National Journal of Hindi & Sanskrit Research

ISSN: 2454-9177
NJHSR 2025; 1(60): 196-200
© 2025 NJHSR
www.sanskritarticle.com

विश्वजीत मिश्र,
गवेषक, विभाग ज्योतिषविभाग,
कामेश्वर सिंह संस्कृत विश्वविद्यालय,
दरभंगा, बिहार - 847201

Correspondence:
विश्वजीत मिश्र,
गवेषक, विभाग ज्योतिषविभाग,
कामेश्वर सिंह संस्कृत विश्वविद्यालय,
दरभंगा, बिहार - 847201

अधुनिककाले क्षयरोगस्य निदानम्

विश्वजीत मिश्र

सारांशः

क्षयरोगः (टीबी) स्वास्थ्यनिर्णायकः अस्ति, यः विशेषतः न्यूनविकसितदेशेषु जनसंख्यायाः मध्ये भाररूपेण स्थितः अस्ति। यद्यपि क्षयरोगः निवारणीयः च साध्यः च अस्ति, तथापि तस्य निदानसमस्या अद्यापि विलम्बितनिदानम्, जातीयप्रतिरोधशक्तिमतः विषाणोः प्रसारः, उच्चभारयुक्तप्रदेशेषु अव्याप्तः अधोसंरचनाप्रदायः इत्यादिप्रतिबन्धैः सह सङ्घर्षं करोति।

जीववैज्ञानिकतन्त्रज्ञानस्य विकासेन, परम्परागतदर्शकवृत्तीनां च त्वक्परीक्षणप्रणालीनां च तुलनेन, वर्तमाननिदानपद्धतयः बहुशः उन्नताः जाताः। अस्मिन् प्रबन्धे आधुनिकक्षयरोगनिदानविषये विवेचना क्रियते, यत्र आणविकपद्धतयः, शीघ्रप्रतिजनपरीक्षणानि, चितिरञ्जनप्रणाल्यः, कृत्रिमबौद्धिकतायाः साधनानि च सम्मिल्य विचार्यन्ते।

एतेषां योजनानां जागतिकस्वास्थ्यसंस्थायाः दृष्टिकोनात् विकासः, तेषां कार्यान्वयनस्य अवरोधाः, च समदृश्यमानानां च, सततप्रयोज्यनिदानप्रक्रियाणां गत्यागमनम् अपि अस्मिन् आलेखे निरूप्यते।

प्रस्तावनिका

क्षयरोगः एकः संक्रामकः यथार्थरोगः अस्ति, यः *मायकोबैक्टेरियम् ट्युबरक्युलोसिस्* इति जीवाणुना उत्पद्यते। अयं रोगः प्रायः फुफ्फुसयोः प्रभावं करोति, किन्तु सः शरीरस्यान्येषां अवयवानामपि व्यापी भवितुं शक्नोति। अयं रोगः वातवाहितकणकद्वारा प्रसारं प्राप्नोति, विशेषतः श्वासे, कासे, छींके, वा संभाषणे सति। रोगः बहुवर्षपर्यन्तं सुप्तावस्थायां स्थित्वा, प्रतिरक्षाशक्तिहानिकायाम् पुनरावृत्तिं कर्तुं शक्नोति (Kamboj, Lause & Kamboj, 2023)।

विगतवर्षाणां प्रयासेषु अपि, क्षयरोगः वार्षिकं लक्षाधिकानां जीवनं हन्यति। अस्य प्रसारस्य निरोधनाय, शीघ्रं च यथार्थं च निदानं परमावश्यकम्। प्रारम्भिकचिकित्सायाः प्रवर्तनं मृत्युसंख्या न्यूनां करोतु इति अपेक्ष्यते।

पारम्परिकनिदानप्रणाल्यः व्ययसुलभाः सन्ति, किन्तु तासां संवेदन-शीलता न्यूनास्ति, च समये विलम्बः अपि दृश्यते। अतः अतीव विशुद्धं शीघ्रं च निदानं करणीयं, यत् विविधानां आरोग्य-केन्द्राणां सन्दर्भे उपयुक्तं भवति।

