

IMPLEMENTATIE VAN AI IN DE KLINISCHE PRAKTIJK

Automatische detectie van longembolieën op CT



Eline Langius-Wiffen

De werkdruk in de zorg neemt al jaren toe. Binnen de radiologie wordt steeds vaker gesproken over 'krapcapiteit'. In 2024 is bovendien voorspeld dat de zorgvraag tot 2040 verdubbelt. Voor radiologen betekent dit minder tijd per onderzoek en een grotere kans op gemiste bevindingen. In dit proefschrift onderzochten we de toegevoegde waarde van automatische detectie van longembolieën op CT in de dagelijkse klinische praktijk.

Automatische detectie kan radiologen ondersteunen in het diagnostisch proces. Dit is vooral relevant bij toenemende werkdruk, waarbij tijdsdruk een rol speelt. Hoewel AI-detectie van longembolieën in veel ziekenhuizen nog niet standaard beschikbaar is, hebben veel afdelingen de mogelijkheid gebruik te maken van traditionele computergeassisteerde detectie (CAD), gebaseerd op segmentatie en contrastverschillen.

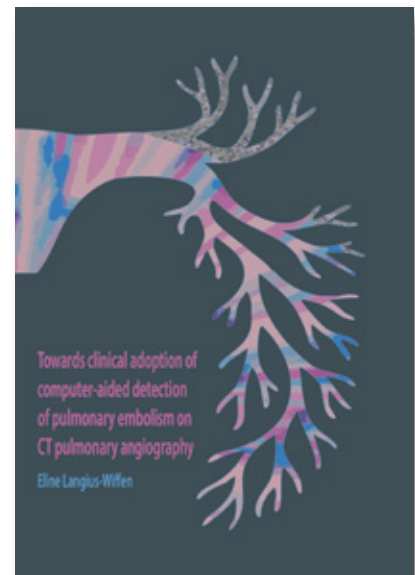
In het eerste deel van dit proefschrift is gekeken naar het optimaliseren van deze traditionele CAD-modules. Vervolgens onderzochten we de diagnostische prestaties van commerciële AI-algoritmen op klinische data en de verschillen in de robuustheid van een commercieel beschikbaar algoritme en een open access algoritme.

werd deze module in de praktijk weinig gebruikt. Radiologen ervaren het apart opstarten van de module en het grote aantal foutpositieve bevindingen als bemerrend.

Wij onderzochten of verbetering van de signaal-ruisverhouding op CT-beelden de specificiteit van CAD kon verhogen. Zowel toepassing van sterkere ruisreductie met iteratieve reconstructie als het gebruik van virtueel mono-energetische beelden bij spectrale CT leidde tot een duidelijk hogere specificiteit (resp. 11,8 vs. 48,3% en 22,7 vs. 45,3%), zonder significant verlies van sensitiviteit (92,3 tot 100%). In beide studies halveerde het aantal foutpositieve bevindingen.

Validatie van AI-detectie

De validatie van AI-detectie van longembolieën is gedaan aan de hand van twee retrospectieve studies waarin een com-



AI miste 23 gevallen, terwijl de dienstdoende radioloog er 60 miste. De sensitiviteit van AI was significant hoger dan die van het radiologisch verslag (96,8 vs. 91,6%; $p < 0,001$). Ook de specificiteit van het AI-algoritme was hoger (99,9 vs. 99,6%; $p = 0,035$), met minder foutpositieve bevindingen (2 vs. 9). De tweede studie richtte zich op incidentele longembolieën op portoveneuze CT-scans. De prevalentie bedroeg 2,2 procent (67 van de 3.089 patiënten). De AI detecteerde 25 initieel niet-gerapporteerde longembolieën, waaronder 3 casussen met centrale of lobaire embolieën. De sensitiviteit van AI was hierbij aanzienlijk hoger dan die van het oorspronkelijke verslag (95,5 vs. 62,7%; $p < 0,001$). De specificiteit was in beide gevallen zeer hoog (99,6 vs. 99,9%), met iets meer foutpositieve bevindingen door het AI-algoritme.

