



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Welke waarheid mag door?

Arbous, S.M.

Citation

Arbous, S. M. (2025). *Welke waarheid mag door?*. Leiden. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4255816>

Version: Publisher's Version

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4255816>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Prof. dr. Sesmu M. Arbous

Welke waarheid mag door?



Universiteit
Leiden

Bij ons leer je de wereld kennen

Welke waarheid mag door?

Oratie uitgesproken door

Prof. dr. Sesmu M. Arbous

bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar

Intensive Care Geneeskunde,

in het bijzonder de integratie van technologie in de patiëntenzorg

aan de Universiteit Leiden

op vrijdag 4 juli 2025



**Universiteit
Leiden**

“Nel mezzo del cammin di nostra vita mi ritrovai pér una selva oscura, ché la diritta via era smarrita”.

“In het midden van de reis van ons leven, bevond ik me in een donker bos, omdat ik de juiste weg was kwijtgeraakt”.

Dit zijn de openingsregels van de *Divina Commedia*, door Dante Alighieri. Ik kom hier later op terug.^{1,2}

Mevrouw de rector magnificus, geachte leden van het College van Bestuur van de Universiteit van Leiden, geachte leden van de Raad van Bestuur van het LUMC, zeer gewaardeerde collega's, studenten, vrienden, en familie.

“Welke waarheid mag door?”

De dokter bevond zich in de deuropening van een patiëntenkamer op de intensive care (IC), en nam alles wat ze zag langzaam in zich op. Monitoren en het beademingsapparaat knipperden met cijfers die voortdurend veranderden, alarmsignalen piepten uit de infuuspompen, en midden in dit technologische landschap stonden ook nog eens een ECMO (een hartlongmachine) en een CVVH-machine (een soort dialyse apparaat). De patiënt, omgeven door al deze technologie, werd diep in slaap gehouden en merkte niets van haar aanwezigheid, noch van de verpleegkundige, fellow en arts-assistent, naast haar.

Een zoveelste alarm doorbrak haar gedachten. Deze patiënt lag hier al 21 dagen, sinds een ogenschijnlijk routine bypass-operatie van de kransslagaders. *Waarom* had hij een ‘ARDS’ en *waarom* was er een ‘sepsis’ vanuit de buik ontstaan? ‘ARDS’ betekent ‘hele zieke longen’ en ‘sepsis’ is een ‘hele ernstige infectie’. *Waarom* was de IC-geneeskunde nog steeds gevuld met dit soort syndromen, verzamelnamen voor symptomen, zonder een diep begrip van de oorzaak van een ziekte? En *waarom* worstelde het team – dat beschikte over de nieuwste technologieën – nog steeds, om zijn toestand te verbeteren?

Ze draaide zich om en liep weg, even afstand nemend om na te denken. Wat was de geneeskunde veranderd sinds haar studententijd. Technologie, en in het bijzonder Artificiële Intelligentie, AI, was inmiddels overal: in diagnostiek, therapeutische adviezen, monitoring en administratieve processen. Toch begreep ze deze patiënt nauwelijks beter dan twintig jaar geleden.

Ze beseftte steeds scherper dat de IC-geneeskunde al decennialang nauwelijks vooruitgang had geboekt in het begrijpen van de echte biologische en pathofysiologische processen, die al deze aandoeningen veroorzaken. Intuïtie en ervaring bleken in de praktijk nog steeds belangrijker dan iedereen ooit durfde toe te geven, ondanks alle evidence-based richtlijnen. Ze realiseerde zich verder dat dit beeld van deze patiënt op de IC een metafoor kon zijn, een metafoor *is*, voor het kruispunt waarop de gezondheidszorg en de technologie op dit moment staan.

Eenzijds is de zorgvraag explosief aan het stijgen. De vergrijzende bevolking, met méér chronische ziekten, de technologische ontwikkelingen en de toenemende welvaart drijven de vraag naar zorg op.^{3,4,5}

Anderzijds groeit ook het probleem van de personele houdbaarheid, en dat is het grootste probleem: het aantal personen dat in de zorg kan werken staat onder druk, o.a. door de hoge werkbelasting, burn-out, dure vervangingen en de vergrijzing. Terwijl we ze harder dan ooit nodig hebben: voor de één op de zeven mensen die heden ten dage in de zorg werken, zijn er één op de drie nodig in 2060.⁶

Deze factoren leiden tot enorme zorguitgaven. De zorguitgaven in Nederland zullen tussen nu en 2060 per persoon verdrievoudigen, in alle leeftijdsklassen; en in 2060 ongeveer 291 miljard euro bedragen.

In ditzelfde landschap hebben we te maken met een snelle ontwikkeling van technologie en een exponentiële groei aan medische data. *Data* die onze menselijke capaciteit om ze te

verwerken ver overstijgen. *Data* die vragen om de kracht van artificiële intelligentie. En *data* die kunnen worden omgezet in kennis en in wijsheid.

En omdat mijn leerstoel is *Intensive Care geneeskunde, in het bijzonder de integratie van technologie in de patiëntenzorg*, en de belangrijkste focus voor mij, *data-gedreven zorg en AI* is, zal ik me in deze verdere uiteenzetting vooral op data-technologie focussen, terwijl ik me ervan bewust ben, dat een deel van mijn overwegingen niet alleen voor data-technologie gelden, maar ook voor de vele innovatieve technologieën die we hedendaags gebruiken.

We *weten niet* hoe de wereld er in 2060 uit zal zien. We kunnen er over speculeren maar eigenlijk hebben we geen idee. Dus wil ik een reis gaan maken vanuit het perspectief van de dokter. Een reis die gaat over kansen, uitdagingen, gevaren, en balans. Over keuzes en loslaten, over de menselijke interconnectie, die exponentieel is toegenomen (denk aan onze smartphones, wearables, en sociale netwerken) en over *de waarheid*, die niet bestaat.

Ik denk dat we de getallen, die ik u net gaf, zeer serieus moeten nemen en ze daarna, in zekere zin, moeten loslaten, want we hebben toch geen idee hoe het echt gaat lopen. Of niet zozeer loslaten, maar ze als drijvende kracht gebruiken, om de zorg van de toekomst, met behulp van technologie, te verbeteren.

Het is een reis over integratie, op een manier zoals ik gevormd ben. Toen ik ooit zelf afstudeerde als arts, kreeg ik van mijn ouders drie prachtige, door Gustave Doré geïllustreerde boeken van Dante Alighieri's *Goddelijke Komedie*, geschreven tussen 1307 en 1321. Misschien vraagt u zich af waarom ik begon met een citaat uit een oud boek uit de Florentijnse Republiek. Wat Dante schrijft is zo modern als wat, en klopt heden ten dage nog steeds. Dante had de menselijke geest, en de gelaagdheid van beslissingen en keuzes, heel goed door. Hij beschrijft de verkenning van de menselijke geest als een reis in cirkels,

steeds dieper afdalend naar de kern. Alsof je een ui afpelt. En het thema reizen heb ik met de paplepel ingegoten gekregen, net zoals *de balans*, die je altijd moet zoeken, want '*wat is de waarheid?*'

En net zoals Dante zijn reis beschrijft, staan ook wij aan het begin van een ingewikkelde reis. Een reis waarin we AI op een verantwoordelijke en zinvolle manier, niet slechts moeten implementeren, maar werkelijk *integreren*, en waar we een aantal spelers hebben: Data, en technieken om iets met die data te doen. Zorg-professionals, zorginstellingen en regelgevende instanties, die iets met die data willen doen. En de maatschappelijke ontwikkeling die er een sterke mening over heeft.

En centraal, in het midden van dit bos zagezegd, onze patiënt. Maar niet de patiënt moet ons kompas, onze poolster zijn. Nee, juist met de kansen en uitdagingen van AI en andere technologieën, moet *de relatie tussen arts-patiënt*, tussen verpleegkundige-patiënt, of in het algemeen, tussen zorgprofessional-patiënt, de *menselijke relatie*, ons kompas zijn. Hoezeer die relatie ook onder druk zal komen te staan. De arts-patiënt relatie gaat namelijk over het uitwisselen van informatie. En in deze informatie-technologische wereld, wordt die relatie stééds essentiëler. Want alleen in die ontmoeting ontstaat vertrouwen, krijgt een voorspelling vanuit data, betekenis, en zal juist de relatie ervoor zorgen, dat we technologie en de menselijke maat, in balans kunnen houden.

Maar, laat ik bij het begin beginnen. Ik heb het, in algemene termen, over *een kruispunt* gehad. En net zoals iedereen, heeft u vast en zeker allemaal in uw leven, *méermalen* op kruispunten gestaan. Sommige kruispunten duidelijk, sommige wat minder duidelijk, sommige groot en levens-veranderend, sommige klein maar daarom niet minder belangrijk, want je moest altijd kiezen... ga ik links of rechts of rechtdoor.

Maar, *waarom* dan precies, staat integratie van technologie in de zorg, op een kruispunt?

En, ‘wat’ willen we precies ‘*waarin*’ integreren, ‘*hoe*’ kunnen we dat doen, en het allerbelangrijkste: ‘*waarom*’ willen we het? Wat is ons doel?

Het ‘*wat*’ is een Cyber-fysiek systeem. Integratie van technologie in de patiëntenzorg is eigenlijk het samenbrengen van twee compleet verschillende werelden. Namelijk, van een fysieke wereld waar van alles gebeurt en je van alles kunt meten. En een cyber laag: een laag van software en algoritmes, die de gegevens van de fysieke wereld interpreteren en een zekere betekenis geven, en die de nieuwe informatie ook weer doorstuurt naar het fysieke systeem.

Het ‘*waarom*’ is een dieper patiënten-begrip, meer gepersonaliseerde zorg, en efficiëntere werkprocessen.

Maar wat is eigenlijk *integratie*? Integratie komt van het Latijnse werkwoord *integrare* en betekent letterlijk: ‘samenvoegen tot een eenheid’, ‘opgaan in het geheel’ en ‘nieuw maken’. Het is een wederkerig concept waarin beide partijen zich aanpassen en elkaar beïnvloeden, zodanig dat de uitkomst iets nieuws is. En integratie vraagt erom, om complexiteit te omarmen, en eenheid na te streven. In die zin geeft het woord ons al enige duiding en sturing. Maar eigenlijk is het woord eronder *tangere* en dat betekent: aanraken. En dan betekent *intact*- ónaange-raakt en betekent *integriteit* - óngeschonden. De heilige relatie van arts-patiënt zal worden aangeraakt in deze ‘Health Care 4.0 Revolutie’, maar mag niet geschonden uit de strijd komen. En laten we ons realiseren: perfecte integratie bestaat niet. Maar de voorwaarde is, dat het lijntje (*de verbinding*), van arts-patiënt, van verpleegkundige-patiënt, intact blijft. Dat moet in ieder geval het streven zijn.⁷

Ik wil even kort uitleggen wat een ‘*IC-patiënt*’ is, en wat ‘*een IC*’ inhoudt, omdat niet iedereen hiermee bekend is. De IC-geneeskunde bestaat ongeveer een eeuw. In 1923 startte neurochirurg Walter E. Dandy in het John Hopkins ziekenhuis een kleine afdeling voor intensieve observatie na neurochirurgie.

Dit was het eerste klinische ‘intensive-care’ concept. Tijdens de polio-epidemie van 1952-1953 bewees anesthesioloog Bjørn Ibsen in Kopenhagen, dat continue positieve-drukbeademing en gespecialiseerde verpleegzorg, de sterfte flink konden verminderen. Dit leidde tot de eerste moderne IC. Peter Safar bracht beide ontwikkelingen samen, en stichtte in 1958 in Baltimore de eerste multidisciplinaire IC. Mede dankzij hem werd IC-geneeskunde in 1970 een officieel medisch specialisme.

Sindsdien heeft intensive care geneeskunde enorme sprongen gemaakt, in monitoring, orgaanondersteuning en gestandaardiseerde definities van bijvoorbeeld sepsis en ARDS. En dit heeft de overleving sterk verbeterd.

Toch heeft de vooruitgang, sinds 2000, stilgestaan. Talloze trials blijven negatief of spreken elkaar tegen, vooral omdat we nog steeds patiënten met ‘syndromen’ randomiseren, die oppervlakkig gezien op elkaar lijken, maar biologisch sterk verschillen. Volgens Maslove, en ik ben het met hem eens, bevinden we ons nu in een nieuwe “precisie-fase”. We moeten afscheid nemen van syndroomlabels, en patiënten op een veel dieper biologisch en pathofysiologisch niveau begrijpen. Door te kijken naar zogenaamde ‘*endotypes*’ (biologisch onderscheidende groepen) en ‘*treatable traits*’ (meetbare kenmerken die de respons op behandeling voorspellen) kunnen diagnostiek en therapie preciezer worden.^{8, 9, 10}

Lang dachten we, dat gedetailleerde inzichten op cel- en moleculair niveau, voldoende zouden zijn om het hele verhaal van de IC-patiënt te ontsluiten. Inmiddels beseffen we, dat de biologie zo complex is, dat we, naast klassieke mechanistische kennis, ook massale en diverse data nodig hebben, zoals genetische informatie, monitor data en data uit patiëntendossiers. AI-systemen zoals *AlphaFold3*, dat op basis van gigantische DNA-sequentie- en eiwitstructuurdatabases, in één stap complete eiwit-interacties voorspelt, laten ons zien dat deze data-gedreven aanpak, *verborgen* biologische processen sneller en nauwkeuriger blootleggen dan de oude methoden.²² De

conclusie is dat we basaal en translationeel onderzoek nodig blijven hebben, maar dat we dit moeten combineren met innovatieve data- en andere technologische ontwikkelingen.

Als we nu even inzoomen op onze IC-patiënt, dan heeft u vast al door, dat mijn beschrijving een versimpeling is. De situatie in de IC-kamer kenmerkt zich door veel input en output.

Er wordt veel gevraagd van artsen en verpleegkundigen. Elke volwassen IC-patiënt ondergaat dagelijks zo'n 200 technische handelingen en interventies, en vereist ruim 240 klinische beslissingen, dat is elke vijf à zes minuten een klinische keuze. Hoewel verpleegkundigen het merendeel van de handelingen uitvoeren, nemen artsen en verpleegkundigen samen, de vele beslissingen.^{11, 12}

6 Tegelijkertijd komt er voortdurend een grote stroom, complexe, multidimensionale data binnen, variërend van monitor-data van vitale functies tot data uit beeldvorming. Per patiënt verwerkt een intensivist gemiddeld 2-10 MB data per uur, vergelijkbaar met duizenden pagina's tekst zonder plaatjes. Ter vergelijking, een chirurg/hartchirurg verwerkt tijdens een operatie 1-5 MB per uur. Dit leidt tot een hoge cognitieve belasting bij intensivisten en verpleegkundigen, die real-time, kritieke keuzes moeten maken.^{13, 14, 15, 16}

Ook aan de output-kant, ligt de IC-patiënt er niet om. Er worden jaarlijks 75,000 volwassen IC-patiënten opgenomen in Nederland, en geschat 40-60 miljoen wereldwijd. En ruim één derde tot bijna de helft van alle IC-overlevers, moet binnen een jaar opnieuw in het ziekenhuis worden opgenomen. En bijna 40% daarvan, heeft ziektes, die potentieel voorkómbaar waren of buiten het ziekenhuis behandeld hadden kunnen worden, zoals infecties en verergering van COPD en hartaandoeningen^{17, 18, 19, 20} De kosten die hiermee gemoeid zijn, zijn enorm.

En de vraag is: “Kan AI ons met al deze problemen helpen?”

Het zal u niet zijn ontgaan, dat AI zich buiten de zorg razend-snel ontwikkelt: *ChatGPT* haalde binnen twee maanden 100 miljoen gebruikers. *AlphaFold 3* voorspelt eiwitstructuren binnen minuten. En onze rekenkracht en datasets verdubbelen sneller dan ooit. Megaprojecten zoals *Stargate* en de *Europese AI-top* verhogen het tempo nog meer. En ook Nederland investeert fors, om minder afhankelijk te worden van de VS en China. Overal klinkt “sneller, groter, meer”, terwijl ethiek en veiligheid van de agenda lijken te tuimelen.^{21, 22}

Intussen loopt de zorg achter, door gevoelige gegevens, strikte regelgeving en verouderde systemen. Slechts 10% van medische AI-prototypes bereikt uiteindelijk het ziekenhuis. Maar dit is aan het veranderen: de FDA (Food and Drug Administration) heeft inmiddels bijna 1000 AI-producten goedgekeurd, vooral voor de radiologie. Maar ook steeds meer voor de intensive care, zoals systemen voor vroege sepsisdetectie en geautomatiseerde beademing. Wat begrijpelijk is, als u bedenkt dat een IC-patiënt 2-10 MB data per uur genereert. Gezien deze enorme hoeveelheid IC-data, en de exponentiële ontwikkeling van AI, is integratie van AI dus geen luxe meer, maar broodnodig, om de zorg gepersonaliseerder en efficiënter te maken.^{23, 24}

Maar als we *dat* zeggen, dan wordt de volgende vraag: “*Wat zijn de grootste uitdagingen voor AI op de IC?*” Dat zijn er, naar mijn mening, twee. De eerste is de onzekerheid van toekomstige IC-behoefte versus beschikbare IC-bedden. De tweede wordt ook wel de “AI-afgrond”, of “AI-kloof”, genoemd. Hier bedoelen we mee: de kloof tussen algoritme ontwikkeling aan de ene kant, en daadwerkelijk gebruik aan bed en daadwerkelijk bewezen winst voor de patiënt, aan de andere kant.^{25, 26} Anders gezegd: *We hebben de algoritmes, maar we gebruiken ze niet aan het bed van de patiënt, en we weten niet of ze nuttig zijn voor de patiënt.* Om die uitdagingen aan te gaan, hebben we een aantal knoppen waar we aan kunnen draaien. Dat zijn: *data, passende zorg, voorbij de deuren van de IC, workflow en context, en klinische effectiviteit.* Als we niet in de “AI-afgrond”

willen belanden, zullen we aan die knoppen moeten draaien. Want AI zal de zorg, en de manier waarop wij werken, sowieso transformeren. Maar wij hebben de keuze, te bepalen hoe.

Data

Het eerste punt waar ik bij stil wil staan, is de schat aan data die we op de IC hebben, en het ingewikkelde punt dat die data niet altijd de waarheid weergeven. Waar we de komende jaren aan moeten werken zijn drie dingen: betere koppeling van de verschillende databronnen, uitbreiden van onze databronnen, en zorgen dat onze data en algoritmes betrouwbaarder worden.

Eén databron op zichzelf, is vrij beperkt. Maar juist in de koppeling van verschillende databronnen zit de echte kennis. Dan worden onzichtbare patronen zichtbaar, en dat is precies waar de kracht van AI zit.

Als we onze patiënt beter willen begrijpen, moeten we ook nieuwe databronnen, van hoge kwaliteit, blijven toevoegen. Vooral gegevens uit de directe interactie met de patiëntomgeving zijn waardevol. Deze data geven meer detail én belangrijke context. Twee voorbeelden hiervan zijn de hoogfrequente data uit de IC-monitoren en de ELAN-database (i.e. het Extramuraal LUMC Academisch Netwerk). Hoogfrequente data, zoals ECG- en bloeddrukcurves, helpen ons om subtiele veranderingen vroegtijdig op te merken, zodat we sneller kunnen ingrijpen. De ELAN-database koppelt gegevens uit de eerste- en tweedelijnszorg, en geeft zo waardevolle pré-IC informatie, waardoor we beter begrijpen, waarom iemand op de IC is beland en waarom iemand afwijkend op onze behandelingen reageert.

Gelukkig bestaat in Nederland een goede infrastructuur voor IC-data, zoals de data van de NICE (Nationale Intensive Care Evaluatie), Dutch ICU Data Warehouse en MONITOR-IC. Ons land is te klein om IC-data niet gezamenlijk te benutten, en gelukkig delen heel veel Nederlandse intensivisten deze visie.^{17, 18, 27}

Al deze datastromen worden alleen maar méér, en we moeten ongelofelijk scherp zijn dat de data en algoritmes eerlijk zijn, en dat ze elke patiëntengroep goed vertegenwoordigen, dat wil zeggen dat ze ‘unbiased’ en ‘fair’ zijn. Data zijn namelijk zelden neutraal en bevatten vaak menselijke vooroordelen. *Een sprekend voorbeeld kwam aan het licht bij een veelgebruikt Amerikaans algoritme om te voorspellen hoeveel risico op ziekte iemand in de toekomst zou hebben zodat zorgverzekeraars op tijd een preventie-programma konden starten. In dit voorbeeld keken ze namelijk niet hoe ziek mensen over de tijd werden, maar ze keken naar de zorgkosten die iemand over de tijd maakte. En dat zorgde voor vertekening, want zwarte mensen blijken later naar een dokter te gaan en minder geld aan zorg te kunnen uitgeven. Dus wat was het resultaat? Zwarte patiënten bleken bij dezelfde risicoscore, aanzienlijk zieker dan witte patiënten, en kregen ook pas in een later stadium zorg, als ze al veel zieker waren.*²⁸

Daarom moeten we *bias* actief tegengaan, door gegevens als etniciteit, ras, gender-identiteit en sociaaleconomische status uniform in het EPD (Elektronisch Patiënten Dossier) vast te leggen. Ook is het belangrijk, dat we algoritmes vóór gebruik, systematisch op bias testen, zoals Siri van der Meijden heeft laten zien. En als er ongelijkheden bestaan, moeten we technieken toepassen om die te corrigeren, zodat geen enkele patiëntengroep wordt gediscrimineerd. Tegelijkertijd blijft onze menselijke controle essentieel. AI moet transparant aangeven hoe betrouwbaar de voorspellingen zijn, zodat dokters weten wanneer ze een voorspelling beter kunnen negeren. En tenslotte is een stevige ‘governance’ vereist, met heldere regelgeving, ethische commissies, transparante rapportage en regelmatige audits.^{29, 30, 31, 32, 33, 34, 35}

Passende zorg

Data spelen ook een grote rol bij *passende zorg*. Passende zorg gaat *dé* vraag van de toekomst zijn. En daarvoor moeten we onze patiënten én hun aandoeningen beter begrijpen dan ooit. Door slim gebruik te maken van data, kunnen we zorg meer

personaliseren, werkprocessen stroomlijnen en echt passende zorg leveren. Ik geef een paar voorbeelden.

In Pittsburgh konden onderzoekers met behulp van AI, sepsis-patiënten binnen een uur indelen in vier subgroepen, elk met eigen sterfterisico's. Dit hielp om vroegtijdig te bepalen bij welke patiënten agressieve behandeling, zinvol of juist schadelijk was. Dit is een stap van *one-size-fits-all* naar gepersonaliseerde zorg.^{36, 37}

Een tweede voorbeeld is onderzoek dat ik doe, samen met David van Westerloo, Carlos Elzo Kraemer, Vincent Ribbens, en Marieke van Buchem en Alexander van Someren van het CAIRElab. We gaan voorspellen of een patiënt binnen enkele uren zal verslechteren, zodat we tijdig kunnen ingrijpen. Dit is natuurlijk nuttig voor de patiënt, maar straalt direct door naar het werkproces. Bijvoorbeeld, tijdens de eerste COVID-golf zagen we hoe verpleegkundigen ineens twee tot drie IC-patiënten tegelijk moesten verzorgen: de werkdruk schoot omhoog, het werkplezier verdween en mensen raakten burn-out. Als we met behulp van data beter kunnen inschatten welke patiënt in het komende uur achteruit zal gaan, weten artsen en verpleegkundigen op welke patiënt ze hun aandacht moeten richten. Dit verlaagt hun cognitieve belasting en stress, brengt het werkplezier terug en verbetert uiteindelijk ook de zorg voor de patiënt.

Een derde voorbeeld, dat we gaan onderzoeken, richt zich op het voorspellen van de *zinloosheid* van verdere IC-behandeling. Scherper inzicht in de proportionaliteit van zorg, kan ertoe leiden dat we soms moeten zeggen: "Verdere IC-zorg is niet zinvol meer, de kans op een aanvaardbare kwaliteit van leven is te klein". Maar scherper inzicht kan ook betekenen dat we een patiënt juist eerder opnemen, ondanks beddendruk, om verslechtering te voorkomen.

Met behulp van data kunnen we dus gericht behandelen en de zorg efficiënter organiseren. Data-gedreven zorg is daarmee geen luxe, maar een ethische en economische noodzaak.

Of passende zorg dankzij data-technologie, goedkoper wordt, is niet eenvoudig te beantwoorden. In sommige gevallen wel, zoals vroeger behandelen om erger te voorkómen, of eerder stoppen met een behandeling. Maar wellicht is het beter om ons niet uitsluitend op deze vraag te richten, maar op *hoe* we *passende zorg*, met behulp van data en AI, vorm kunnen geven binnen de arts-patiënt relatie. Want het is juist dáár, binnen die relatie, dat passende zorg, met de patiënt en familie, besproken zal moeten worden.

Voorbij de deuren van de IC

En als we het dan toch over passende zorg hebben, dan moeten we zeker *voorbij* de deuren van de IC kijken. Als je over de gangen van een IC loopt, hoef je geen raketgeleerde te zijn om te zien dat de patiënten die daar liggen ernstig ziek zijn. Maar waar ik zeer van onder de indruk blijf, is, dat na IC-ontslag, het effect van de IC opname nog jaren kan aanhouden.³⁸ Omdat de korte termijn overleving van IC-patiënten steeds beter wordt, creëren we steeds meer IC-overlevers, die kampen met lange termijn problemen. Bijna de helft van alle IC-overlevers heeft last van fysieke, mentale en cognitieve klachten.³⁹ Daarom vind ik dat we de IC-patiënt ook na IC-ontslag moeten blijven monitoren en dat de arts-patiënt relatie voorbij de IC-deuren gaat. En in deze tijden is het logisch dat we daarvoor digitale technologieën, zoals eHealth, inzetten.

Want over welke waarheid hebben we het nu? De waarheid is, dat we het moeizame beloop van de IC-patiënt na ontslag nog steeds slecht begrijpen, en dat we er al helemaal weinig aan kunnen doen. Daarom zijn we een jaar geleden begonnen om ex-IC-patiënten thuis te monitoren met een polsbandje dat o.a. hartslag, bloeddruk en aantal gezette stappen meet. Dit doen we met Douwe Atsma, Tina van Hemel, Jeanet Wigbers, Geeske Gijben, Simon Mooijaart, Frederique van den Bos, en Corsano. Slimme technologie kan vroege signalen van lichamelijke achteruitgang opvangen, vóórdat patiënten

ernstige klachten krijgen en opnieuw moeten worden opgenomen. De eerste fase is afgerond en we hebben geleerd dat ex-IC patiënten zeer bereid waren om het bandje te dragen. Het gaf ze een gevoel van veiligheid, en droeg bij aan *self-empowerment*. Inmiddels zijn we met het vervolg bezig, en ons doel is om patiëntencategorieën te vinden die onze extra aandacht na IC-ontslag nodig hebben, en handvatten te creëren om eerder te interveniëren.

