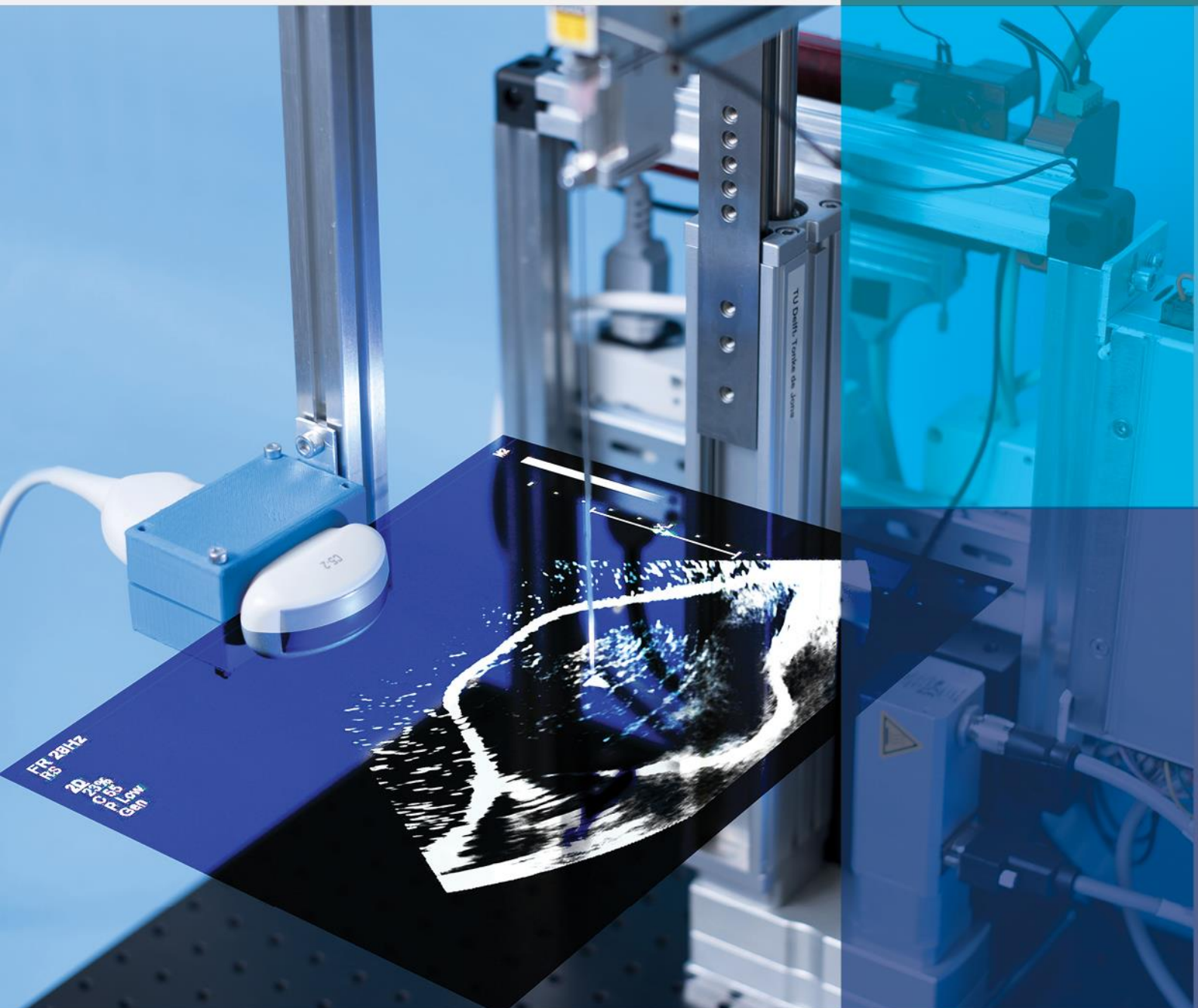


Editors:
dr.ir. Arjo J. Loeve
ir. Kim Hutchinson

ABSTRACTS KTO

Klinisch Technologisch Onderzoek

Eindproject van de BSc
Klinische Technologie
Editie 2024Q3



Universiteit
Leiden
The Netherlands

TU Delft
Delft University of
Technology

**Erasmus
University
Rotterdam**

Erasmus

Richtingperceptie test voor richtinghoren bij variërende galmcondities

Music perception test for sound localization under varying reverberation conditions

Muziekwaarneming – LUMC – (KTO-AS24034) – GR24001

S. (Shad) Fatali^a, Q. (Quinten) Man^a, K. (Kasper) de Nijs^a, T. (Thierry) Wolffenbuttel^a

Onder begeleiding van: N. (Nouri) Khalass^b, J.A.P.M. (Jan) de Laat^c
M. (Marc) de Best^d, B. (Berend) Glazenburg^e, M. (Marc) Stotijn^f

^aStudent Klinische Technologie, Technische Universiteit Delft

^bChief Technology Officer, Golden Hearing

^cKlinisch-fysicus-audioloog, Leids Universitair Medisch Centrum, Golden Hearing

^dAdviseur, Golden Hearing

^eKNO-arts, Bronovo Hospital The Hague, Golden Hearing

^fProfessioneel hoboïst

23-06-2025



Summary

Background Music is one of the most important aspects of daily life, offering benefits that extend far beyond entertainment. It plays a significant role in supporting both physical and mental well-being and has demonstrated therapeutic potential for individuals with mental or physical health conditions. However, many people with hearing loss report that music often sounds unpleasant, even when using hearing aids or cochlear implants. For these users, music perception becomes even more challenging in acoustically complex environments. A crucial aspect of music perception is sound localization. This is the ability to identify the direction and distance of a sound source. Reverberation can further degrade this spatial hearing and negatively affect music perception. This ability is often impaired for these users, partly because hearing devices are optimized for speech clarity rather than spatial sound reproduction. Despite its importance, little research has been conducted on how reverberation affects sound localization in music, particularly for hearing impaired individuals. To address this gap, LUMC and Golden Hearing have developed the Golden Hearing Music Perception Test (GHMPT), aimed at assessing various aspects of music perception. However, spatial hearing under reverberant conditions is not yet included in this test.

Systematic Review A systematic literature review was conducted, which 809 articles were screened and 24 studies were selected based on inclusion criteria. The identified methods for assessing sound localization were classified into three main categories: static localization tests using loudspeaker arrays positioned around the participant, dynamic localization tests involving the tracking of moving sound sources and headphone based tests employing virtual sound sources. The findings revealed a wide variety of testing methods and confirmed the absence of a standardized sound localization test.

Design A sound localization test was developed to quantify the Just Noticeable Difference (JND) in sound localization across different reverberation times. The raw music fragments were created to standardize duration and loudness. Subsequently, reverberation and directional cues were added to these fragments. Reverberation was simulated using Python package pyroomacoustics, modeling environments with reverberation times (RT60) of 0.4s (studio), 2.0s (concert hall), and 6.0s (cathedral). Directional cues were added through interaural time (ITD) and level differences (ILD), which simulates angles between 0° and 90°. The test is a web application and was used with a wired headphone and a laptop. Participants began with a pure-tone audiometry and proceeded with a training round and four test rounds, each featuring a different reverberation time. The direction of the fragment was randomly generated as left or right, and the angular separation was adaptively modified based on participant responses using a staircase method. Once three reversals were reached, 15 additional questions were presented to refine the JND threshold. The final JND in degrees was calculated as the average of these trials.

Validation and results The test was completed by nineteen participants, including five young adults and fourteen elderly. The average JND varied by reverberation level and age group, with older adults generally showing higher averages, especially under reverberation time 6.0s. The mixed ANOVA showed no significant differences in JND between the age groups ($p=0.278$), or between reverberation times ($p=0.57$). The linear regression analysis found no significant relation between degree of hearing loss and JND.

Discussion The results were against expectations and the designed test is not yet sufficiently validated. The lack of significant findings may be due to a small sample size. The study sample consisted of 14 older adults who self-reported normal hearing and did not use hearing aids. This means that in this study the designed test has not been validated on people with professionally confirmed hearing loss. This in combination with the limited number of participants, may have resulted in a lack of statistical power needed to detect significant effects.

Conclusion The sound localization test measures the spatial hearing under varying reverberant conditions. Although the test meets the technical requirements, it is not yet sufficiently validated. The lack of significant findings may be due to a small sample size. Further research with a larger participant group is needed to validate the test.

Automated classification of DSA-images based on image properties in acute ischemic stroke using a deep learning CNN

*Automatische classificatie van DSA beelden op basis van beeldeigenschappen bij
acute ischemische beroerte, gebruikmakend van een deep learning CNN*

GR24002

AS24023-DSAQuality-EMC

Cristo van den Berg (5097398)^a, Mirre Blaauboer (5336562)^a, Daan van Erp (5505267)^a &
Carlijn Keppels (5290570)^a

Commissioned by: Dhr. drs. ir. F. te Nijenhuis^b, Dhr. drs. M. van der Sluijs^b, Dhr. dr. ir. R. Su^b & Dhr. dr. ir.
T. van Walsum^b

^aDelft University of Technology

^bDepartment of Radiology & Nuclear Medicine, Erasmus Medical Center

Date: June 23, 2025



1 Samenvatting

1.1 KTO-A

Bij een herseninfarct door een grote-vat-occlusie (LVO) raakt een belangrijk bloedvat in de hersenen plotseling verstopt. Een snelle diagnose is cruciaal voor een goede behandeling. Kunstmatige intelligentie (AI) kan helpen om deze diagnose sneller en nauwkeuriger te stellen door medische beelden automatisch te analyseren.

In dit literatuuronderzoek is onderzocht hoe nauwkeurig bestaande AI-modellen LVO's kunnen opsporen op angiografiebeelden van patiënten met een acuut herseninfarct. Er is gezocht in drie grote wetenschappelijke databanken (PubMed, Scopus en Web of Science), en veertien relevante studies zijn uiteindelijk geïncludeerd. Hieruit blijkt dat AI-modellen veelbelovende resultaten laten zien, met accuratesse tussen 70% en 98%, maar dat de prestaties per model sterk variëren. Externe validatie is noodzakelijk om te beoordelen of deze modellen breed inzetbaar zijn in de klinische praktijk.

Take-home message: AI biedt veelbelovende ondersteuning bij het herkennen van grote-vat-occlusies, maar klinische toepassing vereist nog verdere validatie.

1.2 KTO-B

Digitale Subtractie Angiografie (DSA) is een veelgebruikte beeldvormingstechniek bij het beoordelen van acute herseninfarcten. Inmiddels zijn er steeds meer Artificial Intelligence modellen in ontwikkeling die de analyse doen van de DSA beelden. Echter, omdat het verkrijgen van deze beelden niet gestandaardiseerd is, is de kwaliteit en inhoud van DSA-beelden niet altijd consistent. Dit maakt het lastig voor bestaande AI-modellen om betrouwbaar te functioneren. Een voorbeeld zijn DSA beelden met bewegingsartefacten, deze beelden zijn hierdoor niet goed te verwerken. Echter worden deze onbruikbare beelden toch geanalyseerd, wat ten koste gaat van de nauwkeurigheid en prestatie van het model.

Het doel van dit onderzoek was om een model te ontwikkelen dat automatisch DSA-beelden beoordeelt op specifieke beeldkenmerken, en zo ongeschikte beelden kan herkennen.

Hiervoor is een neurale netwerk gebouwd op basis van een voorgetraind ResNet-model. Dit model werd getraind op DSA-beelden van patiënten met een herseninfarct en moest negen verschillende kenmerken herkennen, waaronder projectierichting, zichtbaarheid van de hersenen, aanwezigheid van contrastvloeistof en beeldvormingstechniek.

Het model behaalde een hoge nauwkeurigheid (ROC-AUC) tussen 0,91 en 0,98 op alle taken. Ook werd getest of het model daadwerkelijk bruikbare van onbruikbare beelden kon onderscheiden binnen een bestaand AI-systeem voor beeldsegmentatie. Hierbij bleek dat het model met 80% effectief ongeschikte beelden wist te filteren.

Take-home message: Het ontwikkelde model laat zien dat automatische kwaliteitscontrole van DSA-beelden mogelijk is, en vormt zo een waardevolle stap richting betrouwbare AI-toepassingen bij beroertezorg.



Anti-extravasatiesysteem voor intraveneuze toediening van cytostatica

Anti-Extravasation System for the Intravenous Administration of Cytostatics

Renée van der Heijden^a, Sam Hart^a, Anna Dijk^a en Fiona W.A. Lanser^a

GR24003 KTO-AS24015 AntiExtravasatie-RdGG

Onder begeleiding van:

T.T.M. Oosterveer^b, L.H. Mammatas^c en W.J. Hogendoorn^d

^a Student Klinische Technologie,, TU Delft, Delft, Nederland

^b Reinier de Graaf Gasthuis Klinisch Technoloog, Delft, Nederland

^c Reinier de Graaf Gasthuis Internist-oncoloog, Delft, Nederland

^d Universitair Docent, Afdeling Werktuigbouwkunde, TU Delft, Delft, Nederland

Samenvatting (Summary)

Objective Extravasation of intravenous (IV) cytotoxic drugs can cause various complications, from mild pain and swelling to severe tissue damage, including necrosis and, in rare cases, death. Despite the potential risks and an incidence of 0.1-6% , there is no standard method for early extravasation detection that has been implemented in Dutch hospitals. Current methods rely on patient-reported symptoms (pain or burning sensation) and visual inspection (redness or swelling), which often delay detection and intervention. The aim of this study is to explore and develop a detection system capable of identifying extravasation volumes ≤ 5 mL, immediately after connection to the patient, without a calibration phase and with high robustness against motion and physiological variability.

Systematic patent and literature review A systematic review (SR) and patent review (PR) were conducted to assess existing detection technologies. Patent analysis ($n = 100$) revealed six major detection principles: pressure, electromagnetic radiation (EMR), bio-impedance, swelling, temperature, and acoustic signals. EMR-based systems (especially near-infrared (NIR) reflectance), pressure sensing, and bio-impedance showed the most promise. Five clinical studies supported the effectiveness of these methods, with three systems detecting extravasation at very low volumes (respectively 0.02 mL, 0.5–3.0 mL, and <3 mL) at sensitivities and specificities $\geq 90\%$. The patent study also revealed the ivWatch, a commercially available detection system that operates based on reflected NIR-light. The existence of this system demonstrates that it is technically feasible to detect extravasation using this method. The review concluded that NIR-reflectance offers the highest potential for small-volume detection, suitable for clinical use.

Design and validation Based on the review, a NIR-reflectance-based detection system was designed and a prototype with three photoplethysmographic (PPG) sensors (MAX30102) was developed. These sensors were placed on the skin around the infusion site (directly on, 5 cm distal, 5 cm proximal) and monitored differences in reflected NIR-light. A Python script compared the signals in real time to detect local optical changes caused by subcutaneous fluid build-up due to extravasation. The design requires no calibration, is robust against noise and patient movement, and integrates with existing clinical workflows.

