



## Kosten van zorg: hoe medische technologie kan bijdragen aan betaalbare zorg

# Kosten van zorg: hoe medische technologie kan bijdragen aan betaalbare zorg

Januari 2020

## Auteurs

**Dr.ir. H. Koffijberg\***, afdeling Health Technology & Services Research, Technisch Medisch Centrum, Universiteit Twente.

**Drs. M.J. Oude Wolcherink**, afdeling Health Technology & Services Research, Technisch Medisch Centrum, Universiteit Twente.

**Ir. C.F.M. van Vilsteren**, Strategic Area Health, Eindhoven MedTech Innovation Center, Technische Universiteit Eindhoven

**Prof.dr.ir. R.H.M. Goossens**, afdeling Industrial Design, Medical Delta, Technische Universiteit Delft

**Prof.dr. J.M. Geleijnse**, afdeling Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University & Research

**Prof.dr. N.J.J. Verdonschot**, Technisch Medisch Centrum, Universiteit Twente

*Geschreven in opdracht van de regiegroep Health@4TU.*

---

\* Corresponderende auteur <https://people.utwente.nl/h.koffijberg> (emailadres: [h.koffijberg@utwente.nl](mailto:h.koffijberg@utwente.nl))

## Context

**Dit position paper heeft als doel een evenwichtige beschouwing op de kosten van medische technologie te bevorderen. Het is bekend dat nieuwe medische technologie naast een verbetering in gezondheidsuitkomsten, en in de bemensbaarheid van de zorg, ook een verhoging van zorgkosten met zich mee kan brengen (vaak afhankelijk van het gebruik). Er zijn echter ook veel nieuwe medische technologieën die, bij betere of gelijkblijvende gezondheidsuitkomsten, zorgkosten kunnen verlagen. Deze kostenbesparende technologieën zijn essentieel om de zorg in de toekomst betaalbaar te houden.**

**Dit position paper geeft concrete voorbeelden van kostenbesparende medische technologieën. Daarnaast worden uitdagingen besproken rondom ontwikkeling, implementatie, en gebruik van kostenbesparende medische technologie, inclusief substitutie en deïmplementatie van bestaande technologie. Tenslotte wordt aangegeven hoe partners in het 4TU verband concreet deze uitdagingen oppakken in de context van opleiding, technologie ontwikkeling, technologie evaluatie en implementatie van technologie.**

## Samenvatting

In de kamerbrief 'Visie medische technologie' (d.d. 26 april 2019) komt ter sprake dat medische technologie een steeds prominentere rol inneemt binnen de moderne gezondheidszorg. Zo kan medische technologie oplossingen bieden voor het bemensbaar houden van de zorg en de verschuiving van behandeling naar preventie faciliteren. De invloed van medische technologie op de kosten van de Nederlandse gezondheidszorg blijft echter onduidelijk. Een stelling die wordt ingenomen in enkele prominente rapporten is dat medische technologie de potentie heeft om kostenbesparend te zijn, maar in praktijk vaak kostenverhogend blijkt te werken. Daarnaast is bekend dat er een enorme variatie is in de kosten en effecten van verschillende nieuwe medische technologieën, ten opzichte van huidige zorg.

In dit paper wordt aan de hand van uiteenlopende illustraties concreet beschreven dat medische technologie zorguitkomsten kan verbeteren én kosten kan besparen, maar soms de zorg ook duurder kan maken. Door structurele toepassing van vroege "*health technology assessment*" (HTA), om technologie ontwikkeling en implementatie te informeren en sturen, kan de ontwikkeling van effectieve en kostenbesparende technologie naar verwachting verder gestimuleerd worden.

Van medische technologieën zoals ultrasound en elektronische voorschrijfsystemen is in het verleden al aangetoond dat ze kostenbesparend zijn en deze technologieën hebben geleid tot een vergelijkbare of verbeterde effectiviteit ten opzichte van de standaard zorg van dat moment. Recent ontwikkelde medische technologieën, zoals telehart

revalidatie en het gebruik van "*fractional flow reserve*" tijdens het plaatsen van stents, lijken een soortgelijke positieve impact te hebben op de Nederlandse gezondheidszorg. Eerste analyses tonen aan dat deze medische technologieën in Nederland miljoenen tot tientallen miljoenen euro's per jaar kunnen besparen en daarnaast effectiever, of even effectief, zijn als de huidige standaarden in cardiologie en oncologie. Ook in de toekomst zijn nieuwe technologieën te verwachten die een dergelijke positieve impact kunnen hebben. Voorbeelden hiervan zijn de elektronische neus als screeningstool voor onder andere gastro-intestinale aandoeningen en gebruik van tissue engineering voor het creëren van pulmonaalklepprothesen voor kinderen met aangeboren hartafwijkingen. Vroege HTA laat zien dat ook deze medische technologieën de potentie hebben om miljoenen tot tientallen miljoenen euro's per jaar te besparen.

Aan de hand van deze voorbeelden, geselecteerd op basis van ervaringen en expertise binnen de partners van 4TU, wordt de breedte van de medische technologie geïllustreerd. Er zijn uiteraard nog veel meer voorbeelden te bedenken van medische technologieën die zowel kostenbesparend als effectief zijn. Hierbij is het belangrijk te beseffen dat nieuwe technologie meestal enkel kostenbesparend kan zijn als het bestaande technologie (deels) substitueert, waarbij het gebruik van (duurdere) bestaande technologie wordt beperkt en bestaande technologie daar waar mogelijk ook wordt gedeïmplementeerd. Daarnaast zullen kostenbesparingen op microniveau, dus per (be)handeling of per test, niet altijd leiden tot kostenbesparingen op macroniveau, dus voor de Nederlandse gezondheidszorg als geheel. Zo kan een kostenbesparende technologie die een behandeling goedkoper en makkelijker maakt de kosten op macroniveau verhogen indien na implementatie

ervan de betreffende behandeling in een grotere, of nieuwe, groep patiënten of burgers wordt uitgevoerd.

