

Voorsprong door techniek

Citation for published version (APA):

Luyer, M. D. P. (2024). *Voorsprong door techniek*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 05/04/2024

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Prof.dr. Misha Luyer
5 april 2024

INTREEREDE

Voorsprong door techniek

TU/e

EINDHOVEN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

INTREEREDE PROF.DR. MISHA LUYER

Voorsprong door techniek

5 april 2024

Technische Universiteit Eindhoven

Inleiding

Mevrouw de Rector Magnificus, College van Bestuur van de Technische Universiteit Eindhoven, Raad van Bestuur van het Catharina Ziekenhuis, geachte collega's, beste familie en vrienden, zeer gewaardeerde toehoorders,

Het is een grote eer om hier voor u te mogen staan en met genoegen aanvaard ik mijn leeropdracht:

"Health technology in oncological surgery"

In deze rede besteed ik aandacht aan de rol die technologie heeft bij het verbeteren van de zorg voor patiënten die geopereerd worden voor kanker.

Voordat ik dat doe, neem ik u mee naar 6 juni 2019. We zijn met een grote groep van het Catharina Kanker Instituut afgereisd naar Frankrijk om daar zo vaak mogelijk en het liefst zes keer de Alp d'Huez op te klimmen. Ik had deze klim veel getraind op de Tacx, een soort rollerband die verbonden is met mijn computer. Het laat beelden zien van de klim en je snelheid, hartslag, vermogen en voortgang worden overzichtelijk weergegeven in een display. Op internet had ik het beste trainingsschema gezocht. Ik zat trots op mijn carbonfiets met nieuwe fietscomputer en had nieuwe sokken aan die getest waren in de windtunnel en waar FSOTP op stond (fastest sock on the planet). Dus dat moest goedkomen. Volgeladen met koolhydraten begon ik met vertrouwen aan de dag. In 2007 reed ik voor de eerste keer de Alpe D'Huez en toen was ik niet zo voorbereid kan ik u vertellen. Ik had geen Tacx, geen trainingsschema en zeker nog geen geld voor een carbon fiets. Ik kon totaal niet inschatten wat me te wachten stond. Toen heb ik enorm afgezien. De Alpe D'Huzes in 2019 was daarentegen een prachtige ervaring. Met name ook vanwege de mooie sfeer die er was, omdat iedereen voor iemand deze inspanning deed om geld in te zamelen voor wetenschappelijk onderzoek. Nu denkt u misschien; leuk verhaal hoor, maar wat heeft dit nu met voorsprong door techniek te maken?

Zoals hopelijk uit dit verhaal over de Alpe D'Huzes duidelijk wordt, is niet alleen dat ik een grote passie voor het fietsen heb, maar dat technologie een onderdeel is van alles wat we doen. Wat interessant is, is dat als ik dit verhaal 30 jaar geleden zou vertellen, het bijna als science fiction zou worden beschouwd. Nu vinden we echter veel van deze technologie, zoals internet, mobiele telefoons, virtual reality en de fietscomputer vanzelfsprekend en kunnen we ons een leven zonder niet meer voorstellen. Er zijn ook vergelijkingen tussen het beklimmen van een berg op een fiets en de reis die patiënten met kanker doormaken vóór, tijdens en na een operatie. Ook hier dragen technologische innovaties bij aan verbeteringen in de resultaten. We staan naar mijn mening aan het begin van een nieuw tijdperk waarin kunstmatige intelligentie, beeldherkenning, neuromodulatie en 3D-technieken ons leven verder zullen veranderen. Audi begreep al snel dat ze zich konden onderscheiden door zich te richten op innovatie en technologische vooruitgang en claimde de uitspraak 'Voorsprong door techniek'.

Natuurlijk is dit op meerdere gebieden van toepassing. En ik neem u dan ook de komende drieënveertig minuten graag mee in de mogelijkheden die innovaties en technologische vooruitgang bieden bij het verbeteren voor de zorg voor de patiënt die geopereerd wordt voor kanker. Veel van de onderzoeken waar ik het over zal hebben, zijn het resultaat van samenwerking met zowel Nederlandse als Internationale collega's. Het is belangrijk om te beseffen dat deze samenwerkingen ons in Nederland groot maken en dat we gebruik kunnen maken van ieders expertise. Dit is uniek en belangrijk om zo efficiënt én vooruitstrevend te kunnen zijn en blijven.

Ontdekken en een plan maken

Een bekende uitspraak die je leert tijdens de opleiding tot chirurg, is dat je een aap kunt leren om te opereren en dat het niet alleen gaat om het chirurgisch trucje. Het is juist van belang dat je weet wanneer je iemand moet opereren en wanneer je beter je mes op zak moet houden. Het is dus essentieel om de juiste diagnose te stellen en een optimaal behandelplan te maken dat zo snel als mogelijk gestart wordt. De behandeling van alveeskliekkanker, slokdarmkanker en maagkanker, waar ik me voornamelijk mee bezig houd, vereist specifieke expertise van het hele team om de juiste diagnose te stellen, een goed behandelplan te maken en uit te voeren. De zorg voor deze typen kanker is wat betreft de chirurgie geconcentreerd. Het behandelteam krijgt zo voldoende blootstelling aan de soms complexe gevallen en bouwt voldoende kennis op om de behandelingen zo goed mogelijk te doen. ‘Hoe meer je ziet en doet, hoe beter je wordt’, hoor je wel vaker. En door de recente ontwikkelingen van het Integraal Zorgakkoord (IZA) is de verwachting dat er een verdere concentratie van deze zorg zal plaatsvinden. Als je eenmaal een diagnose hebt, is het goed om op zo’n specialistische plek te zijn, maar veel patiënten presenteren zich niet met de klacht “Ik heb slokdarm-, maag- of alveeskliekkanker”, maar met vage klachten die vaker voorkomen en meerdere oorzaken kunnen hebben, zoals moeheid, afvallen en vage buikklachten. Ook is het zo dat de meeste mensen zich in het dichtstbijzijnde ziekenhuis presenteren en dat is vaak niet het expertziekenhuis. Het is dan van belang dat de specialist die deze patiënten in eerste instantie beoordeeld, voldoende expertise heeft om snel door te verwijzen naar een specialistisch centrum wanneer dat nodig is. Om zonder specifieke expertise de diagnose maag-, slokdarm- of alveeskliekkanker te kunnen stellen, bieden technologische innovaties zoals Artificial Intelligence (AI) een uitkomst. Bij AI denkt u misschien meteen aan ChatGPT. En al is hier al veel over gezegd en te doen geweest, denk ik dat het een heel goed voorbeeld is van wat er mogelijk is met AI. ChatGPT werkt als een soort supervraagbaak, die met een scherp geformuleerde vraag, een onderbouwd antwoord kan geven. Of (zoals mijn kinderen het gebruiken) essays of samenvattingen voor je schrijft met een druk op de knop en je dus heel veel werk uit handen neemt. Eigenlijk simuleert ChatGPT een expert die 24/7 beschikbaar is. Aangezien AI nog in de kinderschoenen staat, gaat het nog niet altijd vlekkeloos en is het van belang dat je zelf ook kennis van zaken hebt om de uitkomsten juist te interpreteren.