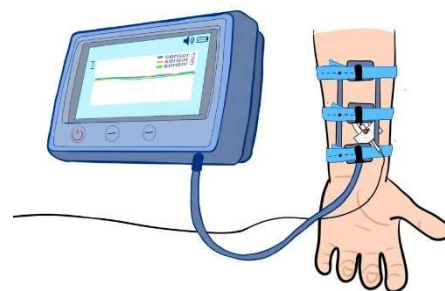


Figure 1: Design of the *Extra-Vision*

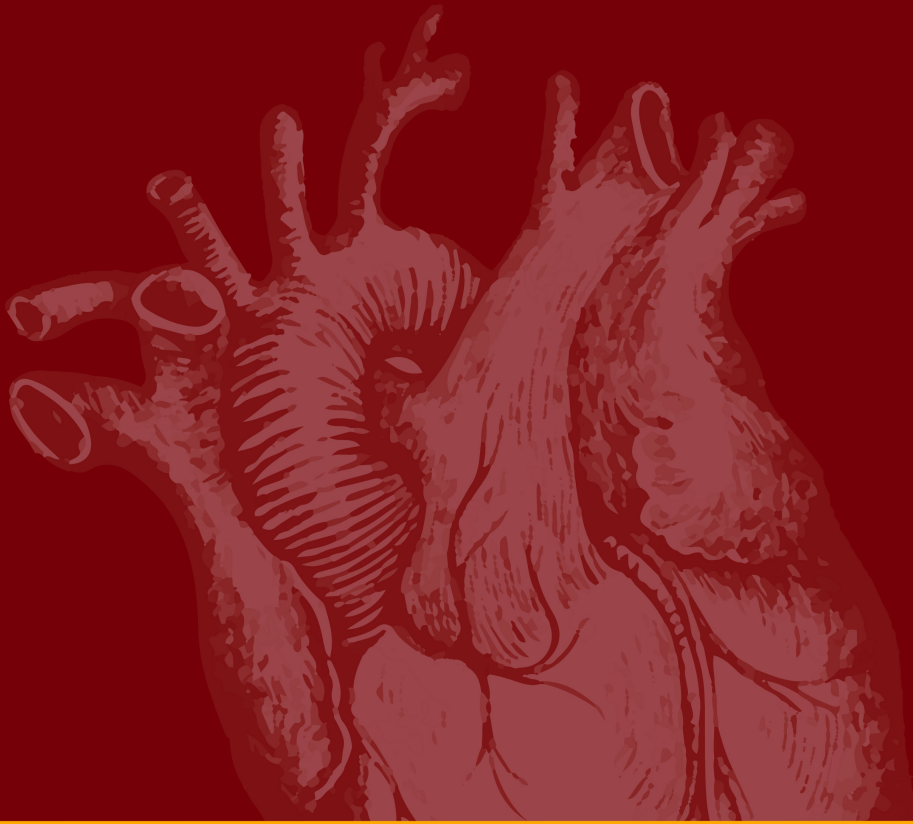
The prototype was validated using pork belly with skin as a tissue model with an artificial vein made of silicone. Infusions of 5 mL NaCl 0.9% were delivered at 450 mL/h, and extravasation was simulated in the same conditions at varying depths. The system successfully detected extravasation volumes of 5 mL or less. Statistical analysis showed a significant decrease in NIR-reflectance at the detection sensor from 1 mL of extravasation onward, while reference sensors remained stable. Sub-analyses confirmed the influence of different depths of extravasation. The fractionally reduced intensity signal was strong enough to distinguish extravasation from other artifacts, meeting the predefined clinical and technical requirements.

Outcomes The developed detection system met key specifications: detection of ≤ 5 mL without a baseline measurement, $\geq 90\%$ expected sensitivity/specificity, and robust operation under realistic clinical conditions. The use of three sensors can reduce false positives due to the use of the fractional difference. Future work should include in vivo testing and integrating a function that stops infusion upon alarm to reduce further damage. This study demonstrates that a wearable, NIR-based three-sensor system can reliably detect small-volume extravasation with high sensitivity, without requiring a baseline measurement. It represents a promising step toward clinical implementation of automated extravasation detection in chemotherapy.

June 23, 2025

BACHELOR OF SCIENCE IN CLINICAL TECHNOLOGY

PROJECT: KLINISCH TECHNOLOGISCH ONDERZOEK
GR24004 - KTO-AS24004-HYPERTENSIE-RDGG



Predicting major adverse cardiovascular events with clinical data and invasively measured ABP waveforms of ICU patients

Voorspellen van ernstige cardiovasculaire events met klinische data en invasief gemeten ABP-golven van IC-patiënten

Authors: Ryan van der Hoek^a, Emma Reinders^a, Joep van der Schaaf^a, Nikki Schildmeijer^a
Supervisors: Eelko Ronner^b, Mariska van Vliet^b, Ross Williams^c, Bahareh Abdikivanani^d

^aClinical Technology Student, Technische Universiteit Delft,
Erasmus Medisch Centrum, Leiden Universitair Medisch Centrum, the Netherlands

^bCardiologist, Reinier de Graaf Gasthuis, the Netherlands

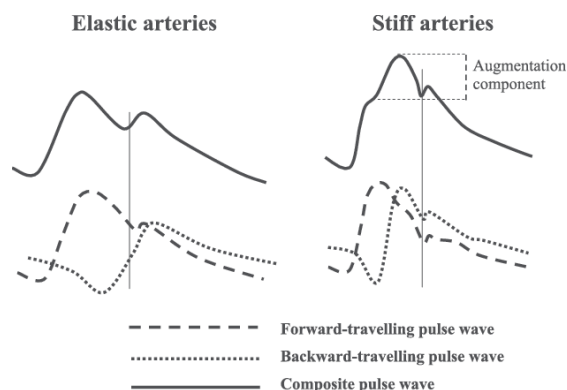
^cAssistant Professor, Erasmus Medisch Centrum, the Netherlands

^dAssistant Professor, Technische Universiteit Delft, the Netherlands



Samenvatting

Relevantie Hypertensie is een van de belangrijkste risicofactoren voor het krijgen van ernstige cardiovasculaire events (MACE) zoals een beroerte of hartinfarct. Om te kunnen begrijpen hoe hypertensie ontstaat en tot zo'n heftig gevolg kan leiden, kun je het beste kijken naar de arteriële bloeddruk (ABP) curve (zie Figuur 1). De samentrekking van het hart veroorzaakt een drukgolf in de aorta richting perifere vaten. Een deel van deze drukgolf kaatst terug richting de aorta. Bij een gezond persoon vindt deze terugkaatsing plaats tijdens de diastole. Wanneer iemand echter stijvere slagaders heeft, keert dit deel van de drukgolf tijdens de systole al terug, wat zorgt voor een verhoogde bloeddruk en daarmee een verhoogde werklast voor het hart, wat kan resulteren in complicaties op de lange termijn, zoals MACE. Het behandelen van hypertensie lijkt dus een logische stap om het risico op MACE te verminderen. Anti-hypertensiva kunnen echter ook ongewenste bijwerkingen met zich meebrengen. Het zou dus beter zijn om de toediening van bloeddrukverlagende medicatie te beperken tot de patiënten die er ook daadwerkelijk baat bij kunnen hebben. Om dit te kunnen realiseren, is een predictiemodel nodig dat kan voorspellen wie mogelijk MACE krijgt. Bestaande predictiemodellen zijn gemaakt voor beperkte subpopulaties en hebben wisselende prestaties. Ze zijn voornamelijk getraind op basis van bekende risicofactoren die geregistreerd staan in het elektronisch patiëntendossier (EPD), zoals leeftijd, geslacht en aanwezigheid van hypertensie. In plaats van alleen naar de aanwezigheid van hypertensie te kijken, zou echter ook de ABP-curve in acht kunnen worden genomen, aangezien deze ons meer kan vertellen over de oorzaak achter de hypertensie, wat mogelijk van invloed kan zijn op de voorspelling van MACE.



Figuur 1. Effect van arteriële stijfheid op de bloeddrukcurve.

Literatuuronderzoek Om te onderzoeken of het gebruiken van een ABP-signaal tot een beter presterend en breder bruikbaar model zou kunnen leiden, is allereerst een literatuuronderzoek uitgevoerd. Na een zoekactie in PubMed, Scopus en Web of Science zijn 5417 unieke artikelen geïdentificeerd. Na screening van de artikelen op bruikbaarheid voor de review bleven 5 relevante artikelen over met in totaal 3726 participanten. Vier van de vijf artikelen noemden pulse pressure als voorspellende factor voor MACE, overlijden of een combinatie hiertussen. De systolische bloeddruk, gemiddelde bloeddruk, augmentatiedruk, augmentatie-index en pulsatiliteit werden ieder in één artikel genoemd als voorspellende factor. Op basis van deze informatie hebben we een onderzoeksplan opgesteld.

Onderzoeksdoel Het trainen, valideren en vergelijken van een aantal verschillende machine learning modellen en typen inputvariabelen om uit te vinden welke combinatie van model en input de meest betrouwbare voorspelling oplevert voor MACE bij patiënten op de Intensive Care (IC).

Methode De volgende informatie uit de Medical Information Mart for Intensive Care (MIMIC-III) database is gebruikt voor het trainen van de modellen: geanonimiseerde klinische gegevens, ABP-curven en elektrocardiogram (ECG) signalen. Geïnccludeerde patiënten moesten ouder zijn dan 18 jaar, beschikken over een ABP- en ECG-signaal van minimaal 2 minuten en bij hun eerste opname geen geregistreerde diagnose van MACE hebben. De klinische data en het ABP-signaal zijn gebruikt als input voor de predictiemodellen en het ECG is gebruikt om patiënten met hartritmestoornissen te excluderen. De inputvariabelen die voor de modellen zijn gebruikt bestonden uit klinische data, karakteristieken berekend uit het ABP-signaal, een segment van vijf seconden met alle datapunten in het ABP-signaal en combinaties hiertussen. Verder zijn de volgende algoritmen gebruikt voor training: Lasso logistische regressie, random forest, support vector machine model en feed forward neural network. De prestatie van elk model is beoordeeld door middel van de area under the curve (AUC), sensitiviteit en specificiteit.

Resultaten De bestudeerde populatie bestond uit 2876 patiënten, van wie er 169 gediagnosticeerd waren met MACE in een volgende IC-opname. Bij vergelijking van de prestaties van de modellen was te zien dat de Lasso logistische regressie meestal de hoogste sensitiviteit had (variërend van 36% tot 83%) en complexere algoritmes meer beïnvloed werden door de class imbalance. De hoogste AUC's (variërend van 0.90 tot 0.93) werden bereikt door de modellen die zowel EPD-data als ABP-karakteristieken als input hadden. Van de modellen met deze input behaalde de Lasso logistische regressie de beste balans tussen sensitiviteit (83%) en specificiteit (86%).

Conclusie Het gebruik van ABP-karakteristieken naast EPD-data leidt tot een betrouwbaardere voorspelling van MACE voor patiënten op de IC. Om echter te kunnen bevestigen dat dit ook de generaliseerbaarheid van het model verbetert, is externe validatie nodig met een dataset van een andere bron. Hopelijk kan dit model dan in de toekomst geïmplementeerd worden om het aantal MACE-voorvallen terug te dringen.

Developing a Real-Time sEMG-Biofeedback Prototype to Stimulate Co-contraction of the Shoulder Adductors during Abductor Contraction in Subacromial Pain Syndrome Rehabilitation

Ontwikkeling van een real-time sEMG-biofeedbackprototype ter stimulatie van co-contractie van de schouderadductoren tijdens contractie van de schouderabductoren in de revalidatie van subacromiaal pijn syndroom

GR24005-OndRap-AS24035-Biofeedback-LUMC

Sarah van der Hart
Carlijn Pelk
Beike Swanenberg
Sabien Vlug

Supervisors:

Dhr. dr. ir Jurriaan H. de Groot, LUMC

Dhr. Paul Dekker, LUMC

Mevr, dr. Celeste Overbeek, LUMC

Samenvatting

Dit Klinisch Technologisch Onderzoek bestaat uit twee op elkaar voortbouwende onderzoeken. Eerst is een literatuurreview uitgevoerd die de basis vormt voor de keuzes in het daaropvolgende ontwerponderzoek. Hieronder worden beide beschreven.

The Working Mechanisms of Surface Electromyographic Biofeedback Techniques for the Shoulder and their Applicability in Developing a Real-Time Rehabilitation Aid for Subacromial Pain Syndrome: A Systematic Review

Onderzoeksdoel: Deze systematische review onderzoekt de werkingsmechanismen van bestaande sEMG-biofeedbacktechnieken voor het aanleren van gewenste contractie van schouderpijnsyndroom (SAPS).

Methode: Dit literatuuronderzoek is uitgevoerd volgens de PRISMA 2020 richtlijnen, gebruikmakend van de databases PubMed, Scopus en Web of Science. Artikels gepubliceerd tussen 1 januari 2015 en 25 april 2025 zijn geïnccludeerd. Artikels zijn geëxcludeerd op basis van 12 geformuleerde exclusiecriteria. Deze studieselectie is onafhankelijk uitgevoerd door twee onderzoekers. Gegevens zijn vervolgens systematisch geëxtraheerd en geanalyseerd.

Resultaten: 20 studies met verschillende studieopzetten en populaties zijn geïnccludeerd. De studies toonden een breed spectrum aan gebruikte technieken. Deze technieken zijn onderverdeeld in drie hoofdcomponenten: signaal acquisitie, signaalverwerking en feedbackmechanisme.

Conclusie: Voor signaal acquisitie moeten de sensoren, versterkers en A/D-converters voldoen aan een vastgestelde set specificaties. Voor realtime feedback zijn snelle, nauwkeurige envelopfuncties, normalisatie en gepersonaliseerde drempels nodig. Om correcte spiercontractie in het dagelijks leven te bevorderen, moet het revalidatiehulpmiddel continue, eenvoudige feedback geven, bijvoorbeeld met behulp van auditieve signalen.

Developing a Real-Time sEMG- Biofeedback Prototype to Stimulate Co-contraction of the Shoulder Adductors during Abductor Contraction in Subacromial Pain Syndrome Rehabilitation

Relevantie en onderzoeksdoel: SAPS is een veelvoorkomende schouderaandoening, met grote individuele en socio-economische impact. Recent onderzoek heeft aangetoond dat een verhoogde co-contractie van de schouderadductoren m. latissimus dorsi (LD) en m. teres major (TM) tijdens aanspanning van de schouderabductor m. deltoideus medialis (DM) geassocieerd is met een gunstiger verloop van SAPS. Daarom ontwikkelt en test deze studie een revalidatiehulpmiddel-prototype, dat middels continue sEMG-monitoring co-contractie van de schouderpijnsyndroom detecteert en stimuleert.

Methode: Acquisitie van sEMG-signalen wordt uitgevoerd middels een meetopstelling van Delsys en National Instruments. Sensoren worden geplaatst volgens de SENIAM-richtlijnen, waarna signaalverwerking plaatsvindt op een laptop. *Software ontwikkeling:* Software is ontwikkeld in Python 3.12.10 middels een iteratief proces. Drie opeenvolgende scripts verwerken sEMG-signalen en differentiëren tussen voldoende en onvoldoende co-contractie. Bij onvoldoende co-contractie wordt auditieve feedback gegeven. *Experimentele procedure:* Het KTO-HREC-goedgekeurde experimentele protocol omvat tien participanten en dient ter verificatie en validatie van het prototype. De participanten kijken een instructievideo, voeren oefeningen uit met en zonder biofeedback en vullen een vragenlijst in. *Data analyse:* Ter verificatie zijn de sensitiviteit en specificiteit bepaald. Voor validatie is een Wilcoxon rangtekentoets uitgevoerd. De vragenlijst is geanalyseerd.

Resultaten: *Software prototype:* De software gebruikt gepersonaliseerde drempelwaarden die in de tijd aangepast kunnen worden, en werkt met vensters waarin een bepaald percentage van de samples de drempels moeten overschrijden om biofeedback te activeren. De vertraging op auditieve feedback is ongeveer 530 ms. *Verificatie:* Het prototype heeft een sensitiviteit van 0,474 en een specificiteit van 0,749. *Validatie:* Er is geen significant verschil in de hoeveelheid voldoende co-contractie met en zonder biofeedback voor zowel de LD ($p = 0,116$) als TM ($p = 0,216$). *Gebruikerservaringen:* De feedback is (zeer) gemakkelijk te herkennen en begrijpen. Het uitvoeren van co-contractie wordt verschillend ervaren.

Discussie en conclusie: Een real-time sEMG-biofeedbackprototype is ontwikkeld om continue co-contractie van de schouderadductoren TM en LD tijdens contractie van de DM te stimuleren, als basis voor een SAPS-revalidatiehulpmiddel. Het prototype gebruikt gepersonaliseerde drempelwaarden die in de tijd verhoogd kunnen worden en geeft snelle auditieve feedback. Hoewel de sensitiviteit momenteel te laag is voor gebruik, kan deze worden verbeterd door bredere parameter-afstemming en wordt vermoed dat deze is onderschat door verificatieproblemen. De hypothese dat het prototype de hoeveelheid voldoende co-contractie verhoogt, werd niet statistisch bevestigd, maar een leereffect kan de resultaten beïnvloeden hebben. Veelbelovende resultaten, zoals hoge sensitiviteit bij een deelnemer overtuigd van het correct uitvoeren van co-contractie en een sterke specificiteit, wijzen op de potentie van het prototype. Hoewel vervolgonderzoek noodzakelijk is, vormt deze studie een solide basis voor verdere ontwikkeling van het continue, real-time sEMG-biofeedbackprototype.