'AI-ondersteunde detectie van longembolieën verhoogt de diagnostische accuratesse van radiologen en vermindert het aantal gemiste bevindingen'

Optimaliseren van traditionele CAD

Voordat AI beschikbaar was in Isala, konden radiologen gebruikmaken van een traditionele CAD-module voor detectie van longembolieën. Ondanks een in de literatuur beschreven hoge sensitiviteit,

mercieel beschikbaar algoritme is onderzocht (Aidoc). In de eerste studie bij patiënten die een CTA pulmonalis hebben gehad wegens verdenking op longembolieën, was bij 717 van de 3.321 patiënten (21,6%) sprake van een longembolie. De

De promotiedag



Op 29 oktober 2025 heb ik mijn proefschrift *Towards clinical adoption of computer aided detection of pulmonary embolism on CT pulmonary angiography* succesvol verdedigd in het Academiegebouw van de Universiteit Utrecht. Ik heb een prachtige dag gehad, met onder andere een mooie discussie over het belang van innovatie in de zorg.

Ik wil mijn promotieteam bedanken voor hun ondersteuning en vertrouwen. Ook dank ik mijn collega's, vrienden en familie voor hun betrokkenheid en steun tijdens dit traject. Tot slot wil ik de opleidingsgroep radiologie in Isala bedanken, die het mogelijk maakte dit onderzoek te combineren met mijn opleiding tot radioloog.

Succesvolle implementatie

Voor succesvolle implementatie in de klinische praktijk is robuustheid van AI-algoritmen essentieel, met name gezien de snelle technologische vooruitgang binnen de radiologie. In dit proefschrift is onderzocht hoe zowel commerciële als open-access AI-algoritmen voor longembolieën presteren bij variatie in CT-techniek en ziekenhuisomgeving. Een commercieel AI-algoritme, getraind op conventioneel gereconstrueerde beelden, liet vergelijkbare diagnostische prestaties zien op zowel conventionele beelden als virtueel mono-energetische beelden. De sensitiviteit bedroeg 77,5% op conventionele beelden en 85,0% op mono-energetische beelden. De specificiteit bleef hoog (96,0 en 94,6%). Dit laat zien dat de prestaties behouden blijven bij toepassing van verschillende reconstructietechnieken.

Daarnaast is een open-access deep learning-algoritme beoordeeld dat opnieuw werd getraind op een grote, publieke dataset. De diagnostische nauwkeurigheid was hoog op data van twee ziekenhuizen, met een AUC tot 0,96. Bij toepassing op virtueel mono-energetische beelden was de prestatie iets lager (AUC 0,87-0,89). Dit wijst op het belang van aanvullende training voor optimale generaliseerbaarheid.

Toekomstperspectief

De komende jaren zal AI een steeds grotere rol spelen in de radiologische diagnostiek van longembolieën. Door de verwachte verdere toename van werkdruk en vollere werklijsten kan AI helpen om de diagnostische kwaliteit te behouden met triage en het verkleinen van de kans op gemiste longembolieën.

Voor succesvolle toepassing is het essentieel dat AI-algoritmen robuust blijven bij veranderingen in CT-technologie, protocollen en patiëntpopulaties. Dit vraagt om continue monitoring, periodieke validatie en transparantie over prestaties. Verder is meer duidelijkheid nodig over de optimale behandeling van subsegmentele en incidentele longembolieën. AI zal waarschijnlijk leiden tot detectie van meer subsegmentele en incidentele longembolieën. Optimale behandeling van deze bevindingen is momenteel nog onderwerp van lopende gerandomiseerde studies.

'AI toepassen vraagt om continue monitoring, periodieke validatie en transparantie over prestaties'

Conclusie

Dit proefschrift laat zien dat AI-ondersteunde detectie van longembolieën de diagnostische accuratesse van radiologen verhoogt en het aantal gemiste bevindingen vermindert, zowel bij CTA pulmonalis als incidentele longembolieën bij portoveneuze CT-scans. De resultaten tonen aan dat commercieel beschikbare AI-algoritmen voldoende betrouwbaar en robuust zijn voor toepassing in de klinische praktijk. Een volgende stap lijkt de zorgvuldige integratie van AI-ondersteunde detectie van longembolieën in klinische richtlijnen, met aandacht voor monitoring en verantwoord gebruik.

Leeuwarden, 5 januari 2026

dr. Eline Langius-Wiffen
radioloog, Frisius Medisch Centrum

Met veel dank aan mijn promotor:
prof. dr. Pim A. de Jong,
Universiteit Utrecht/UMCU

en mijn copromotoren:
dr. Martijn F. Boomsma, Isala
dr. Ingrid M. Nijholt, Isala