

Erfarenheter av AI-baserad screening av livmoderhalscancer i Östafrika

NINA LINDER

Våra erfarenheter av AI-baserad livmoderhalscancerscreening i Östafrika visar att digital diagnostik är genomförbar på primärvårdsnivå i resurssvaga miljöer. En förutsättning är att tekniken anpassas till de lokala förhållandena och integreras i fungerande hälso- och sjukvårdssystem. Artificiell intelligens har stor potential att förbättra tillgången till screening av livmoderhalscancer med hög diagnostisk noggrannhet och kostnadseffektivitet. Men modern AI-baserad teknologi i sig räcker inte. I praktiken krävs också investeringar i infrastruktur, utbildning av personal och pålitlig tillgång till adekvat behandling. Goda framsteg för att uppnå förbättrad och mer jämlik tillgång till cancerförebyggande screening ligger inom räckhåll och kan uppnås genom att utveckla integrerade, lokalt förankrade tillvägagångssätt, som bygger på modern AI-baserad diagnostik.

Inledning

Nya teknologier, som digital patologi i kombination med artificiell intelligens (AI), har stor potential för screening av cancer och används redan i höginkomstländer. Vi har utvecklat ett patientnära diagnostiskt system baserat på AI som använder portabla, lättanvända mikroskopskanners kopplade till en molnbaserad AI-analysplattform via mobilnätverk (1). Mikroskopiproverna digitaliseras och överförs för fjärrdiagnostik utförd av en kombination av AI och en mänsklig expert (figur 1). Vi har i en resursbegränsad miljö visat att hög noggrannhet (sensitivitet 95,7 % och specificitet 84,7 %) kan uppnås vid screening av cytologiska cervixutstryk (Papanicolaou-prover) med AI (2). Screening och diagnostik spelar en avgörande roll för att förebygga och upptäcka tidiga cellförändringar i cervix. Trots att sjukdomen ofta kan förebyggas ge-

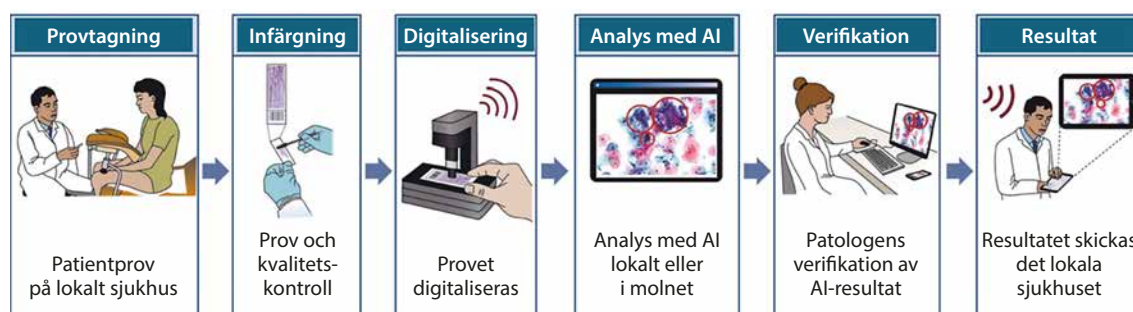
SKRIBENTEN

Nina Linder, medicine doktor, professor (AI-baserad medicinsk diagnostik), Finlands molekylärmedicinska institut FIMM, HiLife, Helsingfors universitet och Institutionen för kvinnors och barns hälsa, Uppsala universitet, Sverige

nom vaccination mot humant papillomvirus (HPV) och olika former av screeningprogram, har investeringar i nya diagnostiska metoder lämpade för bruk i lågresurstmiljöer varit begränsade. Detta har lett till ojämlikheter i tillgången till säker och kostnadseffektiv screening av livmoderhalscancer, särskilt i låginkomstländer. Skillnaderna är påtagliga: bland kvinnor i trettio- till femtioårsåldern har över åttio procent i höginkomstländer någon gång blivit screenade för förändringar i cervix,

HUVUDBUDSKAP:

- Det är möjligt att med artificiell intelligens diagnostisera livmoderhalscancer i en patientnära miljö, men effekten beror på hur väl tekniken integreras i de lokala hälsosystemen.
- Kostnadsberäkningar, fungerande leveranskedjor och myndighetsgodkännande är nödvändiga för storskalig implementering.
- För att möjliggöra storskalig användning krävs stark reglering, etiska ramar, finansiering och innovationer som gör metoderna enklare och mindre beroende av infrastruktur och användarens kompetens.