पारम्परिकनिदानविधयः – संक्षिप्तदृष्टिः

पूर्वकाले क्षयरोगस्य निदानं चिकित्सकीयमूल्याङ्कनम्, श्लेष्मप-टलस्य पट्टिकाक्षनविज्ञानम्, क्षयरोगत्वक्परीक्षणम् (TST), च वक्षःस्थिचित्रणम् इत्यादीनि आधारत्वेन कृतानि। एतानि उपक-रणानि समग्रसंसारे क्षयरोगनियन्त्रणकार्यक्रमेषु विशेषतः अल्प-साधनसम्पन्नप्रदेशेषु प्रामुख्यम् अवहन्।

श्लेष्मपटलाक्षनविज्ञानम्

श्लेष्मपटलस्य नमूनानां ऍसिड्-फास्ट् बॅसिलाइ (AFB) इत्येतैः रञ्जनं कृत्वा निरीक्षणं क्रियते। एषः उपायः व्ययसुलभः सुविधायुक्तश्च अस्ति। तथापि, न्यूनजीवाणुभारयुक्तेषु, बाह्यफुफ्फुसक्षयरोगे, अथवा HIV सह-संक्रमणे सति, अस्य संवेदनशीलता न्यूनास्ति (Rahmati et al., 2022)।

त्वक्परीक्षणम् (TST)

TST इत्यस्य एकं रूपं Mantoux परीक्षणम् अस्ति, यः शुद्ध-प्रोटीनसार(पी.पी.डी) इत्यस्य प्रति अधिकसंवेदनशीलतां परिज्ञापयति। सकारात्मकपरिणामः जीवने कदाचित् क्षयरोगसंक्रमणं जातम् इति सूचयति, किन्तु सः न निश्चितयति यत् रोगः सुप्तः वा सक्रियम् इत्यपि (Krutikov et al., 2022)।

अतिरिक्तं, Bacillus Calmette-Guerin (BCG) टीकां प्राप्तवन्तः व्यक्तयः मिथ्यात्मकसकारात्मकपरिणामं दर्शयन्ति इति अपि दृश्यते।

वक्षःस्थिचित्रणम्

क्षयरोगस्य फुफ्फुसगतलक्षणानि प्रायः वक्षःस्थिचित्रेण परिज्ञायन्ते। तथापि, चित्रणम् अन्यरोगैः अपि तुल्यम् दृश्यते, अतः एषः निदानस्य निर्णायकं साधनं नास्ति, अपितु केवलं सहायकम्।

अधुनिककाले क्षयरोगस्य निदानम् – ज्योतिषीय उपाय एवम् कारण

अधुनिके वैद्यके क्षयरोगस्य निदानं क्षयरोगजनकाणां जीवाणूनां परीक्षणेन, छायाचित्रणेन, तथा रक्तविश्लेषणेन क्रियते। तथापि, ज्योतिषशास्त्रदृष्ट्या अस्य रोगस्य मूलं केवलं जैविकनिमित्तेषु न सन्निहितम् अस्ति, अपितु कर्मणां दुष्फलरूपेण ग्रहाणां दुष्प्रभावेण च जातम् इति मन्यते।

क्षयरोगस्य कारणानि ज्योतिषे विशेषतः मङ्गलः, शनि, राहु च दीर्घरोगजनकग्रहाः मत्वा परिगण्यन्ते। यदि चन्द्रमा, श्वसनसंस्थायाः अधिपः, पीडितो वा दुर्बलः भवति, तर्हि रोगप्रवृत्तिः स्यात्। षष्ठे, अष्टमे, द्वादशे च भावे रोगदोषयुक्तग्रहाणां स्थितिः क्षयरोगसंज्ञां जनयति। विशेषतः राहोः चन्द्रयोगः वा शनिचन्द्रयोगः दीर्घकालिकव्याधीनां सूचकः भवति।