Bij de concentratie van expertzorg kan AI van meerwaarde zijn. In een samenwerking met het Catharina Ziekenhuis, de Technische Universiteit Eindhoven en Philips, ook wel e/MTIC genoemd, ontwikkelen we algoritmen die tumoren in de alvleesklier herkennen. Algoritmen moet u zien als instructies die computers helpen taken uit te voeren en te leren van ervaringen, net zoals we een recept volgen om iets te maken. Er zijn verschillende soorten algoritmen, afhankelijk van de taak die we de computer willen laten doen. Sommige algoritmen kunnen leren en verbeteren naarmate ze meer gegevens verwerken. Dit noemen we machine learning. Deze machine learning algoritmen kunnen de informatie van de CT-scan gebruiken, maar we hebben ze ook ontwikkeld door kenmerken die we in de kliniek gebruiken mee te wegen. Een voorbeeld hiervan is een uitgezette galweg. Het resultaat hiervan is dat dit algoritme heel goed kan herkennen of er wel of geen tumor zit in de alvleesklier. Tot nog toe hebben we dit algoritme ontwikkeld en getest op data die we al hadden. De volgende stap is om dit te testen in een grote klinische studie waarbij we werkelijk de meerwaarde van een AI-algoritme gaan onderzoeken. Als we in deze klinische studie de huidige uitkomsten bevestigen, dan kan het zo zijn dat bij elke scan die gemaakt wordt, dit algoritme meedraait op de achtergrond en de specialist een signaal krijgt wanneer er een vermoeden is op bijvoorbeeld alvleeskliercancer. Dan is het alsof er steeds een expert meekijkt die je helpt om de kanker te ontdekken (Figuur 1).



Figuur 1. Weergave met 2D- en 3D-technieken. Hier zien we de algoritme-uitkomsten van de locatie van een alvleeskliertumor, ten opzichte van de omliggende weefsels.

Op deze manier kunnen patiënten sneller naar een expertisecentrum worden verwezen en dus mogelijk eerder worden behandeld. Ook zou AI een rol kunnen spelen bij het verder in kaart brengen van de tumor. Door bijvoorbeeld aan te geven of er contact is met andere weefsels of bloedvaten. Dit bepaalt in grote mate het meest optimale behandelplan en op basis hiervan kunnen we de operatieplanning optimaliseren. Ik denk dat we in de toekomst geholpen worden door AI-algoritmen die we als beslis-ondersteuning inzetten. Net als in de moderne auto, waarin je zelf rijdt, maar op allerlei manieren ondersteund wordt door bijvoorbeeld dodehoek-waarschuwingen of *lane assist*.

Belangrijk hierbij is wel dat er vertrouwen is in AI. Dat klinkt misschien heel normaal, maar een teveel of te weinig vertrouwen kan ervoor zorgen dat de uiteindelijke resultaten niet goed zijn, ongeacht de prestaties van het algoritme. Om AI op een goede manier te kunnen gebruiken, is het daarom belangrijk dat we inzichtelijk maken waarom de AI-uitkomst is zoals deze wordt weergegeven. Je wilt het als het ware kunnen begrijpen. Bij de ontwikkeling van AI is het dan ook van belang om de volledige meetketen te begrijpen: hoe een tumor groeit en eruitziet in de werkelijkheid en wat de bijkomende gevolgen of kenmerken kunnen zijn (zoals de uitzetting van de galweg bij alveesklierkanker). Maar ook waarom het beeld op de scan of de echo is zoals het is, dus hoe de meetinstrumenten werken en wat je kunt doen om dit te verbeteren. Zo kun je door contrast te gebruiken bepaalde structuren of weefsels goed weergeven. Of door het meten van elasticiteit van weefsels bepalen of dit normaal of afwijkend is. Het is van belang dit meteen mee te nemen bij de ontwikkeling, omdat dokters doorgaans in eerste instantie te veel vertrouwen hebben in de uitkomsten van dit soort algoritmen en aan zichzelf gaan twijfelen. Dit kan er uiteindelijk voor zorgen dat goede beslissingen worden veranderd en dat moeten we natuurlijk voorkomen.

Gericht voorbereiden

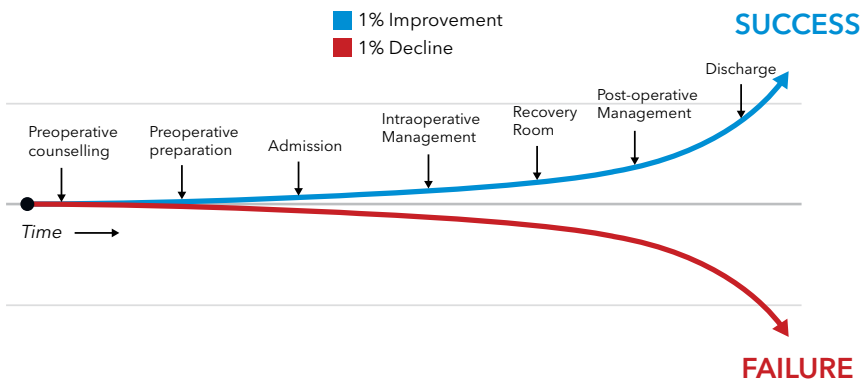
Als je eenmaal weet wat er aan de hand is en wat je moet doen om dit op te lossen, dan is een goede voorbereiding van cruciaal belang. Dit is heel vergelijkbaar met het beklimmen van de Alp d'Huez. Je moet een goede fiets hebben (vergelijk dit met de operatie) die optimaal is afgesteld en die door kennis en ervaring is doorontwikkeld tot in perfectie. Je hebt een team nodig zoals een verzorger, een voedingsdeskundige, een fysiotherapeut, een monteur, maar ook management voor de aansturing. Net als de wielrenner, vragen we ook wat van de patiënt. Hij of zij moet gaan oefenen om topfit te worden, stoppen met roken en drinken en in een zo goed mogelijke voedingstoestand komen met hulp van een diëtist. Goede voorlichting is hierbij van belang, maar ook het managen van verwachtingen. Zoals ik in het begin al zei bij het beklimmen van de Alp, merkte ik zelf al dat training, herkenning en de juiste voorbereiding voor een hele andere beleving en prestatie zorgden.