Evaluation and design study of the IOPractice-2: Eye model to practice Goldmann applanation tonometry

Evaluatie- en ontwerpstudie van het KTOogmodel-2: Oogmodel om Goldmann applanatie tonometrie te oefenen

Authors

Bente Schimmel¹
Joëlle Steltenpool¹
Kaya Westland¹
Zus Geijssen¹

Supervisors

Paul van den Broek²
Dr. Fara Sortomme-Keramati²
Dr.ir. Arjo Loeve³
Ir. Kim Hutchinson³

KTO AS24018

Training voor oogdrukmetingen op de polikliniek oogheelkunde.
GR24006
23/06/2025

¹ Student Clinical Technology, Delft University of Technology, Erasmus MC Rotterdam, LUMC Leiden

² Reinier de Graaf Gasthuis

³ Delft University of Technology



Universiteit
Leiden
The Netherlands

1 Samenvatting

Relevantie Primaire open kamerhoek glaucoom is een van de meest voorkomende oorzaken van blindheid wereldwijd. De oogziekte wordt veroorzaakt door een beschadigde oogzenuw als gevolg van een verhoogde oogdruk ($> 21\text{mmHg}$). De oogdruk, ook intraoculaire druk (IOD) genoemd, is de enige behandelbare risicofactor tegen de beschadiging van de oogzenuw met de ontwikkeling en progressie van glaucoom als gevolg. De gouden standaard voor het meten van de IOD is de Goldmann Applanation Tonometer (GAT). Hiermee wordt de kracht bepaald die nodig is voor het afvlakken (applaneren) van een hoornvliesoppervlak. Deze manier van meten is echter onderhevig aan intra- en interobservervariabiliteit. Deze variabiliteit wordt versterkt door de aanwezigheid van de oculaire pulse amplitude (OPA). Dit is het verschil in IOD tussen de systolische en diastolische fase van het hart. De magnitude van de invloed die de OPA heeft op het meten van de IOD was vooralsnog onbekend. Het al bestaande KTOogmodel-1 uit 2024 is een trainingsmodel voor oogartsen, optometristen en technisch oogheelkundig assistenten (TOA's) waarmee IOD-metingen geoefend konden worden. Met dit model was een begin gemaakt aan het in kaart brengen van de inter- en intraobservervariabiliteit bij IOD-metingen met de GAT. Het model presteerde echter nog onvoldoende om geïmplementeerd te worden in de praktijk.

Onderzoeksdoel Het ontwerpdoel van deze studie is daarom het verbeteren van het KTOogmodel-1 en het onderzoeken van de invloed van de OPA op zowel de inter- als de intraobservervariabiliteit in IOD-metingen met de GAT.

Methode Voorafgaand aan het verbeteren van het KTOogmodel-1 is een systematisch literatuuronderzoek uitgevoerd waarmee de correlatie tussen de IOD en OPA is onderzocht. De resultaten van het literatuuronderzoek zijn verder in het onderzoek gebruikt om te bepalen of, en in welke mate, de grootte van de OPA aangepast moet worden aan de ingestelde IOD. Het verbeteren van het KTOogmodel-1 is gestart met het evalueren van de aanbevelingen uit de KTOogmodel-1 studie, het testen van de tekortkomingen en het uitsturen van een vragenlijst naar de doelgroep van het trainingsmodel. De resultaten hiervan hebben een compleet beeld geschetst van de benodigde aanpassingen en eisen aan het model. Er zijn functionele testen uitgevoerd om te testen of het model met de gemaakte aanpassingen voldoet aan de opgestelde eisen. Deze functionele testen hebben zich gericht op het kunstmatige hoornvlies, eventuele lek van het model en het testen van de druksensor. Als validatie is het model getest door 15 oogartsen, optometristen en TOA's uit het Reinier de Graaf Gasthuis in Delft en het Leids Universitair Medisch Centrum in Leiden. De validatie is opgesplitst in twee delen, waarbij met de resultaten van het eerste deel een conversie formule is opgesteld over een sensordruk range van 5-56 mmHg. De conversie formule zal de relatie tussen de ingestelde sensordruk in het model en de gemeten GAT waarde door de deelnemers beschrijven. Hiervoor is een lineair mixed-effects model gebruikt. Het tweede deel bestond uit het meten van de IOD op 15 of 35 mmHg sensordruk, met en zonder OPA. Deze resultaten zijn gebruikt om de intra- en interobservervariabiliteit te onderzoeken. Voor de invloed van de pulsaties op de interobservervariabiliteit is met Levene's test gebruikt en voor de invloed op de intraobservervariabiliteit is met een three-way ANOVA test gebruikt.

Resultaten Uit de resultaten van het systematische literatuuronderzoek is gebleken dat er een positieve correlatie is tussen de IOD en de OPA, met een correlatiecoëfficiënt van 0.45. De uitkomsten van de functionele testen laten zien dat het KTOogmodel-2 een lek heeft van minder dan 1 mmHg in 5 minuten en dat de cornea een luchtdruk groter dan 75 mmHg aankan. De opgestelde conversie formule ziet er als volgt uit: $y = 2.40 + 0.52x$. Hierbij is x de sensordruk en y de waarde die de tonometer aan zou moeten geven. De resultaten van de Levene en van de three-way ANOVA test laten alleen p-waarden groter dan 0.05 zien.

Conclusie Het KTOogmodel-2 voldoet voor een groot deel aan de opgestelde eisen. Er was een mogelijkheid om de sensordruk in het model om te zetten naar de waarde die de tonometer aan zou moeten geven. De intra- en interobserver variabiliteit was in kaart gebracht al zijn hier geen significante resultaten uitgekomen. Vervolgonderzoek op hogere sensordrukken zou zorgen voor een completere conversie formule. Testen met een groter cohort met betrekking tot beiden variabiliteiten zouden moeten zorgen voor meer valide uitkomsten.

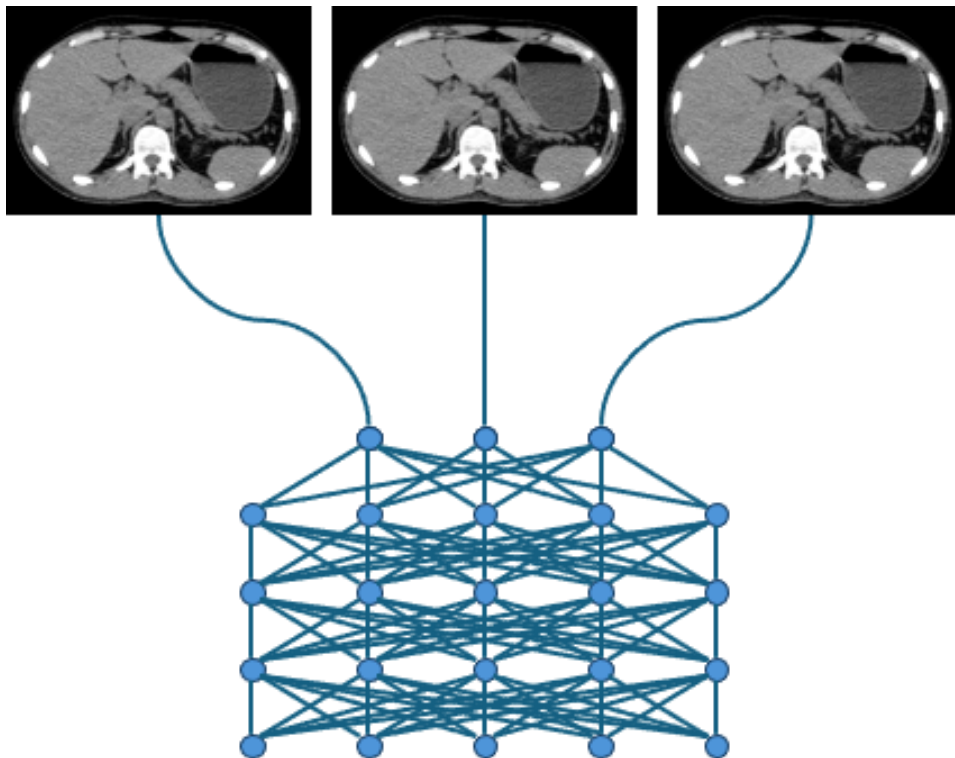
De IOPractice-2 toont een lage drift van de luchtdruk, heeft geen hoornvliesbeschadiging, zowel met als zonder pulsaties, en heeft een gevalideerd sensordruk bereik van 5 tot 56 mmHg. Met kleine aanpassingen en verdere validatie zou dit bereik kunnen worden uitgebreid tot 75 mmHg – of mogelijk zelfs tot 185 mmHg.

Omdat er veel intra- en interobservervariabiliteit zit in de IOD-meting, is er verder onderzoek nodig om een accuratere en valide conversieformule op te kunnen stellen.

Met verdere validatie kan de IOPractice-2 de nieuwe toekomst worden voor het trainen van IOD-metingen.

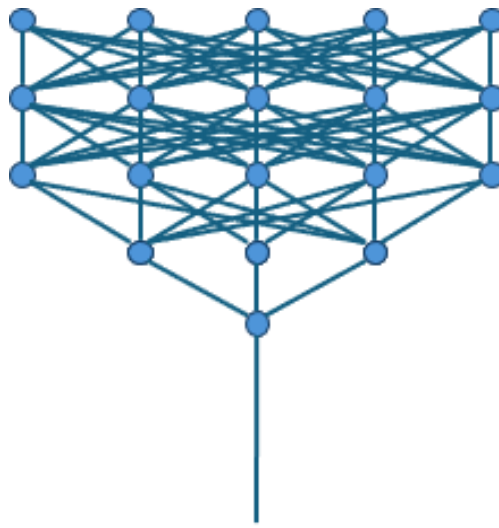
Delta-IQA: A Convolutional Neural Network for Automatic Quality Assessment of CT Images

Delta-IQA: Een Convolutioneel Neuraal Netwerk voor automatische kwaliteit beoordeling van CT beelden



AS24022 - CTQuality-LUMC
GR24007

Thomas Dijkstra, Lars Jongsma, Joey Mulder en Koen Walet
In opdracht van Radiologie LUMC: Dr. Jan Heemskerk (klinisch fysicus), Dr. Berend Stoel
(assistent professor Radiologie) en Drs. Aart van der Molen (radioloog)



1. Voorwoord

Voor u ligt het Klinisch Technologisch Onderzoek: “Delta-IQA: A Convolutional Neural Network for Automatic Quality Assessment of CT Images”. De opdracht werd aangeleverd door de afdeling Radiologie van het Leids Universitair Medisch Centrum. Dit onderzoeksrapport is uitgevoerd als Bachelor Eindproject van de BSc Klinische Technologie aan de Technische Universiteit Delft, Erasmus Universiteit Rotterdam en Universiteit Leiden (Medical Delta).

Tijdens dit onderzoek hebben wij ons sterk kunnen ontwikkelen op het gebied van onderzoeksvaardigheden, kennis over artificiële intelligentie en het uitvoeren van ons eerste zelfstandige onderzoeksproject. Zeker het ontwikkelen van een deep learning model in Python was voor ons een onbewandeld pad. Wij zijn dankbaar deze ervaringen te hebben opgedaan en hopen dat, zeker met de hoge potentie en sterke ontwikkelingen in het vakgebied, dit voor ons aan de basis kan staan van projecten en onderzoek naar artificiële intelligentie in de gezondheidszorg.

Wij willen onze hoofdbegeleider, dr. Jan Heemskerk, bedanken voor het aanleveren van de opdracht en de uitstekende en verregaande begeleiding tijdens het project. Op de juiste momenten wist u ons bij te staan met goede raad en sterke prikkeling om het project tot een hoger niveau te tillen. Ook danken wij dr. Berend Stoel, voor de sparsessies over de juiste implementatie, optimalisatie en valkuilen van deep learning. Door handvatten en advies te geven werd ons begrip van het model vergroot op een dieper niveau. Als laatste bedanken wij drs. Aart van der Molen voor de sterke stimulering en begeleiding aan de start van het project, waarbij uw energie aanstekelijk werkte.

Met dit rapport hopen wij een brug te slaan tussen de geneeskunde en de techniek, als waardige afronding van onze opleiding en toekomstig Klinisch Technologen.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Thomas Dijkstra, Lars Jongsma, Joey Mulder en Koen Walet

Leiden, 23 juni 2025

Retraining a hand tracking model to detect gloved hands in surgeries

Hertraining van een handtracking model voor het detecteren van gehandschoende handen in operaties

KTO-AS24011-HandtrackingChirurgen-RdGGLUMC – GR24008

Authors:

Mr. Melle Rooijackers
Mr. Koen ter Veer
Ms. Emma van Acker
Mr. Dinand van Weert
Technical Medicine students,
Delft University of Technology, The Netherlands

Supervisors:

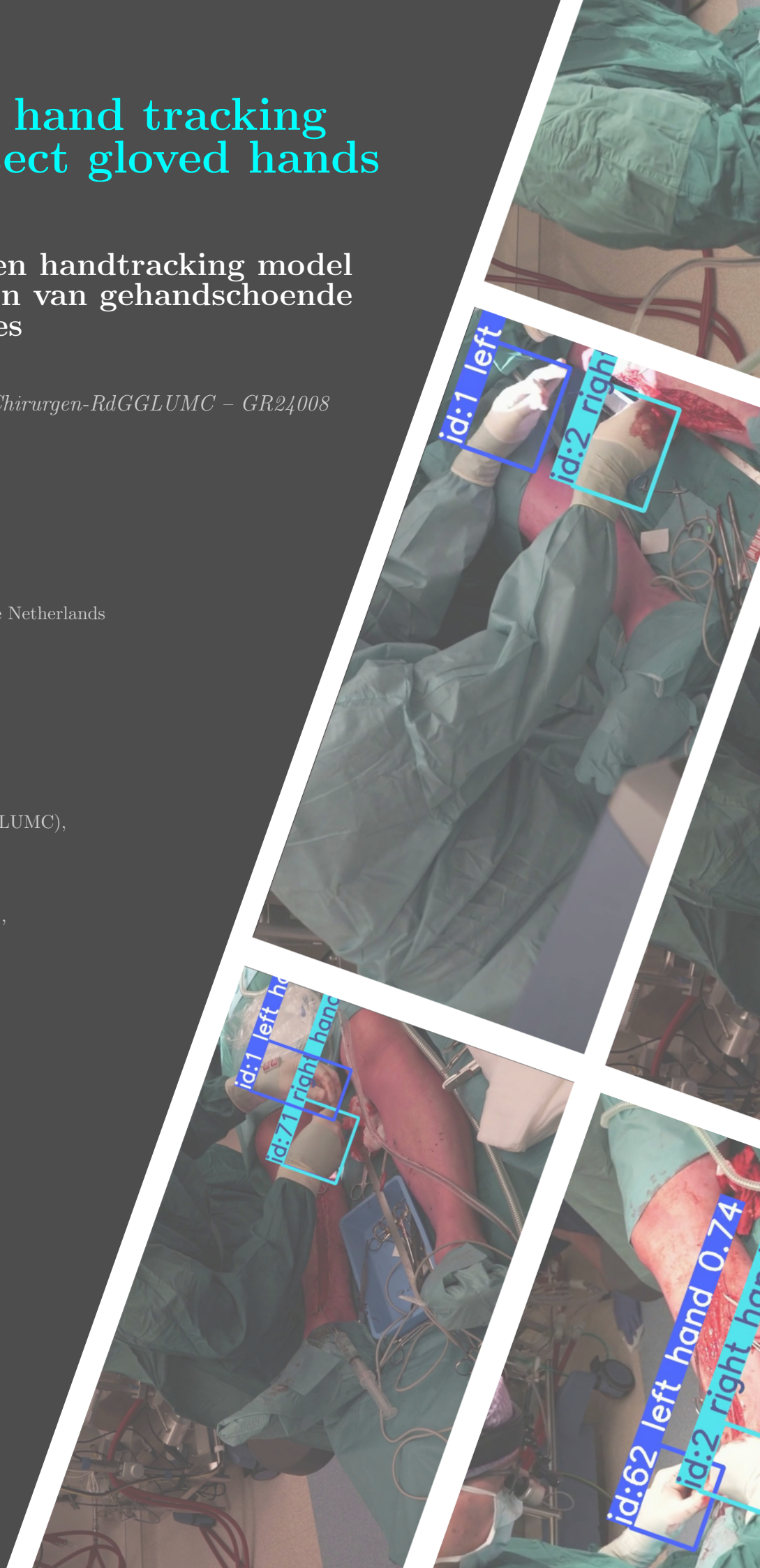
Drs. Laurent Coopmans
Dr. Edris Mahtab
Dr. Samuel Max
Mr. Mounir Bourass
Ms. Morsal Atazadah
Leiden University Medical Center (LUMC),
Leiden, The Netherlands

Prof. Dr. Maarten van der Elst
Reinier de Graaf Gasthuis (RDGG),
Delft, The Netherlands

23 June 2025



Reinier de Graaf 



1 Summary (Dutch)

Om thoraxchirurgen in opleiding te beoordelen worden supervisors ondersteund door beoordelingsformulieren (bijvoorbeeld de korte praktijkbeoordeling (KPB)), het aantal complicaties en de tijdsduur van de operatie. Deze methoden zijn echter subjectief of afhankelijk van de complexiteit van de operatie. Er is daarom behoefte aan een minder subjectieve beoordelingsmethode. Eigenschappen zoals snelheid en padlengte kunnen chirurgen van verschillende vaardigheidsniveaus onderscheiden op een gestandaardiseerde manier. Een manier om deze eigenschappen te meten is door het volgen van de handen van de chirurg op videobeelden van operaties via handtracking modellen. Huidige handtracking modellen zijn echter onnauwkeurig in het volgen van gehandschoende handen in operaties door verschillende oorzaken. Mogelijke factoren die dit moeilijk maken zijn: (1) een niet-zichtbare textuur en kleur van de hand, (2) bloed op de handschoenen en (3) een variërende lichtintensiteit. Daarom is het nodig dat een handtracking model hertraint wordt om gehandschoende handen in operaties te kunnen volgen.