एतेषां दुर्योगानां परिहाराय विविधाः ज्योतिषीयोपायाः उपदिश्यन्ते। मन्त्रजपः — विशेषतः "महामृत्युंजयमन्त्रस्य" जपः रोगशमनाय उपयोगी मन्यते। चन्द्रस्य शान्तये मोत्याः रत्नधारणं, शनिग्रहदोषपरिहाराय नीलरत्नस्य धारणं च अनुशंस्यते। राहुदोषनिवारणार्थं दुर्गासप्तशतीपारायणं, कलशस्थापनं च शुभं भवति।

दानानि अपि विशेषं फलप्रदानि — तिलदानं, वस्त्रदानं, रोगिणे औषधदानं च ग्रहशान्तये प्रयुज्यन्ते।

एवं ज्योतिषदृष्ट्या क्षयरोगस्य कारणानां विश्लेषणं च उपायानां संकल्पनं च, केवलं रोगनिवारणार्थं न, अपि तु आध्यात्मिकशुद्ध्यर्थं अपि महत्त्वं वहन्ति।

आधुनिकनिदानविधयः

यथातथं प्रौद्योगिकीविकासः क्रियते, अधुना वयं क्षयरोगनिदानाय अतीव शीघ्रं, अतीवसंवेदनशीलं च सविशिष्टं च साधनं प्राप्नुमः। एते निदानविधयः आणविकपरीक्षणात् संगणकसहायचित्रणपर्यन्तं विविधाः सन्ति, ये चिकित्सायाः सार्वजनिकस्वास्थ्यस्य च व्यवहारं क्रान्तिकारीरूपेण परिवर्तयन्ति।

न्यूक्लिक् एँसिड् प्रवर्धनपरीक्षा (NAATs)

NAATs इत्येते चिकित्सानमूनासु TB-संबद्धं DNA अथवा RNA परिज्ञायन्ते। एते अतीवविशिष्टाः शीघ्रफलदायकाश्च भवन्ति— सामान्यतः द्वौ घण्टयोः अन्तर्गते एव परिणामं यच्छन्ति। GeneXpert MTB/RIF परीक्षणम् एकं प्रमुखं उदाहरणम् अस्ति, यत् Mycobacterium tuberculosis तथा रिफाम्पिसिनप्रतिरोधं अपि परीक्षते— यः बहुऔषधप्रतिरोधयुक्तक्षयरोगस्य (MDR-TB) संकेतं यच्छति (Huggett et al., 2024)।

उपयोगसौकर्यम्, न्यूनहस्तस्पर्शकालः, तथा विकेन्द्रितप्रदेशेषु उपयोगसामर्थ्यम्— एतानि कारणानि GeneXpert इत्यस्य TB निदानविषये मूलाधारत्वेन स्थितिं सुनिश्चितवत्यः। यद्यपि एषः उपायः व्ययसाध्यः तथा अनुरक्षणवाञ्छनीयः अस्ति, तथापि आन्तरराष्ट्रीयवित्तसमितीनां साहाय्येन उच्चभारयुक्तदेशेषु प्रसारः कृतः अस्ति।

लाइन प्रोब् परीक्षणाः (LPAs)

LPAs इत्येते DNA-पट्टिकापरीक्षणरूपेण, औषधप्रतिरोधस्य सम्बन्धिनः उत्परिवर्तनान् निर्दिशन्ति। एते मार्गनिर्देशेन प्रमाणीकृताः, विशेषतः प्रथमार्द्र तथा द्वितीयार्द्र औषधेषु प्रतिरोधविज्ञानाय उपयुक्ताः सन्ति। ये परीक्षणानि परम्परागत-संस्कृति-आधारित-औषधसंवेदनशीलतापरीक्षणात् शीघ्रतराणि च, ये च राष्ट्रियTBकार्यक्रमेषु समाविष्टानि सन्ति (Abhimanyu et al., 2021)।

लूप्-मध्यस्थ-समानताप्रवर्धनम् (LAMP)