We ontdekken steeds vaker dat de meest waardevolle inzichten niet komen uit de data waarvan we dachten dat ze relevant waren, maar uit onverwachte data-bronnen. En dat is een richting die we verder moeten gaan verkennen. *Een mooi voorbeeld komt uit de auto-industrie: sensoren die oorspronkelijk alleen bedoeld waren voor zitcomfort, bleken ook te signaleren wanneer bestuurders, door vermoeidheid, onrustig heen en weer gingen schuiven. Door deze subtiele drukpatronen te combineren met rijgedrag en ongevallendata, konden datawetenschappers, verminderde aandacht en een verhoogd risico op een ongeluk al vijftien minuten vóór een incident voorspellen.*⁴⁰

Dit breder denken kunnen we ook in de zorg toepassen. Een ex-patiënt die na ontslag klinisch stabiel lijkt, maar via GPS-data een veranderd bewegingspatroon rondom zijn huis vertoont, zoals minder uitstapjes, minder winkelbezoeken, zendt misschien vroege signalen uit van somberheid, eenzaamheid of lichamelijke achteruitgang, nog voordat traditionele metingen alarm slaan. Tegelijkertijd legt juist dit voorbeeld de scherpe rand van grensverschuivende data bloot, want locatie-informatie onthult gewoonten, relaties en rituelen – en daarmee ook een minder bekende waarheid. Als we zulke *out-of-the-box* bronnen willen benutten, moeten we transparant zijn over wat we meten, expliciet toestemming vragen aan de patiënt, niet méér bewaren dan nodig is, en patiënten de regie geven over het wissen of delen van hun data. Dan kan contextrijke data bijdragen aan betere zorg, zonder dat zij onze privacy ondermijnt.

Workflow en context

Wat nu heel intrigerend is, is dat we heel veel algoritmes ontwikkelen en valideren, maar dat we er aan het bed van de patiënt, nog verassend weinig van terugzien.^{25, 41} Dit is de “AI-kloof” die ik eerder noemde. *En dit is de waarheid waar we het over hebben!*

Dit komt omdat we de context en workflow waarin een AI-algoritme gebruikt moet worden, nog niet goed begrijpen. Context en workflow zijn een ondergeschoven kind in AI-onderzoek. En deze “AI-kloof” zal blijven bestaan, zolang we niet begrijpen, hoe mens en machine tot een besluit komen, en hoe we technologie soepel in het dagelijks ritme kunnen inbedden. Als we willen dat dokters en verpleegkundigen, beslissingsondersteunende algoritmes gaan omarmen, moeten we eerst beter snappen hoe ze denken en beslissen.

Artsen nemen beslissingen vooral heuristisch: d.w.z. ze vertrouwen op ervaring en praktische vuistregels, vaak zonder volledige informatie, vanwege tijdsdruk en complexiteit. Ze kijken naar de gehele patiënt en de relevante context, en filteren de ruis weg. Zoals Daniel Kahneman beschrijft in *Thinking Fast and Slow*, combineren ze intuïtie (systeem 1) met bewuste analyse (systeem 2). En het zwaartepunt ligt op de intuïtie van de artsen, en meestal gaat dat goed.^{42,43, 44}

AI-modellen daarentegen, kauwen zich door onbegrensde datasets heen. Zij missen het contextfilter van de arts, en gebruiken soms signalen die voor mensen volstrekt irrelevant zijn. Dit fundamentele verschil verklaart waarom een algoritme alleen bruikbaar is, als zijn conclusie begrijpelijk is voor de dokter, als we bescheiden blijven over zijn beperkingen, én als er continu toezicht is, om fouten te corrigeren. Het dwingt ons ook, om na te denken over *hoe* we een algoritme kunnen gaan inzetten.

Kan AI volledig zelfstandig beslissingen nemen? Mogelijk sommige beslissingen wel, zoals administratieve- en routineklus-

sen. Maar over het algemeen: *niet!* Daarvoor zijn nog te veel onzekerheden en risico's. Het zal een *second opinion* zijn, die zijn waarde vooral heeft omdat hij op een andere manier patronen heeft herkend. En deze andere vorm van "intelligentie" aan onze intelligentie, kennis en intuïtie toevoegt.^{45, 46}

Daarnaast moeten we de *workflow* van gebruikers veel beter doorgronden. Met Siri van de Meijden en Anne de Hond doen we hier onderzoek naar. We hebben het 5-W-raamwerk ontwikkeld, dat helder maakt op *welk* moment, *waar* en voor *welke* zorgverlener een AI-tool waarde toevoegt. We hebben gezien dat tijdstip, locatie en teamrol cruciaal zijn voor succesvolle implementatie.^{47, 48, 49}

Vertrouwen is bij dit alles de sleutel. Artsen vertrouwen algoritmes pas, als de voorspellingen uitlegbaar en transparant zijn, als het past in hun werkpatroon, als het systeem aantoonbaar veilig is en als de ethische kaders helder zijn.^{50, 51, 52, 53, 54}

Pas wanneer we al deze elementen samenbrengen, kunnen we de derde speler, AI, veilig in de bestaande arts-patiëntrelatie integreren. Sterker nog, dan creëren we ruimte en tijd, voor artsen en verpleegkundigen om zich nog meer op de menselijke aspecten van zorg en op de complexe problemen te richten. En misschien is dat wel de allerbelangrijkste rol die ik, en anderen met mij, voor AI in de toekomst zien: algoritmes kunnen ons tijd geven. Tijd aan het bed van de patiënt, tijd om ingewikkelde beslissingen te nemen, tijd voor compassievolle zorg, en tijd om in de arts-patiëntrelatie te investeren.^{25, 41, 55}

Klinische effectiviteit

Het vijfde punt, waar ik met jullie naar wil kijken is klinische effectiviteit. Als we technologie in de zorg inzetten, willen we uiteindelijk maar één ding: dat het nuttig en effectief is voor de patiënt. Daar hebben we nog een lange weg te gaan. Want we hebben een groot gebrek aan uitkomst-studies. Er zijn om en nabij 24 gerandomiseerde onderzoeken gedaan, die hebben

onderzocht of een AI-interventie de uitkomst van een patiënt verbeterde. Dit klinkt al weinig, maar is helemaal schokkend als ik u vertel dat er ongeveer 20,000 tot 60,000 gerandomiseerde trials op alle andere gebieden in de zorg per jaar worden uitgevoerd. En van die 24 trials heeft slechts driekwart een voordeel voor de patiënt aangetoond.^{24, 56, 57}

Het probleem van deze AI-kloof is ernstig: zonder bewijs van effectiviteit weten we niet of we patiënten echt helpen, of dat we juist nieuwe risico's creëren. We moeten ons in de nabije toekomst focussen op klinische studies, die onderzoeken wat AI daadwerkelijk betekent voor de patiënt. Pas dan weten we zeker dat slimme technologie ook betere zorg oplevert.

Met Bart Geerts en Siri van der Meijden van HealthPlus, en Rob Nelissen, Wilco Peul, Joost van de Vorst, Mark de Boer en Karin Ellen Velkamp, hebben we een beslissingsondersteunend algoritme ontwikkeld en gevalideerd om postoperatieve infecties te voorspellen. We gaan dit nu breed klinisch inzetten, en we nemen aan dat vroege ontdekking van infecties, kostenbesparend kan zijn.⁵⁸

Dus als ik het zo even voor u samenvat, hebben we de vijf kansen besproken, die de focus voor de toekomst zouden moeten zijn.

Maar, net zoals na het afpellen van de ui, de kern zichtbaar wordt, en Dante na de uitdagingen van de hel, in de verte het licht van het vagevuur kon zien, is er een leidend principe, waar we ook nog naar moeten kijken, als we die integratie écht willen bewerkstelligen ...

En dat is: **Interdisciplinariteit**

Als ik denk aan de IC van de toekomst dan zie ik het volgende voor me: om het bed staan niet alleen artsen en verpleegkundigen, maar in een iets wijdere cirkel eromheen, ook technisch

geneeskundigen, data- en computereexperts, ingenieurs, cognitieve wetenschappers en ethici. Want, de ontwikkeling van innovatieve technologieën gaat zo snel en is zo complex, dat geen enkele beroepsgroep het alleen kan overzien.

Interdisciplinariteit gaat over samen het probleem definiëren, het verbinden van perspectieven, en een nieuwe gemeenschappelijke taal vinden.^{59, 60, 61} Want, interdisciplinariteit begint waar we beseffen dat onbekende vraagstukken niet in onze vertrouwde vaktaal passen en we samen een nieuw begrippenkader moeten smeden. En ik parafraseer Thomas Hertog, in zijn samenwerking met Stephen Hawking: *“Voor echte nieuwe raadsel schieten onze oude woorden tekort; pas wanneer we een nieuwe taal leren spreken, openen zich onverwachte oplossingen”*.⁶²

In 2003 startte de Universiteit Twente, de studie Technische Geneeskunde. Delft, Leiden en Rotterdam volgden in 2014. Sinds 1 juli 2020 is de klinisch technoloog een wettelijk erkende zorgprofessional in het BIG-register. Maar hun ware kracht is, dat ze een andere taal spreken. Ik ben blij, dat door de inzet van de klinische technologen in het LUMC, en de erkenning door de Raad van Bestuur, het *Netwerk voor Klinisch Technologen* nu een feit is. Er is nog wel veel werk aan de winkel om de klinisch technologen beter te positioneren in ons zorgland-schap, maar we zijn op de goede weg.

Dus juist in jullie, studenten geneeskunde en technische geneeskunde, en alle andere studenten die vallen onder de *Future Healthcare Professionals*, moeten we investeren. Jullie zijn degenen die zullen gaan bijdragen aan passende en houdbare zorg, door middel van integratie van technologie.

We moeten jonge professionals opleiden, met een stevige domeinkennis, maar die ook moeiteloos over de muren van hun eigen discipline heen kunnen kijken. Die goed kunnen samenwerken, communiceren, en luisteren. Die flexibel en adaptief zijn. En die zich krachtig en kwetsbaar durven op te stellen.

Kortom, we hebben als opleiders de taak, om jullie, studenten, dit gevoel voor interdisciplinariteit mee te geven. Samen met alle opleidingsdirecteuren in het LUMC, zijn we bezig op vele manieren interdisciplinair opleiden, vorm te geven

Het is een hele mooie ontwikkeling, dat binnen het eco-systeem van het Leiden Bio Science Park, waar het LUMC onderdeel van is, technologie, inclusief data-technologie, in vele thema's naar voren komt. En dat de hele cyclus van technologische innovaties gefaciliteerd wordt. De samenwerking LUMC - Leiden Bio Science Park - TUDelft belichaamt interdisciplinariteit. En is extreem belangrijk voor toekomstgerichte zorg, onderwijs en onderzoek in het LUMC.

Epiloog: Compassie in de zorg

Ik heb u - en de dokter - meegenomen in een lange afdaling langs *data, passende zorg, voorbij de deuren van de IC, workflow en context*, en *klinische effectiviteit*. En weer omhoog via *interdisciplinariteit*.

Nu is het moment gekomen om de cirkel te sluiten. Alles wat we onderweg tegenkwamen – menselijke twijfel, keuzes, *out of the box* denken – scharniert uiteindelijk rond één oud, maar onontkoombaar motief: *balans*. In de Chinese filosofie spreken we van *Yin en Yang*.⁶³

Twee tegengestelde, tegelijk elkaar voedende krachten. Het ene kan niet zonder het andere, zoals het hart niet zonder het vaatsysteem kan, en de inspiratie niet zonder de expiratie. Technologie is *Yang* – krachtig, snel, vernieuwend. Wat is dan *Yin*? Voor mij is *Yin*: compassie, zien wat een patiënt nodig heeft én er wat aan willen doen.⁶⁴ En de andere kant op: compassie is *Yin* – aandachtig, ontvankelijk, zorgzaam. Zonder de tegendruk van compassie zou technologie onverschillig versnellen; zonder de impuls van technologie zou compassie slagkracht missen.

De Japanse *Ensō*-cirkel, verbonden aan het *Yin en Yang* principe, illustreert hoe deze krachten, technologie en compassie, samen een open geheel vormen. Met één adem en één penseelstreek tekent de kalligraaf een onvolmaakte ring: een deel blijft dik, een deel dun, soms is er zelfs een opening. Juist in die imperfectie en openheid van de cirkel, ligt de boodschap: de waarheid is nooit volledig ingesloten, zij stroomt altijd door een kier.^{65, 66}

Welke waarheid mag dan door?

We staan aan de vooravond van een transformatie. AI en technologie zullen de zorg, en onze rol als zorgverlener, fundamenteel veranderen. Deze transformatie dwingt ons om na te denken over onze rol, over hoe we patiënten willen ontmoeten, en over welke menselijke waarden daarbij leidend zijn. Daarom is de vraag “*welke waarheid mag door?*” nergens zo belangrijk als in de zorg, waar elke keuze een mens en een leven raakt. AI en technologie kunnen in dat proces twee kanten op. Zij kunnen, zoals we zagen, ‘de menselijke maat verkleinen, óf juist vergroten’.

Welke waarheid we doorlaten, hangt af van de context, en van onze reflectie en compassie.⁶⁷ Want, er bestaat niet één waarheid, er zijn meerdere waarheden, die naast elkaar kunnen bestaan.

Compassie gaat daarbij verder dan alleen medemenselijkheid: het betekent bewust omgaan met de nieuwe mogelijkheden en uitdagingen, die technologie met zich meebrengt.⁶⁷

Als wij AI alleen voeden met meetbare data, zal zij ons vooral meetbare waarheden teruggeven, inclusief onze blinde vlekken. Maar als we bewust kiezen voor diverse datasets, voor uitlegbare modellen en voor een menselijke *feedback-loop*, die steeds vraagt “voor wie werkt dit, voor wie niet?”, dan wordt AI een spiegel die onze eigen vooroordelen zichtbaar maakt. En tijd teruggeeft aan het zorgteam. Die gewonnen tijd kan worden

omgezet in echte aandacht, in werkelijk luisteren naar wat een patiënt nodig heeft, in compassie.

Compassie wordt dan geen toevallige eigenschap van een arts, maar een integraal onderdeel van hoe we de zorg inrichten. Alleen als compassie, reflectie en ethiek samen de poortwachters zijn, bepalen we welke waarheid betekenisvol is.

Aan het eind van dit betoog zie ik de zorg als een nieuwe *Ensō*: een open cirkel waarin data, algoritmen, professionals en patiënten voortdurend samenwerken. Ieder brengt een eigen fragment van de waarheid in, maar compassie bepaalt welke waarheid wordt toegelaten, toegepast en weer losgelaten. Zo ontstaat een ‘*human-centered-AI zorgsysteem*’ waarin technologie precisie biedt, terwijl mensen zorgen voor betekenis.^{68, 69}

Wie nu vraagt waar deze reis eindigt, krijgt van mij geen antwoord, want ik heb geen idee. Ik denk wel dat we moeten zorgen dat de patiënt-zorgprofessional relatie ons kompas blijft. Zolang dat zo is, blijven *Yin en Yang* in dans, blijft de *Ensō* open, en blijft de waarheid beweeglijk genoeg om zich telkens opnieuw aan het bed van de patiënt te vormen – door data, dialoog, en altijd, onontkoombaar, door compassie.

Dankwoord

Aan het eind van mijn oratie gekomen, zou ik nog tweemaal zo lang nodig hebben om iedereen te bedanken met wiens steun ik hier ben gekomen. Daarom noem ik slechts enkelen.

Het College van Bestuur van de Universiteit van Leiden en de Raad van Bestuur van het LUMC dank ik voor het in mij gestelde vertrouwen door mij als hoogleraar op deze leerstoel te benoemen.

Hooggeleerde Hoogendoorn, beste Pancras, dank dat je mij de kans gaf om de Technische Geneeskunde vorm te geven. En de mooie gesprekken over big data en Chinese gedichten.

Hooggeleerde Jansen, beste Frank Willem, dank voor je duwtjes verder de goede richting op en de goede gesprekken en de wijze adviezen, in jouw woorden: “moedig voorwaarts”.

Hooggeleerde de Jonge, beste Evert, dank voor de kansen die je mij als opleider hebt gegeven en de lessen die ik van je mocht leren.

Hooggeleerde van Westerloo, beste David, ik blij dat ik op jouw afdeling, mijn leerstoel verder vorm ga geven. We gaan er iets moois van maken.

Mijn collega-intensivisten van de IC, met wie ik dagelijks samenwerk: dank voor jullie collegialiteit en vriendschap en, met een aantal van jullie, de dierbare gesprekken over de jaren heen.

Verpleegkundigen van de IC: jullie maken het werken op de IC een feestje: jullie kennis en inzet is ongekend en ik ben jullie dankbaar dat ik met jullie voor de patiënten en hun familie mag zorgen.

Fellows en arts-assistenten: ook jullie maken voor mij het werken op de IC een feest. Ik heb het een eer gevonden om jullie te mogen opleiden. En ik kan jullie zeggen dat ik heel veel van jullie heb geleerd.

Irene Lammerse, dank voor al je hulp en gezellige koffiegesprekken

Hooggeleerde van der Bom, beste Anske, heel veel dank voor je vriendschap, steun en onze inspirerende gesprekken. Ik hoop dat we nog veel mooie onderzoeksprojecten samen gaan doen.

Hooggeleerde Roosendaal, beste Frits, dank voor de gastvrijheid op de Klinische Epidemiologie en voor de mooie gesprekken over onze gemeenschappelijke interesses, “Rough winds do shake the darling buds of May”.

Hooggeleerde Steyerberg, beste Ewout, veel dank voor onze samenwerking en de gafe projecten en onze vriendschap die al jaren teruggaat.

Alle onderzoekers die al in mijn verhaal zijn genoemd: veel dank voor het inspirerende onderzoek dat we gezamenlijk doen, en zullen blijven doen!

Zeergeleerde Veldhuizen, beste Judy, het is mooi om gezamenlijk de lange termijn uitkomsten van IC-patiënten te onderzoeken. We zijn nog lang niet uit-onderzocht!

Beste promovendi en ex-promovendi, jullie gedrevenheid is indrukwekkend en het is een groot plezier om met jullie te mogen samenwerken.

Beste NICE bestuursleden, als Henk op maandagavond zegt: moet je weer NICE vergaderen dan zeg ik: maar dat is één van de leukste commissies: heel veel dank voor alle plezier en inspiratie.

Beste opleiders van IC Nederland, dank voor de jarenlange samenwerking in de GIC en het Concilium Intensive Care.

Beste LUMC-opleidingsdirecteuren, het is mooi om vanuit verschillende invalshoeken aan de Future Healthcare Professionals te werken en het steeds meer interdisciplinair te maken.

Beste leden van het opleidingsmanagement van de KT/TM, en hooggeleerde Harlaar, beste Jaap, we hebben één van de gaafste studies en het is een groot plezier om samen met jullie hieraan te werken.

Hooggeleerde Tamsma, beste Jouke, dank voor de mooie koffiegesprekken en we gaan Klinische Technologie in het LUMC verder uitbouwen.

Ik heb het geluk gehad dat ik op mijn pad een aantal inspirerende rolmodellen heb gehad: voor het onderzoek, voor het opleiderschap en voor de kliniek: hooggeleerde Grobbee, beste Rick, zeergeleerde Harinck, beste Bert, en de helaas te vroeg overleden Anneke Meursing, en Rob Valentijn, dank voor jullie inspiratie en lessen, die ik tot op de dag van vandaag bij me draag.

Studenten, jullie zijn altijd in beweging en op weg naar de toekomst, jullie zijn onze toekomst. Heel veel dank dat ik zoveel van jullie mag leren en, net zoals ik ze heb gehad, gun ik jullie inspirerende rolmodellen.

Lieve Bart en Kee en kinderen: wij, en onze gezinnen, zijn voor altijd verbonden, heel veel dank voor onze dierbare vriendschap.

14 Dear Michel and Han, my running buddies, thank you for being here and for your unwavering encouragement to keep running.

Lieve Annemiek, Dominique en Elvira, mijn vriendinnen van 'lunch aan zee': ik ben zeer dankbaar voor onze vriendschap.

Lieve Bibi en Pascal, ik heb zeer geboft met zo'n schoonzus en zwager, heel veel dank voor jullie goede zorgen en liefde.

Ik voel me een rijk persoon met een aantal dierbare, oude en nieuwe vriendinnen. Tina, Ellen, Louk, Hendrikje, Anja, Tosca, Laura, Marianne en mijn oudste vriendin Flos. Ik ben dankbaar voor de liefde en steun die ik van jullie over al die jaren heb mogen ontvangen.

Lieve Olaf en ouders van Olaf: we hebben geboft met zo'n schoonzoon en schoonfamilie. Ol, we zijn zeer dankbaar dat je in het leven van Zhu-Jin bent.

Lieve papa en mama, lieve Mendi en Gérard: jullie zouden apetrots op me geweest zijn, maar ik sta op jullie schouders. Jullie hebben mij alles meegegeven wat ik ben geworden en wat ik hier vandaag heb verteld.

Allerliefste Zhu-Jin, Jian en Henk: zoals de Tao zegt: het gaat niet om het doel, het gaat om de weg. Maar jullie zijn mijn doel én mijn weg. Voor jullie probeer ik elke dag een beter mens te zijn. En als ik dan weer een of andere gekke reis regel, en jullie mij staan te filmen als ik in een rijstveld val, dan is dat waarvoor ik het doe. Jullie zijn mijn alles, zonder jullie is er niets.

Ik heb gezegd.

Referenties

1. Alighieri, D. (2000). *De goddelijke komedie: I Inferno* (R. Brouwer, Vert.). Amsterdam: Papieren Tijger. (Oorspronkelijk werk gepubliceerd 1321)
2. Alighieri, D. (2000). *De goddelijke komedie* (I. Cialona & P. Verstegen, Vert.; met illustraties van G. Doré). Amsterdam: Athenaeum–Polak & Van Gennep. (Oorspronkelijk werk gepubliceerd 1321)
3. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2024). Volksgezondheid Toekomst Verkenning (VTV) 2024: Trendscenario Ziekten & Aandoeningen. Geraadpleegd op 1 april 2025, van <https://www.volksgezondheid-toekomstverkenning.nl/vtv-2024/trendscenario/ziekten-aandoeningen>
4. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2020). Toekomstverkenning zorguitgaven 2015–2060. Bilthoven: RIVM. Geraadpleegd op 1 april 2025, van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0059.pdf>
5. VZinfo (2024). Chronische aandoeningen en multimorbiditeit in Nederland: Leeftijd en geslacht. Geraadpleegd op 1 april 2025, van <https://www.vzinfo.nl/chronische-aandoeningen-en-multimorbiditeit/leeftijd-en-geslacht>
6. Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR). (2021). *Kiezen voor houdbare zorg: Mensen, middelen en maatschappelijk draagvlak* (WRR-rapport nr. 104). Den Haag: WRR. Geraadpleegd op 1 april 2025, via <https://www.wrr.nl/publicaties/rapporten/2021/09/15/kiezen-voor-houdbare-zorg>
7. Li J, Carayon P. Health Care 4.0: A Vision for Smart and Connected Health Care. *IISE Trans Healthc Syst Eng*. 2021;11(3):171-180. doi: 10.1080/24725579.2021.1884627. Epub 2021 Feb 15. PMID: 34497970; PMCID: PMC8423174.
8. Maslove DM, Tang B, Shankar-Hari M, Lawler PR, Angus DC, Baillie JK, Baron RM, Bauer M, Buchman TG, Calfee CS, Dos Santos CC, Giamarellos-Bourboulis EJ, Gordon AC, Kellum JA, Knight JC, Leligdowicz A, McAuley DF, McLean AS, Menon DK, Meyer NJ, Moldawer LL, Reddy K, Reilly JP, Russell JA, Sevransky JE, Seymour CW, Shapiro NI, Singer M, Summers C, Sweeney TE, Thompson BT, van der Poll T, Venkatesh B, Walley KR, Walsh TS, Ware LB, Wong HR, Zador ZE, Marshall JC. Redefining critical illness. *Nat Med*. 2022 Jun;28(6):1141-1148. doi: 10.1038/s41591-022-01843-x. Epub 2022 Jun 17. PMID: 35715504.
9. Gordon AC, Alipanah-Lechner N, Bos LD, Dianti J, Diaz JV, Finfer S, Fujii T, Giamarellos-Bourboulis EJ, Goligher EC, Gong MN, Karakike E, Liu VX, Lumlertgul N, Marshall JC, Menon DK, Meyer NJ, Munroe ES, Myatra SN, Ostermann M, Prescott HC, Randolph AG, Schenck EJ, Seymour CW, Shankar-Hari M, Singer M, Smit MR, Tanaka A, Taccone FS, Thompson BT, Torres LK, van der Poll T, Vincent JL, Calfee CS. From ICU Syndromes to ICU Subphenotypes: Consensus Report and Recommendations for Developing Precision Medicine in the ICU. *Am J Respir Crit Care Med*. 2024 Jul 15;210(2):155-166. doi: 10.1164/rccm.202311-2086SO. PMID: 38687499; PMCID: PMC11273306.
10. Stevens, J., Tezel, O., Bonnefil, V. *et al.* Biological basis of critical illness subclasses: from the bedside to the bench and back again. *Crit Care* 28, 186 (2024). <https://doi.org/10.1186/s13054-024-04959-3>
11. Lundgrén-Laine H, Kontio E, Perttilä J, Korvenranta H, Forsström J, Salanterä S. Managing daily intensive care activities: an observational study concerning ad hoc decision making of charge nurses and intensivists. *Crit Care*. 2011 Aug 8;15(4):R188. doi: 10.1186/cc10341. PMID: 21824420; PMCID: PMC3387631.
12. McKenzie MS, Auriemma CL, Olenik J, Cooney E, Gabler NB, Halpern SD. An Observational Study of Decision Making by Medical Intensivists. *Crit Care Med*. 2015 Aug;43(8):1660-8. doi: 10.1097/CCM.0000000000001084. PMID: 26035147; PMCID: PMC8120648
13. Joskowicz L et al. (2025) “Artificial intelligence interpretation of chest radiographs in intensive care: ready for prime time?” *Intensive Care Med*, 51:154–156.

14. Manor-Shulman O, Beyene J, Frndova H, Parshuram CS. Quantifying the volume of documented clinical information in critical illness. *J Crit Care*. 2008 Jun;23(2):245-50. doi: 10.1016/j.jcrc.2007.06.003. Epub 2007 Dec 11. PMID: 18538218.
15. Pickering BW, Herasevich V, Ahmed A, Gajic O. Novel Representation of Clinical Information in the ICU: Developing User Interfaces which Reduce Information Overload. *Appl Clin Inform*. 2010 Apr 28;1(2):116-31. doi: 10.4338/ACI-2009-12-CR-0027. PMID: 23616831; PMCID: PMC3632280.
16. Johnson, A., Pollard, T., Shen, L. *et al.* MIMIC-III, a freely accessible critical care database. *Sci Data* 3, 160035 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.35>
17. ICUdata.nl. (z.d.). *Homepagina: Landelijke cijfers IC-opnames*. Geraadpleegd op 27 juni 2025, van <https://www.icudata.nl/>
18. Nationale Intensive Care Evaluatie. (z.d.). *Homepagina*. Geraadpleegd op 27 juni 2025, van <https://www.stichting-nice.nl/>
19. Prescott HC, Langa KM, Iwashyna TJ. Readmission Diagnoses After Hospitalization for Severe Sepsis and Other Acute Medical Conditions. *JAMA*. 2015;313(10):1055–1057. doi:10.1001/jama.2015.1410 Conditions. *JAMA*. 2015;313(10):1055–1057. doi:10.1001/jama.2015.1410]
20. McPeake J, Bateson M, Christie F, Robinson C, Cannon P, Mikkelsen M, Iwashyna TJ, Leyland AH, Shaw M, Qasim T. Hospital re-admission after critical care survival: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2022 Apr;77(4):475-485. doi: 10.1111/anae.15644. Epub 2021 Dec 29. PMID: 34967011.
21. Nestor Maslej, Loredana Fattorini, Raymond Perrault, Yolanda Gil, Vanessa Parli, Njenga Kariuki, Emily Capstick, Anka Reuel, Erik Brynjolfsson, John Etchemendy, Katrina Ligett, Terah Lyons, James Manyika, Juan Carlos Niebles, Yoav Shoham, Russell Wald, Tobi Walsh, Armin Hamrah, Lapo Santarlaschi, Julia Betts Lotufo, Alexandra Rome, Andrew Shi, Sukrut Oak. “The AI Index 2025 Annual Report,” AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2025.
22. Abramson J, Adler J, Dunger J, Evans R, Green T, Pritzel A, Ronneberger O, Willmore L, Ballard AJ, Bambrick J, Bodenstein SW, Evans DA, Hung CC, O'Neill M, Reiman D, Tunyasuvunakool K, Wu Z, Žemgulytė A, Arvaniti E, Beattie C, Bertolli O, Bridgland A, Cherepanov A, Congreve M, Cowen-Rivers AI, Cowie A, Figurnov M, Fuchs FB, Gladman H, Jain R, Khan YA, Low CMR, Perlin K, Potapenko A, Savy P, Singh S, Stecula A, Thillaisundaram A, Tong C, Yakneen S, Zhong ED, Zielinski M, Židek A, Bapst V, Kohli P, Jaderberg M, Hassabis D, Jumper JM. Accurate structure prediction of biomolecular interactions with AlphaFold 3. *Nature*. 2024 Jun;630(8016):493-500. doi: 10.1038/s41586-024-07487-w. Epub 2024 May 8. PMID: 38718835; PMCID: PMC11168924.
23. Muralidharan, V., Adewale, B.A., Huang, C.J. *et al.* A scoping review of reporting gaps in FDA-approved AI medical devices. *npj Digit. Med*. 7, 273 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01270-x>
24. van de Sande D, van Genderen ME, Huiskens J, Gommers D, van Bommel J. Moving from bytes to bedside: a systematic review on the use of artificial intelligence in the intensive care unit. *Intensive Care Med*. 2021 Jul;47(7):750-760. doi: 10.1007/s00134-021-06446-7. Epub 2021 Jun 5. PMID: 34089064; PMCID: PMC8178026.
25. Topol, E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med* 25, 44–56 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
26. van Genderen ME, van de Sande D, Hooft L, Reis AA, Cornet AD, Oosterhoff JHF, van der Ster BJP, Huiskens J, Townsend R, van Bommel J, Gommers D, van den Hoven J. Charting a new course in healthcare: early-stage AI algorithm registration to enhance trust and transparency. *NPJ Digit Med*. 2024 May 8;7(1):119. doi: 10.1038/s41746-024-01104-w. PMID: 38720011; PMCID: PMC11078921.

27. Monitor-IC project (z.d.). *Homepagina*. Geraadpleegd op 27 juni 2025, van <https://monitor-ic.nl>
28. Ziad Obermeyer *et al.* Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science* **366**,447-453(2019).DOI:10.1126/science.aax2342
29. Mennella C, Maniscalco U, De Pietro G, Esposito M. Ethical and regulatory challenges of AI technologies in healthcare: A narrative review. *Heliyon*. 2024 Feb 15;10(4):e26297. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26297. PMID: 38384518; PMCID: PMC10879008
30. S. Nasir, R. A. Khan and S. Bai, "Ethical Framework for Harnessing the Power of AI in Healthcare and Beyond," in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 31014-31035, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3369912.
31. Kelly, C.J., Karthikesalingam, A., Suleyman, M. *et al.* Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC Med* 17, 195 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1426-2>
32. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*. 2019 Oct 25;366(6464):447-453. doi: 10.1126/science.aax2342. PMID: 31649194.
33. Harvard T.H.Chan (z.d.) Gerqaadpleegd op 27 juni 2025 Algorithmic bias in health care exacerbates social inequities – how to prevent is <https://hsph.harvard.edu/exec-ed/news/algorithmic-bias-in-health-care-exacerbates-social-inequities-how-to-prevent-it/>
34. Murphy, K., Di Ruggiero, E., Upshur, R. *et al.* Artificial intelligence for good health: a scoping review of the ethics literature. *BMC Med Ethics* 22, 14 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12910-021-00577-8>
35. van der Meijden SL, Wang Y, Arbous MS, Geerts BF, Steyerberg EW, Hernandez-Boussard T. Navigating Fairness in AI-based Prediction Models: Theoretical Constructs and Practical Applications. *medRxiv* [Preprint]. 2025 Mar 24:2025.03.24.25324500. doi: 10.1101/2025.03.24.25324500. PMID: 40196288; PMCID: PMC11974802
36. Seymour CW, Kennedy JN, Wang S, et al. Derivation, Validation, and Potential Treatment Implications of Novel Clinical Phenotypes for Sepsis. *JAMA*. 2019;321(20):2003–2017. doi:10.1001/jama..2019.5791
37. Zhao H, Kennedy JN, Wang S, Brant EB, Bernard GR, DeMerle K, Chang CH, Angus DC, Seymour CW. Revisiting Host Phenotypes of Sepsis Using Microbiology. *Front Med (Lausanne)*. 2021 Nov 5;8:775511. doi: 10.3389/fmed.2021.775511. PMID: 34805235; PMCID: PMC8602092
38. Arbous SM, Termorshuizen F, Brinkman S, de Lange DW, Bosman RJ, Dekkers OM, de Keizer NF. Three-year mortality of ICU survivors with sepsis, an infection or an inflammatory illness: an individually matched cohort study of ICU patients in the Netherlands from 2007 to 2019. *Crit Care*. 2024 Nov 19;28(1):374. doi: 10.1186/s13054-024-05165-x. PMID: 39563453; PMCID: PMC11577713.
39. Ayenew T, Gete M, Gedfew M, Getie A, Afenigus AD, Edmealem A, Amha H, Alem G, Tiruneh BG, Messelu MA. Prevalence of Post-intensive care syndrome among intensive care unit-survivors and its association with intensive care unit length of stay: Systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2025 May 8;20(5):e0323311. doi: 10.1371/journal.pone.0323311. PMID: 40338918; PMCID: PMC12061161.
40. Lohr, S. (2015). *Dit is big data* (H. Stegeman, Vert.). Maven Publishing. (Oorspronkelijk werk gepubliceerd in 2015)
41. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J*. 2019 Jun;6(2):94-98. doi: 10.7861/futurehosp.6-2-94. PMID: 31363513; PMCID: PMC6616181.
42. Tikhomirov L, Semmler C, McCradden M, Searston R, Ghassemi M, Oakden-Rayner L. Medical artificial intelligence for clinicians: the lost cognitive perspective. *Lancet Digit Health*. 2024 Aug;6(8):e589-e594. doi: 10.1016/S2589-7500(24)00095-5. PMID: 39059890.
43. Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus and Giroux.

44. El Gharib K, Jundi B, Furfaro D, Abdunour RE. AI-assisted human clinical reasoning in the ICU: beyond “to err is human”. *Front Artif Intell*. 2024 Dec 4;7:1506676. doi: 10.3389/frai.2024.1506676. PMID: 39712469; PMCID: PMC11659639.
45. Keane, P.A., Topol, E.J. With an eye to AI and autonomous diagnosis. *npj Digital Med* 1, 40 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0048-y>
46. Goulenok, C., Kentish-Barnes, N. & Bouguin, W. Stop asking if AI will replace ICU doctors! Start asking how it will radically transform their practice. *Intensive Care Med* (2025). <https://doi.org/10.1007/s00134-025-07923-z>
47. Hond, de AAH, Vosslander S, Lange S, Engel E, Lindhout M, Noorlag P, Steyerberg EW, Cinà G, Arbous MS, When, where, who, what, and why? The five Ws of workflow analysis for implementing an AI decision support tool at the intensive care, *Human Factors in Health care* (7) 2025 100095 <https://doi.org/10.1016/j.hfh.2025.100095>
48. Van der Meijden SL, de Hond AAH, Thorat PJ, Steyerberg EW, Kant IMJ, Cinà G, Arbous MS. Intensive Care Unit Physicians’ Perspectives on Artificial Intelligence-Based Clinical Decision Support Tools: Preimplementation Survey Study. *JMIR Hum Factors*. 2023 Jan 5;10:e39114. doi: 10.2196/39114. PMID: 36602843; PMCID: PMC9853335
49. Widner, K., Virmani, S., Krause, J. *et al.* Lessons learned from translating AI from development to deployment in healthcare. *Nat Med* 29, 1304–1306 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02293-9>
50. Goisauf M, Cano Abadía M, Akyüz K, Bobowicz M, Buyx A, Colussi I, Fritzsche MC, Lekadir K, Marttinen P, Mayrhofer MT, Meszaros J. Trust, Trustworthiness, and the Future of Medical AI: Outcomes of an Interdisciplinary Expert Workshop. *J Med Internet Res*. 2025 Jun 2;27:e71236. doi: 10.2196/71236. PMID: 40455564; PMCID: PMC12171647.
51. Reinhardt, K. Trust and trustworthiness in AI ethics. *AI Ethics* 3, 735–744 (2023). <https://doi.org/10.1007/s43681-022-00200-5>
52. Kerasidou CX, Kerasidou A, Buscher M, Wilkinson S. Before and beyond trust: reliance in medical AI. *J Med Ethics*. 2022 Nov;48(11):852-856. doi: 10.1136/medethics-2020-107095. Epub 2021 Aug 23. PMID: 34426519; PMCID: PMC9626908.
53. Steerling E, Siira E, Nilsen P, Svedberg P, Nygren J. Implementing AI in healthcare-the relevance of trust: a scoping review. *Front Health Serv*. 2023 Aug 24;3:1211150. doi: 10.3389/frhs.2023.1211150. PMID: 37693234; PMCID: PMC10484529.
54. Mohsin Khan M, Shah N, Shaikh N, Thabet A, Alrabayah T, Belkhair S. Towards secure and trusted AI in healthcare: A systematic review of emerging innovations and ethical challenges. *Int J Med Inform*. 2025 Mar;195:105780. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2024.105780. Epub 2024 Dec 30. PMID: 39753062.
55. Sipos D, Goyal R, Zapata T. Addressing burnout in the healthcare workforce: current realities and mitigation strategies. *Lancet Reg Health Eur*. 2024 Jun 11;42:100961. doi: 10.1016/j.lanepe.2024.100961. PMID: 39070752; PMCID: PMC11281910.
56. Han R, Acosta JN, Shakeri Z, Ioannidis JPA, Topol EJ, Rajpurkar P. Randomised controlled trials evaluating artificial intelligence in clinical practice: a scoping review. *Lancet Digit Health*. 2024 May;6(5):e367-e373. doi: 10.1016/S2589-7500(24)00047-5. PMID: 38670745; PMCID: PMC11068159.
57. Wilhelm C, Steckelberg A, Rebitschek FG. Benefits and harms associated with the use of AI-related algorithmic decision-making systems by healthcare professionals: a systematic review. *Lancet Reg Health Eur*. 2024 Dec 1;48:101145. doi: 10.1016/j.lanepe.2024.101145. PMID: 39687669; PMCID: PMC11648885.
58. van der Meijden SL, van Boekel AM, Schinkelshoek LJ, van Goor H, Steyerberg EW, Nelissen RGH, Mesotten D, Geerts BF, de Boer MGJ, Arbous MS; PERISCOPE Group. Development and validation of artificial intelligence models for early detection of postoperative infections (PERI-

- SCOPE): a multicentre study using electronic health record data. *Lancet Reg Health Eur*. 2024 Dec 5;49:101163. doi: 10.1016/j.lanep.2024.101163. PMID: 39720095; PMCID: PMC11667051.
59. Krause-Jüttler G, Weitz J, Bork U. Interdisciplinary Collaborations in Digital Health Research: Mixed Methods Case Study. *JMIR Hum Factors*. 2022 May 4;9(2):e36579. doi: 10.2196/36579. PMID: 35507400; PMCID: PMC9118027.
 60. Sinha, R. The role and impact of new technologies on healthcare systems. *Discov Health Systems* 3, 96 (2024). <https://doi.org/10.1007/s44250-024-00163-w>
 61. Hani Mohammed Ali Alhejji, Dalal Mohammed Ali Alait-han, Murtadha Mohsin Almualllem, Alsaleem, Fatimah Hassan M, Wala Ahmed Al Nasser, Essa Yassen Alsheikh, Ali saud Altalalwah, Ali yousef Almoqhawi, Zaki Hus-sain Bu Shehab, Al Ibrahim Hassan Baqquer M, Lutf Allh, Amnah Ahmed A, Zainab Yousef Al Burayh, Eida Dakheel dahim Al anazi, Muntathir Ali Essa Almusharraaf, & Zainab Abdullah aljafer. (2022). The integration of technology and interdisciplinary collaboration in healthcare settings to improve patient care outcomes and optimize operational efficiency. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 29(04), 3595-3603. <https://doi.org/10.53555/jptcp.v29i04.5939>
 62. Hertog, T. (2023). *The Beginning of Time: The Quest for the Ultimate Theory of the Universe*. Bantam Press.
 63. Mitchell, S. (Vert.). (1999). *Tao Te Ching: An Illustrated Journey*. Frances Lincoln Publishers.
 64. Geinspireerd door: Ricard, M. (2015). *Altruïsme: De kracht van compassie*. Ten Have.
 65. Suzuki, S. (1970). *Zen mind, beginner's mind: Informal talks on Zen meditation and practice*. Weatherhill.
 66. Sato, S. (2014). *Shodo: The quiet art of Japanese Zen calligraphy*. Tuttle Publishing.
 67. Morrow E, Zidaru T, Ross F, Mason C, Patel KD, Ream M, Stockley R. Artificial intelligence technologies and compassion in healthcare: A systematic scoping review. *Front Psychol*. 2023 Jan 17;13:971044. doi: 10.3389/fpsyg.2022.971044. PMID: 36733854; PMCID: PMC9887144.
 68. Damfeh EA, Wayori BA, APpiahene P, Mensah J, Awarayi NS. Human-centered Artificial Intelligence: A Review. *Int J Advancements in Technol*. 2022; 13(8):202
 69. Shneiderman, B. (2020). Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(6), 495–504. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1741118>

PROF. DR. SESMU M. ARBOUS



Sesmu Arbus (Den Haag, 1963) voltooide haar studie geneeskunde aan de Universiteit van Leiden (1988) en begon haar opleiding tot anesthesioloog in het Academisch Ziekenhuis Leiden in 1998 bij prof. dr. Jack van Kleef. Vóór haar opleiding behaalde zij in 1997 haar master in klinische epidemiologie (Erasmus Universiteit Rotterdam) en zij promoveerde in 1998 cum laude met haar thesis: *'Anesthesia related risk factors for perioperative severe morbidity and mortality'* onder supervisie van prof. dr. Rick Grobbee, prof. dr. Jack van Kleef en dr. Anneke Meursing. In 2003 rondde ze haar opleiding tot anesthesioloog af en in 2005 haar opleiding tot intensivist, beiden in het LUMC. Ze is sindsdien werkzaam als anesthesioloog-intensivist op de intensive care (IC) van het LUMC (Leids Universitair Medisch Centrum). Ze is in april 2024 benoemd tot hoogleraar *Intensive Care geneeskunde, in het bijzonder de integratie van technologie in de patiëntenzorg*. In haar onderzoek focust zij zich op thema's als *'Data gedreven*

zorg en artificiële intelligentie' en *'lange-termijn uitkomsten na IC opname'*. Dit alles om de zorg voor de IC patiënt meer te kunnen personaliseren en werkprocessen efficiënter te kunnen maken. Zij is bestuurslid van de NICE (Stichting Nationale Intensive Care Evaluatie). Tevens heeft zij veel activiteiten ontplooid op het gebied van management (o.a. lid management team, afdelingshoofd a.i.) en onderwijs & opleiding. Ze is als opleider intensive care geneeskunde, van 2009-2025, lid geweest van de GIC (Gemeenschappelijke Intensivisten Commissie) en van het Concilium Intensive Care. Ze is sinds 2016 track coördinator van de track 'Sensing & Stimulation' van de Master Technical Medicine (MSc TM) aan de TU Delft, Erasmus Universiteit Rotterdam, Universiteit van Leiden en de beide academische ziekenhuizen (ErasmusMC en LUMC). Sinds 2017 is ze opleidingsdirecteur van de Master TM in het LUMC. Zij houdt zich in het onderwijs bezig met interdisciplinair opleiden.