In KTO-A is onderzocht welke eigenschappen, berekend uit coördinaten van handtracking op videobeelden, in de literatuur bekend zijn om betrouwbaar onderscheid te maken tussen chirurgen van verschillende vaardigheidsniveaus.

In KTO-B was het onderzoeksdoel om een handtracking model voor gehandschoende handen tijdens operaties te hertrainen, intern te valideren, te testen en te evalueren volgens het programma van eisen. Het handtracking model is geëvalueerd door het trainen van een classificatiemodel om chirurgen van verschillende niveaus te onderscheiden op basis van eigenschappen uit KTO-A.

KTO-A

Er is een systematisch literatuurreview gedaan in Medline, Scopus en Embase. Eigenschappen en significantie van vergelijkingen tussen vaardigheidsniveaus uit de geïnccludeerde studies zijn geëxtraheerd en geanalyseerd. Alleen eigenschappen die meer dan één keer voorkwamen zijn geïnccludeerd in de data-analyse. Achttien studies zijn geïnccludeerd. De eigenschappen tijd en padlengte kwamen in deze achttien studies het vaakst voor en waren ook vaak significant. Snelheid, versnelling en jerk kwamen ook vaak voor maar varieerden in significantie. Tijd en padlengte worden beschouwd als de meest betrouwbare eigenschappen om onderscheid te maken tussen vaardigheidsniveaus bij chirurgen, gebaseerd op de studiekwaliteit, prevalentie en significantie.

KTO-B

Een YOLO objectdetectiemodel is hertraint via supervised learning. Het model is hertraint met 5000 handmatig geannoteerde beelden met gehandschoende handen, afkomstig uit videobeelden van coronary artery bypass graft (CABG) operaties. Hierbij zijn verschillende combinaties hyperparameters getest om de modelprestatie te optimaliseren. De prestatie van het gekozen model is getest op negen vena saphena magna (VSM) harvesting video's, uitgedrukt in mean Average Precision at Intersection over Union (mAP@IoU). Vervolgens is het handtracking model gebruikt op videofragmenten van chirurgische knopen, afkomstig uit acht van de negen VSM harvesting video's. Hierbij is post-processing uitgevoerd door middel van filteren en het handmatig selecteren van de handen van de chirurg die beoordeeld moet worden. Deze selectie vindt plaats via een grafische gebruikersomgeving (GUI). Voor deze fragmenten zijn eigenschappen zoals padlengte, snelheid en jerk berekend voor de dominante en niet-dominante hand. Deze eigenschappen zijn getest op significantie tussen ervaren en onervaren chirurgen. Tot slot zijn er drie verschillende classificatiemodellen getraind op basis van de berekende eigenschappen. Deze classificatiemodellen moeten onderscheid maken tussen ervaren en onervaren chirurgen. Het beste model (op basis van prestatie, simpliciteit en kans op overfitting) is gekozen om de prestatie van het handtracking model te evalueren. Het hertrainde model detecteerde gehandschoende handen in de VSM video's met een gemiddelde mAP@(0.5) van 0.555. Alleen inactieve en actieve tijd verschilden significant tussen ervaren en onervaren chirurgen voor de dominante hand. Een logistisch regressiemodel is gekozen om de prestatie van het handtracking model te evalueren. Dit model kon met een nauwkeurigheid van 75% ervaren en onervaren chirurgen onderscheiden.

Concluderend is er een handtracking model voor het detecteren van gehandschoende handen ontwikkeld dat voldoet aan het programma van eisen op zes van de negen geteste video's. Hertraining met een grotere en meer diverse dataset is vereist om generaliseerbaarheid van het handtracking model te verhogen. Er kan geen conclusie getrokken worden uit de evaluatie van de prestatie van het handtracking model met een classificatiemodel wegens een gebrek aan data.

VALIDATING AI FOR DETECTING PAEDIATRIC TUBERCULOSIS, PATIENT ROTATION AND MOVEMENT ARTEFACTS: A STEP TOWARDS IMPROVED CHEST X-RAY INTERPRETATION IN CHILDREN

Validatie van AI voor Detectie van Pediatrische Tuberculose, Patiënt Rotatie en Bewegingsartefacten: Een Stap Richting Verbeterde Interpretatie van Thoraxfoto's bij Kinderen.

B.N. (Buse) Bekdur¹, T. (Tessel) van Bergenhenegouwen¹, J.A. (Julie) Rongen, S.J. (Siebe) Taal¹, S. (Sara) Vegas Viedma², E. (Edwin) Klinkenberg³, S. (Sasan) Asadiabadi, PhD⁴

¹Student Clinical Technology, Technical University Delft, Erasmus University and Leiden University, Delft

²Deep Learning Engineer, Delft Imaging Systems B.V., 's-Hertogenbosch

³Clinical Application Specialist, Delft Imaging Systems B.V., 's-Hertogenbosch

⁴Head of R&D Xray, Delft Imaging B.V., 's-Hertogenbosch

Samenvatting

1.25 miljoen mensen wereldwijd zijn in 2023 overleden aan de gevolgen van tuberculose (TB), volgens de World Health Organization (WHO). TB is een besmettelijke ziekte die via de lucht wordt overgedragen. Bij een besmetting hebben mensen klachten van onder andere hoesten en kortademigheid. In laag- en middeninkomenslanden heeft de WHO aanbevolen om personen met een hoge kans op TB systematisch te gaan screenen door het maken van een longfoto (CXR).

Bij kinderen is het maken van deze CXRs moeilijk, omdat zij niet stilstaan en lastig instructies kunnen opvolgen. Hierdoor is er een grotere kans op het ontstaan van zogenoemde artefacten. Artefacten zorgen ervoor dat een afbeelding moeilijker te beoordelen is, bijvoorbeeld op de aanwezigheid van tuberculose. In het onderzoek worden twee artefacten bekeken:

- Patiëntrotatie (PR): Het kind draait tijdens het maken van de foto met zijn bovenlichaam waardoor de longen asymmetrisch worden weergegeven.
- Bewegingsartefacten (MA): Het kind beweegt tijdens het maken van de foto, waardoor (delen van) het beeld onscherp wordt.

Delft Imaging B.V. heeft drie kunstmatige intelligenties (AI) ontwikkeld. Twee AI modellen die MA en PR op de CXR kunnen herkennen; de MA-AI en de PR-AI. Daarnaast hebben ze nog een andere AI, de CAD4pTB, die afwijkingen die wijzen op tuberculose bij kinderen, kan herkennen.

In dit onderzoek worden MA en PR gekwantificeerd en wordt de nauwkeurigheid van alle AI's bepaald. Dit wordt gedaan door drempelwaardes te vinden, waarbij de AI's de optimale sensitiviteit en specificiteit hebben.

Om PR en MA te kunnen kwantificeren en categoriseren in drie groepen, is er een richtlijn gemaakt. Voor PR is er gekeken naar de asymmetrie tussen de ribben en de wervelkolom. Bij MA werd er aan de hand van visuele kenmerken in de CXR een scoresysteem gemaakt, oplopend van nul tot negen, waarbij wazige kenmerken een punt kregen.

Er zijn 773 CXRs van kinderen onder de 15 jaar geannoteerd door de onderzoekers. Dezelfde CXRs zijn ook door de PR-AI en MA-AI gehaald. Acht radiologen hebben die CXRs beoordeeld op afwijkingen en op een lage of hoge kwaliteit van de CXR. Dit werd vergeleken met de CAD4pTB.

Twee onderzoekers hebben de uitkomsten van de PR en MA op de CXRs bekeken en vergeleken met de CXR zelf. Hieruit is gebleken dat MA en PR beide zijn op te delen in drie groepen: niet aanwezig, matig aanwezig of ernstig aanwezig. MA kan dan worden opgedeeld in scores van 0-2, 3-5 en 6-9, respectievelijk. PR wordt opgedeeld in een rotatie van minder dan 50%, tussen de 50 en 90% en boven de 90%.

Met behulp van een Receiver Operating Characteristic (ROC) curve, waarbij de sensitiviteit en specificiteit tegen elkaar worden uitgezet, werd er met behulp van de Youden Index bepaald wat de optimale drempelwaarde was om artefacten of afwijken te detecteren. De belangrijkste uitkomsten:

- PR: voor weinig ten opzichte van geen PR: de drempelwaarde van de PR-AI 0.27 was, met een bijbehorende sensitiviteit van 27% en specificiteit van 95%. Voor veel ten opzichte van geen PR was de drempelwaarde 0.55 met een sensitiviteit van 76% en specificiteit van 88%.
- MA: De drempelwaarde voor weinig t.o.v. geen MA was 0.18 van de MA-AI met een sensitiviteit van 41% en specificiteit van 77%. Voor veel ten opzichte van geen MA was de optimale drempelwaarde 0.37 met een sensitiviteit van 67% en specificiteit van 81%.
- CAD4pTB: de optimale drempelwaarde voor de CAD4pTB was 0.38 met een sensitiviteit van 65% en een specificiteit van 80%.

Concluderend, laat dit zien dat alle AI's in staat zijn artefacten en afwijkingen te detecteren. De WHO richtlijnen geven echter aan dat de sensitiviteit van de CAD4pTB op dit moment te laag ligt om toegepast te worden bij de screening. Voor PR en MA, kunnen de AI's de ernstige artefacten wel detecteren, maar hebben de PR-AI en MA-AI nog moeite met de matige artefacten. Verdere optimalisatie is nodig, maar het biedt een goede basis om ervoor te zorgen dat meer kinderen vroegtijdig gediagnosticeerd worden met TB.

Dose Reduction of Iodine-Based Contrast Media for Low-keV Virtual Monoenergetic Images in Abdominal Detector-Based Spectral Dual-Layer CT: Comparison with Conventional Images—A Phantom Study

Dosisreductie van jodiumhoudend contrastmiddel bij laag keV Virtual Monoenergetic Images met abdominale detector-gebaseerde spectrale dual-layer CT: vergelijking met conventionele beelden — een fantoomstudie

23rd June 2025

J.M. (Jari) Bertijn ^a
A.C. (Anne-Ruth) Goldschmeding ^a
S.A. (Sophie) Schlatmann ^a
A.C. (Adinda) Wilders ^a

Supervisors:

Dr. ir. Niels R. van der Werf^{b,c}

Dr. Jan W.T. Heemskerk ^d

Drs. Aart J van der Molen ^d

Prof. dr. R.J. Bennink ^d

^a Department of Clinical Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands

^b Philips Healthcare, Best, the Netherlands

^c Department of Radiology, University Medical Center Utrecht, Utrecht, the Netherlands

^d Department of Radiology, Leiden University Medical Center, Leiden, the Netherlands

Samenvatting

Introductie: Bij computertomografie (CT) wordt vaak een jodiumhoudend contrastmiddel (ICM) toegediend. Echter, ICM verhoogt de kans op contrastgeassocieerde nierinsufficiëntie en draagt bij aan milieuvervuiling en hoge zorgkosten. Om deze redenen wordt steeds meer onderzoek gedaan naar ICM-dosisreductie, waaruit blijkt dat de ICM-dosis bij detector-gebaseerde spectrale dual-layer CT (DLCT) gereduceerd zou kunnen worden. Met DLCT kunnen naast conventionele poly-energetische beelden ook Virtual Monoenergetic Images (VMI) gemaakt worden. Deze gereconstrueerde beelden simuleren alsof er met één energie (keV) is gescand. Uit eerdere literatuur blijkt dat lage (40–50) keV-beelden van DLCT gelijkwaardige of betere beeldkwaliteit bieden dan conventionele CT-beelden, zelfs bij een lagere toegediende ICM-dosis.

Het doel van dit fantoomonderzoek is om te bepalen in hoeverre de toegediende ICM-dosis gereduceerd kan worden in 40-70 keV VMI, waarbij de beeldkwaliteit behouden wordt vergeleken met conventionele CT-beelden bij standaard ICM dosis. Beide beeldacquisities zijn gescand via DLCT op 120 kVp via het abdominale protocol dat focust op de leverregio. De beeldkwaliteit wordt in dit onderzoek objectief gemeten met de Signal-to-Noise Ratio (SNR) en Contrast-to-Noise Ratio (CNR). De relevantie van ICM-dosisreductie wordt bevestigd en aangevuld vanuit een systematische literatuurstudie. Hieruit bleek dat de meeste en hoogste reducties veelal worden toegepast binnen de CT angiografie. Dit onderzoek richt zich daarom op de mogelijke contrastmiddelreductie bij abdominale CT-beelden.

Methode: In dit onderzoek is het Multi-Energy CT fantoom gebruikt. Een verdunningsreeks met negen jodiumconcentraties (0.5–10.0 mgI/ml) is gemaakt en via een hervulbare insert één voor één in het fantoom geplaatst. Er zijn DLCT-scans gemaakt met de Philips Spectral CT 7500 volgens het klinisch geldende abdominale scanprotocol. Conventionele beelden en VMI in de range van 40-70 keV, met intervallen van 5 keV, zijn met een Pythonscript gemaakt vanuit de spectrale datasets. Deze beelden zijn als DICOM-format geanalyseerd met Pythonscripts die automatisch Regions Of Interest (ROI) plaatsen en daarbinnen het gemiddelde signaal in Hounsfield Units (HU) en de ruis in standaarddeviatie (SD) als beeldparameters te verkrijgen, benodigd om de SNR en CNR te berekenen. Statistische vergelijkingen van de SNR en CNR tussen conventionele CT-beelden en VMI van verschillende energieniveaus zijn gedaan met eenzijdige t-toetsen.

Resultaten: De resultaten laten zien dat VMI bij 40 en 45 keV een ICM-reductie tot 52.6% mogelijk maken ten opzichte van conventionele beelden, zonder verlies van SNR of CNR. Voor 50 en 55 keV VMI is een reductie tot 40% mogelijk. Bij 60–70 keV VMI kan geen reductie worden vastgesteld. Hoe lager het keV-level van de VMI, hoe hoger de SNR en CNR.