We hebben dit concept proberen te vertalen naar de kliniek in een zogenaamd PREPARE-programma (Figuur 2). Dit programma hebben we geleerd van collega-chirurgen uit London. Hierbij worden alle elementen aangepakt die de voorbereidingen op een operatie kunnen verbeteren. Zoals een eventuele aanpassing in medicijnen, voeding en natuurlijk ook het verbeteren van de conditie. We vertelden patiënten dat een operatie vergelijkbaar is met een sportwedstrijd, zoals een halve marathon of het beklimmen van de Alp d'Huez en we pasten het PREPARE-programma toe. Als je naar de veranderingen voor ieder onderdeel kijkt, lijkt dat mee te vallen. Maar zoals de filosofie van het beroemde SKY-team van Chris Froome aangeeft, kunnen meerdere minimale verbeteringen leiden tot een grote verbetering. Deze theorie noemen we ook wel de marginal gains theorie (Figuur 2). En wat bleek: een betere voorbereiding van de patiënt voor een slokdarmoperatie vertaalde zich meteen in betere uitkomsten van de operatie zelf: patiënten lagen korter in het ziekenhuis en hadden minder complicaties. Ook hier kan techniek weer een voorsprong geven. Door gebruik te maken van interactieve apps en slimme horloges kunnen de patiënt en het behandelteam worden ondersteund met informatie over de voortgang, het gewicht, conditie en kracht. Als je goede doelen stelt en op alle vlakken probeert om slechts 1% te verbeteren, dan zal de uiteindelijk winst enorm is. En deze verbeteringen hoeven niet altijd heel ingewikkeld, fancy of duur te zijn. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van bieten-

sap, iets wat ik zelf bij het fietsen ook gebruik. Er zijn wetenschappelijke artikelen die aantonen dat de stof nitraat in bietensap de zuurstofopname voor de spieren verbeteren en daarmee het uithoudingsvermogen. Voor een grotere wielertocht, zoals de Alpe D’Huez drink ik dus een aantal dagen tevoren bietensap. Zo bedacht ik me ook een keer op de fiets: we vergelijken de operatie met een sportevenement, dus misschien dat bietensap hier ook werkt. Alhoewel iedereen het idee op zichzelf grappig vindt, is er tot nu toe geen subsidieverstrekker die hier heil in ziet, dus we doen de studie op eigen kracht, soms sneller en soms langzamer. Ik hoop dat in de komende jaren duidelijk wordt of er een meerwaarde is. En zoals gezegd, al is het maar 1%.



Aggregation of Marginal Gains



Figuur 2. De marginal gains theorie (boven) en de onderdelen van het PREPARE-programma om patiënten beter voor te bereiden en sneller te laten herstellen na een slokdarmoperatie.

De operatie

Als je de operatie vergelijkt met de fiets van de wielrenner, dan is het meteen ook duidelijk dat deze optimaal moet zijn. Je kunt nog zo goed voorbereid zijn, weten waar je naartoe wil en een plan in je hoofd hebben, als de fiets niet goed is, dan heb je hier helemaal niets aan. Om een complexe operatie goed te doen, heb je als chirurg vaak een jarenlange training nodig en is het belangrijk dat ook je team precies weet wat er moet gebeuren. Vaak leer je dit stap voor stap van iemand die ervaren is in de operatie. Bij de introductie van een nieuwe techniek of operatie werkt dat net iets anders. Je hebt een paar pioniers die in een geselecteerde groep patiënten beginnen met een in hun ogen betere techniek. Uiteindelijk doorloop je dan een leercurve, waarin de resultaten als het goed is steeds beter worden en de zorg voor de patiënt uiteindelijk een stap vooruit maakt. Zo is het ook gegaan bij minimaal invasieve chirurgie, oftewel de kijkoperatie. Hierbij probeer je zo min mogelijk te snijden in de patiënt, door kleine sneetjes te maken en via buisjes met lange instrumenten de operatie uit te voeren. Het is alsof je via een sleutelgat opereert en dat maakt de operatie een stuk moeilijker. Voor maag- en slokdarmoperaties hebben we deze techniek in Nederland omarmd en zijn we in Europa voorloper om patiënten via een kijkoperatie te opereren.

Maar hoe begin je nu aan de introductie van een nieuwe operatie? Na het pionieren, volgen we tegenwoordig veelal het IDEAL-raamwerk dat verschillende stadia heeft. Zo kunnen nieuwe chirurgische procedures op een gestructureerde manier worden geïmplementeerd in de dagelijkse praktijk. IDEAL staat voor Idea, Development, Exploration, Assessment en Long-term Follow-up. Onderdeel van dit IDEAL-raamwerk zijn gerandomiseerde klinische onderzoeken (RCT's). Dit zijn onderzoeken waarbij patiënten willekeurig in twee groepen worden verdeeld: de groep die de nieuwe techniek of interventie krijgt en de groep met een standaardbehandeling. Dit is belangrijk om eventuele selectie van patiënten tot een minimum te beperken en te zorgen dat alleen de nieuwe behandeling de verschillende factor is. Een blijvend dilemma hierbij is dat dit onderzoek niet moet worden uitgevoerd door chirurgen die nog in de leerfase zitten. Omdat er dan mogelijk geen eerlijke vergelijking wordt gemaakt. Aan de andere kant wil je een vergelijkend onderzoek ook niet uitvoeren wanneer de techniek zich al bewezen heeft. Het is echter heel lastig om te bepalen of en waar je precies in de leercurve zit en dat kun je uiteindelijk het beste bepalen wanneer de techniek geïmplementeerd is.

