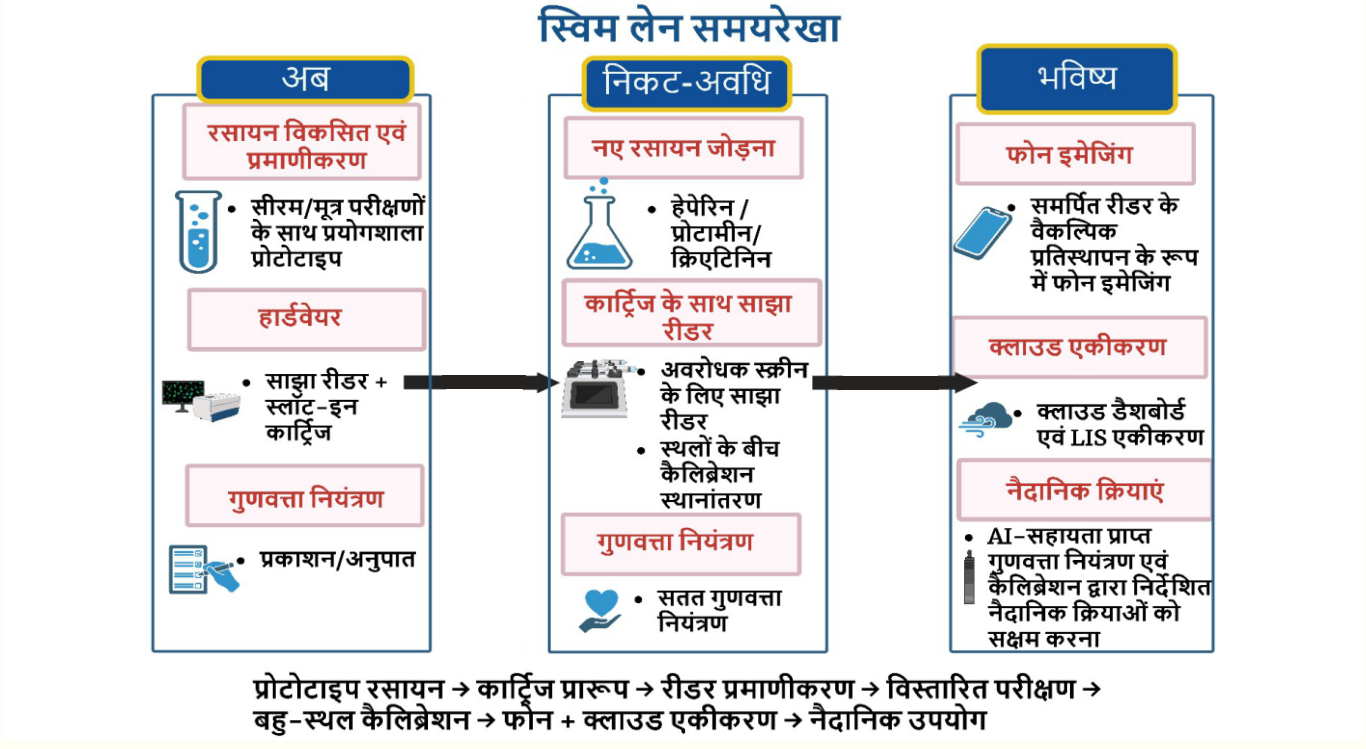
अनुसंधान से पॉइंट-ऑफ़-केयर तक: भावी संभावनाएं

प्रतिदीप्ति-आधारित ये सभी रसायनिक संवेदन (सेंसिंग) विधियाँ वास्तविक परीक्षण परिस्थितियों को ध्यान में रखकर ही विकसित की गई हैं। अब इन्हें ऐसे पैकेज के रूप में विकसित किया जाना है जिनका रोगी के निकट सरलता से उपयोग किया जा सके। इसके लिए प्राप्त परिणामों के सत्यापन हेतु अन्य चिकित्सीय सुविधाएं होना भी आवश्यक है।

कागज़ की पट्टियां (पेपर स्ट्रिप्स): एक बार ही उपयोग में आने वाली छेददार पेपर स्ट्रिप्स, जो संवेदन (सेंसिंग) में प्रयुक्त रसायन को सोख सकें और एल्ब्यूमिन, ट्रिप्सिन तथा ALP के लिए स्पष्ट रूप से "डार्क-टू-ब्राइट" संकेत दे सकें, का उपयोग किया जा सकता है। प्राप्त संकेतों को पढ़ने के लिए पोर्टेबल रीडर एवं प्रक्रिया के पूर्ण सत्यापन के बाद मोबाइल कैमरे (स्मार्टफोन) का उपयोग भी किया जा सकता है।