Discussie: De reducties gelden voor de aanwezige jodiumconcentraties in abdominale organen. Om toepassing in de kliniek te kunnen bewerkstelligen, moeten deze percentages vertaald worden naar de hoeveelheid toegediende ICM. Voor het leverparenchym geldt een nagenoeg lineaire relatie tussen de hoeveelheid toegediend ICM en de mate van jodiumopname in het weefsel. Voor bloedvaten zijn de resultaten minder eenduidig, omdat patiëntkarakteristieken en het injectieprotocol ook invloed hebben op de verspreiding van jodium in vaten. Wat betreft detectie van lesies moet nader onderzoek worden gedaan naar de CNR van lesies ten opzichte van gezond leverparenchym, waarbij ook de subjectieve beeldbeoordeling van radiologen meegenomen wordt.

Conclusie: Deze studie toont aan dat 40–45 keV VMI in DLCT de contrastmiddeldosis bij abdominale CT mogelijk met 52.6% kan verlagen, zonder in te leveren op beeldkwaliteit. De toepassing van deze techniek kan leiden tot veiliger, efficiënter en duurzamer gebruik van CT in de klinische praktijk. Aangezien deze studie een fantoomstudie is, zijn de uitkomsten nog niet direct toepasbaar in de kliniek, maar vormen een basis voor vervolgonderzoek in patiënten, waarbij reducties meer geleidelijk kunnen worden toegepast.

Predicting severe lymphopenia during PRRT in patients with NETs

Voorspellen van ernstige lymfopenie tijdens PRRT bij patiënten met NETs

S.R.A. (Sofie) van den Bogaert¹, T.H. (Thijmen) Doeleman¹,
S.L. (Sander) Hilgers¹, S.C.F. (Sofie) de Ruiter¹

Supervised by: E.A. (Else) Aalbersberg PhD² & D. (Denise)
Hoogenkamp MSc²

¹ Clinical Technology BSc student, Technische Universiteit Delft

² Nederlands Kanker Instituut (NKI), Amsterdam

June 23, 2025



1 Summary (in Dutch)

Elk jaar worden in Nederland ongeveer 900 mensen gediagnosticeerd met neuro-endocriene tumoren (NETs). NETs zijn tumoren die ontstaan uit hormoonproducerende cellen en bevinden zich vooral in het spijsverteringsstelsel en de longen. Klachten van NETs zijn erg aspecifiek en afhankelijk van de hormoonproductie en locatie van de tumor, waardoor NETs vaak pas in een gemetastaseerd stadium worden ontdekt.

Peptide Receptor Radionuclide Therapie (PRRT) is een behandeling die wordt gebruikt in de gemetastaseerde fase om tumorgroei te vertragen en symptomen te verlichten. Tijdens deze behandeling wordt een radioactieve stof ingespoten bij patiënten, bestaande uit Lu-177-DOTATATE. Deze stof bindt aan receptoren op de tumor en zendt daar bèta-straling uit, wat zorgt voor celdood van tumorcellen (zie Figuur 1). De radioactieve stof bindt echter niet alleen aan tumorcellen, maar ook aan gezonde cellen, waardoor organen zoals de lever, botten en milt ook een stralingsdosis ontvangen. In deze organen bevinden zich veel lymfocyten - een type witte bloedcel - die afsterven doordat ze erg gevoelig zijn voor straling. PRRT leidt bij ongeveer de helft van de patiënten tot een ernstig tekort aan lymfocyten, een ernstige lymfopenie genoemd. In een recente studie is een ernstige lymfopenie in verband gebracht met een kortere overleving bij deze patiënten. Daarom is in dit onderzoek een model ontwikkeld om ernstige lymfopenie te voorspellen. Specifiek werden er drie categorieën modellen onderzocht: één model op basis van patiëntgegevens, één op basis van data uit beeldvorming, en een gecombineerd model. Op basis van patiëntgegevens uit het Antoni van Leeuwenhoek ziekenhuis is een wiskundig (logistische regressie) model opgesteld om deze voorspelling te maken.

Voordat het model ontwikkeld werd, is een systematisch literatuuronderzoek uitgevoerd, waarin factoren die van invloed zijn op lymfopenie bij externe bestralingstherapie zijn onderzocht. Uit dit onderzoek kwamen geslacht, tumorvolume, aantal bestralingsfracties en dosis op milt, longen en beenmerg naar voren als belangrijke factoren. Ook de lymfocytwaaarde vooraf aan de bestraling (ALC_{base}) bleek een significante voorspeller. Deze variabelen zijn vervolgens, via een zogeheten uni- en multivariate logistische regressie, verder geanalyseerd om te bepalen welke nuttig zijn voor een voorspellingsmodel.

In het uiteindelijke patiëntgegevens- en gecombineerde model wordt gebruikgemaakt van ALC_{base} als voorspeller. Het model behaalde een AUC-score (een maat voor de prestatie van een voorspellend model) van 0.85 (95%-betrouwbaarheidsinterval: 0.82 - 0.86). Daarbij is 1.0 een perfecte voorspeller en staat 0.5 gelijk aan een muntje opgooien. Het beeldvormingsmodel behaalde een AUC-score van 0.62 (95%-betrouwbaarheidsinterval: 0.59 - 0.64), op basis van het miltvolume. Het patiëntgegevens- en gecombineerde model is significant beter dan het beeldvormingsmodel en presteert goed in vergelijking met andere modellen uit de literatuur. Met behulp van dit model kan ernstige lymfopenie worden voorspeld voor patiënten aan het begin van de behandeling, waardoor mogelijkheden ontstaan voor een patiëntspecifieke behandeling. Dit onderzoek is een eerste stap in het voorkomen van ernstige lymfopenie bij PRRT, waardoor de overleving voor patiënten met NETs kan worden verbeterd.

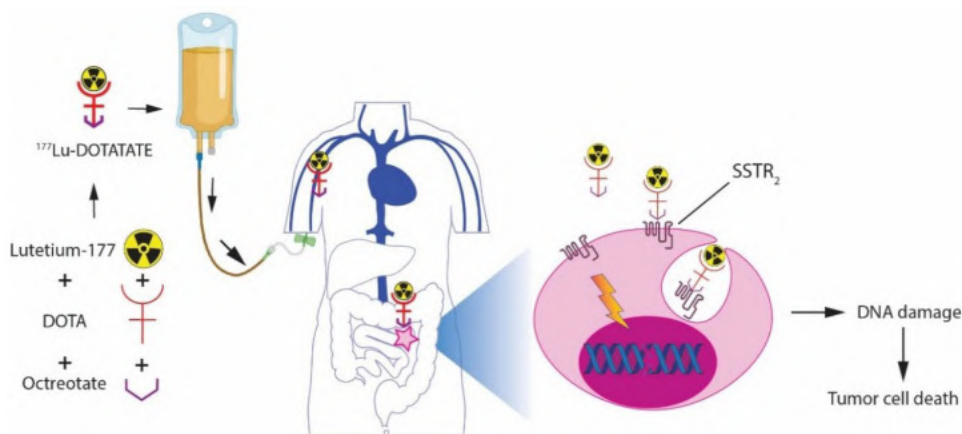


Figure 1: Schematische weergave van PRRT. Lutetium-177 gecombineerd met DOTATATE wordt intraveneus toegediend. DOTATATE bindt in het lichaam aan SSTR_2 , een somatostatine receptor, waarna het wordt opgenomen in de cel. Hier leidt de β -straling tot DNA-schade en uiteindelijk celdood. Figuur overgenomen uit Becx et al [1].

Een trainingsmodel voor droge gehoorgangreiniging

A training model for manual earwax removal



AS24028-ModelOorreiniging-RdGG
GR24012

Julia Baljé,
Lune van Kaam,
Bram van Lieshout,
Nouska van Strien

Begeleiders:

Dhr. Drs. Nanno Peek (KNO-heelkunde, Reinier de Graaf Gasthuis, Delft),
Dhr. Dr. MBA Jan Rombout (OnlineKNO-arts.nl, Rommed BV, Hilversum)

Summary

When a patient experiences problems due to earwax impaction, ear irrigation can be used to remove the impacted earwax. During ear irrigation, the ear is flushed with water. However, this method cannot be applied to all individuals. For example, when a patient has a perforated tympanic membrane, water may enter the middle ear. This can lead to complications such as hearing loss and a sensation of pressure in the ear. For these patients, dry ear canal cleaning can be a solution. Hereby, an ear, nose and throat (ENT) specialist manually removes the earwax from the ear canal using a fixed microscope and various instruments such as cerumen spoons, hooks, loops and probes. Nowadays, mainly ENT specialists are trained with the necessary knowledge to perform this procedure. As this is a relatively small group of professionals, it is a costly intervention and adds to the burden on health care. Therefore, it would be beneficial if more individuals from other backgrounds, such as medical assistants or audiologists, could be trained to remove earwax. However, there does not yet appear to be an ear model that is sufficient for training purposes.

In the first part of the research (KTO-A), a systematic patent review was performed discussing the current ear training models. The research question in the review was: What are the described ear models that can be used to train dry ear canal cleaning? Six patents were found eligible for data-extraction and were used for data-extraction. Elastomeres were frequently mentioned to represent the auricle, simulating reality. Patents described the use of CT- or MRI-scans for the design of the auricle to imitate the reality as closely as possible. To mimic the ear canal, mostly hard materials were mentioned. The anatomy of the ear canal was most of the time made anatomically correct and based on an adult. For the tympanic membrane, most patents mentioned a thin plastic layer, where most patents made sure it was translucent, which is also the case in reality. Two patents described a feedback system that provided visual feedback using pressure sensors, cameras and sensors integrated in an electrical circuit. Both patents described a display as the response mechanism.



Figure 1, the developed prototype

In the second part of the research (KTO-B), a training model was designed. The design goal was to make a prototype, which can be used to train manual earwax removal. Based on a Harris profile, a prototype was made. The developed prototype is shown in figure 1. This training model contains an auricle made from silicone. When the auricle is pulled back- and upwards, the ear canal becomes fully visible. The type of used silicone was calculated using the tensile force and Young's modulus. The calculations showed that PlatSil Gel - 10 for the auricle and PlatSil Gel - 10 and part H hardener for the skin matched with the tensile force of a human ear. The training model also includes a feedback system. When the ear canal or tympanic membrane is touched by an instrument, the canal moves. Behind the ear canal, there is a pin that makes contact with a ring due to this movement. An electrical circuit closes and a LED and a buzzer give a warning signal. The system has a sensitivity of

98,4% and a specificity of 100%.

The training model was also tested in an user evaluation. The model was tested in full use by 11 participants who are experienced with manual earwax removal. The participants answered a questionnaire regarding different categories. All categories scored above the predetermined 75% of the points, except the experience with the earwax. The earwax simulants used in testing were identical to those typically utilized during training, specifically peanut butter, Nutella, and Play-Doh. Further analysis indicated that it remains a question whether the use of Nutella as a substitute for earwax is suitable for this model.

Regarding further research, it would be interesting to improve the feedback system and implement variation in the intensity of the feedback. Furthermore, it would be interesting to make multiple ear canals in different sizes and shapes.

Despite the possible improvements, this model is considered a valuable addition in the manual earwax removal training.

Nauwkeurigheid van een CNN en BiLSTM model voor de detectie van nachtelijke onrust bij ouderen, gebruikmakend van Wi-Fi CSI data verkregen met vier ESP32 chips

Accuracy of CNN and BiLSTM models for the detection of nighttime restlessness of elderly people using Wi-Fi CSI data measured with four ESP32 chips

Bachelor Eind Project

AS24013 - Valdetectiesysteem-RdGGPava

GR24013

Erik Senden (5770106)

Ferry Evers (5552354)

Frank Nijse (5793629)

Ian Fastl (5445043)

TU Delft; Mechanical Engineering; Klinische Technologie

Onder begeleiding van:

Prof.dr. Maarten van der Elst; Klinische Technologie & Bio Medical Engineering, TU Delft, Delft

Timo Oosterveer Msc.; Klinisch Technoloog, TU Delft, Delft

Femke Delissen Msc.; PAVA, Amsterdam



PAVA



Reinier de Graaf
Je ziekenhuis voor het leven



Samenvatting

In de huidige samenleving is vergrijzing een relevant probleem. Ouderen lopen een significant risico om dementerend te worden. Dementerende ouderen vertonen regelmatig nachtelijke onrust. In de nabije toekomst zal er dus een grote toename zijn van het aantal demente ouderen dat nachtelijke onrust vertoont. Verpleegkundigen moeten regelmatig 's nachts controles uitvoeren om zeker te weten of het goed gaat met de ouderen. Dit neemt veel tijd in beslag die ze ook op een andere manier kunnen benutten. Deze controle kan gerichter en efficiënter aangepakt worden door de controle op afstand te kunnen doen. Ook heeft de slechte nachtrust van de oudere die hierdoor ontstaat, een slechte invloed op verdere ontwikkeling van dementie. Een veelbelovende oplossing voor het detecteren van deze nachtelijke onrust, kan het gebruik van Wi-Fi signalen zijn. Hierdoor kan de zorgmedewerker gerichter te werk gaan. Om deze Wi-Fi signalen te analyseren, kan kunstmatige intelligentie gebruikt worden.

In KTO-A is onderzocht welke kunstmatige intelligentie modellen de meeste potentie tonen voor het classificeren van handelingen behorend tot nachtelijke onrust. Na het analyseren van 40 studies, bleek dat Convolutional Neural Network (CNN) en Bidirectional Long-Short Term Memory (BiLSTM) modellen het meest geschikt zijn.

In KTO-B is onderzocht wat de nauwkeurigheden van CNN en BiLSTM modellen zijn in het herkennen van verschillende typen van nachtelijke onrust gebruikmakend van Wi-Fi signalen. 15 Proefpersonen hebben in een onbewoonde kamer in een verpleeghuis nachtelijke onrust uitgebeeld. Tijdens het doen van verschillende handelingen zijn de Wi-Fi signalen gemeten. Deze handelingen verstoren de signalen op een unieke manier die mogelijk detecteerbare patronen veroorzaken. Met 80% van de verkregen data zijn de modellen getraind om de handelingen te herkennen. Met de overige 20% zijn de modellen getoetst op hun nauwkeurigheid. De CNN en BiLSTM modellen tonen nauwkeurigheden van 62% en 57% respectievelijk. Deze manier van detecteren heeft dus zeker potentie om in de toekomst gebruikt te kunnen gaan worden. Wel is er verder onderzoek nodig om de detectienauwkeurigheid te verbeteren.

Dit biedt perspectief voor een toekomst waarin verpleegkundigen meer tijd hebben voor belangrijkere zaken dan onnodig controles doen en de ouderen een betere verzorging kunnen ontvangen.