Voor maagoperaties is in een grote landelijke studie onderzocht of opereren met een kijkoperatie beter is dan de traditionele open manier, de LOGICA trial. We dachten dat er een overtuigend bewijs zou komen ten voordele van de kijkoperatie, maar het bleek dat er weinig tot geen verschil was tussen beide groepen. Interessant is dat we na een aantal jaar opnieuw hebben gekeken naar de resultaten in de dagelijkse praktijk in Nederland. Dit kunnen we doen omdat we in Nederland een verplichte registratie hebben van vrijwel alle complexe operaties voor kanker. Voor maag en slokdarmkanker noemen we dat de DUCA, wat staat voor 'Dutch Upper GI Cancer Audit'. De DUCA heeft een enorme schat aan data, waarin je met gerichte vragen kunt uitzoeken wat de effecten van sommige behandelingen zijn in de dagelijkse praktijk. Het onderzoek met de DUCA-data toonde aan dat er na een aantal jaar wel degelijk een verschil te zien was tussen patiënten die met een kijkoperatie een maagverwijdering kregen en patiënten die een traditionele open operatie ondergingen, ten voordele van de kijkoperatie. In de LOGICA trial was er aandacht voor de leercurve door een minimaal aantal operaties te stellen voordat ze aan het onderzoek konden meedoen. Aangezien pas later in de DUCA registratie de voordelen van de kijkoperatie duidelijk werden, hebben we hier de leercurve onderschat. Bij slokdarmoperaties was dit weer anders. Een groot Nederlands onderzoek, de zogenaamde TIME trial, heeft aangetoond dat de kijkoperatie beter was dan een open slokdarmoperatie. Er waren met name minder longproblemen, zoals longontsteking, in de groep met de kijkoperatie. Ook hier is jaren later in de DUCA bekeken wat de effecten in de dagelijkse praktijk waren en daar bleken deze voordelen op dat moment niet zichtbaar. Hierbij was het waarschijnlijk zo dat de centra die meededen aan de trial al door de leercurve waren, terwijl dit in de dagelijkse praktijk nog niet voor iedereen het geval was. Dit laat duidelijk zien dat het van belang om zoveel mogelijk kennis te delen en data blijvend te verifiëren over de tijd.

In recente jaren hebben we onderzocht of we ook operaties aan de alvleesklier via een kijkoperatie konden uitvoeren. Alvleesklieroperaties worden grofweg verdeeld tussen operaties aan de staart of operaties aan de kop van de alvleesklier. Bij het wegnemen van de kop van de alvleesklier wordt ook de twaalfvingerige darm, de galblaas en soms een klein deel van de maag verwijderd. Als u me 10 jaar geleden had gezegd dat we in Nederland dit soort operaties als kijkoperatie zouden uitvoeren, dan had ik me dat niet voor kunnen stellen. Inmiddels zijn we ver gekomen en werd in 2022 bijvoorbeeld meer dan een kwart van de Whipple-operaties via een kijkoperatie uitgevoerd. In Nederland hebben we verschillende onderzoeken gedaan om te bekijken of alvleesklieroperaties met een kijkoperatie tot een sneller herstel leiden in vergelijking met de open techniek. Voor de operaties aan de

staart heeft de kijkoperatie een duidelijk voordeel voor het herstel, voor operaties aan de kop, ofwel de Whipple-operatie is het nog niet duidelijk en wachten we de resultaten van een internationaal onderzoek af.

Met de onderzoeken naar kijkoperaties van de maag-, slokdarm- en alvleesklier wordt duidelijk dat een nieuwe techniek mogelijk beter is, maar dat voordat je deze verbetering ziet, er een leercurve doorlopen wordt. We willen natuurlijk deze leercurve zo kort mogelijk maken en dat kan op verschillende manieren. De eerste stap is om mee te kijken met iemand die het vaker doet. Dit kan in Nederland of in het buitenland. Soms is een tweede stap het oefenen van de nieuwe methode, of delen hiervan, op kunstweefsel (een soort nepweefsel, gemaakt van siliconen waarmee bijvoorbeeld hechttechnieken kunnen worden geoefend). Een derde belangrijke stap is het volgen van specifieke cursussen. Tijdens die cursussen geven experts tips en tricks en is er ruimte om te oefenen. Zoals de cursus voor maag- en slokdarmoperaties via een kijkoperatie in het UMC Utrecht en de cursus voor alvleesklieroperaties met een kijkoperatie in Amsterdam UMC. Tenslotte kun je dan onder begeleiding de operatie verrichten in je eigen centrum.

Bewust zijn van de stappen die je neemt, is belangrijk in het verkorten van de leercurve. Techniek helpt om inzichtelijk te maken wat een expert bewust en onbewust anders doet dan iemand die nog in een lerende fase zit. Wij hebben bijvoorbeeld een onderzoek gedaan met een apparaat dat je oogbewegingen volgt om verschillen te zien tussen experts en beginnende chirurgen. Met deze zogenaamde *eye tracker*, worden de vaak onbewuste oogbewegingen in kaart gebracht en zie je waar iemand zich op richt. Dit wordt ook in de supermarkt ingezet om de schappen zo efficiënt mogelijk in te richten. Bijvoorbeeld snoepjes voor kleine kinderen op de onderste schappen, aanbiedingen net naast vergelijkbare producten plaatsen die niet in de aanbieding zijn etc. We zagen met behulp van de *eye tracker* dat experts veel meer gefocust zijn op het gebied waar ze bezig zijn en minder bezig (hoeven) zijn met de omgeving. Door inzichtelijk te maken waar iemand precies naar kijkt, kunnen aanwijzingen ook gericht worden gegeven.

Ook beeldanalyse kan helpen om de leercurve te verkorten. Tijdens operaties aan de maag, slokdarm of alvleesklier voor kanker, moet je nadat je de kanker hebt verwijderd, opnieuw de aansluitingen maken zodat het maag-darmstelsel weer kan functioneren. Op de operatiekamer zeggen we dan regelmatig dat "het er goed uitziet". Dit zijn geruststellende woorden naar elkaar omdat een lekkage van zo'n aansluiting een zeer ernstige complicatie is waar mensen ook aan kunnen overlijden. Maar het was altijd de vraag in hoeverre dit nu werkelijk iets betekende.

In een gezamenlijk onderzoek met het Radboud UMC toonden we aan dat wanneer chirurgen het er goed uit vinden zien, dit ook gerelateerd is aan uitkomsten. Hier spelen dus onbewuste factoren mee, waar we blijkbaar allemaal van vinden dat die belangrijk zijn. Beeldanalyse en AI kunnen dit inzichtelijk maken en vertalen, zodat dit breder toepasbaar is. Je zou bijvoorbeeld een waarschuwing kunnen krijgen als er van het standaard of ideale patroon wordt afgeweken, of voorbeelden tijdens de operatie oproepen van welke stappen experts zetten in een bepaalde situatie. Dit zijn allemaal voorbeelden van technische innovaties die op dit moment al bestaan en waarvan ik verwacht dat ze in de komende jaren, stap voor stap een intrede doen op de OK.

In de verre toekomst zou je een *digital twin* kunnen maken van de patiënt. Een *digital twin* is eigenlijk een virtuele kopie van jezelf. In virtual reality kan je dan de operatie tot in de perfectie oefenen en uitvoeren. Heb je de perfecte operatie bereikt, dan sla je die op en dan laat je bijvoorbeeld een robot deze uitvoeren. Als je dit allemaal zou hoort, zou je kunnen denken dat we als chirurgen misschien wel overbodig worden? Ik denk dat je techniek niet zozeer als vervanging moet zien, maar als ondersteuning. De menselijke factor in ons werk, in het contact met de patiënt, ons empathisch vermogen, weten wat de patiënt wil en hierover praten, maar ook bijvoorbeeld ethische beslissingen, zijn denk ik lastig te vervangen.