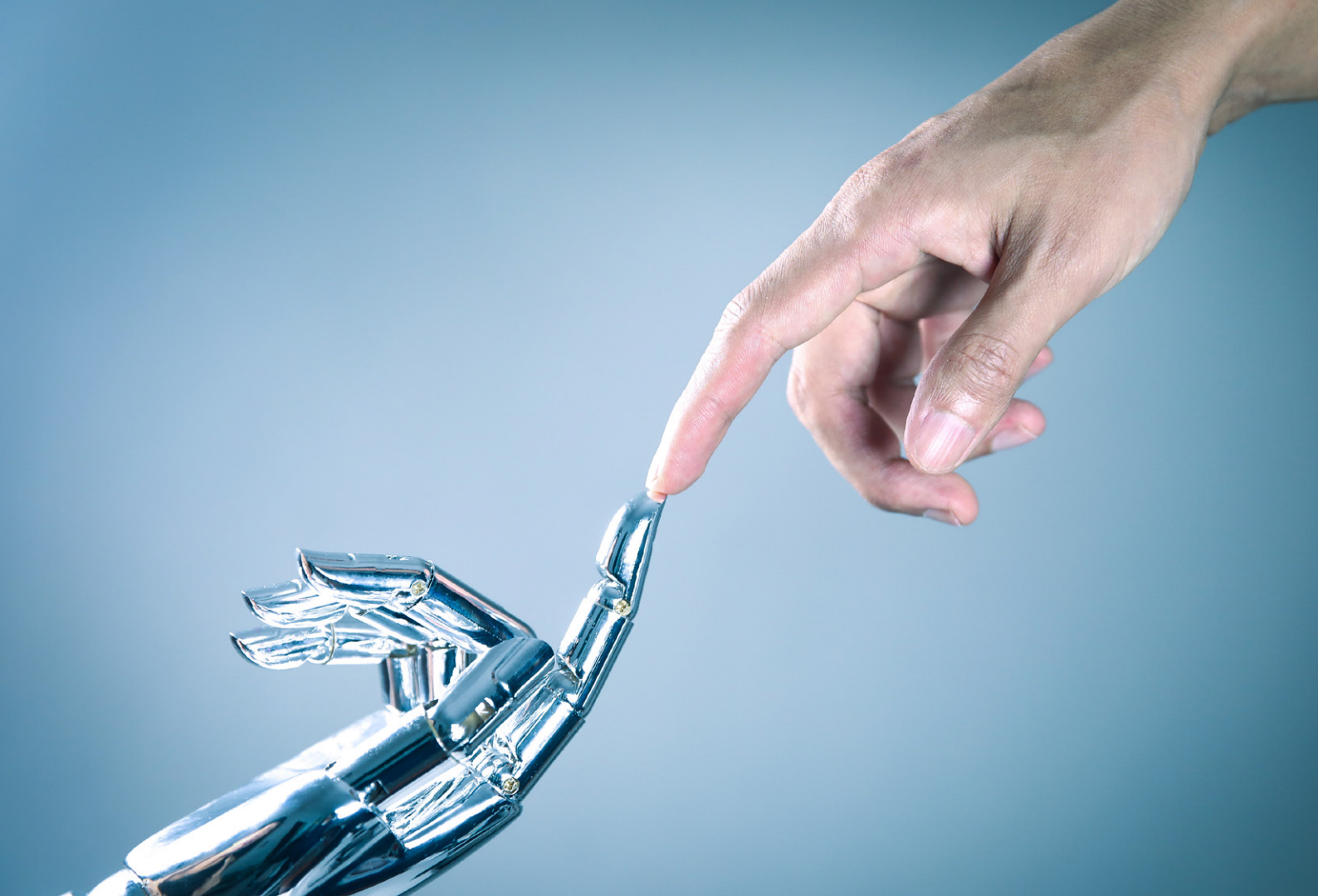
Behalve in de “*cure and care*” sector kan technologie ook een grote rol spelen in de opzet van effectieve preventieprogramma’s. Technologieën als ‘slimme’ sensoren, zelf-monitoringsystemen, toegankelijke online portalen en apparatuur geschikt voor de thuissituatie bieden steeds meer mogelijkheden voor de verschuiving van behandeling naar preventie, en kunnen – wanneer ook baten buiten de zorg worden meegeënen – leiden tot kostenbesparingen. Daarnaast betreffen niet alle kostenbesparende innovaties binnen de zorg ‘producten’ zoals bijvoorbeeld robots, beeldvormende instrumenten, of stents. Er wordt beweerd dat tot wel 80%, van alle energie en tijd in de gezondheidszorg wordt besteed aan logistiek. Verbeteringen binnen logistiek van zorg, organisatie van zorg en communicatie binnen de zorg kunnen daardoor ook leiden tot enorme kostenbesparingen én verbeterde efficiëntie. Op dergelijke innovaties ligt in dit paper echter niet de nadruk.