Figur 1. Det diagnostiska systemet med bildbaserad artificiell intelligens (AI) och fjärrverifiering av en mänsklig expert. Ett cytologiskt prov från cervix tas, cellprovet färgas (Papanicolaou-prov), provet digitaliseras, överförs till en molnmiljö och analyseras med AI. Resultaten skapade med AI verifieras av en mänsklig expert på distans och rapporten skickas tillbaka till vårdenheten.

medan motsvarande siffra i låginkomstländer är endast cirka tio procent (3).

På global nivå är livmoderhalscancer den fjärde vanligaste cancerformen hos kvinnor, med omkring 660 000 nya fall år 2022 (4). Samma år avled cirka 350 000 kvinnor till följd av sjukdomen, varav hela 94 procent i låg- och medelinkomstländer. År 2020 översteg dessutom antalet dödsfall i livmoderhalscancer för första gången antalet graviditetsrelaterade dödsfall, vilket visar sjukdomens växande betydelse som globalt hälsoproblem. Totalt står låg- och medelinkomstländer för 80 procent av alla fall av livmoderhalscancer i världen. Den globala åldersstandardiserade incidensen är 14 per 100 000 kvinnor, men i Östafrika är den mer än tre gånger så hög, det vill säga 43 per 100 000. Tillgången till patologi-tjänster är dessutom mycket begränsad: i Kenya finns endast 1,38 patologer per en miljon invånare och i Tanzania så få som 0,46 per en miljon invånare (5). Livmoderhalscancer framstår därför som en sjukdom starkt associerad med fattigdom och ojämlikhet.

AI-stödd livmoderhalscancerscreening på landsbygden i Kenya

Vår erfarenhet av att implementera AI-stödd screening av livmoderhalscancer bygger på användning av minimal infrastruktur på Kinondo-sjukhuset i Kwale på landsbygden i södra Kenya, och vår erfarenhet är att det är essentiellt att ny diagnostik integreras i ett fungerande lokalt hälso- och sjukvårdssystem. Inom projektet etablerade vi ett laboratorium för digital diagnostik vid sjukhuset och använde oss av befintlig infrastruktur såsom elektricitet, vatten och internet. Det AI-stödda systemet analyserade de digitaliserade cervi-

kala cellproverna vid kliniken, och de fysiska cellproverna skickades till lokala patologer för konventionell diagnostik. Ett dedikerat lokalt team bestående av sjukskötare, laboranter, gynekolog, allmänläkare och laboratorietekniker utbildades med stöd av standardiserade protokoll.

Medarbetarna fick utbildning i provtagning, preparering av provet, digitalisering, analys med algoritmerna och digital datainmatning av kliniska parametrar och resultaten. Rekryteringen av kvinnor för cellprov gjordes både genom att lokala hälsoarbetare uppsökte byarna nära sjukhuset för att informera om livmoderhalscancer och möjligheterna till screening och genom särskilda hälsokampanjer för kvinnor (figur 2). Båda metoderna byggde på kulturellt anpassad kommunikation samt nära samarbete med de lokala hälsoarbetarna för att säkerställa att deltagandet var frivilligt. Efter den första kliniska studien i Kenya överfördes konceptet till ett annat primärvårds-sjukhus i Kenya (Diani-sjukhuset) och till ett motsvarande sjukhus i Tanzania (St. Benedict-sjukhuset i Dar es Salaam). Vi använde Kinondo-sjukhuset som utbildningscenter för AI-baserad diagnostik för personalen från de andra sjukhusen.