Na de operatie

Als de operatie is uitgevoerd, dan volgt een laatste belangrijke fase: het herstel. En ook hier is er veel veranderd in de afgelopen jaren en zijn er verrassende gelijkenissen met het wielrennen. Er is meer aandacht voor een eiwitrijk dieet en direct bewegen na de operatie. Vroeger lag je in bed, met allerlei slangetjes en kreeg je het advies om vooral rustig aan te doen. In de afgelopen jaren is duidelijk geworden dat door snel uit bed te gaan met een opbouwend beweegschema je minder kans hebt op bijvoorbeeld longcomplicaties. Bewegen zorgt er ook voor dat de darmen sneller op gang zijn. Ook bij grote wielervedstrijden, zoals de Tour de France, zie je eenzelfde patroon. Werd je vroeger voor gek versleten als je na een zware etappe nog op de indoor trainer stapte. Tegenwoordig is dit helemaal omgekeerd en zie je complete wielerteams na de finish nog een paar kilometer extra maken bij de teambus.

Vaak is tien minuten al genoeg om opnieuw de natrium-kalium-pomp van je spieren weer aan te zetten en daarmee actief alle afvalstoffen af te voeren. Om dit na een operatie mogelijk te maken, hebben we er samen met ons team voor gezorgd dat er een hometrainer aanwezig is op de afdeling. En wat vooral belangrijk is, is dat het hele behandelteam, zowel de fysiotherapeut, verpleegkundig specialist, verpleegkundige en dokter allemaal hetzelfde zeggen tegen de patiënt en hem of haar stimuleren om te gaan bewegen.

Een tweede belangrijk element bij het herstel is het eten. Bij veel ingrepen is het de afgelopen jaren normaal geworden om meteen na de operatie weer op een normale manier te eten. Samen met het snel bewegen en andere maatregelen, als goede pijnstilling en zo min mogelijk slangetjes na de operatie, wordt dit ook wel een versneld herstelprogramma of **Enhanced Recovery After Surgery** protocol (ERAS-protocol) genoemd. Bij bijvoorbeeld operaties aan de darm is aangetoond dat het ERAS-protocol leidt tot een kortere opnameduur en minder complicaties. Bij operaties aan de slokdarm zijn veel ERAS-elementen met succes ingevoerd, maar was het wel de vraag of je snel zou kunnen starten met normaal eten na de operatie. In een groot onderzoek met meerdere centra toonden we aan dat er veilig gestart kan worden met eten direct na slokdarmoperaties en dat de maagslang weggelaten kan worden. In een vervolgonderzoek in een grotere groep patiënten uit ons eigen ziekenhuis, laten we zelfs zien dat dit leidt tot betere resultaten op de korte en de langere termijn. Er zijn minder complicaties en een kortere opname-

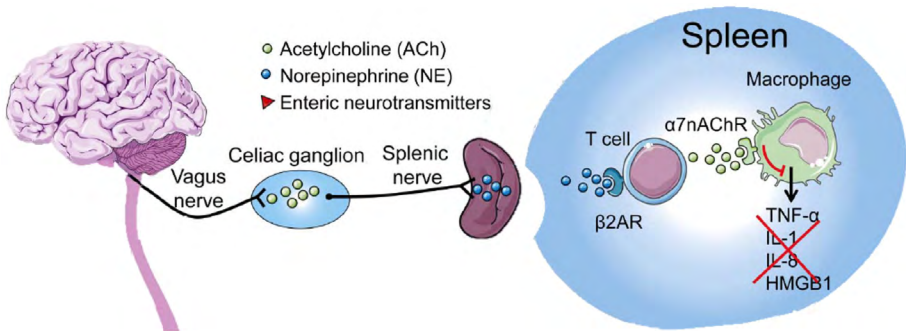
duur. Hierbij hebben alle verbeteringen die we de afgelopen jaren hebben gedaan, zoals het voorbereiden van de patiënt, het opereren met kijkoperatie en het versneld herstelprogramma, allemaal een meerwaarde.

Alhoewel we hier natuurlijk trots op zijn en dit al jaren toepassen, blijkt dat dit in de meeste ziekenhuizen in Nederland toch niet goed toepasbaar is. Welke factoren hierbij van belang zijn is nog onduidelijk en is onderwerp van onderzoek.

De uitdaging van een versneld herstelprogramma of ERAS-protocol is niet alleen het ontdekken waar je kunt verbeteren, maar er vervolgens ook voor zorgen dat het protocol gevolgd wordt. Het is aangetoond dat meer dan 70% van het protocol gevolgd moet worden om het programma ook daadwerkelijk succesvol te maken. Dit laatste is een ondergewaardeerd onderdeel van het ERAS-programma en moeilijker uit te voeren. Door de krapte op de arbeidsmarkt van verpleegkundigen en de afname van het aantal chirurgen in opleiding, is het vaak uitdagend om te zorgen dat de kennis van deze nieuwe ontwikkelingen adequaat aanwezig is en dat de protocollen die er liggen goed uitgevoerd worden. Enerzijds kun je de patiënt eigenaar maken van zijn of haar eigen zorgpad, maar het is ook belangrijk om de kennis zo makkelijk mogelijk beschikbaar te maken voor zorgverleners. Programma's die gericht zijn op beslisondersteuning zouden hier een uitkomst kunnen bieden. Deze programma's of apps kunnen de zorgverlener helpen door mee te denken en aan te geven welke handelingen kunnen of moeten worden verricht in een bepaalde fase van het zorgpad.