LAMP इत्येषः सुलभमूल्यः आणविकपरीक्षणः अस्ति, यः अल्पसाधनयुक्तप्रदेशेषु अपि उपयोगाय योग्यः अस्ति। एषः TB DNA इत्यस्य प्रवर्धनं समतापीयस्थितौ करोति, अतः तापचक्रस्य आवश्यकता नास्ति। एषः PCR इत्यतः सुलभतरः, च तु एकस्मिन् घण्टे परिणामं यच्छति (Soroka, Wasowicz & Rymaszewska, 2021)।

संस्कृतिप्राधारितनिदानविधयः

यद्यपि शीघ्रगत्यात्मकाः आणविकपरीक्षाः सुलभाः सन्ति, तथापि संस्कृतिपरीक्षा क्षयरोगस्य तथा औषधसंवेदनशीलतायाः निःसन्दिग्धं निदानं यदा स्यात् तदा सुवर्णमानदण्डरूपेण स्वीक्रियते।

द्रव्यमत्तथा ठोससंस्कृतयः

परम्परागतं संस्कृतिपरीक्षणं Löwenstein–Jensen (ठोस) माध्यमे अथवा Mycobacteria Growth Indicator Tube (MGIT)

(द्रव्यमत्त) मध्ये M. tuberculosis इत्यस्य संवर्धनं द्वारा साध्यते। द्रव्यमत्तसंस्कृतयः अधिकसंवेदनशीलाः शीघ्रं च परिणामं यच्छन्ति, परं तु ताः उच्चजैवसुरक्षायाः अधिष्ठानं अपेक्षन्ते (Craney & Miller, 2024)। संस्कृतिपद्धतयः क्षयरोगस्य प्रमाणीकरणं कुर्वन्ति, अपि च पूर्णतया औषधसंवेदनशीलतापरिलक्षणं यच्छन्ति, यत् बह्वौषध-प्रतिरोधस्य वृद्धिं निरीक्षितुं अत्यावश्यकम् अस्ति।

जैवचिह्न तथा सिरोलॉजिकल् परीक्षणविधयः

रक्ताधारितसरलपरीक्षणानां विकासे किञ्चित्साफल्यं दृश्यते। क्षयरोगप्रतिपिण्डपरीक्षणाः न्यूनसत्यतायुक्तत्वात् अंतरराष्ट्रीयस्वा-स्थ्यसंस्थाभिः निरस्ताः सन्ति, च तु अद्य न उपयोगाय अनुशंस्यन्ते। एवमपि, होस्ट्-प्रतिरक्षाजैवचिह्नानां— यथाः इंटरफेरॉन्-गामा विमोचनपरीक्षा (IGRAs)— अध्ययनं सत्त्वतया लभ्यते। एते परीक्षाः क्षयरोगजीविणां प्रतिजनेषु रोगिणां प्रतिरक्षासम्प्रत्युत्तरं निरूपयन्ति, BCG टीकायाः प्रभावात् विमुक्ताः च भवन्ति, अपि च TST इत्यतः अधिकगुणयुक्ताः इति मन्यन्ते (Craney & Miller, 2024)।

नवीनजैवचिह्नानि— यथाः जीन-अभिव्यक्तिचिह्नानि, प्रोटीन-जैवचिह्नानि च— अपि अन्विष्यन्ते, ये सक्रियतया/गूढरूपेण क्षय-रोगभेदविवेकं, चिकित्साप्रतिक्रियां, रोगगतिक्रमं च निर्दिशन्ति।

चित्रविज्ञाननवोन्मेषाः च कृत्रिमबुद्धेः समावेशनम्

क्षयरोगनिदाने चित्रविज्ञानस्य उपयोगः न तु न्यूनीकृतः अस्ति; अपि तु एषः स्क्रीनिङ् तथा त्रैजिंग् प्रक्रियायाम् अतीव महत्वपूर्णं साधनम् अस्ति।