Er bestaan meerdere barrières die implementatie van kostenbesparende technologie kunnen bemoeilijken, waaronder hoge implementatiekosten, suboptimaal gebruik en beperkte adoptie van nieuwe technologie, beperkte deïmplementatie van oude technologie, focus van onderzoek op verbeteringen in plaats van kostenbesparingen, beperkte compatibiliteit tussen verschillende (ICT) systemen en de aanbodgedreven markt van de medische technologie. Deze verschillende barrières hebben betrekking op verschillende domeinen binnen de gezondheidszorg en daarom is een multidisciplinaire aanpak vereist om deze barrières te slechten. Eén van deze domeinen bestaat uit kennisinstellingen, waaronder ook de vier technische universiteiten vallen die samenwerken in 4TU verband. De partners in 4TU nemen reeds maatregelen om deze barrières te slechten, zoals inbedding van onderwijs in onder andere “*health technology assessment*”, “*constructive technology assessment*” en “*health services research*”. Dit onderwijs vormt een essentieel deel van lopende en nieuwe bachelor en master opleidingen gericht op gezondheid, zorg, en technologie ontwikkeling. Toepassing van deze methodes in multidisciplinaire (onderzoeks)teams zorgt daarnaast voor ondersteuning rondom evaluatie en optimale inzet van nieuwe technologie aan zorgprofessionals en beleidsmakers.

Tot slot kunnen niet alle voordelen die geboden worden door nieuwe medische technologie uitgedrukt worden in kosten en effectiviteit alleen. Nieuwe medische technologieën kunnen ook positieve invloed hebben op zaken als de tevredenheid van patiënten en zorgprofessionals, de werkdruk binnen de gezondheidszorg, arbeidsparticipatie van burgers en patiënten, de Nederlandse kenniseconomie en (werk)houding van de gebruiker/ontvanger.

Het is duidelijk dat verdere stijging van de kosten van zorg zeer onwenselijk is en dat ontwikkeling van veelbelovende kostenbesparende technologieën voorrang zou moeten krijgen over de ontwikkeling van nieuwe kostenverhogende technologieën. Dit is alleen te realiseren door in vroege ontwikkelstadia van technologie reeds de verwachte impact op kosten en gezondheidseffecten te schatten (vroege HTA). Daarbij kan ook gekeken worden naar de totale maatschappelijke kosten, in plaats van alleen naar de zorgkosten, aangezien technologie die zorgkosten verhoogt soms maatschappelijke kosten kan verlagen,

bijvoorbeeld door te leiden tot hogere arbeidsparticipatie en productiviteit. Daarnaast zijn kostenbesparingen te realiseren door adequaat gebruik van nieuwe en bestaande technologie te bevorderen, en brede(re) inzet van nieuwe technologie met stijgende zorgvolumes en zorgkosten als gevolg aan strikte eisen te onderwerpen. Dit vereist betrokkenheid van alle stakeholders, reeds in vroege ontwikkelstadia, maar ook in verdere ontwikkeling en toepassing van nieuwe iteratieve evaluatiemethoden voor medische technologie. In de context van adequaat gebruik zijn daarnaast transparante discussies nodig over de mate waarin stijging in volume van zorg (meer handelingen die mogelijk worden door de implementatie van nieuw ontwikkelde medische technologie) wenselijk en betaalbaar is. De partners in 4TU zijn er klaar voor om deze uitdagende discussie aan te gaan, en in samenwerking, binnen onderwijs en onderzoek, meer focus aan te brengen op de toekomstige eisen aan de ontwikkeling en het gebruik van technologie in de Nederlandse gezondheidszorg, met als doel de Nederlandse gezondheidszorg betaalbaar, bemensbaar, en efficiënt te houden.



## Introductie

Dit paper is geschreven naar aanleiding van de kamerbrief over 'Visie op medische technologie'<sup>1</sup> en de uitdagingen rondom betaalbaarheid binnen ons zorgstelsel die mede worden veroorzaakt door de snelle ontwikkeling van nieuwe medische technologieën. Het doel van dit paper is om aan de hand van uiteenlopende voorbeelden te illustreren dat medische technologie\* zorguitkomsten kan verbeteren én kosten kan besparen, maar soms de zorg ook duurder kan maken. Gezamenlijk reflecteren de gekozen voorbeelden drie verschillende perspectieven: een historisch, een actueel en een toekomstig perspectief. De historische voorbeelden beschrijven medische technologie die een grote, positieve, reeds bewezen impact heeft op kosten van zorg. De voorbeelden van recent ontwikkelde technologieën beschrijven innovaties die, op basis van wetenschappelijke analyses, naar verwachting effectief en kostenbesparend zijn. Tenslotte worden voorbeelden beschreven van technologieën die momenteel onder ontwikkeling zijn en de potentie hebben om te leiden tot kostenbesparingen, maar waarvan de wetenschappelijke onderbouwing daarvoor nu nog beperkt is. Elk voorbeeld is hierbij voorzien van een introductie waarin technologische doorbraken, die de ontwikkeling van de nieuwe medische technologie mogelijk hebben gemaakt, beschreven worden. Hierbij moet worden opgemerkt dat de kostenbesparingen die vermeld worden bij deze voorbeelden ruwe schattingen betreffen en

enkel bedoeld zijn om de orde grootte van besparingen aan te geven. Gezamenlijk kunnen deze voorbeelden dienen ter inspiratie van ontwikkelaars van medische technologie, beleidsmakers en zorgprofessionals om gezamenlijk te werken aan genuanceerdere denkbeelden rondom de impact van medische technologie op kosten van zorg. In samenwerking kunnen deze denkbeelden een vertaling vinden in nieuwe beleidsinstrumenten en wetenschappelijke methoden om de ontwikkeling van veelbelovende nieuwe technologieën te identificeren en prioriteren en adequaat gebruik ervan te stimuleren.

### Gebruik van technologie in de zorg

Het aantal medische hulpmiddelen dat beschikbaar is op de markt en gebruikt wordt in de zorg is in de afgelopen jaren sterk gestegen. Dit is te zien aan de wereldwijde omzet in de markt van medische hulpmiddelen die in 2015 circa 371 miljard dollar (circa 332,5 miljard euro) bedroeg en naar verwachting zal stijgen tot 795 miljard dollar (circa 713 miljard euro) in 2030.<sup>2</sup> Nederland levert een belangrijke en substantiële bijdrage aan de ontwikkeling van nieuwe medische technologie. Zo noteert Nederland over de periode 2010-2017 een zesde positie op de wereldranglijst van meeste patenten in medische technologie, een prestatie van formaat.<sup>3</sup> Deze ontwikkeling en toepassing van nieuwe medische technologie maakt het mogelijk om steeds complexere aandoeningen te behandelen, eerdere en betere diagnoses te stellen en soms het ontstaan van ziektes en aandoeningen geheel te voorkomen.<sup>4</sup>

\* De term 'medische technologie' wordt vaak gebruikt om een enorme diversiteit aan soorten technologieën te beschrijven. De definitie van medische technologie zoals gehanteerd in dit paper omvat device-achtige 'producten' en ICT-gerelateerde technologie, maar geen medicatie, in tegenstelling tot sommige andere definities, zoals verderop zal worden toegelicht.

De grote en toenemende vraag naar nieuwe preventieve en curatieve medische technologie heeft een aantal oorzaken. Door vergrijzing van de bevolking en toenemende levensverwachting neemt de incidentie van ouderdomsziektes, zoals bijvoorbeeld dementie en hartfalen, verder toe.<sup>5</sup> Technologie kan het omgaan met, en soms behandelen van, deze ouderdomsziektes eenvoudiger en efficiënter maken en mede daardoor de zorg bemensbaar houden.<sup>6</sup> Krachte op de zorgmarkt zal meer en meer leiden tot verplaatsing van zorg van het ziekenhuis naar de thuisituatie (intramuraal naar extramuraal) met daarbij een toenemende inzet van informatie en communicatie technologieën (ICT) en een verhoogde verantwoordelijkheid voor de patiënt zelf en de directe omgeving van de patiënt.<sup>5,7</sup> In ziekenhuizen worden steeds meer technisch geavanceerde, minimaal invasieve of robot-geassisteerde behandelingen uitgevoerd met als doel het risico op complicaties van behandeling te verminderen.<sup>7,8</sup> Daarnaast wordt technologie ook steeds vaker ingezet ter preventie van ziektes.<sup>7</sup> Voorbeelden hiervan zijn applicaties of systemen die een gezonde leefstijl belonen, zoals de SamenGezond app van Menzis die een gezonde leefstijl beloont met punten, die gebruikt kunnen worden voor cadeaus of kortingen.<sup>9</sup> Tenslotte zijn burgers en patiënten steeds beter geïnformeerd over technologische ontwikkelingen en spelen hun wensen met betrekking tot de inzet van technologie een steeds grotere rol in behandelbeslissingen (onder andere via “shared decision making” met zorgprofessionals).<sup>7</sup> Gezien de missies die het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) heeft gesteld voor 2030 en 2040,<sup>10</sup> de uitdagingen in de zorg de komende jaren, en de toenemende technologische mogelijkheden, lijkt het realistisch dat ontwikkeling en beschikbaarheid van nieuwe medische technologie snel verder zal toemenen.<sup>11</sup>

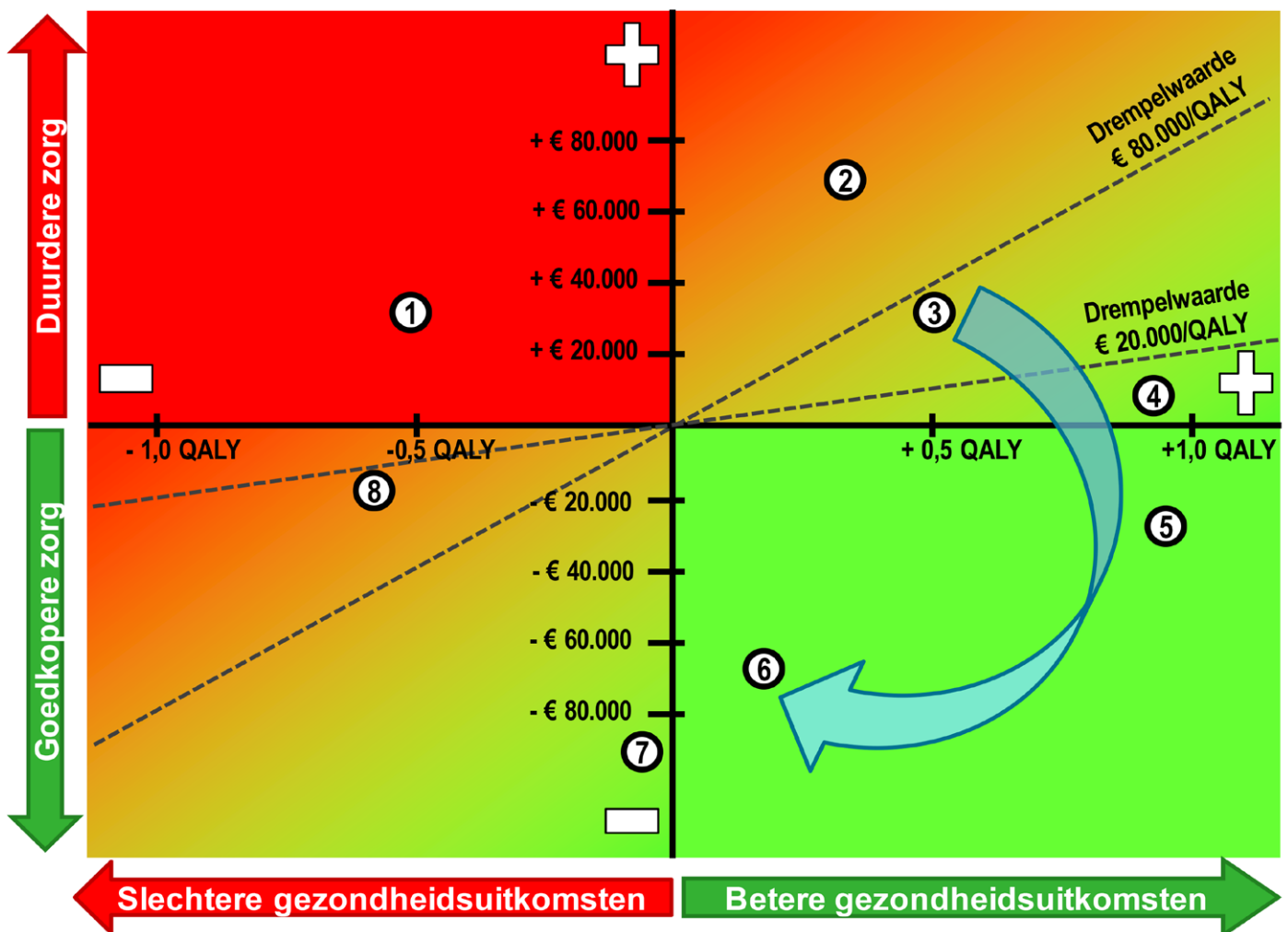
Het gebruik van nieuwe technologie kan echter naast een mogelijke positieve impact op onder andere gezondheidsuitkomsten en tevredenheid van patiënten en gezonde burgers ook leiden tot een verhoging van de kosten van zorg. De kosten van zorgtrajecten die gebruik maken van de nieuwe technologie (inclusief kosten van technologie implementatie, onderhoud, etc.) zijn dan hoger dan de kosten van de huidige zorgtrajecten zonder inzet van deze technologie. Recente Nederlandse rapporten, zoals de horizonscan van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu<sup>5</sup> (RIVM) en het rapport van Ecorys<sup>7</sup>, geven aan dat medische technologie weliswaar *de potentie heeft om kosten te besparen*, maar in de praktijk vaak kostenverhogend werkt. Hogere zorgkosten vergroten de druk op het zorgsysteem en staan haaks op het doel om het Nederlandse zorgsysteem betaalbaar te houden.<sup>1</sup> De kosten van de gezondheidszorg in Nederland zullen naar verwachting groeien van circa 85,8 miljard euro in 2015 tot 173,6 miljard euro in 2040.<sup>12</sup> Deze verwachte kostengroei zal volgens het RIVM voor twee-derde bestaan uit oorzaken anders dan demografische veranderingen, zoals onder andere, het gebruik van nieuwe technologie, hier inclusief geneesmiddelen, in de zorg.<sup>12</sup> Welk deel hiervan veroorzaakt zou worden door de kosten van geneesmiddelen ten opzichte van de kosten van andere innovaties is niet bekend. Daarnaast is het deel van de verwachte kostengroei door steeds bredere inzet van medische technologie, en nieuw ontwikkelde behandelopties voor patientengroepen die eerder niet behandelbaar waren, niet exact vast te stellen.

## De balans tussen kosten en gezondheidswinst

Historisch gezien ligt de focus van technologie ontwikkeling op technische innovatie en de meerwaarde daarvan in termen van verbeterde gezondheidsuitkomsten voor patiënten en gezonde personen. Overige baten, niet gerelateerd aan kostenbesparingen of gezondheidswinst, worden niet standaard meegenomen in formele evaluaties, zoals kosteneffectiviteits- en kostenutiliteitsanalyses. Daar wordt vaak de “Quality-Adjusted Life Year” (QALY) als uitkomstmaat genomen, waarin de duur van leven en de kwaliteit van leven worden gecombineerd in één uitkomst.<sup>13</sup> Hoewel verre van perfect, maakt een uitkomst in QALYs het wel mogelijk om de gezondheidseffecten van compleet verschillende technologieën direct met elkaar te vergelijken, en af te zetten tegen hun kosten. Het verschil in gezondheidseffecten in QALYs en het verschil in kosten, en de balans daartussen, is dan een maat voor de performance van medische technologie. Deze uitkomsten zijn gevisualiseerd in een zogenaamd incrementeel kosteneffectiviteitsvlak, conceptueel weergegeven in Figuur 1.

Verschillende medische technologieën kunnen, in vergelijking met de corresponderende standaardzorg, terechtkomen in één van de vier kwadranten. Technologie 1 ligt bijvoorbeeld linksboven, waar er gezondheidsverlies en hogere kosten ontstaan. Technologieën 2, 3 en 4 leveren gezondheidswinst op tegen hogere kosten, terwijl technologieën 5 en 6 gezondheidswinst opleveren en kosten besparen. Technologieën 7 en 8, tenslotte, veroorzaken gezondheidsverlies maar leveren wel kostenbesparingen op. Traditioneel gezien ligt de nadruk van de beoordeling op de balans tussen de gezondheidswinst en de hogere kosten, gevisualiseerd door de twee drempelwaardelijnen in Figuur 1. Afhankelijk van de ziektelast van de aandoening waar de technologie voor wordt ingezet wordt een balans van 20.000 euro (lagere ziektelast) tot 80.000 euro (hogere ziektelast) per gewonnen QALY acceptabel geacht.<sup>14</sup> Volgens dit criterium is de kosteneffectiviteit van technologie 2 niet acceptabel (boven de bovenste drempelwaarde), van technologie 3 wellicht acceptabel (afhankelijk van de ziektelast) en van technologie 4 zeker acceptabel (onder de onderste drempelwaarde). In het licht van de stijgende zorgkosten is het echter zeker ook van belang om te kijken naar de impact van technologieën op het Nederlandse zorgbudget. Ook technologieën 3 en 4 zullen, indien geïmplementeerd en vergoed, een stijging van de zorgkosten ten gevolg hebben: ze kosten immers meer per patiënt dan de huidige standaardzorg. Dit in tegenstelling tot technologieën 5 en 6, die kostenbesparingen ten gevolg hebben. Schattingen van kosteneffectiviteit zijn gebaseerd op bewijs beschikbaar op het moment van analyse. Dit bewijs is nooit perfect maar kent beperkingen, bijvoorbeeld omdat het afkomstig is uit (klinische) studies met een beperkt aantal deelnemers. Onzekerheden in dit bewijs leiden vaak tot onzekerheden in de verwachte kosten en effecten van de vergeleken strategieën. Het incrementele kosteneffectiviteitsvlak toont dan niet één punt, maar een verzameling punten, die elk een mogelijke uitkomst aangeven van de impact van de nieuwe technologie.

In de toekomst zal een gewijzigd perspectief noodzakelijk zijn, aangegeven met de blauwe pijl in Figuur 1: een verschuiving van een nadruk op gezondheidswinst (tegen acceptabele extra kosten) naar een nadruk op kostenbesparingen (bij betere of gelijkblijvende gezondheidsuitkomsten). Technologieën zullen eerder in aanmerking komen voor implementatie en vergoeding op basis van bewezen kostenbesparingen.



Figuur 1. Conceptuele voorstelling van het incrementele kosten-effectiviteitsvlak

Dit maakt het enerzijds mogelijk om de genoemde kostengroei te beperken, maar ook anderzijds om, voor specifieke aandoeningen waar weinig behandelingsopties bestaan, wel nieuwe effectievere en duurdere technologieën te implementeren en vergoeden.

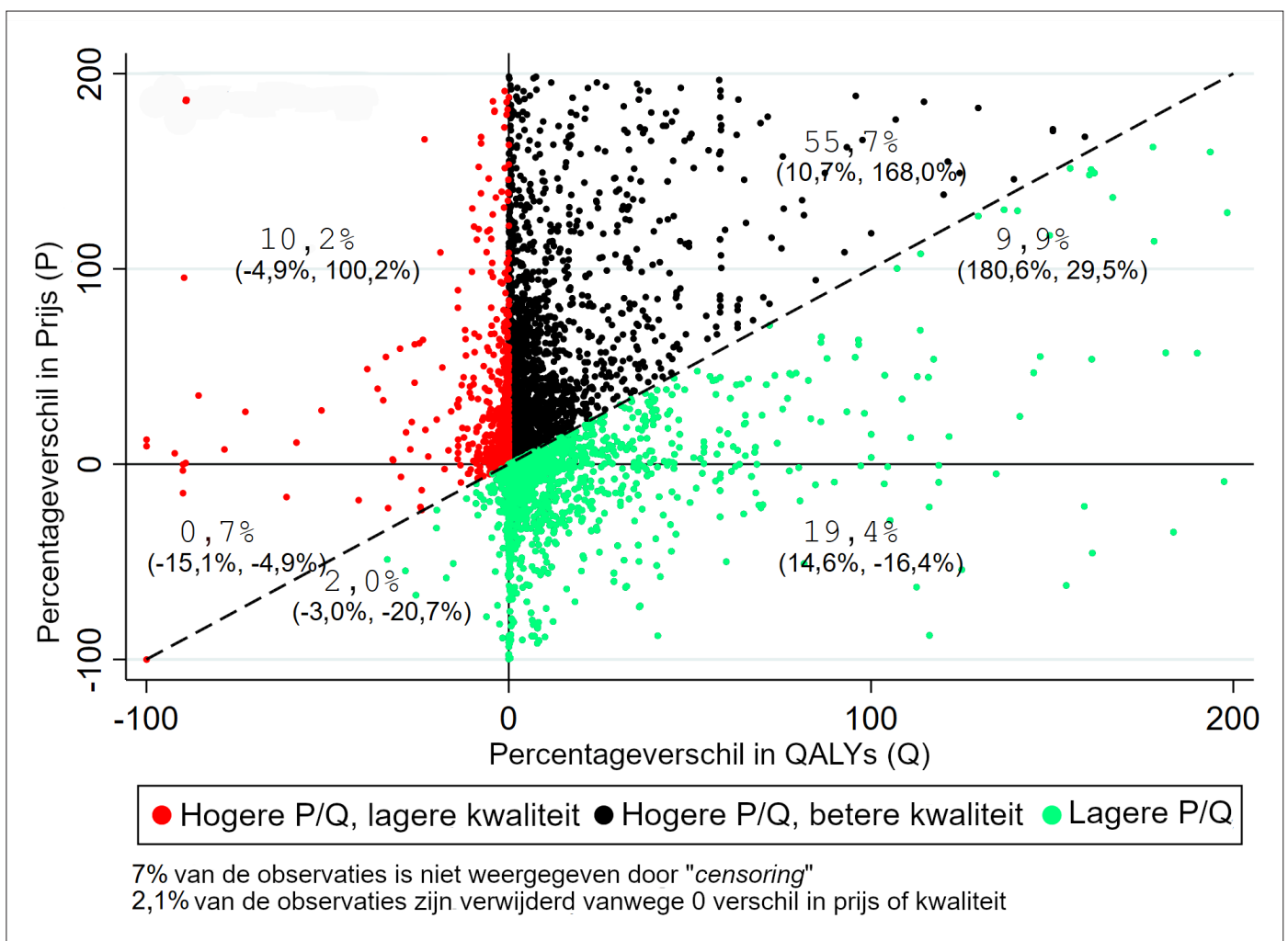
### De impact van technologie op kosten van zorg

Over de impact van technologie binnen de zorg en op de kosten van zorg is veel geschreven, zowel internationaal als in Nederland. In deze literatuur wordt, soms uit noodzaak, het begrip 'medische technologie' enorm gegeneraliseerd waardoor uitkomsten maar een beperkt inzicht verschaffen. Bij het in kaart brengen van kosten van medische technologie spelen twee belangrijke uitdagingen een grote rol. De eerste uitdaging betreft de enorme diversiteit aan soorten medische technologieën die ervoor zorgt dat 'de medische technologie' en de kosten daarvan een bijna onbruikbare generalisatie is. Deze diversiteit wordt duidelijk aan de hand van concrete voorbeelden van medische technologie, zoals een elektronisch patiëntendossier, gezondheidsapplicaties op een smartphone, een ziekenhuisbed, een kunstmatige hartklep, een dialyseapparaat, een FDG PET/CT scan, en een daVinci® operatie robot. De zeer grote variatie in toepassing, mogelijke voordelen, en kosten(besparingen) van deze medische technologieën kunnen niet zomaar worden samengevoegd zonder inzicht te verliezen. In het bijzonder medicatie, volgens de

wet kwaliteit klachten en geschillen zorg (Wkkgz)<sup>15</sup> onderdeel van het begrip medische technologie, zou apart moeten worden gezien van device-achtige 'producten' en ICT-gerelateerde technologie zoals genoemd in bovenstaande voorbeelden. Het ontwikkelen van een nieuw medicijn kan enorm kostbaar zijn en veel duurder dan de ontwikkeling van andere soorten technologie. Mede als gevolg hiervan zijn de kosten van medicatie, bijvoorbeeld binnen de oncologie, aanzienlijk toegenomen en zullen deze kosten nog verder stijgen indien geen passende maatregelen worden getroffen.<sup>16,17</sup> Medicatieontwikkeling vindt namelijk plaats bij zeer grote farmaceutische bedrijven, terwijl 95-97% van de device en ICT technologie ontwikkeld wordt door kennisinstellingen en kleine(re) (spin-off) bedrijven ("small and medium enterprises")<sup>18</sup>. De rol en onderhandelingspositie van grote farmaceutische bedrijven is fundamenteel anders dan die van kennisinstellingen en kleine bedrijven, waardoor een uniforme strategie gericht op kostenbesparing onmogelijk zal zijn. Daarnaast spelen patenten bij medicatie een veel grotere rol dan bij device en ICT technologie, een context waarin veel en continue innovatie plaatsvindt, wat een directe invloed heeft op de prijzen van medicatie. Een strategie op maat vereist dus een aparte analyse van verschillende soorten technologieën, vandaar dat in dit paper een definitie van medische technologie wordt gehanteerd die zich beperkt tot device-achtige 'producten' en ICT-gerelateerde technologie, en waarin medicatie niet is

opgenomen. De tweede uitdaging betreft het veel voorkomende gebrek aan gedetailleerde gegevens over de kosten (consequenties) van het gebruik van specifieke beschikbare (en soms reeds geïmplementeerde) medische technologieën. Indien geen, of slechts beperkt, bewijs is verzameld rondom impact op kosten van een medische technologie, is het voeren van inhoudelijke en bewijsgerelateerde discussies lastig. Gecombineerd leiden deze twee uitdagingen ertoe dat eenvoudig een beeld kan ontstaan dat 'technologie de zorg duur(der) maakt'. Hoewel dit zeker het geval kan zijn voor sommige technologieën, is dit geen algemene waarheid. Een impactanalyse per specifieke medische technologie, mogelijk qua analyse en detailniveau afgestemd op de beoogde inzet en verwachte impact, is beter op zijn plaats om verschillende (soorten) technologische innovaties op waarde te schatten.<sup>4</sup> Dit wordt duidelijk geïllustreerd in een onderzoek naar de kosteneffectiviteit van 4.800 innovaties gepubliceerd tussen 1976 en 2014 (waarvan 85% van de onderzochte studies tussen 2004-2014 is gepubliceerd).<sup>19</sup> De resultaten, weergegeven in Figuur 2, laten een enorme diversiteit in zowel relatieve effectiviteit als relatieve kosten (besparingen) zien ten opzichte van de toenmalige praktijk, die aansluit bij de diversiteit van de technologieën zelf. Een groot deel van de beoordeelde innovaties (55.7+9.9=65.8%) leidt tot betere gezondheidsuitkomsten tegen hogere kosten met een zeer wisselende