Neuromodulatie

Behalve het optimaliseren van de zorg rondom de operatie, kun je ook actief proberen om het herstel te bevorderen. Al sinds mijn promotietijd ben ik bezig om te onderzoeken in welke mate je de afweerreactie die je na operatie krijgt kan beïnvloeden om zo het herstel te bevorderen. Ik zal u toelichten waarom een afweerreactie een rol speelt. Een natuurlijke reactie van het lichaam op een weefseltrauma, bijvoorbeeld wanneer er gesneden wordt in een lichaam, is het in gang zetten van een ontstekingsreactie om eventuele indringers in het lichaam op te sporen en te neutraliseren. Bij een operatie doen wij er echter alles aan om te voorkomen dat indringers, zoals bacteriën, in het lichaam kunnen komen. Dat doen we door bijvoorbeeld een steriel veld te creëren. Een overmatige ontstekingsreactie is dan niet nodig en kan in sommige gevallen ook nadelig zijn. Het liefste zou je dit willen aangeven aan het lichaam, zodat het duidelijk is dat er in deze situatie geen gevaar is. In de afgelopen jaren is bekend geworden dat deze ontstekingsreactie te beïnvloeden is via het autonome zenuwstelsel. Het autonome zenuwstelsel regelt allerlei processen in ons lichaam, waar we grotendeels onbewust van zijn en weinig invloed op hebben. Zoals de darmbewegingen en processen die belangrijk zijn bij de opname van voedingsstoffen. We hebben eerder aangetoond dat je door het geven van vetrijke voeding het autonome zenuwstelsel kan aanschakelen en op die manier de ontstekingsreactie kunt beïnvloeden. Alhoewel dit een heel mooi effect had in allerlei experimentele studies en bij gezonde vrijwilligers, hebben we bij een groot onderzoek met patiënten niet kunnen aantonen dat het van meerwaarde is. We weten niet precies waardoor dit komt. Het zou kunnen dat door alle verbeteringen rondom de operatie, het effect relatief klein was of dat de samenstelling van de voeding niet optimaal was om een goede stimulant te geven aan het zenuwstelsel. Naast vetrijke voeding kun je het autonome zenuwstelsel ook aanschakelen door elektrische stimulatie. Dit kan via een belangrijke hersenzenuw, de 10^e hersenzenuw, ook wel de nervus vagus genoemd. Recent is ontdekt dat je ook een zenuw die langs de miltslagader richting de milt loopt kunt stimuleren. Door meerdere groepen is aangetoond dat het stimuleren van de zenuwen van het autonome zenuwstelsel, ook wel neuromodulatie genoemd, veelbelovend is (Figuur 3).



Figuur 3. Stimulatie van de nervus vagus of de miltzenuw leidt tot het vrijkomen van acetylcholine dat in de milt bindt aan inflammatoire cellen. Dit heeft als gevolg dat er minder inflammatoire cytokines worden geproduceerd.

Maar het lukt niet om voor deze veelbelovende techniek de vertaalslag te maken naar een klinische toepassing. Daarbij is voornamelijk naar het stimuleren van de nervus vagus gekeken. We weten dat het elektrisch stimuleren van deze zenuw nare bijwerkingen kan geven, zoals heesheid of een te trage hartslag. Stimuleren van de miltzenuw zou daarom wat meer doelgericht zijn met minder bijwerkingen. In diersmodellen is aangetoond dat het stimuleren van de miltzenuw minstens even goed, en in sommige modellen zelfs beter, werkt als stimulatie van de nervus vagus. Het nadeel van miltzenuwstimulatie is dat er een operatie nodig is om deze te bereiken. De miltzenuw zit diep in het lichaam verborgen, dicht bij de alvleesklier, en is moeilijker te bereiken. Bij operaties voor slokdarmkanker komen we dicht bij deze zenuw omdat de lymfeklieren die eromheen zitten weggehaald worden als onderdeel van de slokdarmoperatie. In een eerste studie in de mens hebben we bekeken of stimulatie van de miltzenuw bij deze patiënten mogelijk is en veilig kan worden uitgevoerd. Voor de patiënt is het een relatieve lage belasting om dit tijdens een slokdarmoperatie te doen, omdat er toch in dit gebied al geopereerd wordt. We hebben in dit onderzoek met een beperkt aantal patiënten ontdekt dat stimulatie van de miltzenuw mogelijk is en veilig kan worden uitgevoerd. Bovendien was de gemeten ontstekingsreactie in deze groep lager dan vergelijkbare patiënten waarbij de miltzenuw niet was gestimuleerd. We zijn nu bezig om een tweede studie op te zetten om te bekijken of dit effect ook op de ontstekingsreactie en mogelijk ook op de complicaties, gezien wordt in een grotere groep patiënten.

Toekomst

Hopelijk heb ik u wat meer duidelijk kunnen maken dat technische ontwikkelingen belangrijk zijn om elk facet van de chirurgische behandeling van patiënten met kanker te verbeteren. Hierbij ben ik ervan overtuigd dat elke verbetering, hoe klein ook, uiteindelijk leidt tot een enorme sprong voorwaarts. Naast alle mogelijkheden die nieuwe technieken kunnen bieden, zijn er ook een aantal uitdagingen. Om bijvoorbeeld AI goed te kunnen testen en verbeteren, is er veel data nodig. Bij het gebruik van veel data is belangrijk dat de privacy gewaarborgd blijft. Hiervoor zijn slimme oplossingen nodig. Mogelijk kunnen blockchain technologie of andere manieren om data te beveiligen hierbij een rol spelen. Een tweede uitdaging is de communicatie tussen systemen, artsen en ziekenhuizen. Door meer concentratie en netwerkzorg, zal dit een steeds belangrijker probleem worden. Momenteel zijn er verschillende elektronische patiëntdossiers beschikbaar die onderling niet compatibel zijn. Daarbij is het soms vanwege de privacyregels moeilijk om de informatie van een patiënt te versturen. Hierdoor gaat informatie verloren of wordt minder goed overgedragen met misschien ernstige gevolgen. Het zou toch mogelijk moeten zijn dat een patiëntdossier voor iedereen beschikbaar en inzichtelijk is en te allen tijden kan worden geraadpleegd? En hoe moeilijk kan het zijn zou je zeggen? Kijk naar mijn kinderen, die online kunnen gamen met verschillende vrienden over de hele wereld, ook al gebruiken ze verschillende apparaten. Alles communiceert met elkaar en ze hebben 1 spel waarin ze elkaar zien en spreken in een zogenoemde party. Als het met Fortnite kan, dan zou het ook mogelijk moeten zijn om een dergelijk systeem te bedenken voor het uitwisselen van patiëntinformatie, zodat de kwaliteit van zorg optimaal blijft.