डिजिटल् वक्षःचित्रविज्ञानम्

परम्परागतं डिजिटल् रेडियोग्राफि उच्चविवरणक्षमत्वं, शीघ्र-प्रक्रियागतता, तथा सुविधायुक्तं दत्तांशसंचयनं यच्छति। एतत् समुचितेन संगणकसहायतनिदानसॉफ्टवेयर (Computer-Aided Detection – CAD) समं संयोज्य, विशेषतः अविकसितस्वास्थ्य-सुविधायुक्तप्रदेशेषु, सामूहिकस्क्रीनिङ् कार्यक्रमेषु प्रयोजनीयम् अस्ति (Cao et al., 2021)।

कृत्रिमबुद्धिः (AI)

कृत्रिमबुद्ध्या समर्थितं चित्रविश्लेषणं क्षयरोगसम्बद्धवक्षःचित्र-विकाराणां निदानाय वर्धमानं प्रयुक्त्युपायः अस्ति। एते प्रणालीः न्यूनमानवसहाय्येन अपि कार्यं कुर्वन्ति, च प्रशिक्षणप्राप्तराडियो-लॉजिस्ट्-सदृशं निष्पादनं कुर्वन्ति (Cao et al., 2021)। AI-सहाय्येन त्रैजिंग् विशेषज्ञानानां भारं न्यूनीकरोति, च निर्णायकनिदान-परीक्षणानां उचितं उपयोगं साधयति।

बिन्दुनिर्देशे निदानविधयः (Point-of-Care Diagnostics)

क्षयरोगनिदानस्य मुख्यं लक्ष्यं यत् शीघ्रं, प्रयोगशालासंरचना-विनिर्मुक्तं बिन्दुनिर्देशनिदानं विकासयितुं।

मूत्र-लिपोअरबिनोमान्नन् (LAM) परीक्षणम्

LAM नाम क्षयरोगस्य प्रतिजनः, मूत्रे दृश्यते, विशेषतः उन्नता-वस्थायुक्तेभ्यः क्षयरोगिणः, ये HIV-संक्रमिताः भवन्ति। Lateral flow LAM परीक्षणानि शीघ्रं परिणामं यच्छन्ति, च उच्चजोखिमयुक्तरोगिणां मृत्युदरं न्यूनीकर्तुं प्रमाणितानि सन्ति।

एते विशेषतया तेषु रोगिषु उपयोगीः, ये अतीवदुर्बलाः वा प्रतिरक्षाघातयुक्ताः, येन ते स्वयम् कफसंग्रहे अक्षमाः भवन्ति (Seid et al., 2022)। आगामिन्यः LAM परीक्षणश्रेण्यः उत्तमसंवेदन-शीलतायुक्ताः सन्ति, च व्यापकविषयेषु परीक्षणाय प्रयुक्ताः सन्ति, HIV-रहितरोगिणामपि मध्ये।

क्षयरोगनिदानस्य बाधाः

एतेषां प्रगतिः अस्तित्वेऽपि, सम्यक् क्षयरोगनिदानं बाधमानाः किञ्चन अवरोधाः अद्यापि विद्यमानाः सन्ति।

आधारसुविधा च व्ययः

अत्याधुनिकनिदानोपकरणानि विद्युत्, अनुरक्षणं, च विशेषज्ञतां अपेक्षन्ते। तेषां क्रयव्ययः च अनुरक्षणव्ययः च अतीव उच्चः अस्ति, यः रोगभारः अत्यधिकः यत्र, तेषु संसाधनविपन्नेषु प्रदेशेषु प्रमुखं विघ्नकारकं भवति।

निदानविलम्बः

वर्तमाननिदानोपकरणैः अपि, जनजागरूकताया अभावः, कलङ्क-बुद्धिः, दीनरेफरल्-जालम्, अथवा नमूनासंवहनं च परिणामवित-रणस्य समस्याः – एते कारणानि विलम्बितं निदानं जनयन्ति।

औषधप्रतिरोधयुक्तः क्षयरोगः

मल्टिड्रग्-प्रतिरोधयुक्तः (MDR-TB) तथा अतीव-औषधप्रतिरोध-युक्तः (XDR-TB) क्षयरोगः – एते निदाने दुष्कराः। शीघ्रं प्रतिरोध-निदानं अत्यावश्यकं यत् उचितोपचारारम्भः साध्यते, प्रसारः रोद्ध-व्यः, च चिकित्साफलम् वृद्ध्येत। किन्तु, अनेकेषु स्थलेषु एतेषां निदानानां उपलब्धिः न्यूनतमा अस्ति (Tiberi et al., 2022)।