Kapaciteten för analyserna begränsades av osäker tillgång till Papanicolaou-reagenser, bristfälliga lagringsmöjligheter för reagenser och strömbavbrott. En viktig del av studierna var att vi även testade studiedeltagarna för HPV-infektion, och HPV-analyserna utfördes av utomstående laboratorier. HPV-analyserna försenades ofta eller var för dyra på grund av svårigheter med upphandling av HPV-reagenser.

Möjligheterna att ta hand om kvinnor med cellförändringar är små i regionen, vilket



Figur 2. A) Kvinnor som väntar på screening av livmoderhalscancer vid Kinondo-sjukhuset i södra Kenya. B) Teknikern med hårdvaran för det patientnära diagnostiska systemet baserat på AI, som bygger på en minimal infrastruktur med en portabel dator (1) och en lättanvänd mikroskopskanner (2) trådlöst uppkopplad till en molnbaserad AI-analysplattform via mobilnätverk (3).

väckte etiska frågor, eftersom det kan vara problematiskt att diagnostisera förstadier till cancer utan säker tillgång till behandling. I denna studie fick dock alla våra patienter behandling i enlighet med lokala och nationella riktlinjer.

En kontinuerlig dialog med lokala hälsomyndigheter är avgörande för att anpassa diagnostiken till de regionala vårdstrukturerna och för att säkerställa att kvinnor med cellförändringar får adekvat och snabb behandling. Erfarenheterna visar att det är orealistiskt att förvänta sig att diagnostik, oavsett om den är konventionell eller AI-stödd, kan implementeras framgångsrikt i ett isolerat sammanhang. Samarbete med regionala hälsovårdspolitiker, leverantörer av reagenser och lokal medicinsk personal är helt avgörande. För att verkligen göra skillnad måste nya diagnostiska metoder integreras i redan fungerande hälso- och sjukvårdssystem.

Introduktionen av livmoderhalscancerscreening försvåras av att kvinnorna har begränsade kunskaper om livmoderhalscancer och saknar erfarenhet av screeningverksamhet i allmänhet. Det råder brist på utbildad vårdpersonal och integrationen av cancerdiagnostik inom primärvården är dåligt utvecklad. Vidare är tillgången till behandling begränsad och kostnadskrävande och cancersjukdomar generellt stigmatiserande. Arbetet försvåras även av bristande infrastruktur och av oklara och otillräckliga riktlinjer. De regulatoriska hindren är ofta betydande eftersom tydliga ramverk för myndighetsgodkännande av ny teknik saknas, vilket fördröjer implemen-

teringen. AI-baserade metoder är dessutom förknippade med utmaningar gällande datalagring och molntjänster. Ett ytterligare problem är gapet mellan innovation och implementering. Nya teknologier utvecklas ofta utan hänsyn till de lokala behoven, vilket gör att de riskerar att bli underutnyttjade. För att övervinna dessa hinder krävs en helhetsyn där beslutsfattare, forskare, finansiärer och vårdpersonal samverkar. Endast då kan diagnostiska innovationer omsättas i bättre hälsoutfall i resursbegränsade miljöer.

Diskussion

Vi har visat att nya AI-baserade metoder för screening av livmoderhalscancer kan implementeras i lågresursmiljöer inom primärvården. Resultat från studier vid större medicinska centra visar att AI-stödd cytologisk screening av livmoderhalscancer kan vara effektiv, tillgänglig och kostnadseffektiv (6), men studierna på primärvårdsnivå i resursbegränsade miljöer är än så länge mycket få. Diagnostiska metoder som tidigare krävde specialkunskaper och manuell tolkning kan i allt högre grad automatiseras, men det finns betydande utmaningar gällande implementeringen av nya metoder, både i höginkomstländer och framför allt i låginkomstmiljöer (7, 8). Även om molekylära tester för HPV rekommenderas som det primära screeningtestet för livmoderhalscancer(9), behöver cytologibaserade tester omvärderas, eftersom de är lämpade för AI-baserad automatisering och eftersom de sannolikt kommer att förbättra