Het is de verwachting dat de ontwikkelingen in een steeds sneller tempo gebeuren en hier dragen de ontwikkeling van AI en de mogelijke komst van quantumcomputers, een soort supercomputers, aan bij. Er kan zelfs een punt komen dat de technologie zich zo snel ontwikkelt met behulp van AI, dat er geen menselijke tussenkomst meer nodig is. Dit heet ook wel de technologische singulariteit en is voor het eerst geïntroduceerd in 1993 door de wiskundige en informaticus Vernor Vinge. Op dit punt zouden er dan superintelligente machines kunnen ontstaan, die in staat zouden zijn om problemen op te lossen die momenteel buiten het bereik van het menselijke brein liggen. Dat kan heel positief werken, maar ook mogelijke negatieve gevolgen hebben. Hollywood heeft dankbaar gebruikgemaakt van dit

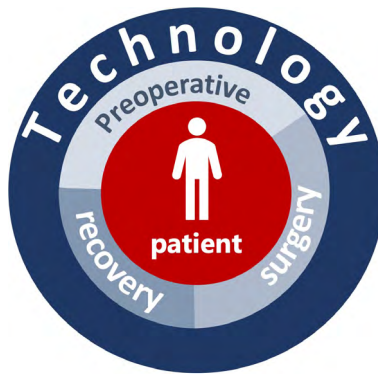
toekomstscenario in films als *The Terminator* en *The Matrix*. In deze films wordt een toekomstbeeld geschetst, waar de mens onderschikt is aan machines. Toen ik die films keek, was dit voor mij echte science fiction en ver weg, maar dat komt nu door alle ontwikkelingen wel steeds een stapje dichterbij.

Niet alleen in films, maar ook in ons dagelijks leven worden we soms geconfronteerd met de nadelen van nieuwe technologie. Het gebruik van algoritmen in social media bijvoorbeeld, kunnen ons wereldbeeld kleuren door alleen de informatie naar een gebruiker te sturen die op een moment aangeklikt of gekozen is. Ook kunnen algoritmen die ontwikkeld zijn voor informatievoorziening, profilering en risico-inschatting, onbedoelde ernstige gevolgen hebben, zoals het gebruik van een algoritme bij de toeslagenaffaire. Het is belangrijk om te beseffen dat deze technieken gemaakt worden door mensen met bepaalde ideeën en waarden, in een bepaalde tijd en met een bepaald doel. En als de aanname die in het beginsel is gemaakt, verandert door de tijd, of dat er onbedoelde negatieve effecten waren, dan moet ook het algoritme hierop worden aangepast. Soms is het echter zo dat door de hoeveelheid aan data en het gebrek aan mankracht, het niet altijd lukt om hier goed controle op uit te oefenen en het eventueel aan te passen. Andere belangen kunnen dan zwaarder wegen, waardoor er pas ingegrepen wordt als het te laat is, met alle negatieve gevolgen van dien. Deze mogelijke negatieve gevolgen hebben er zelfs toe geleid dat AI op een lijst is gezet door wetenschappers die waarschuwen voor bedreigingen die ons voorbestaan als mens in gevaar kunnen brengen. Hierbij moet u denken aan nucleaire gevaren, klimaatverandering en nieuwe technologieën. Het wetenschappelijke tijdschrift *The Bulletin*, opgericht in 1945 door Albert Einstein en Robert Oppenheimer, beschouwt AI als de "meest significante ontwikkeling" op het gebied van ontwrichtende technologie en heeft de "Doomsday Clock" opnieuw op "90 seconden voor twaalf" gezet. Ook geeft het bulletin aan dat er een noodzaak is voor wereldwijde wet- en regelgeving om de gevaren van AI te beheersen. Dit is een hele duidelijke wake-up call dat we bewust moeten zijn van de impact en dat we hier duidelijke spelregels voor opstellen. De ontwikkelingen en innovaties zullen namelijk doorgaan en zullen onze levens, maar ook het beroep arts, de komende jaren veranderen. Ik weet niet of het zover gaat komen dat machines het over gaan nemen, zoals het beeld dat Hollywood schetst. Ik denk dat we techniek moeten gebruiken als ondersteuning en daarbij moeten proberen oog te hebben voor de menselijke factor.

Mijn persoonlijke blik op de toekomst is heel positief, want ik zie heel veel mogelijkheden. Wat zou het toch fantastisch zijn als je in de toekomst in de spreekkamer, met een druk op de knop een persoonlijk behandelplan kan maken voor een

patiënt. Door enorme datasets in een kwestie van seconden te analyseren, waarbij we alle informatie die we beschikbaar hebben en de individuele eigenschappen van de patiënt meenemen. Je zou op basis van dit plan dan ook een model kunnen maken, waar je als chirurg virtueel kan testen welke benadering optimaal is voordat je naar de operatiekamer gaat. Ook zouden operaties op die manier beter getraind kunnen worden, zodat de patiënt altijd de beste behandeling met de minste nevenschade krijgt. Hiermee kun je heel veel problemen die we nu ondervinden oplossen. Maar ook de implementatie van de technieken die nu al beschikbaar zijn in de standaard klinische praktijk kunnen voor een verbetering zorgen. Zoals de eerdergenoemde neuromodulatie, 3D-technieken en augmented reality, zoals nu al tastbaar wordt in de Apple Vision Pro. En misschien klinkt dit alles nog ver weg en lijken sommige zaken nu science fiction maar ja...zo is Star Trek ook ooit begonnen. We denken er niet bij na, maar veel van wat er toen in de serie te zien was, is uiteindelijk werkelijkheid geworden. Zo kijken we niet meer op van automatische deuren of 'smartphones' die gebruikt werden.

Door technieken die al voorhanden zijn te integreren in de medische praktijk, nadat de meerwaarde in onderzoek bewezen is, komen we steeds een stapje dichterbij. De techniek zal als een extra 'schil' zijn rondom het perioperatieve proces (Figuur 4). Een goede samenwerking tussen technici en medici is daarbij van essentieel belang en zal door de snelle ontwikkeling van de techniek de komende jaren alleen maar belangrijker worden.



Figuur 4. De chirurgische patiënt doorloopt drie verschillende fasen, de preoperatieve, de peroperatieve (surgery) en de postoperatieve fase (recovery). Techniek zit als een extra 'schil' rondom deze fase en kan helpen om de uitkomsten te verbeteren.

Dankwoord

Van de toekomst nu weer terug naar het heden en het is een eer om u hier toe te mogen spreken. Dat is de verdienste van velen die ik ook graag wil bedanken. Ik dank het College van Bestuur van de Technische Universiteit Eindhoven en de bestuurders van de faculteit Electrical Engineering voor het instellen van deze leerstoel en het in mij gestelde vertrouwen. De Raad van Bestuur van het Catharina Ziekenhuis, wil ik danken voor de mogelijkheden die geboden worden om een innovatief en wetenschappelijk klimaat en onderzoek te stimuleren.

Veel dank aan mijn collega's van de vakgroep chirurgie in het Catharina Ziekenhuis voor de steun en mogelijkheden die we elkaar gunnen om onszelf te kunnen ontwikkelen. Het is ongelooflijk wat we de afgelopen jaren als groep hebben bereikt op verschillende vlakken. Iedereen is ambitieus en gedreven en probeert steeds weer te vernieuwen en vooruit te gaan. Het zijn spannende tijden met alle veranderingen die momenteel gaande zijn en ik hoop nog lange tijd deelgenoot van deze mooie groep te mogen zijn!