स्वास्थ्यव्यवस्थासु समावेशनम्

नूतनानां निदानतन्त्रज्ञानानां राष्ट्रीयक्षयरोगकार्यक्रमेषु समावेशस्य चेष्टा च सर्वत्र प्रवृत्ता अस्ति।

सार्वजनिक-निजी सहभागिताः

शासनसंस्थाभिः, NGO-संस्थाभिः, च निजीक्षेत्रस्य साझेदारैः सहसंबन्धः – एतेषां सहयोगेन, अत्यधिकभारयुक्तराष्ट्रेषु आणविक-

निदानस्य कार्यान्वयनं साधितम्। अनुदानमूल्यैः, उपकरणस्थापन-योजनैः, प्रशिक्षणकार्यक्रमैश्च प्रवेशविवराः पूरिताः।

वैश्विकपहलयः

Stop TB Partnership तथा **विश्वस्वास्थ्यसंस्था (WHO) –** एते शीघ्रनिदानाय सार्वत्रिकप्रवेशलक्ष्यानि स्थापयन्ति। एतानि लक्ष्यानि साधयितुं, निदानजालस्य, प्रयोगशालाप्रमाणनस्य, निगरक्षण-प्रणालीनां च निवेशः अपेक्षितः।

डिजिटल्-स्वास्थ्यं च संयोज्यता

आधुनिकं क्षयरोगनिदानं अधिकाधिकं डिजिटल्-संयोज्यतायुक्तं भवति, येन वास्तविककालीनदत्तसञ्चारणं, निगरक्षणम्, च रोगि-पुनःपरीक्षणं साध्यते। एते प्रणालीः रोगपहिचानं, उपचारपालनं, च कार्यक्रमात्मकप्रतिक्रियां समर्धयन्ति।

भाव्यदृष्टयः

अग्रिमसरणीनां आणविकमंचानाम्

आगामीसरणीनां आणविकमंचाः क्षयरोगनिदानक्षेत्रे क्रान्तिकारी-परिवर्तनं दर्शयन्ति, यतः ते सूक्ष्माणवूर्जान्वेषणतन्त्रज्ञानस्य एकी-करणं वहनशीलता, सरलोपयोगिता, च अल्पाधारसुविधायाः अपेक्षा च समवायं कुर्वन्ति। एते नूतनप्रयत्नाः ग्राम्यप्रदेशेषु च सेवावंचितक्षेत्रेषु प्रयोगाय विशेषतया उपयुक्ताः भवन्ति, यत्र प्रयोगशालानिर्भरनिदानं दुर्ज्ञेयम् अस्ति।

सङ्कुचिताः, बैटरीचालिताः आणविकवर्धनयन्त्राणि, ये M. tuber-culosis इत्यस्य DNA परीक्षणं कुर्वन्ति, परिणामं च एकघण्टायाम् अन्तर्गतं प्रयच्छन्ति, एते विशेषं समाधानरूपेण दर्शिताः (Chen et al., 2025)। एते परम्परागत-PCR-तन्त्राणि अपि अपेक्षया क्षेत्रीयो-पयोगाय निर्मिताः सन्ति। उदाहरन्ति – सूक्ष्मप्रवाहमंचाः (micro-fluidics), पत्राधारितनिदानपद्धतयः, हस्तग्रहणीय-समतापवर्धक-उपकरणानि इत्यादयः।

एते बिन्दुनिदानपद्धतयः (POC systems) TB परीक्षणं विके-न्द्रीकर्तुं समर्थाः, येन सामुदायिक-स्वास्थ्यकार्यकर्तृभिः, प्राथमिक-चिकित्सकैः, चल-चिकित्सालयैः च एकस्यैव मिलनसत्रे रोगिनं परीक्षणं च उपचारं च कर्तुं शक्यते। एषः विलम्बितनिदानस्य समस्या न्यूनीकर्तुं, प्रसारं निरोधयितुं, च रोगिपरिचयं संवर्धयितुं शक्नोति।

किञ्च, स्मार्टफोन-अप्स् तथा क्लाउड्-संयोज्यता द्वारा दत्तसञ्चारः, रोगिनः अनुश्रवणं, च परिचर्यायाः अन्वयनम् वास्तविककाले साध्यते।

स्वामीबायोमार्करपटलानि

स्वामी-प्रतिसाधनसूचकैः (host biomarkers) TB निदाने नूतनं अवसरं प्रकटयन्ति, येन रोगकारकस्य प्रत्यक्षान्वेषणं परित्यज्य, स्वामी-रोगकारकयोः अन्तःक्रियायाः जटिलता अवगन्तुं शक्यते। रक्तं, मूत्रं, अपि च श्वासः – एतेषां सरलसङ्ग्रहणात् एते विशेषतः बालकानां, HIV-संक्रमितानां, अथवा बहिरङ्ग-क्षयरोगयुक्तानां रोगिणां कृते लाभदायकाः।

बहुविध-प्रतिसाधकानां संयोजनेन, एते निदानपद्धतयः रोगान्तरं च चिकित्साप्रतिक्रियां च स्पष्टं परिचाययन्ति। IP-10, IL-2, च अन्ये अपि जीन-अभिव्यक्तिपदच्छेदाः विविधभौगोलिक-स्थितिषु परीक्ष-णाधीनाः सन्ति (Heffernan & Denny, 2021)।

नवीन चिकित्सायाः निर्देशनाय, एते चिह्नानि उपयोगी भवन्ति। चिकित्साप्रतिक्रियायाः संकेतं दातुं, रोगपुनरावृत्तेः पूर्वसूचनां च दातुं एते समर्थाः।

जीनोमिक्स्-च कृत्रिमबुद्धेः समन्वयः

समग्रजीनानुक्रमणम् (WGS) च कृत्रिमबुद्धिः (AI) TB-निदानं च वैयक्तिक-चिकित्सायाः क्षितिजं परिवर्तयतः। WGS द्वारा रोगकार-कस्य जीन-सङ्गठनं, औषधप्रतिरोधः, जातीय-विशेषताः च विस्तरे-ण ज्ञायन्ते। एषः सूक्ष्मस्तरीयविवरणः परम्परागतनिदानतः अधिकः। AI-सहायेन जीनसङ्केतानां व्याख्यानं, प्रतिरोधनिर्णयः, रोग-प्रवृत्तिः, च उपचारफलम् अपि पूर्वसूचितुं शक्यते (Ali, 2024)। WGS तथा AI युगेन, TB उपचारे सूक्ष्मतमा, द्रुतमा च विधिः सम्भवति।

एतावता अपि, दत्तगोपनं, गणनायन्त्रस्य पारदर्शिता, च समुचित-प्रशिक्षणदत्तसंहिता – एते प्रश्नाः निराकर्तव्याः। उचितेन शासनप्र-णाल्या च नीतिसमर्थनयुता तान्त्रिक्यसमवायः सार्वजनिकस्वा-स्थ्याय नवदिगन्तं स्थापयति।

उपसंहारः

TB निदानस्य नवप्रवर्तनैः रोगपहिचानं च नियन्त्रणं च उन्नतं जातम्। आणविकपरीक्षणम्, तीव्रप्रतिजननिर्धारणम्, कृत्रिमबुद्धि-संवलितं चित्रावलोकनम्, च स्वामीबायोमार्करस्य अध्ययनानि TB निदानक्षमत्वं वर्धयन्ति।

यद्यपि, मूल्यं, सुलभता, च प्रयोगं – एते अद्यापि उच्चरोग-भारयुक्तप्रदेशेषु प्रमुखाः बाधाः। TB-विनाशाय वैश्विकप्रयासेषु, समवेतविकासनीतिः, आधारभूतसंरचनायाः विकासः, च सतत् नवप्रवर्तनम् आवश्यकम्।