den diagnostiska träffsäkerheten jämfört med manuell, expertbaserad bedömning (8). Även om ett negativt HPV-test innebär låg risk för livmoderhalscancer under det kommande decenniet, måste kvinnor med ett positivt HPV-test utvärderas (10). För att undvika att överbelasta sjukvårdssystemet med HPV-positiva kvinnor krävs ytterligare triagering för remiss till kolposkopi (11). Resultat från storskaliga studier om AI-stödd cytologisk screening visar att den manuella arbetsbördan minskar avsevärt, antalet falskt negativa provsvar blir färre, screeningstäckningen ökar och tiden för triagering förkortas från några dagar till några timmar (11, 12). I en konsensusstudie med över tjugo experter med erfarenhet av AI-stödd patologi ansågs det mycket sannolikt att cytologisk screening helt och hållet kommer att handhas av AI år 2030 (7).

För att framgångsrikt implementera och skala upp AI-stödd diagnostik i resursbegränsade miljöer är en robust och anpassad infrastruktur avgörande. Det behövs nya metoder som kan fungera tillförlitligt och användas på vårdenheten även utan tillgång till elektricitet och mobilt internet. Dessutom måste de lokala laboratorierna stärkas genom utbildning av personal och tydliga protokoll för kvalitetskontroll. Vår erfarenhet från Kenya och Tanzania är att teknologier måste anpassas till lokala förhållanden och göras kostnadseffektiva, portabla och användbara utan avancerad teknisk expertis.

Det pågår utveckling av nya tekniker, där AI-analyserna utförs lokalt (s.k. *edge AI*) i stället för i molnmiljö. Detta skulle dels möjliggöra att diagnostiken utförs på plats och minskar beroendet av internetuppkoppling och molninfrastruktur, dels ge vårdinrättningar möjlighet att interagera direkt med systemet för provtolkning och rapportering (12). Sådana system kunde med fördel inkludera agentisk (intelligenta system eller "agenter", som uppvisar en högre nivå av autonomi och förmåga att fatta beslut), och multimodal AI, som tillåter triagering av högriskfall för expertgranskning, vilket kan öka den diagnostiska effektivitet och träffsäkerheten.

Åtgärder krävs från flera aktörer. Regeringar och hälsomyndigheter spelar en avgörande roll när det gäller att etablera screeningprogram och hållbara finansieringsmodeller. De flesta låg- och medelinkomstländer förlitar sig fortfarande på allmänna lagar om dataskydd och medicinteknik (13). Lovande initiativ finns för att reglera medicinsk användning

av AI, och riktlinjer har publicerats för hur regelverk kan upprättas (14). Donatorer och finansörer bör inte bara investera i anskaffning av ny teknik utan även stödja långsiktigt kapacitetsbyggande. De som utvecklar tekniken måste arbeta nära lokala vårdinrättningar och patienter för att säkerställa att verktygen är praktiskt användbara, pålitliga och anpassade till de lokala behoven.

För att påskynda implementeringen av AI-baserad diagnostik bör modern teknik inbegripas i nationella cancerkontrollprogram och samarbetet mellan offentliga och privata aktörer främjas för att skala upp användningen av innovationerna på ett ansvarsfullt sätt. Med hjälp av sådana åtgärder kan AI-stödd cytologi bli en central del av en mer jämlik prevention av livmoderhalscancer i resursbegränsade miljöer.