Dank ook aan alle onderzoekers en promovendi waar ik de afgelopen jaren mee heb mogen werken. Jullie zijn de motor van het onderzoek en het is erg leuk en inspirerend om steeds met jonge enthousiaste en gedreven mensen te mogen werken. Het onderzoek gaat altijd tussen de klinische werkzaamheden door en ik waardeer jullie flexibiliteit en zelfstandigheid dan ook enorm. De research-afdeling van het CKI en van het ziekenhuis wil ik bedanken voor al hun hulp en inzet. Het wordt met de jaren steeds drukker en ondanks dat vinden jullie altijd weer mogelijkheden om te ondersteunen. Ook wil ik iedereen bedanken binnen de e/MTIC-samenwerking. We hebben al veel bereikt in korte tijd en het is fantastisch om te zien hoeveel we van elkaar leren en elkaar kunnen versterken.

Medisch specialisten van het Catharina Ziekenhuis, dank voor de collegialiteit, samenwerking en steun in de afgelopen jaren. Ook het hele team waarmee ik dagelijks werk, van 'onze' arts-assistenten, fellows, chefs, OK-assistenten, anesthesie-medewerkers, verpleegkundigen op de chirurgische afdeling, dokters-assistenten, secretaresses, planners tot de afdelingsmanagers, zorggroep-managers, adviseurs en teamleiders. Jullie creëren allemaal een leuke en inspirerende werkomgeving waarin de beste zorg voor de patiënt in de breedste

zin altijd voorop staat. Ook wil ik Galvani en Medtronic bedanken voor de steun en mogelijkheden die jullie hebben geboden om veel van onze ideeën uit te kunnen zoeken.

Een woord van dank aan de collega's van de vakgroep Signal Processing Systems met in het bijzonder prof.dr.ir. Jan Bergmans en prof.dr.ir. Massimo Mischi. Jullie legden voor mij de basis op de TU/e en hebben het mede mogelijk gemaakt om een unieke samenwerking te starten tussen het Catharina Ziekenhuis, de TU/e en Philips research. Samen met een ongelooflijk inspirerend team hebben we in korte tijd veel bereikt.

Dank aan prof.dr. Wim Buurman die samen met prof.dr. Jan Willem Greve het zaadje voor onderzoek al vroeg plantte tijdens mijn promotieonderzoek. De lessen die ik van jullie heb geleerd, pas ik nog regelmatig toe en ik probeer dit ook weer over te brengen aan andere onderzoekers.

Veel dank aan mijn familie en vrienden die me altijd hebben ondersteund en die bijgedragen hebben aan wie ik nu ben.

Mijn schoonouders, Els en Chris. Els was altijd overtuigd dat Eindhoven de beste keuze was voor ons gezin en ze heeft zeker gelijk gekregen. Het is jammer dat ze hier niet meer bij kan zijn, maar ze zal er in herinnering voor altijd bij zijn. Chris, ongelooflijk hoe jij jezelf weer opnieuw hebt uitgevonden en veel dank voor je steun.

Veel dank ook aan mijn ouders, die me in alles onvoorwaardelijk gesteund hebben en papa, prachtig dat je mee hebt gedacht en input hebt gegeven voor deze rede. Gabri, dank voor je creatieve ideeën bij het maken van de uitnodiging.

En dan mijn gezin: Lara, Olav en Casper, wat ben ik ontzettend trots op jullie! Fantastisch om te zien hoe jullie groot worden en mooi dat jullie allemaal je eigen weg kiezen. Heel speciaal dat jullie hebben meegegedacht, meegeleefd en adviezen hebben gegeven.

En natuurlijk Noor. Je vormt de kern van mijn bestaan en houdt me in balans. Je kritische en scherpe blik, daagt mij keer op keer uit om te groeien en te streven naar het beste. Hoewel je bescheiden bent en zegt dat dit mijn feestje is, weet ik maar al te goed dat we dit samen hebben bereikt. Je hebt me altijd gesteund en samen hebben we al veel doorgemaakt. Samen sterk, voor nu en in de toekomst. Of zoals je moeder zou zeggen; "Ge wit er alles van..."

Ik heb gezegd.

Curriculum vitae

Prof.dr. Misha Luyer werd op 1 mei 2023 benoemd tot deeltijd hoogleraar Health Technology in Oncological Surgery aan de faculteit Electrical Engineering van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e).

Na het afronden van zijn opleiding Geneeskunde aan de Radboud Universiteit Nijmegen, startte Misha Luyer zijn promotie aan de Universiteit Maastricht. In 2005 combineerde hij een promotie met zijn chirurgische opleiding (AGIKO) en behaalde hij zijn doctorstitel in 2006 met een proefschrift over 'The nutritional reflex; influencing gut barrier function and inflammation'. Na het afronden van zijn chirurgische opleiding begon hij als fellow in het Catharina Ziekenhuis Eindhoven in 2010 en werd hij daar maatschapslid in 2012. Zijn onderzoek richt zich op het verbeteren van de zorg bij complexe chirurgie, variërend van prehabilitatie en minimaal invasieve chirurgie tot het versneld herstelprogramma, met een speciale focus op maag-, slokdarm- en pancreaschirurgie. Als zodanig heeft hij aan verschillende onderzoeken deelgenomen en ook zelf geïnitieerd, subsidies verkregen en meerdere promovendi begeleid. Als onderdeel van het Eindhoven Medtech Innovation Center (E/MTIC) werd hij in 2021 aangesteld aan de Faculteit Electrical Engineering van de TU/e. Hij heeft meer dan 250 artikelen gepubliceerd, bijgedragen aan diverse hoofdstukken in boeken en staat vermeld op verschillende octrooiaanvragen.

Colofon

Productie

Communicatie Expertise
Centrum TU/e

Fotografie cover

Bart van Overbeeke
Fotografie, Eindhoven

Ontwerp

Grefo Prepress,
Eindhoven

Digitale versie:
research.tue.nl/nl/

Bezoekadres

Gebouw 1, Auditorium
Groene Loper, Eindhoven

Navigatieadres

De Zaale, Eindhoven

Postadres

Postbus 513
5600 MB Eindhoven
Tel. (040) 247 9111
www.tue.nl/plattegrond

The logo for TU/e, consisting of the letters 'TU/e' in a bold, sans-serif font. The 'e' is lowercase and has a distinctive shape with a horizontal bar at the top.

**EINDHOVEN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY**