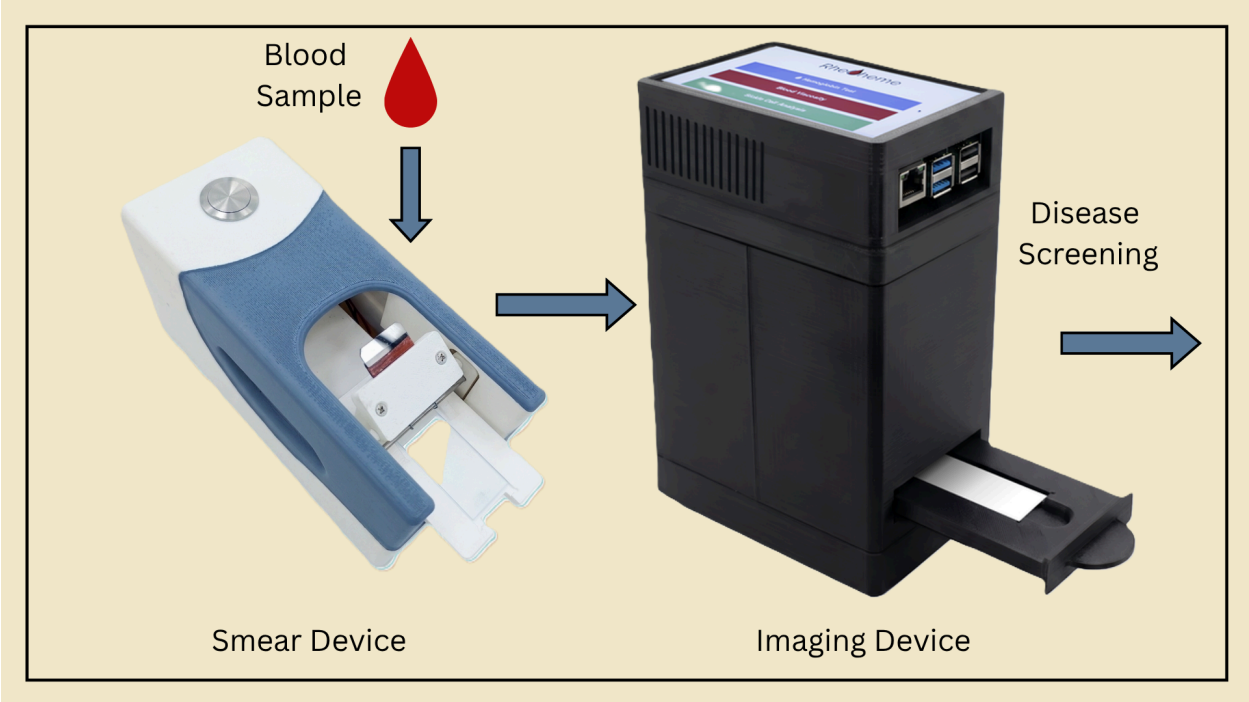
रक्त के भौतिकी परीक्षण से दो रोगों की पहचान

आईआईटी मुंबई के शोधकर्ताओं ने रोगियों के स्थान पर ही परीक्षण करने में सक्षम (पॉइंट-ऑफ़-केयर) एक लागत प्रभावी उपकरण विकसित किया है, जो एनीमिया एवं सिकल सेल रोग दोनों की परख कर सकता है।



शोधकर्ताओं द्वारा विकसित उपकरण. स्मीयर उपकरण (बायें) इमेजिंग उपकरण (दायें)

छवि श्रेय: रिओहीम प्रायव्हेट लिमिटेड.

पैथोलॉजी प्रयोगशालाओं में अनेक विकारों एवं शारीरिक स्थितियों की पहचान के लिए रक्त के 'स्मीयर' परीक्षण नियमित रूप से किए जाते हैं। परंतु सुदूर क्षेत्रों तथा छोटे चिकित्सालयों में एनीमिया यानी रक्तक्षय जैसी सामान्य स्वास्थ्य समस्याओं के लिए भी समुचित परीक्षण सुविधाओं का अभाव बना रहता है। एनीमिया की स्थिति में हीमोग्लोबिन का स्तर कम हो जाता है, जिससे शरीर में ऑक्सीजन की कमी होने लगती है। लाल रक्त कोशिकाओं का एक अन्य विकार 'सिकल सेल रोग' है, जो एक वंशानुगत स्थिति है। इसमें लाल रक्त कोशिकाएं कठोर हो जाती हैं एवं सूक्ष्म रक्त वाहिकाओं को बाधित करने की संभावना होती है। यह रोग भारत के जनजातीय समुदायों में व्यापक रूप से पाया जाता है, किंतु प्रायः उपेक्षित ही रह जाता है।

प्राध्यापक महेश तिरुमकूडुलु के मार्गदर्शन में भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईटी) मुंबई के रासायनिक अभियांत्रिकी विभाग के एक शोध दल ने एक सुगम एवं लागत प्रभावी परीक्षण पद्धति विकसित की है। यह

पद्धति प्राथमिक स्वास्थ्य केंद्र अथवा रोगियों के स्थान पर ही परीक्षण करने में सक्षम (पॉइंट-ऑफ़-केयर) है। इसमें काँच की पट्टिका (स्लाइड) पर रक्त के नमूने की एक बूँद द्वारा तय किया गया अंतर अर्थात रक्त लेप की लंबाई के आधार पर एनीमिया की पहचान की जाती है। इसके साथ ही, यह सिकल सेल रोग की पहचान करने तथा उसके उपचार के प्रभावों पर दृष्टि रखने में भी सक्षम है। *लैब ऑन ए चिप* शोध-पत्रिका में प्रकाशित इस अध्ययन में प्रथम लेखिका डॉ. महरूख मीर एवं प्रा. तिरुमकूडुलु ने वलसाड रक्तदान केंद्र के भावेश रायचा के साथ शोध कार्य किया है।

पैथोलॉजी प्रयोगशालाओं में रोगनिदान हेतु कोशिकाओं के आकार, उनकी संख्या या मलेरिया जैसे परजीवियों की उपस्थिति खोजने के लिए काँच की पट्टिका पर बने रक्त लेप का सामान्यतः सूक्ष्मदर्शी से परीक्षण किया जाता है। प्रयोगशाला में टेक्नीशियन काँच की एक पट्टिका पर रक्त की एक बूँद रखकर, उस पर दूसरी पट्टिका को सरकाकर रक्त की एक पतली परत निर्मित करता है। यह पद्धति चिकित्सा क्षेत्र की सबसे पुरानी एवं नियमित रूप से की जानी वाली प्रक्रियाओं में से एक होने पर भी हाथ से बनाए जाने वाले रक्त लेप (ब्लड स्मीयर) की लंबाई एवं मोटाई इस प्रक्रिया को संपन्न करने वाले व्यक्ति की कुशलता एवं पद्धति के आधार पर भिन्न-भिन्न हो सकती है।

प्रा. तिरुमकूडुलु के दल ने रक्त लेप की निर्माण प्रक्रिया में एकरूपता लाने के लिए अपना एक स्वचालित यंत्र विकसित किया। यह उपकरण काँच की दो पट्टिकाओं को एक-दूसरे के साथ एक निश्चित कोण पर स्थिर रखता है। निचली पट्टिका पर नमूने के रक्त की एक बूँद रखी जाती है एवं ऊपरी पट्टिका को उसके संपर्क में लाकर एक निश्चित तथा नियंत्रित गति से आगे बढ़ाया जाता है। जैसे-जैसे रक्त निचली पट्टिका पर फैलता है, उसकी पतली परत अंतिम छोर तक पहुँचते-पहुँचते और क्षीण होती जाती है, जिससे रक्त लेप की एक मापने योग्य लंबाई प्राप्त हो जाती है।

इन नियंत्रित परिस्थितियों में भी शोधकर्ताओं ने देखा कि विभिन्न व्यक्तियों के रक्त नमूनों से प्राप्त रक्त लेप की लंबाई भिन्न-भिन्न होती है। यह अंतर उन व्यक्तियों के स्वास्थ्य के बारे में अत्यंत उपयोगी जानकारी प्रदान करता है।

अपने पूर्व अध्ययन में शोधकर्ताओं ने गणितीय रूप से यह प्रदर्शित किया था कि रक्त लेप के माध्यम से रक्त की श्यानता (विस्कॉसिटी) का अनुमान लगाया जा सकता है। प्रा. तिरुमकूडुलु स्पष्ट करते हैं, *"अधिक श्यान अथवा गाढ़ा रक्त सहज फैल नहीं पाता, इसलिए लेप बनाने की समान परिस्थितियों में गाढे रक्त से बनने वाला लेप कम लंबा एवं मोटा होता है।"* शोधकर्ताओं ने अपने इन परिणामों की पुष्टि द्रव-गतिमापी यानी तरल पदार्थों के प्रवाह को मापने वाले पारंपरिक रिओमीटर यंत्र के माध्यम से किए गए मापन से भी की है।

शोध दल ने सुनिश्चित कर लिया कि उनकी यह पद्धति रक्त की श्यानता में होने वाले सूक्ष्म अंतरों को भी मापने में सक्षम है। तत्पश्चात उन्होंने यह खोजने का प्रयास किया कि क्या ये अंतर रोगों की पहचान में भी सहायक हो सकते हैं।

रक्त की श्यानता या गाढ़ापन मुख्यतः उसकी लाल रक्त कोशिका की सांद्रता, प्लाज्मा की श्यानता एवं लाल रक्त कोशिकाओं के आकार बदलने की क्षमता पर निर्भर करती है। रोगों की उपस्थिति में ये गुण परिवर्तित हो जाते हैं, जैसे एनीमिया की स्थिति में लाल रक्त कोशिकाओं की संख्या एवं हीमोग्लोबिन की मात्रा कम हो जाती है, जबकि सिकल सेल रोग में लाल रक्त कोशिकाएं कठोर हो जाती हैं।

अपनी तकनीक से गंभीर एनीमिया का पता लगाया जा सकता है या नहीं यह खोजने हेतु शोधकर्ताओं ने 516 व्यक्तियों के रक्त नमूनों का अध्ययन किया एवं नमूनों की श्यानता की तुलना हीमोग्लोबिन के स्तर से की। प्राप्त आंकड़ों से ज्ञात हुआ कि हीमोग्लोबिन की सांद्रता बढ़ने के साथ-साथ रक्त की श्यानता में भी वृद्धि होती है। इसके आधार पर शोधकर्ताओं ने कम हीमोग्लोबिन (प्रति डेसीलीटर रक्त में 8 ग्राम से कम हीमोग्लोबिन) से जुड़ी श्यानता की एक सीमा निर्धारित की, जो गंभीर एनीमिया को दर्शाती है। परिणामों से स्पष्ट हुआ कि इस रोग से पीड़ित 95.1% व्यक्तियों एवं 86% स्वस्थ व्यक्तियों की योग्य पहचान हो पाई। साथ ही हीमोग्लोबिन मापन की सटीकता लगभग 0.8 ग्राम प्रति डेसीलीटर के भीतर रही।

प्रा. तिरुमकूडुलु कहते हैं, *"केवल श्यानता का मान अपने आप में कोई नैदानिक महत्व नहीं रखता। यदि किसी डॉक्टर को रोगी के रक्त की श्यानता का मान बताया जाए, तो वह उसके आधार पर उपचार का निर्णय नहीं ले सकते। किंतु यदि उसे यह बताया जाए कि हीमोग्लोबिन का स्तर आठ है, तो वह तुरंत समझ जाता है कि रोगी का उपचार किस प्रकार करना है।"*

शोधकर्ताओं ने 'इमेजिंग' यानी छवि लेने पर आधारित एक अन्य पद्धति भी विकसित की है, जो केवल रक्त लेप की लंबाई के स्थान पर सूख चुके रक्त का रंग कितना गहरा है इस के आधार पर हीमोग्लोबिन की मात्रा का अनुमान लगाती है। एक हज़ार से अधिक रोगियों पर किए गए परीक्षणों में इस पद्धति ने मानक हीमोग्लोबिन मापन पद्धति के साथ सुसंगत प्रदर्शन किया तथा इस पद्धति की सटीकता लगभग 0.5 ग्राम प्रति डेसीलीटर के भीतर रही। यह प्रणाली प्रति डेसीलीटर 2 ग्राम जितने अत्यंत न्यून हीमोग्लोबिन स्तर को भी सफलतापूर्वक मापने में सक्षम पाई गई।

सिकल सेल रोग के परीक्षण के लिए एक भिन्न प्रक्रिया की आवश्यकता होती है। इस रोग से पीड़ित व्यक्तियों में हीमोग्लोबिन का एक परिवर्तित रूप निर्मित होता है, जिसे एचबीएस कहते हैं। ऑक्सीजन की सामान्य स्थितियों में इस परिवर्तित हीमोग्लोबिन से युक्त रक्त की श्यानता में कोई बड़ा परिवर्तन नहीं देखा जाता, किंतु

जब इस रक्त में ऑक्सीजन की मात्रा कम हो जाती है, तो रक्त अधिक गाढ़ा होने लगता है। अतः केवल रक्त लेप अर्थात स्मीयर की लंबाई के आधार पर इस रोग की पहचान संभव नहीं है। इस कारण शोधकर्ताओं ने केवल लेप की लंबाई के स्थान पर, रक्त के नमूने के लेप की लंबाई एवं उस नमूने से ऑक्सीजन हटाए जाने के पश्चात उसके लेप की लंबाई के अंतर का उपयोग किया।

शोधकर्ताओं ने रक्त नमूनों से ऑक्सीजन निकालकर 'सिकलिंग' करने की प्रक्रिया हेतु सोडियम मेटाबायसल्फ़ाइट का उपयोग किया, जो एक सस्ता एवं सुलभ रसायन है। अब रक्त नमूने एवं उसके ऑक्सीजन मुक्त स्वरूप, इन दो भिन्न रक्त लेपों की लंबाई की तुलना करने से यह ज्ञात होता है कि ऑक्सीजन हटाने के पश्चात रक्त कितना श्यान यानी गाढ़ा हुआ है। इस अंतर के आधार पर श्यानता में हुई प्रतिशत वृद्धि की गणना की जा सकती है।

डॉ. महरूख बताती हैं, *"सिकल सेल रोग से मुक्त व्यक्ति के रक्त से ऑक्सीजन हटाने पर उस रक्त की श्यानता में परिवर्तन न के बराबर होता है।"* यदि किसी व्यक्ति को अपने माता-पिता में से केवल एक से यह विकारयुक्त जीन प्राप्त होता है (सिकल सेल रोग वाहक), तो उसके रक्त की श्यानता में आंशिक वृद्धि होती है। परंतु, यदि किसी व्यक्ति को माता एवं पिता दोनों से यह सिकल सेल रोग युक्त जीन प्राप्त होता है (सिकल सेल रोग ग्रस्त), तो उसके रक्त की श्यानता में औसतन 125% तक की उल्लेखनीय वृद्धि देखने को मिलती है।

महाराष्ट्र एवं मध्य भारत के जनजातीय क्षेत्रों के 394 लोगों पर किए गए प्रत्यक्ष परीक्षणों ने शोधकर्ताओं की पद्धति के प्रभावशील होने की पुष्टि की। स्वस्थ व्यक्तियों में रक्त नमूनों को ऑक्सीजन मुक्त करने के पश्चात रक्त की श्यानता में 17% से कम की वृद्धि देखी गई। सिकल सेल रोग के वाहक व्यक्तियों में यह वृद्धि 17 से 70% तक पाई गई। वहीं सिकल सेल रोग ग्रस्त लोगों में श्यानता 70% से अधिक पाई गई। इस स्पष्ट अंतर के कारण इस परीक्षण में लगभग 95% लोगों में सटीक निदान संभव हो सका, जिसमें वास्तविक रोगियों की उचित पहचान एवं स्वस्थ व्यक्तियों को रोगमुक्त घोषित करना दोनों सम्मिलित हैं।

सिकल सेल रोग के प्राथमिक उपचार के लिए उपयोग की जानेवाली हाइड्रोक्सीयूरिया नामक औषधि का सेवन कर रहे रोगियों पर भी यह परीक्षण प्रभावी सिद्ध हुआ। हाइड्रोक्सीयूरिया लगभग आधे रोगियों में ही प्रभावी पाई जाती है, एवं इससे किये गए उपचार का प्रत्येक व्यक्ति पर होने वाला प्रभाव भिन्न हो सकता है। हाइड्रोक्सीयूरिया उपचार लेने वाले रोगियों के रक्त नमूने को ऑक्सीजन मुक्त करने के पश्चात रक्त की श्यानता में होने वाली वृद्धि लगभग 125% से घटकर लगभग 70% रह गई। इससे यह स्पष्ट हुआ कि औषधि अपना प्रभाव दिखा रही है एवं शोधकर्ताओं के परीक्षण पद्धति का उपयोग उपचार की प्रभावकारिता पर दृष्टि रखने के लिए भी सफलतापूर्वक किया जा सकता है।

शोधकर्ताओं के अनुसार इस पद्धति की सरलता ही इसे एक आकर्षक समाधान बनाती है। उनका कहना है कि उनके द्वारा निर्मित लेप बनाने वाला पेटेंटकृत स्वचालित उपकरण का निर्माण अल्प लागत में किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, इस परीक्षण के लिए केवल एक पिपेट, काँच की पट्टिकाएँ (स्लाइड), एक सस्ता रसायन, सिकलिंग प्रक्रिया के लिए छोटी कूपिकाएँ (वायल) एवं लेप की लंबाई मापने के लिए एक मापक अथवा इमेजिंग उपकरण की आवश्यकता होती है।

डॉ. महरूख कहती हैं, *"हमारी इस तकनीक की यही सरलता इसे उन स्थानों के लिए विशेष रूप से उपयोगी बनाती है, जहाँ पारंपरिक नैदानिक प्रयोगशालाएं उपलब्ध नहीं होती। इस के अतिरिक्त, आवश्यक प्रक्रिया को संपन्न करने के लिए किसी विशेष कौशल्य या प्रशिक्षण की आवश्यकता भी नहीं होती है।"*

शोधकर्ताओं का ध्यान इस ओर भी है कि विभिन्न जनसमूहों के लिए रक्त की श्यानता के मानदंड भिन्न-भिन्न होते हैं, क्योंकि कुछ आनुवंशिक भिन्नताएँ इस बात को प्रभावित करती हैं कि ऑक्सीजन के स्तर में कमी आने पर रक्त किस प्रकार प्रतिक्रिया करता है। इसके अतिरिक्त, एनीमिया का यह परीक्षण उन परिस्थितियों में कुछ रोगियों की पहचान करने में असफल हो सकता है जहाँ रक्त की श्यानता एवं एनीमिया के सर्वसामान्य संबंध लागू नहीं होते, उदाहरणस्वरूप 'हाइपरविस्कॉसिटी सिंड्रोम' नामक दुर्लभ विकार में, जिसमें रक्त प्लाज्मा असामान्य रूप से गाढ़ा हो जाता है।

वर्तमान में इस प्रौद्योगिकी का लाइसेंस आईआईटी मुंबई के एक स्टार्टअप 'रियोहीम प्राइवेट लिमिटेड' को दिया गया है। यह शोध दल अब नियामक स्वीकृतियाँ प्राप्त करने के उद्देश्य से जबलपुर स्थित राष्ट्रीय जनजाति स्वास्थ्य अनुसंधान संस्थान (आयसीएमआर-एनआयटीएचआर) तथा अखिल भारतीय आयुर्विज्ञान संस्थान (एम्स) नागपुर के साथ मिलकर कार्य कर रहा है। साथ ही शोधकर्ता इस उपकरण का विस्तार रक्त के थक्के जमने (क्लॉटिंग) की अवधि एवं रक्त में शर्करा के स्तर के मापन के लिए करने की संभावनाओं की खोज कर रहे हैं।

***"हमारा प्राथमिक उद्देश्य रक्त की बूँद के फैलने के पीछे छिपे भौतिकी के सिद्धांतों को समझना था। इसी अध्ययन ने आगे चलकर इसके चिकित्सीय अनुप्रयोगों का मार्ग प्रशस्त किया,"* प्रा. तिरुमकूडुलु फ्लूइड डायनामिक्स के मूलभूत अध्ययन से लेकर एक संभावित नैदानिक उपकरण के निर्माण तक की अपनी इस यात्रा संबंधी निष्कर्ष निकालते हैं।**

VETTED / UNVETTED	Vetted
Title of Research Paper	Fluid mechanics of thin blood films to detect anemia and sickle cell disease

DOI of the Research Paper as a link	https://doi.org/10.1039/d5lc00943j
List of all researchers with affiliations	Mahrukh A. Mir - Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology, Bombay, Powai Mahesh S. Tirumkudulu - Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology, Bombay, Powai Bhavesh Raicha - Valsad Raktdan Kendra, RNC Free Eye Hospital Campus, Valsad, Gujarat
Email of researcher/s	mahesh@iitb.ac.in
Writer name	Manjeera Gowravaram
Transcreator name	Shilpa Inamdar-Joshi
Credits to Graphic:	Rheoheme Private Limited
Subject [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED (Multiple allowed)	Science/Technology/Engineering/Ecology/Health/Society
Article to be Sectioned Under [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED	Deep Dive/Friday Features/Fiction Friday/Joy of Science/News+Views/News/Scitoons/Catching up/OpEd/Featured/Sci-Qs/Infographics/Events
Social Media TAGS separated by Comma	#anemia, #sicklecelldisease, #bloodtest, #diagnosis, #ruralcommunities
Social Media Posts Suggestions/ Links to interesting relevant content [optional] [writer]	
Social Media Handles to be added	@iitbombay
Social Media handles of writer	https://www.linkedin.com/in/manjeera-gowravaram/

Social Media handles of researchers	
Funding information (Source: Research paper)	Abdul Kalam Technology Innovation National Fellowship, TiH Foundation and WRCB at IIT Bombay, Department of Science and Technology, Department of Biotechnology, BFIBiome Program, t Coal India Limited via the RuTaG program of CTARA IIT Bombay, ICMR and ANRF
Conflict of Interest/Competing Interest information (Source: Research paper)	Mahesh Tirumkudulu and Mahrukh Mir hold two patents related to the smear device and one patent for using smear assay for sickle cell disease. Mahesh Tirumkudulu is the founder of Rheoheme Private Limited, a biomedical device company.
Co-PI information (Source: Research paper)	None
Location:	Mumbai