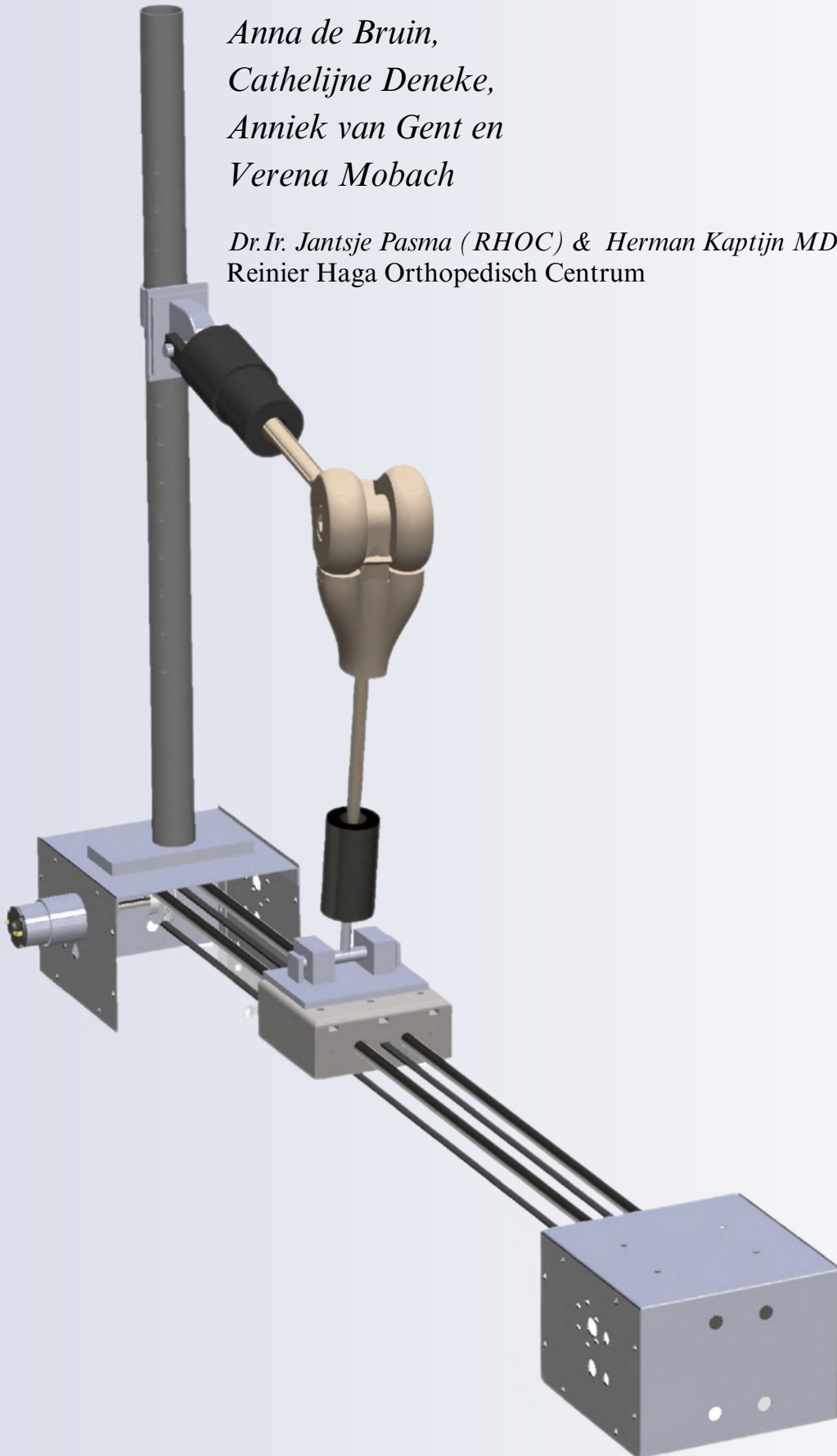
Design of the Specimen Manipulator

Het Ontwerpen van de Preparaatmanipulator

KTO-AS24025, KadaverActuator-RHOC, Meten van kniekinematica, GR24014

*Anna de Bruin,
Cathelijne Deneke,
Anniek van Gent en
Verena Mobach*

Dr.Ir. Jantsje Pasma (RHOC) & Herman Kaptijn MD. (RHOC)
Reinier Haga Orthopedisch Centrum



Samenvatting (Summary)

Letsel van de voorste kruisband (VKB) komt jaarlijks bij 1 op de 3000 mensen voor in Nederland en het aantal neemt alleen maar toe. Een voorste kruisbandreconstructie, waarbij de kruisband volledig wordt vervangen is momenteel de gouden standaard bij chirurgische behandelingen van de VKB ruptuur. Hierbij wordt echter de natuurlijke knie-bewegelijkheid (kinematica) verstoord, wat kan tot leiden tot vervroegde arthrose. Bij een andere techniek, terughechting van de VKB aan plek van loslating, kan mogelijk de originele kniekinematica wel behouden worden.

Het Reinier Haga Orthopedisch Centrum (RHOC) wil hier verder onderzoek naar doen. Om de kniekinematica te meten, kan fluoroscopie in combinatie met modelgebaseerde RSA (Roentgen Stereofotogrammetrie) worden gebruikt. Fluoroscopie wordt gebruikt om dynamische röntgenbeelden van de knie te maken, die inzicht geven in de beweging. Deze dynamische 2D beelden, kunnen gecombineerd worden met statische 3D modellen om dynamische 3D beelden te creëren. Hierop kunnen de beweging goed geanalyseerd worden. Deze beelden kunnen op meerdere manieren worden verkregen, zoals met tantalum markers geplaatst in het bot (marker-RSA) of via CT scans. Beide gebruiken echter röntgenstraling en marker-RSA is bovendien invasief. Daarom zou het gebruik van MRI-modellen om de kniekinematica te meten een uitkomst bieden. Deze techniek moet echter nog gevalideerd worden.

Om deze techniek te valideren worden modellen van de knie gemaakt met RSA en CT-scans, welke vergeleken worden met MRI-modellen. Er zal er voor de validatie gebruik worden gemaakt van preparaatknieën. Daarom moet er een systeem ontworpen worden, hierna een manipulator genoemd, die deze preparaatknieën in moet kunnen bijgen en strekken tijdens de fluoroscopie opname. Deze manipulator moet ook bestuurd kunnen worden vanuit buiten het stralingsveld.

Om dit ontwerp te realiseren, is er eerst gedurende 4 weken een literatuuronderzoek uitgevoerd, gevolgd door een ontwerpproces van 6 weken. Hieruit is een 3D-model en een prototype tot stand gekomen. Het prototype is daarna gebruikt om het ontwerp te verifiëren.

Het doel van het literatuuronderzoek was om al bestaande knie-manipulators te onderzoeken om zo kennis over verschillende belangrijke eigenschappen die de manipulator moet bevatten op te doen. Hieruit zijn verder verschillende manieren om het preparaat aan de manipulator vast te maken (fixatiemethoden) en manieren om de knie in beweging te brengen vastgesteld.

Het ontwerpproces begon met het opstellen van een lijst met eisen waaraan het ontwerp moest voldoen. Hierna zijn er drie concepten opgesteld waarvan er één is gekozen om verder uit te werken, het "Back-and-Forth"-ontwerp. Bij dit ontwerp beweegt een karretje langs een rails heen en weer, waar de naam vandaan komt. De onderkant van het been zit vast aan het karretje, waardoor de knie kan worden gebogen.

Na aanpassingen aan het concept is het uiteindelijke design uitgewerkt in een 3D computer model en een prototype.

Het doel van het 3D model was tweedelig. Ten eerste is het gebruikt om een compleet overzicht te geven van het ontwerp en makkelijk aanpassingen te kunnen doen. Verder zijn er ook verscheidene onderdelen uit het model gebruikt voor het prototype door ze te 3D printen of uit te snijden. Het resultaat van het prototype is te zien in de figuur.

De belangrijkste eisen waren dat de manipulator moest zorgen voor betrouwbare herhaalbare bewegingen, dat het preparaat in een van te voren bepaalde startpositie moest beginnen, het preparaat goed afgebeeld moest kunnen worden tijdens de beweging en dat de manipulator vanaf een afstand aangestuurd moest kunnen worden. Om te verifiëren of de manipulator aan de deze eisen voldoet, is er op drie varkensknieën getest. Hieruit bleek dat de manipulator voldeed aan de meeste eisen, maar vooral nog verbetering kon gebruiken in de herhaalbaarheid van een continue beweging. Om hem beter te laten aansluiten zijn vooral verbeteringen nodig in de versteviging van de manipulator en zouden sensoren toegevoegd kunnen worden om de besturing betrouwbaarder te maken.



Het prototype van de manipulator

Automatisch stollingsadvies op basis van ROTEM-data



Opdrachtcode: AS24031 – ROTEM-HMC

Groepsnummer: GR24015

Gemaakt door: Fleur de Groot (5745152), Cedric Kalhorn (5205603), Roos Ritsma (5580056) en Anne de Zeeuw (5772060)

Begeleid door drs. Job van den Bosch (ICU, HMC, Den Haag), drs. Vincent de Jong (ICU, HMC, Den Haag), dr. Aniek Markus (Postdoctoral researcher, Erasmus MC), drs. Trudy van Melsen (ICU, HMC, Den Haag) en dr. Peter van Vliet (ICU, HMC, Den Haag)

23 juni 2025

Summary

Introduction: ROTEM (Rotational Thromboelastometry) is a viscoelastic testing method, that maps the complete coagulation process from whole blood. In acute care settings, such as intensive care units, ROTEM offers significant advantages due to its rapid turnaround time and comprehensive diagnostics. Nevertheless, discussions with intensivists at Haaglanden Medisch Centrum (HMC) indicate that its practical application lags behind. The ROTEM-protocol is perceived as complex, the data difficult to interpret and tools, such as the live viewer, are rarely used.

To bridge this gap, we investigated the extent to which a web-based tool could automate the interpretation of ROTEM-data and support clinical decision-making around blood transfusions. Our literature review (KTO-A) showed that ROTEM algorithms positively influence transfusion outcomes and costs. In KTO-B, we developed a tool that automatically generates treatment recommendations in accordance with the HMC ROTEM-protocol.

Methods: To develop the web-based ROTEM-tool, the study was conducted in three consecutive phases. In the first phase, the problem was identified, whereby per ROTEM measurement retrospectively was examined whether the transfusion policy given at the time corresponded to the recommended policy according to the ROTEM-protocol. This was used to identify whether the ROTEM-protocol is actually not followed in practice. In the second phase, this problem was further analyzed through a “Use of ROTEM” survey. Finally, in the final phase of this research, a web-based ROTEM-tool was developed and evaluated.

Results: The analysis of 206 retrospective ROTEM measurements showed that in 123 cases (59.7%) the actual transfusion policy deviated from the policy outlined in the ROTEM-protocol. Linear regression analysis revealed several significant relationships between clinical parameters and administration of blood products: a positive relationship between platelets and hemoglobin ($p = 0.042$), a negative relationship between lactate and the use of Omniplasma ($p = 0.038$), and a positive relationship between lactate and fibrinogen administration ($p = 0.006$).

The survey on the use of ROTEM indicates that the ROTEM live viewer is opened in only 27% of cases. Half of the respondents indicated that they cannot locate the live viewer, and 9% are not even aware of its existence. In addition, 68% of the respondents do not act according to the ROTEM-protocol, and 77% report that it takes several seconds to go through it manually. Physicians primarily see value in a more accessible ROTEM live viewer (56%) or an automated tool (20%), others cite education (12%) and more frequent use as solutions (12%).

The developed ROTEM-tool (<https://rotem-hmc.streamlit.app>) provides automatic transfusion recommendations based on entered ROTEM values corresponding to the HMC-protocol.

During the evaluation of the ROTEM-tool, we found that 40% of respondents regularly request ROTEM testing, and just as many expect the ROTEM-tool to encourage more frequent use. Although 60% rate the user-friendliness as inadequate, 90% find the tool useful for colleagues with less experience. Similarly, 90% are confident in the accuracy of the advice provided.

Conclusion: The findings show that in clinical practice the ROTEM-protocol is not followed in more than half of the cases (59,7%). Lactate and hemoglobin levels are associated with deviating from the ROTEM-protocol. Physicians perceive the protocol as complex and time-consuming. The developed web-based tool provides automated treatment advice and is seen as useful, especially for less experienced users. Although further optimization is needed, the tool represents a promising step toward an automated, accessible application of ROTEM. Integration to the live viewer and HiX is desirable for broader implementation.

**Ontwikkeling en validatie van een nieuwe
handknijpkrachtmeter voor gebruik op de intensive
care en in de thuissituatie**

***Development and validation of a new handgrip strength
meter for use in the intensive care unit and at home***

*Luuk Bolkestein^a, Max Cuypers^a, Jelle Veltrop^a, Jos Vork^a, Hubald Verzijl^b, Tina van
Hemel-Rintjap^c*

GR24016-AS24007-Knijpkrachtmeter-LUMC

^a*Klinische Technologie student, TU Delft, Erasmus MC, LUMC, Nederland*

^b*Orgaanperfusionist Klinisch Technoloog, TU Delft, LUMC, Nederland*

^c*Anesthesioloog-Intensivist, LUMC, Nederland*

Samenvatting

Intensive Care Unit (ICU) patients are sometimes bedridden for days, weeks, or even months. During this period, muscle atrophy accumulates, causing what is known as ICU Acquired Weakness (ICUAW). Even after a year of post-ICU recovery, 14% of patients still experience the effects of ICUAW. Therefore, it is essential for revalidation physicians to gain insight into the recovery trajectory of their patients. At the moment, a trial is being conducted at the Leiden University Medical Center (LUMC) where patients receive an *ICU-recovery box* at discharge for post-ICU recovery monitoring at home. The first results of this trial indicate that a device for measuring muscle strength in the ICU and at home would be a valuable asset to the box.

Firstly, a systematic literature review study was conducted to evaluate the current applicable devices and methods for measuring patient strength in the ICU. The results of this study showed two promising devices for measuring ICU-patient muscle strength: the current golden standard for measuring muscle strength *JAMAR Hydraulic handdynamometer (Jamar)* and the *KGRIP K-force (K-force)*. Both devices use handgrip strength as a surrogate for overall body strength. However both devices had features that made them ineligible for the *ICU recovery box*. Firstly, the *Jamar* is too heavy for ICU patients and it is not sensitive enough to measure the small forces generated by patients with ICUAW. Secondly, the *K-force* systematically underestimates patient strength at forces higher than 20 kg and the applied force can only be read off a smartphone which makes it unusable in hospital settings.

Therefore, the need for a new muscle strength measurement device arose. A design process was initiated to develop a handgrip strength measurement device which can be used for ICU patients at the hospital and post-ICU patients at home. The decision was made to design a handgrip strength measurement device after the literature study showed that handgrip strength can be used effectively as a surrogate for overall body strength, and since current devices already use this principle it would be easier to implement. Firstly, several interviews were conducted with physiotherapists in order to compile a list of requirements for this design. Afterwards, a requirements plan was composed according to the *MoSCoW* scale. These requirements were broken down into smaller problems, for which multiple possible solutions were compiled into a *morphological chart*. From this chart, six designs were put together, of which the *Fietsremmeter* was chosen as the best design according to the *Harris profile*. This design works by putting pressure on the handbrake of a bike, causing a tension spring to stretch. A springarm makes it progressively harder to stretch the spring further, making it applicable for both ICU and post-ICU patients of different strengths. A prototype of this design was built as a proof-of-concept. The prototype was first calibrated using a set of weights and the validity was tested using a set of different weights. The prototype was also validated on 26 volunteers. These volunteers tested both the prototype and the *Jamar*, and filled out a survey on both devices. No significant differences in user experience were found. However, a qualitative analysis on the survey revealed positive feedback on the dynamic function and negative feedback on the size of the prototype.

In conclusion, a new design for a handgrip strength measurement device was created and the concept of a dynamic handgrip strength meter was shown to have potential via prototyping, but requires additional research to prove its benefit in measuring handgrip strength in ICU patients. Next to that multiple improvements must still be made to fulfil all requirements for implementation in the ICU and *ICU recovery box*.

FEASIBILITY OF SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY FOR THE DETECTION, RANKING AND QUANTIFICATION OF STIFFNESSES OF FIBROSIS IN THE BREAST

*Geschiktheid van shear wave elastografie voor het
detecteren, rangschikken en kwantificeren van
verschillende stijfheden van fibrosisch weefsel in de
borst*

Opdrachtcode: KTO-AS24014

Korte titel: SoepelheidBorst-RdGG

Groepscode: GR24017

Camille Lise Sanderink

Emma Goorden

Lise Irene van de Groep

Wolf Ivan van Strijen

Begeleiders:

Mevr. drs. Maria Bouman

(Plastische Chirurgie, Reinier de Graaf, Delft)

Dhr. MSc. Timo Oosterveer

(Innovatie, Reinier de Graaf, Delft)

Samenvatting

Patiënten met borstkanker ondergaan verschillende behandelingen, zoals radiotherapie en een operatie waarin de tumor of de gehele borst wordt verwijderd. Om de kwaliteit van leven te verbeteren, kan na deze operatie een borstreconstructie worden uitgevoerd. Dit gebeurt met behulp van siliconen implantaten of autoloog weefsel, dat voornamelijk uit vet bestaat. De volgorde van de behandelstappen kan variëren: soms wordt eerst een amputatie uitgevoerd, gevolgd door radiotherapie en daarna reconstructie. In andere gevallen worden amputatie en reconstructie gecombineerd in één operatie, waarna alsnog radiotherapie volgt.

Wanneer er na een autologe reconstructie radiotherapie wordt gegeven, kan fibrose ontstaan. Bij fibrose wordt gezond weefsel vervangen door stug littekenweefsel, wat leidt tot een toegenomen stijfheid van de borst. Deze stijfheid is een belangrijk criterium bij de beoordeling van het reconstructieresultaat, welke momenteel wordt uitgevoerd door middel van palpatie door artsen en doordat patiënten vragenlijsten invullen. Omdat deze methoden subjectief zijn, is het lastig verschillen tussen uitkomsten van behandelmethoden of -volgordes wetenschappelijk aan te tonen, wat de optimalisatie van behandeltrajecten bemoeilijkt.