Nina Linder

nina.linder@helsinki.fi

Inga bindningar

Referenser

1. Linder N, Nyirenda D, Mårtensson A, Kaingu H, Ngasala B, Lundin J. Implementing AI-supported cervical cancer screening in resource-limited settings. *BMJ : British Medical Journal*. 2025;In press.
2. Holmström O, Linder N, Kaingu H, Mbuuko N, Mbete J, Kinuya F, Törnquist S, Muinde M, Krogerus L, Lundin M, Diwan V, Lundin J. Point-of-Care Digital Cytology With Artificial Intelligence for Cervical Cancer Screening in a Resource-Limited Setting. *JAMA Network Open*. 2021;4(3):e211740-e.
3. Bruni L, Serrano B, Roura E, Alemany L, Cowan M, Herrero R, Poljak M, Murillo R, Broutet N, Riley LM, de Sanjose S. Cervical cancer screening programmes and age-specific coverage estimates for 202 countries and territories worldwide: a review and synthetic analysis. *The Lancet Global Health*. 2022;10(8):e1115-e27.
4. World Health Organization. Data visualization tools for exploring the global cancer burden in 2022 2022 [18.3.2024]. Tillgänglig på: <https://gco.iarc.fr/today/en>.
5. Pathology Capacity in Sub-Saharan Africa [Internet]. African Strategies For Advancing Pathology. 2019 [cited 10.06.2025]. Tillgänglig på: <https://www.pathologyinafrica.org/surveydata/>.
6. Zhu X, Yao Q, Dai W, Ji L, Yao Y, Pang B, Turic B, Yao L, Liu Z. Cervical cancer screening aided by artificial intelligence, China. *Bull World Health Organ*. 2023;101(6):381-90.
7. Berbis MA, McClintock DS, Bychkov A, Van der Laak J, Pantanowitz L, Lennerz JK, Cheng JY, Delahunt B, Egevad L, Eloy C, Farris AB, III, Fraggetta F, García del Moral R, Hartman DJ, Herrmann MD, Hollemans E, Iczkowski KA, Karsan A, Kriegsmann M, Salama ME, Sinard JH, Tuthill JM, Williams B, Casado-Sánchez C, Sánchez-Turrión V, Luna A, Aneiros-Fernández J, Shen J. Computational pathology in 2030: a Delphi study forecasting the role of AI in pathology within the next decade. *eBioMedicine*. 2023;88.
8. von Bahr J, Diwan V, Mårtensson A, Linder N, Lundin J. Artificial intelligence-supported digital microscopy diagnostics in primary health care laboratories: a scoping review. *JMIR Preprints*. 2025.
9. World Health Organization. WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. WHO guideline for screening and treatment of cervical pre-cancer lesions for cervical cancer prevention. Geneva: World Health Organization. © World Health Organization 2021.; 2021.
10. Perkins RB, Wentzensen N, Guido RS, Schiffman M. Cervical Cancer Screening: A Review. *JAMA*. 2023;330(6):547-58.

-
11. Wentzensen N, Lahrmann B, Clarke MA, Kinney W, Tokugawa D, Poitras N, Locke A, Bartels L, Krauthoff A, Walker J, Zuna R, Grewal KK, Goldhoff PE, Kingery JD, Castle PE, Schiffman M, Lorey TS, Grabe N. Accuracy and Efficiency of Deep-Learning-Based Automation of Dual Stain Cytology in Cervical Cancer Screening. *J Natl Cancer Inst.* 2021;113(1):72-9.
 12. Kurita Y, Meguro S, Kosugi I, Enomoto Y, Kawasaki H, Kano T, Saitoh T, Shinmura K, Iwashita T. Enhancing cervical cancer cytology screening via artificial intelligence innovation. *Scientific Reports.* 2024;14(1):19535.
 13. Townsend BA, Sihlahla I, Naidoo M, Naidoo S, Donnelly DL, Thaldar DW. Mapping the regulatory landscape of AI in healthcare in Africa. *Front Pharmacol.* 2023;14:1214422.
 14. World Health Organization. Regulatory considerations on artificial intelligence for health2023 31.05.2025 [cited 2025 31.05.2025];[61 p.]. Tillgänglig på: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240078871>.

Summary

Experience with Artificial Intelligence-based Cervical Cancer Screening in East Africa

Our experience with AI-based cervical cancer screening in East Africa shows that digital diagnostics is feasible at the primary healthcare level in low-resource settings. Success depends on adapting technology to local conditions and integrating it into functioning health systems. Artificial intelligence has great potential to improve access to cervical cancer screening with high diagnostic accuracy and cost-effectiveness. However, modern AI technology alone is not enough. Practical implementation requires investments in infrastructure, staff training, and reliable access to treatment. Sustainable improvements and equitable access can be achieved through integrated, locally grounded approaches based on modern AI-powered diagnostics.