निष्कपटसङ्कल्पेन च समदृष्टिना युक्तेन, निकटानां दशाब्दीनां मध्ये क्षयरोगशून्यं जगत् सम्भाव्यते।

सन्दर्भाः (References)

Abhimanyu, S., Jain, A. K., Myneedu, V. P., Arora, V. K., Chadha, M., & Sarin, R. (2021). The role of cartridge-based nucleic acid amplification test (CBNAAT), line probe assay (LPA), liquid culture, acid-fast bacilli (AFB) smear and histopathology in the diagnosis of osteoarticular tuberculosis. *Indian Journal of Orthopaedics*, *55*, 157-166.

Ali, H. (2023). Artificial intelligence in multi-omics data integration: Advancing precision medicine, biomarker discovery and genomic-driven disease interventions. *Int J Sci Res Arch*, *8*(1), 1012-30.

Cao, X. F., Li, Y., Xin, H. N., Zhang, H. R., Pai, M., & Gao, L. (2021). Application of artificial intelligence in digital chest radiography reading for pulmonary tuberculosis screening. *Chronic Diseases and Translational Medicine*, *7*(01), 35-40.

Chen, Y., Fan, L., Ren, Z., Yu, Y., Sun, J., Wang, M., ... & Huang, Z. (2025). Sensitive diagnosis of paucibacillary tuberculosis with targeted next-generation sequencing: a molecular diagnostic study. *BMC medicine*, *23*(1), 178.

Craney, A., & Miller, S. (2024). Present and Future Non-Culture-Based Diagnostics: Stewardship Potentials and Considerations. *Clinics in Laboratory Medicine*, *44*(1), 109-122.

Heffernan, A. J., & Denny, K. J. (2021). Host diagnostic biomarkers of infection in the ICU: where are we and where are we going?. *Current infectious disease reports*, *23*, 1-11.

Huggett, J. F., O'Sullivan, D. M., Cowen, S., Cleveland, M. H., Davies, K., Harris, K., ... & Messenger, M. (2024). Ensuring accuracy in the development and application of nucleic acid amplification tests (NAATs) for infectious disease. *Molecular Aspects of Medicine*, *97*, 101275.

Kamboj, A., Lause, M., & Kamboj, K. (2023). The problem of tuberculosis: myths, stigma, and mimics. In *Tuberculosis: Integrated Studies for a Complex Disease* (pp. 1047-1062). Cham: Springer International Publishing.

Krutikov, M., Faust, L., Nikolayevskyy, V., Hamada, Y., Gupta, R. K., Cirillo, D., ... & Rangaka, M. X. (2022). The diagnostic performance of novel skin-based in-vivo tests for tuberculosis infection compared with purified protein derivative tuberculin skin tests and blood-based in vitro interferon-γ release assays: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, *22*(2), 250-264.

Rahmati, S., Bahrampour, A., Nasehi, M., Mirzazadeh, A., Ghaderi, H., & Shahesmaeili, A. (2022). An evaluation of the diagnostic value of sputum smears microscopy and pcr relative to sputum culture in the diagnosis of pulmonary tuberculosis: A systematic review and meta-analysis in Iran. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*, *36*, 112.

Seid, G., Alemu, A., Tsedalu, T., & Dagne, B. (2022). Value of urine-based lipoarabinomannan (LAM) antigen tests for diagnosing tuberculosis in children: systematic review and meta-analysis. *IJID regions*, *4*, 97-104.

Soroka, M., Wasowicz, B., & Rymaszewska, A. (2021). Loop-mediated isothermal amplification (LAMP): the better sibling of PCR?. *Cells*, *10*(8), 1931.

Tiberi, S., Utjesanovic, N., Galvin, J., Centis, R., D'Ambrosio, L., van den Boom, M., ... & Migliori, G. B. (2022). Drug resistant TB–latest developments in epidemiology, diagnostics and management. *International Journal of Infectious Diseases*, *124*, S20-S25.