Shear wave elastografie (SWE) is een veelbelovende echografische techniek die objectief de stijfheid van weefsel kan meten. Hierbij zendt het apparaat een geluidsgolf uit die het weefsel in trilling brengt, wat een transversale mechanische golf, ook wel de shear golf, genereert. De voortplantingssnelheid van deze golf is gerelateerd aan de stijfheid van het weefsel en wordt door het echo-apparaat gemeten. Hoewel SWE in staat is verschillen in stijfheid te meten, is het nog niet duidelijk of het gevoelig genoeg is om verschillen tussen vet en fibrotisch weefsel in de borst te meten of zelfs tussen gradaties fibrose. Daarnaast is het nog niet bekend of de snelheid die SWE meet correct is.

Om dit te onderzoeken, zijn mechanische tests gebruikt die, net als SWE, de stijfheid van materiaal meten. Idealiter worden dit soort tests op echt weefsel uitgevoerd, om een zo representatief mogelijk onderzoek neer te zetten. Een directe vergelijking met SWE-metingen in mensen is echter niet mogelijk, doordat mechanische testen niet in-vivo kunnen worden uitgevoerd. Ook zijn ex vivo metingen niet mogelijk geweest, omdat er geen menselijk fibrotisch borstweefsel beschikbaar was. Daarom is bij dit onderzoek gekozen om door middel van fantomen een zo realistisch mogelijke simulatie van de werkelijkheid na te maken om het onderzoeksdoel te halen.

Er is een serie van 6 fantomen gemaakt die vet en vet met oplopende niveaus van fibrose nabootsen. Hiervoor is er literatuuronderzoek gedaan naar welke materialen er eerder gebruikt zijn om fantomen die fibrose nabootsen te maken. Op basis hiervan is er bij het originele vetfantoom een steeds grotere hoeveelheid gelatine toegevoegd om een toenemende stijfheid, en dus fibrose, na te bootsen. Fibrose en gelatine bestaan namelijk allebei voor het grootste deel uit collageen.

De fantomen die gemaakt zijn, zijn gemeten met SWE door middel van de FUJIFILM ARIETTA 850 en verschillende mechanische testen. De metingen met SWE gaven een hogere snelheid van de shear golf wanneer een fantoom stijver was, wat overeenkwam met de oplopende trend die uit de mechanische testen volgde. Dit toont aan dat SWE de stijfheid meet. De kleinste verschillen die SWE kon detecteren, waren echter groter dan de verschillen die normaal gesproken gevonden worden tussen fibrose en vetweefsel in de borst. Daarnaast kwamen de absolute waarden die in beide testen gemeten waren niet overeen. Dit suggereert dat de door SWE gegeven waarde voor de stijfheid niet nauwkeurig genoeg en niet correct is.

Het SWE-apparaat dat gebruikt is in dit onderzoek, de FUJIFILM ARIETTA 850, blijkt dus niet nauwkeurig genoeg voor het detecteren van fibrotisch weefsel in de borst en ook zijn de gegeven waarden waarschijnlijk niet correct. Toch blijft SWE een veelbelovende techniek, waardoor verder onderzoek naar nieuwere beschikbare apparatuur, verbeterde fantomen en uiteindelijk klinische validatie is aanbevolen, met in gedachten dat SWE in de praktijk gebruikt kan gaan worden om te onderzoeken welke behandelvolgordes van borstreconstructies het beste resultaat geven voor een patiënt.

All fours fantoom: een nieuw trainingsmodel voor vaginale stuitbevallingen

All Fours Phantom: A New Training Model for Vaginal
Breech Birth

A stylized illustration of a person in a four-pointed phantom training model. The person is depicted in a light blue and grey color scheme, with a white 'door' label on their back. They are positioned within a large, light orange, four-pointed shape that represents the training model. The background is white with a large, light yellow, four-pointed shape that also represents the training model.

door

Katherine Glasz (5455138)
Sam Leeftink(5782635)
Dieke van Otten (5746167)
Sharwan Tewari (5754194)

ter verkrijging van de graad van Bachelor of Science
aan de Technische Universiteit Delft.

Begeleiders: Prof. dr. T. H. van den Akker LUMC
Dr. K. Boor LUMC
Dr. ir. R. Oosting TU Delft
Drs. F. M. Prein LUMC

Groepscode GR24018
Opdrachttitel: Fantoom voor stuitbevalling
Opdrachtcode: AS24009-Stuitbevalling-LUMC

Summary

Katherine Glasz (5455138)

Sam Leeftink(5782635)

Dieke van Otten (5746167)

Sharwan Tewari (5754194)

Delft, Juni 2025

During a breech birth, the baby is born bottom first. This is uncommon and occurs in 3 - 5% of all deliveries. For years the recommendation has been to deliver these births with a planned caesarian section. However, recent studies show that there is no difference in maternal nor fetal outcomes between vaginal breech birth and a planned caesarian. Due to the recommendations favouring caesarian sections, expertise on delivering breech births vaginally is declining. This sparks concern, mainly due to the fact that women's preference is to deliver vaginally. This highlights the need for training. Training is done using a birthing simulator (phantom), this is a doll that represents a pregnant female body.

Firstly, a systematic literature review was conducted. The review aimed to evaluate the effect of vaginal breech birth simulation training on medical specialists and students. An overall significant improvement of competence was observed after the training. Further research is recommended regarding clinical outcomes.

A position used during vaginal breech birth is the all fours position. Here, the woman supports herself on hands and knees. This position results in a shift in pelvic dimensions and is proven to benefit maternal morbidity. In all fours, certain anatomical structures are important. These structures can stagnate the labor process. An obstetrician can perform certain manoeuvres to alleviate the stagnation and it is important to train these manoeuvres. However, currently there are no known phantoms in all fours position and training is now performed using phantoms designed for a supine position. These are unstable and do not contain the necessary anatomical structures. In addition, understanding the causes of stagnations along with the underlying mechanism of manoeuvres has been shown to improve training and clinical outcomes. This leads to the goal of the project: to design a phantom on all fours.

The project was divided into two parts. The first goal was to design the anatomic element of the phantom. This was done by drawing up a list of design requirements, based on literature and conversations with gynaecologists and other experts. Three concepts were designed, all of which met the requirements. The concepts were evaluated and the best one was selected for further development. This resulted in the final design: a pelvic bone model with an inner silicone layer. The relevant anatomical structures are coloured to provide more insights into the mechanism of labour. The silicone contains a vaginal opening and a perineum (the tissue between the anus and vaginal opening). A prototype was built to verify the final design and was tested during a birthing simulation training. Outcomes of the test reported that the relevant anatomical structures were present and visible in the prototype. The soft tissues were not represented as desired, so further research could focus on this aspect. A 3D-model of the pelvic bone for the final design, containing the correct all fours measurements, is readily available for further use.

The second goal was to draw up a list of design requirements for a complete all fours birthing simulator. This was done to confirm the previous design in a broader context and to create a framework for further research. A survey was sent to stakeholders, requesting their wishes for an all fours phantom. The results confirmed the necessity of representative anatomy within the phantom. The assembled list of design requirements is supported by expert consensus and is readily available for further research.

In conclusion, design of an all fours phantom is necessary for improving training of vaginal breech births in all fours. Representative anatomy supports this, by providing insight into the stagnation process of the baby. Additional research could focus on other elements of the phantom, using the well-founded list of design requirements.

Vaginal Lubrication Quantification via Friction Measurement: a Novel Approach

Vaginale lubricatiekwantificatie door middel van frictiemetingen: een nieuwe aanpak

KTO - AS24010 - LubricatieMeter-EMC - GR24019

M.R. (Marije) van den Bogaard¹, N. (Nienke) Hendriksen¹, M. (Mats) van Leeuwen¹, B.J. (Bud) Oorthuys¹

¹ Technical University of Delft, The Netherlands

June 23th, 2025

Supervisors: H. (Hester) Pastoor^a, T.G. (Tom) Goos^b, J.S.E. (Joop) Laven^a

^a Obstetrics and Gynecology, Erasmus Medical Center, Rotterdam, The Netherlands

^b Medical Technology, Erasmus Medical Center, Rotterdam, The Netherlands



1 Samenvatting

In Nederland ervaart 30% van de vrouwen regelmatig problemen bij seks, waarbij pijn een van de meest voorkomende klachten is. Een belangrijke oorzaak hiervan is onvoldoende lubricatie. Dit is het vochtig worden van de vaginawand als gevolg van een verhoogde bloedtoevoer naar de vagina. Op dit moment wordt tijdens seksuologisch onderzoek aan vrouwen gevraagd hoe nat ze zijn op een schaal van 1 tot 10, nadat ze dit met hun eigen vingers moeten voelen. Dit is een onnauwkeurige en subjectieve uitkomstmaat.

Door het gebrek aan objectieve meetmethodes hebben verschillende studies gekeken hoe ze lubricatie kunnen kwantificeren, bijvoorbeeld op basis van volume of op basis van de samenstelling van het vocht. Deze bleken echter niet te werken en gaven onnauwkeurige uitkomsten. In dit onderzoek is daarom een nieuw pad ingeslagen door te kijken of wrijving een mogelijke uitkomstmaat kan zijn om vaginale lubricatie te kwantificeren.

Er zijn talloze methodes om wrijving te meten, maar deze richten zich vaak nog niet op wrijving op menselijk weefsel. Om de toepasbaarheid van de huidige frictiemetingen te beoordelen, is een literatuuronderzoek uitgevoerd met als hoofddoel: het uiteenzetten van verschillende methodes die wrijving op gelubriceerde weefsels kunnen meten en beoordelen welke methodes geschikt zouden zijn voor vaginale toepassingen. Uit dit literatuuronderzoek kwamen verschillende categorieën van meetmethodes, waarvan methodes die berustten op trekkracht het meest transleerbaar bleken. Deze methodes trekken een probe ergens over- of doorheen en meten de wrijvingskracht die daar voor nodig is. In dit project wordt op deze trekkrachtmethodes voortgebouwd.

Om vervolgens te onderzoeken of wrijving een geschikte uitkomstmaat kan zijn voor het kwantificeren van vaginale lubricatie in de kliniek, zijn er drie stappen ondernomen: het opstellen van een plan van eisen, een proof of principle om wrijving als maatstaf te valideren en het ontwikkelen van een conceptontwerp om te schetsen hoe de meter er eventueel uit zou komen te zien.

Het plan van eisen bestond uit drie categorieën: functionele eisen die aangeven wat het ontwerp moest doen, prestatiecriteria die aanduiden waarop het apparaat beter of slechter kan scoren en als laatste de randvoorwaarden die aangeven aan welke voorwaarden de meter moest voldoen.

Het proof of principle was opgesteld om de belangrijkste functionele eis te testen: het onderscheiden van minimaal vijf lubricatieniveaus. Hierbij is gemeten hoeveel kracht het kost om probe over siliconen oppervlak bij verschillende lubricatieniveaus. Uit deze metingen is gebleken dat er een significant verschil in wrijving ontstaat. Hiermee wordt gevalideerd dat wrijving een uitkomstmaat kan zijn om lubricatieniveaus te onderscheiden.

Na het uitvoeren van het proof of principle, is er gekeken naar een voorlopig ontwerp van een meter, aan de hand van het plan van eisen. Door een ontwerp te maken, kon inzicht verkregen worden over potentiële moeilijkheden die op kunnen treden bij het maken van een vaginale lubricatiemeter. De grootste uitdaging bleek de simpelheid van de meter; omdat een vrouw in opgewonden staat moet komen voor of tijdens de meting, is het zaak dat de meter zo min mogelijk ongemakkelijkheden creëert. Denk hierbij aan dat de patiënt bijvoorbeeld niet in een ongemakkelijke houding moet hoeven liggen. Uiteindelijk is een meter bedacht die aangetrokken kan worden als een onderbroek. Hiermee kan de meter door de patiënt zelfstandig en intuïtief aangetrokken worden zonder dat hier een zorgprofessional voor nodig is.

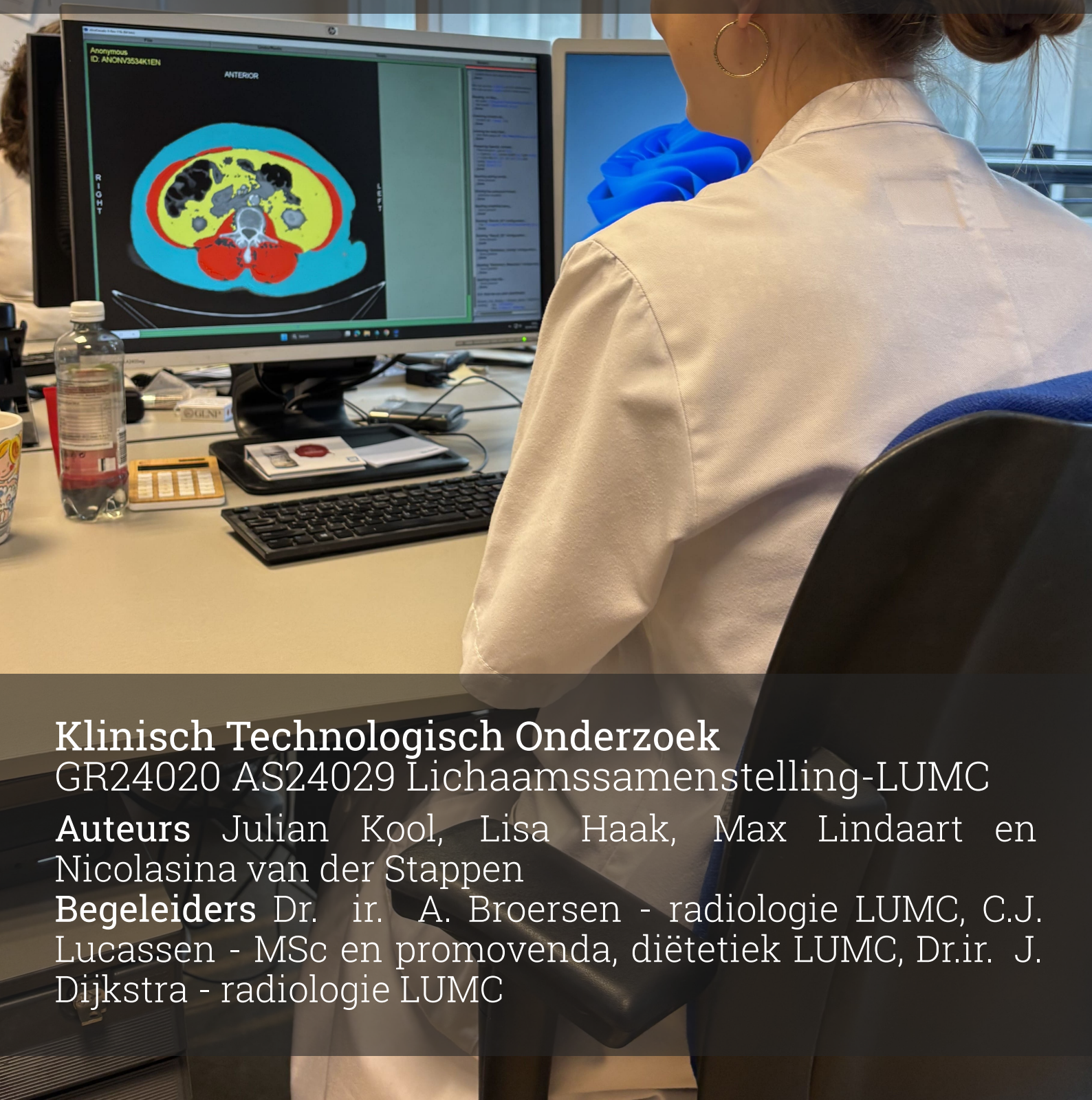
Wrijving kan dus verschillende lubricatieniveaus onderscheiden en lijkt daarmee een veelbelovende uitkomstmaat te zijn om verder te onderzoeken. Echter zitten er nog veel haken en ogen aan de methode, omdat wrijving in grote mate ook afhangt van andere parameters. Er zullen stappen gezet moeten worden om uiteindelijk lubricatiemetingen op basis van wrijving in een vagina uit te voeren. Stappen zijn onder andere: het onderzoeken van welke andere factoren wrijving beïnvloeden, het bouwen van een prototype en het onderzoeken van de verschillende lubricatie-frictierelaties tussen verschillende vrouwen.