पोर्टेबल रीडर: एल ई डी (LED) लाइट युक्त पोर्टेबल रीडर या संहत युक्तियाँ (कॉम्पैक्ट डिवाइस) जो सेंसर से परावर्तित प्रकाश (प्रतिदीप्ति) का सटीक मापन कर हेपरिन↔प्रोटामाइन चक्र, एल्ब्यूमिन तथा क्रिएटिनिन के मात्रात्मक निर्धारण हेतु सही-सही आंकिक (संख्यात्मक) परिणाम देते हों।

स्मार्टफ़ोन उपयोग: विकसित संवेदकों से प्राप्त परिणामों को मानक प्रयोगशाला उपकरणों से सत्यापित करने के बाद, स्मार्टफ़ोन कैमरे को प्रतिबिम्बन (इमेजिंग) के लिए उपयोग में लाया जा सकता है। इसके साथ उपयुक्त स्मार्टफोन ऐप (App) के द्वारा परीक्षण का समय, ऑपरेटर की जानकारी एवं नमूने (सैंपल) का विवरण, इत्यादि रिकॉर्ड भी सटीक रूप से सुरक्षित एवं सुनिश्चित किये जा सकते हैं।



गुणवत्ता जांच हेतु कृत्रिम बुद्धिमत्ता (आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस; AI): स्मार्टफोन अथवा निकाय (डिवाइस) पर उपलब्ध सरल एवं सामान्य AI एल्गोरिथ्म की सहायता से अनुपयुक्त प्रतिदीप्ति प्रीतिबिम्बों (छवियों) को पहचाना जा सकता है। अलग-अलग फ़ोनों पर प्राप्त प्रतिदीप्ति (प्रकाश) संकेतों के बीच के अंतर को सुधारा जा सकता है एवं नमूनों (सैम्पल्स) के विभिन्न बैचों से प्राप्त परिणामों को स्थायीकृत किया जा सकता है। AI के प्रयोग से, संवेदनशील डेटा को डिवाइस से बाहर भेजे बिना ही, मापन/निर्धारण की संवेदनशीलता और पुनरुत्पादकता को बेहतर बनाया जा सकता है।

एक पाठ्य-उपकरण (रीडर)-अनेक परीक्षण: विकसित संवेदकों के उपयोग के लिए एक ही पाठ्य-उपकरण (रीडर) का उपयोग किया जा सकता है, जिसमें समान प्रकाशीय और इलेक्ट्रॉनिक घटकों का इस्तेमाल करके विभिन्न रासायनिक क्रियाओं (एल्ब्यूमिन/ क्रिएटिनिन; हेपेरिन/ प्रोटामाइन; ALP; ट्रिप्सिन) के संवेदन हेतु लिए अलग-अलग कार्ट्रिज उपयोग में लिए जा सकें।

निष्कर्ष

प्रतिदीप्ति (फ्लोरोसेंट) संवेदन द्वारा वास्तविक जैव-नमूनों में होने वाले सूक्ष्म जैव-रसायनिक परिवर्तनों को, न्यूनतम उपकरणों की आवश्यकता के साथ, स्पष्ट और विश्वसनीय प्रतिदीप्ति (प्रकाश) संकेतों में शीघ्रता से रूपांतरित किया जा सकता है। इस तकनीक के रक्त-सीरम, प्लाज़्मा और मूत्र जैसे जैव-नमूनों में किये गए परीक्षण एवं मान्यीकरण द्वारा एवं सामान्य पाठ्य - उपकरणों (सरल रीडरों) तथा कागज़ की पट्टियों (पेपर-स्ट्रिप्स) के विकास से इस अनुसंधान को आसानी से सीधे पॉइंट-ऑफ़-केयर उपयोग तक ले जाया जा सकता है। जहां रोगी दिखाने आएं, वहां पर ही सामान्य नैदानिक आवश्यकताओं के लिए द्रुत, किफ़ायती एवं विश्वसनीय समाधान प्रदान करने की दिशा में किया जा रहा यह अनुसंधान एवं विकास, बेहतर स्वास्थ्य हेतु लक्षित है।

आभार

इस अनुसंधान कार्य को संभव करने के लिए लेखक भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (BARC) और परमाणु ऊर्जा विभाग (DAE) से प्राप्त सतत समर्थन के लिए कृतज्ञतापूर्वक आभार व्यक्त करते हैं। यहां संक्षेपित कार्य के शोधकर्ताओं एवं सह-लेखकों का भी हार्दिक धन्यवाद ज्ञापित करते हैं।

लेखकगण का परिचय

प्रभात के. सिंह

डॉ. प्रभात के. सिंह, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई के विकिरण एवं प्रकाश रसायनिकी प्रभाग (RPCD) में वैज्ञानिक अधिकारी-जी के पद पर कार्यरत हैं।

नितिन ओ. कावडे

श्री नितिन ओ. कावडे, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई के विकिरण एवं प्रकाश रसायनिकी प्रभाग (RPCD) में वैज्ञानिक अधिकारी-एच के पद पर कार्यरत हैं।