Al met al heeft dit onderzoek aangetoond dat lubricatie gekwantificeerd kan worden met wrijvingsmetingen en zijn er uitdagingen om het klinisch toe te passen in kaart gebracht. Als deze uitdagingen worden overwonnen, wordt het in de toekomst wellicht mogelijk om van nattevingerwerk in de kliniek naar betrouwbaar seksuologisch onderzoek te gaan.

Onderzoeksrapport

Validatie van automatische modellen voor segmentatie van de lichaamssamenstelling

Validation of automated models for body composition segmentation



Klinisch Technologisch Onderzoek

GR24020 AS24029 Lichaamssamenstelling-LUMC

Auteurs Julian Kool, Lisa Haak, Max Lindaart en
Nicolasina van der Stappen

Begeleiders Dr. ir. A. Broersen - radiologie LUMC, C.J.
Lucassen - MSc en promovenda, diëtetiek LUMC, Dr.ir. J.
Dijkstra - radiologie LUMC

Summary

Body composition is increasingly recognized as an important predictive factor for cancer survival, chronic disease progression, indication for early intervention and risk stratification, and other. A reliable method to measure body composition is the examination of the surfaces of visceral adipose tissue (VAT), skeletal muscle (SM), and subcutaneous adipose tissue (SAT) at the level of the third lumbar vertebra (L3) on an abdominal computed tomography (CT) scan. Currently, body composition is manually segmented by a trained clinician. This takes experts between 10 and 20 minutes, a time- and labor-intensive procedure that requires expertise. Furthermore, manual segmentation is subject to inter- and intraobserver variability, emphasizing the need for standardization through automation.

Recently, an increasing number of artificial intelligence models have been developed, achieving high accuracy and speed when compared to manual segmentation. This enables large-scale research and eventually implementation in clinical practice. A literature review was conducted to assess the current state of automated models for body composition analysis on CT scans at L3, demonstrating high accuracy achieved by several models that claimed public availability as well. However, validation of these models on a different patient population is essential to assess generalizability and, thereby, the potential for large-scale clinical research.

This study aimed to provide a model with a segmentation accuracy above a median Dice Similarity Coefficient (DSC) of 0.95 for VAT, SM and SAT by validating publicly available automated models. The DSC measures the relative pixelwise overlap between automated and manual segmentation to assess performance. If no model satisfied the performance criterion, the model with the highest accuracy would be further trained until the criterion was met. For this, a data set consisting of CT scans of patients with liver or pancreatic disease from Leiden University Medical Center (LUMC) was used. Further training was deemed necessary if, for one of the tissues, the model with the highest accuracy performed below the criterion. The models were further validated on a subset that had previously demonstrated lower performance for several models: patients with VAT less than 100 cm². For this subset, the same performance criterion was maintained to evaluate the need for further training.

Models were prioritized for validation based on previously reported performances and specification of external validation. Not all models that claimed public availability provided the required components to make the model operational. Therefore, the first- and fourth-prioritized models were validated: AutoMATiCA and CompositIA, respectively.

AutoMATiCA demonstrated a high accuracy for patients with liver and pancreatic disease, achieving median DSC values between 0.97-0.98. For the subset with VAT less than 100 cm², AutoMATiCA demonstrated a performance above the performance criterion as well, achieving a median DSC value of 0.97 for each tissue type, thereby refuting the need for further training. CompositIA demonstrated median DSC values between 0.83-0.92. Validation with the subset with VAT < 100 cm² demonstrated median DSC values between 0.76-0.90. Thereby, CompositIA did not achieve the performance criterion. However, no further training of CompositIA was needed, since AutoMATiCA demonstrated accuracy above the performance criterion.

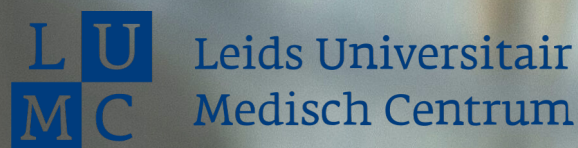
In conclusion, segmentation accuracy of two automated models for body composition analysis is evaluated by validation on patients with liver and pancreatic disease from LUMC. AutoMATiCA showed high segmentation accuracy, proving generalizability for patients with liver and pancreatic disease. This performance is in line with previous validations. However, for implementation in clinical research, its performance should also be examined for low-quality CT scans. The importance of body composition is increasingly emphasized, proving high-performance automated body segmentation models, such as AutoMATiCA, to be a valuable solution as an accurate and time-saving tool.

Materiaalsamenstelling en -degradatie bij UVC desinfectie

Material composition and degradation after UVC disinfection

AS24008: UVCB_{ox}-LUMC
GR24021

Auteurs: Andrea Borgdorff, Emma Dotinga, Nelleke van Dijk & Sil Emons



Universiteit
Leiden

Opdrachtgevers:

Dr. J. D. (*Tina*) van Hemel-Rintjap,
Mw. S. A. (*Anja*) Goedemans-de Graaf,

Dhr. J.D. (*Joost*) Bekkers,

Anesthesioloog-intensivist - IC, LUMC
Verpleegkundig Expert Kwaliteit Intensive Care
& IC-verpleegkundige - IC, LUMC
Teamleider Facilitair Intensive Care - IC, LUMC

Medisch begeleider:

Dr. J. D. (*Tina*) van Heuvel-Rintjap,

Anesthesioloog-intensivist - IC, LUMC

Technisch begeleider:

Dr. G. A. (*Georgy*) Filonenko,

Universitair docent Materiaalkunde - ME, TU Delft

Summary

Healthcare-associated infections (HAIs) contribute 14% to the total amount of infections worldwide [1]. These infections significantly increase the mortality risk in intensive care units (ICUs) [2]. The current method to prevent these HAIs is by discarding all potentially contaminated equipment, regardless of whether it has been used or not. Consequently, large amounts of waste are produced by the disposal of unused sterile-packaged medical equipment that is stored in the bedside cart next to the patient's bed. This study aims to take the next step towards utilizing ultraviolet-C (UVC) radiation, delivered by the UV Smart D25 device [3], to safely disinfect packaged tools. Both the function of the packaging and the tools inside should not be damaged to minimize safety risks when using the tools again.

Even though low-pressure mercury UVC light produced by the D25 is a semi-outdated medium compared to devices that use UVC LEDs, the readily available equipment only included the D25 with its low-pressure mercury UVC radiation sources. After a systematic literature review, it was concluded that UVC LED achieves similar results in microorganism inactivation on solid surfaces compared to low-pressure mercury radiation. Therefore, the research into the D25 might also be applicable to future devices using LEDs.

The main research looked into whether UVC radiation at the wavelength of 253.7 nm can pass through the packaging, whether the amount of radiation that passes through the packaging increases during the disinfection process, and whether the light that traverses the packaging damages the equipment inside. The hypothesis tested is: UVC exposure does not alter the chemical composition, therefore does not cause degradation of the medical devices after passing through the packaging.

The researchers chose the adopted study design to be as specific and validated as possible, thus requiring a combination of methods. First, the optical power output of the UV Smart D25 was mapped under various conditions to evaluate the consistency and intensity of the UVC exposure. Second, the packaging materials from four different frequently discarded medical devices were sampled and subjected to 0, 1, 10, 25, and 50 disinfection cycles. The amount of UVC transmission of the packaging was measured using an integrating sphere and calibrated spectrometer setup. The chemical degradation of both the packaging and the medical tools themselves was determined by Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) spectroscopy. These results were statistically analyzed with ANOVA and Bonferroni-corrected unpaired t-tests.

All tested packaging materials let some degree of UVC through, with polyethylene-based paper (OxmPa) and polyethylene-(terephthalate)-based paper (TPrPa) displaying the lowest transmissibility and thus offering the best protection of the medical tools (oximeter and temperature probe) inside. However, evidence was found of the formation of carbonyl and ether groups within the chemical composition of most of the medical tools themselves after 50 cycles, indicating degradation. Particularly, polyvinyl chloride (PVC) and polycarbonate components of the tools showed this degradation. Only certain polymers: polyethylene, polybutylene terephthalate (PBT), acrylonitrile-based plastics, and surgical steel showed no signs of degradation. These results indicate that while UVC disinfection is a promising strategy for reducing medical waste and improving sustainability in ICUs, the implementation has to be validated in terms of safety and degradation for every combination of packaging and medical devices. Only the instruments made solely of surgical steel or resistant polymers may be safely disinfected using the D25.

Further research is needed for alternative methods to disinfect devices made of degradable plastics and into the impact of varying applied doses of UVC radiation for the usability of the materials to guarantee safety and efficacy. Otherwise, only medical devices made of non-UVC-degradable materials should be chosen for use in both the bedside cart and the D25.

Moreover, researching the effects of packaging geometry, material thickness, porosity, bacterial sensitivity, and real-world usage patterns is vital to enhance environmental sustainability while safeguarding the efficacy and safety of UVC disinfection.

Warmtevoorziening voor neonaten thuis: van waterkruik naar veilige alternatieven

Heat Provision for Neonates at Home: From Hot Water Bottle to Safe Alternatives
GR24022-AS 24030-WarmteNeonaten-LUMC

Vincent Blendea (5314321)¹, Robin Hoffland (5778387)¹,
Lucas Paasschens (5314011)¹ en Laurens Stoelman (5276047)¹

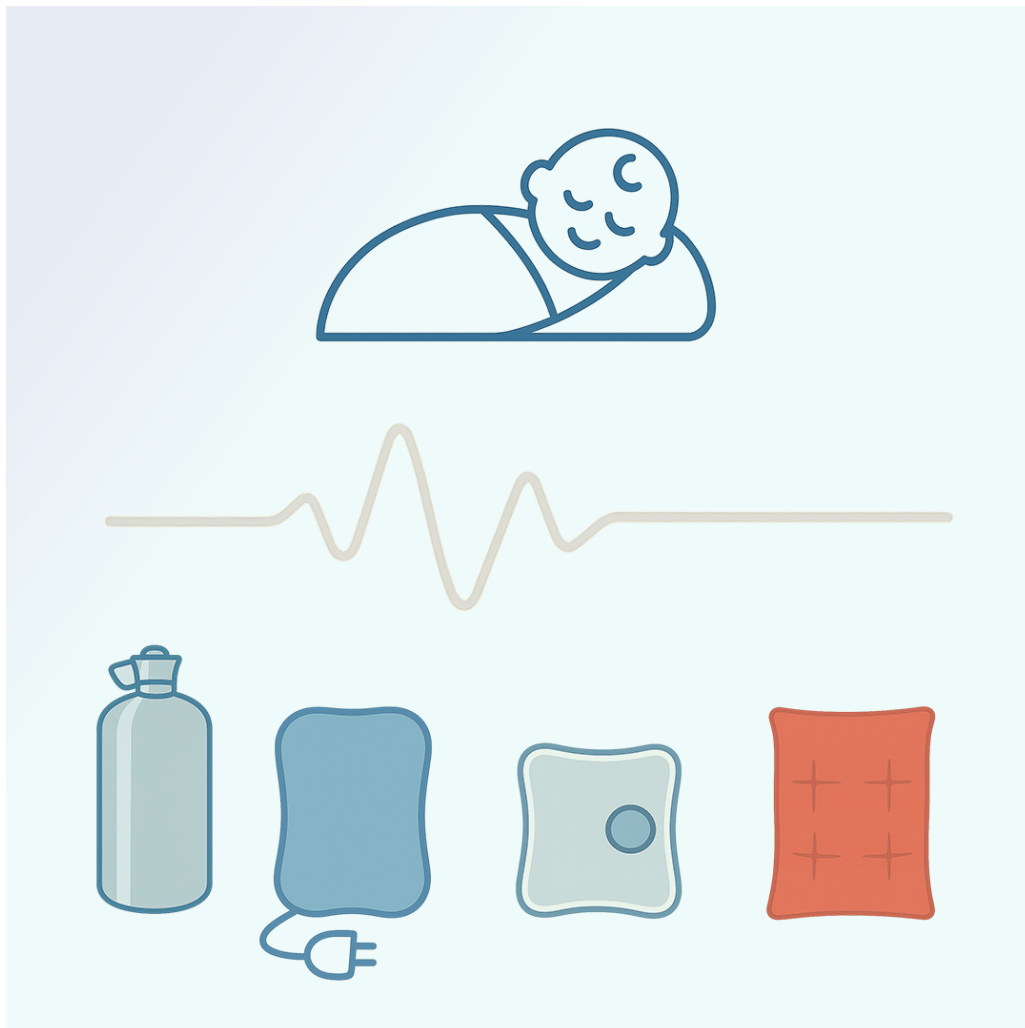
Dr. Anne-Marie Sluis² en Dr. Eline Schaake³

¹Student Klinische Technologie, Technische Universiteit Delft, Nederland

²Klinisch verloskundige/psycholoog, Leiden University Medical Center, Leiden, Nederland

³Verloskundige en lactatiekundige, Leiden University Medical Center,
Leiden, Nederland

23 Juni 2025



1 Summary

For an experienced parent this is a familiar story: carrying around and attending to your newborn all day can be an exhausting endeavour and nothing seems more unwinding than the break after putting him or her down for a while. After doing so another question comes into play: how do you keep your newborn warm? Traditionally, newborns would be kept warm with the use of a hot water bottle. However, maternity care bureaus deemed these bottles too dangerous due to risk of burns and scalds from leakage and incorrect use. Despite this, no success has been appointed to fulfill this job. This poses a difficult situation: what if your newborn is hypothermic, but you need to rest? Apparently the hot water bottle is no longer an option due to previously made safety measurements. Yet doing nothing is not an option because hypothermia can result in a plethora of health issues. This is precisely why there is a need for a research backed, safe alternative. A solution that gives caregivers some more room for air, while ensuring the newborn stays warm and safe.

Firstly, a systematic research paper was made in order to assess the usage of heating products in newborn care in a clinical setting. Results showed that hospitals primarily use four different types of heating methods: electrical, water-electrical, chemical and radiative heating. Additionally, from this research a performance framework was made. This framework is based on what other articles deemed important qualities for heating products to have in order to safely keep a newborn warm.

Table 1: Overview of the evaluation criteria and target values

	Criterion	Assessment	Target Value
1.	Temperature between 36.5 - 37.5 °C	Time	≥ 30 minutes within the given boundaries.
2.	Preparation time	Time	< 10 minutes ready for implementation, with possibly additional time to cool down to proper temperature.
3.	Safety	Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)	Safety score ≤ 2 , total critical scores ≤ 2
4.	Robustness / Lifespan	Drop and pressure tests	Full functionality after drop and pressure tests
5.	User-friendliness	Survey (6 participants)	Likert scale ≥ 3 for comprehensibility, sense of security and reusability

The systematic research paper laid the groundwork for a follow-up testing phase in which 3 different products were tested in addition to the hot water bottle on their performance in the aforementioned framework. These products were: a chemical heating pad, a microwavable heating pad and an electrically heated hot water bottle. All products were tested on their capability to keep a model newborn warm. Additionally, products were tested on their safety and user-friendliness through a conducted survey with participants using these products for the first time.

Testing showed promising results for almost all products. The chemical heating pad performed extraordinarily well in longevity and safety. Its only real downside is that the pad takes quite long to be made ready for usage due to its contents having to be reliquified after usage through external heating. Overall the chemical heating pad can provide a caregiver with a substantial break of having to take care of their newborn. The microwavable heating pad had a short longevity in keeping the model newborn warm. Perks of this product mainly were its ease of use and quick preparation time. Furthermore, the risk analysis showed a low risk score. Therefore, this product can be considered a quick fix. Finally, the electrically heated hot water bottle showed mixed results: its heating longevity was similar to that of the traditional hot water bottle. However its risk score was noticeably lower, primarily due to the elimination of risks associated with leakage and refilling the bottle, making it a safer and more user-friendly alternative. Thus this product could be considered as an alternative given the right precautions are taken by the caregivers.

To sum up, there are quite a few options for caregivers to consider with each option having its own benefits. This study is a step in the right direction for giving maternity care a safe and scientifically backed alternative to keeping newborns warm at home instead of the hot water bottle.