balans tussen deze twee dimensies (in Figuur 2 weergegeven inclusief 45°-lijn die een 1:1 relatie tussen gezondheidsverschil en prijsverschil aangeeft). Daarnaast is er een aanzienlijk deel van de beoordeelde innovaties (19,4%) dat leidt tot betere gezondheidsuitkomsten én kostenbesparingen. Onderscheid maken tussen technologieën die zowel effectief als kostenbesparend zijn en technologieën die niet effectief en duurder zijn, is daarom cruciaal voor het betaalbaar houden van het Nederlandse zorgsysteem. Het maken van dit onderscheid en daardoor kunnen verbeteren van de balans tussen duurdere en goedkopere nieuwe technologie in de zorg vereist een grotere en meer gestructureerde rol van vroege kwantitatieve evaluatie methoden, zoals vroege "health technology assessment" (HTA). Bredere inzet van methoden, zoals "multi-criteria decision analysis"<sup>20</sup>, expert elicitation<sup>21</sup>, en besliskundige modellering<sup>22,23</sup>, zal leiden tot meer transparante en expliciete evaluatie van medische technologieën, en voorkomen dat discussies gevoerd worden op basis van meningen waar geen bewijs aan ten grondslag ligt. Daarnaast zijn methoden voor het gebruik van gegevens uit de dagelijkse praktijk in evaluatie van bestaande en nieuwe technologie, ook na implementatie in de zorg, noodzakelijk om zicht te blijven houden op de daadwerkelijke impact van technologie op kosten en gezondheid in de dagelijkse praktijk.



**Figuur 2. Kosteneffectiviteit weergegeven aan de hand van verschil in kwaliteit ten opzichte van verschil in prijs.**

Figuur op basis van Figure 2 uit Hult et al, *American Journal of Health Economics*, volume 04, issue 04, 2018<sup>19</sup>, aangepast en vertaald met toestemming.





## Historische illustraties

Allereerst zullen twee technologieën worden beschreven die al geruime tijd zijn geïmplementeerd in het Nederlandse zorgstelsel, waarvan de initiële implementatiekosten aanzienlijk waren, maar die reeds tot enorme kostenbesparingen hebben geleid. Er is gekozen voor twee zeer verschillende voorbeelden van technologieën die inmiddels niet meer weg te denken zijn in het ziekenhuis.

### Ultrasound technologie

“Ultrasound” \* wordt breed ingezet in de hedendaagse gezondheidszorg zowel in het kader van diagnostiek als behandeling. Ultrasound is echter ook ooit geïntroduceerd als nieuwe technologie en er was destijds maar weinig kennis over de voordelen op lange termijn. De mogelijkheden waar ultrasound moderne artsen toe in staat stelt waren destijds nog ondenkbaar. Hoewel de Engelsman Robert Hooke in de 17<sup>e</sup> eeuw al speculeerde dat er wellicht ooit een apparaat ontwikkeld zou worden dat in staat zou zijn een diagnose te stellen door naar het lichaam te luisteren, duurde het tot de 20<sup>e</sup> eeuw voordat de ontwikkeling van technologie ver genoeg gevorderd was om een dergelijk apparaat daadwerkelijk te ontwerpen. Grote doorbraken als piëzo-electriciteit in 1880 en de triode versterker in 1907 legden de fundering voor de uiteindelijke ontwikkeling van ultrasound in het begin van de jaren 60 van de 20<sup>e</sup> eeuw.<sup>24</sup> Sindsdien heeft de ontwikkeling van ultrasound niet stil gestaan en nieuwe ontwikkelingen en toepassingen zoals elastografie, “3D real-time

volume imaging”, gedetailleerde bloedstroom echografie met behulp van het Doppler effect en mobiele echoapparatuur hebben elkaar in hoog tempo opgevolgd.<sup>24</sup>

Over de jaren heen is sterk bewijs geleverd met betrekking tot de kostenbesparingen die de diverse toepassingen van ultrasound kunnen realiseren.<sup>25</sup> Hier zal één toepassing verder uiteen worden gezet in een historische context. Meer dan 20 jaar geleden werd een kostenbesparing van 170 dollar (omgerekend circa 153 euro) per patiënt geobserveerd indien ultrasound wordt gebruikt als triage diagnostiek, om de noodzaak van een daaropvolgende CT scan vast te stellen, in plaats van het direct uitvoeren van een kostbare CT scan, in patiënten met een abdominaal trauma.<sup>26</sup> In totaal werden 1.190 patiënten geïncludeerd in deze studie uit de Verenigde Staten. Een andere studie uit de Verenigde Staten<sup>27</sup> liet een vergelijkbaar verschil in kosten zien na het oprichten van een “key clinical pathway” waarin eerst met echografie wordt gescand, om te bepalen of er vervolgstappen als een CT scan of buikspoeling noodzakelijk zijn. Tot slot heeft een derde studie<sup>28</sup>, ook uit de Verenigde Staten, een kostenbesparing aangetoond van ruim 130 dollar (circa 118 euro) in een vergelijkbare opzet waar echografie de mogelijk benodigde CT scan en buikspoeling voorging. De uitkomsten in effectiviteit waren vergelijkbaar<sup>26-28</sup> en de mogelijkheid om een CT scan of buikspoeling uit te voeren wanneer echografie geen uitsluitsel gaf bleef bestaan. In dit geval substitueert ultrasound de destijds gebruikte technieken niet volledig, maar dient echografie als waardevolle (en uiteindelijk kostenbesparende) toevoeging op de standaard zorg die op dat moment gehanteerd werd.

\* Ultrasound is geen Nederlands woord maar zal vanwege veelvuldig gebruik in de verdere tekst zonder aanhalingstekens worden geschreven.

## Elektronisch voorschrijfsysteem (“Computer Physician Order Entry”)

Na het verschijnen van enkele belangrijke rapporten rond de vorige eeuwwisseling, zoals “*To err is human*”<sup>29</sup> en “*Crossing the Quality Chasm*”,<sup>30</sup> waarin problemen binnen de gezondheidszorg in de Verenigde Staten werden uitgelicht, bleek dat grondige veranderingen binnen het zorgstelsel nodig waren om de kwaliteit van de zorg te waarborgen en de veiligheid van patiënten te garanderen. Doorbraken binnen de medische ICT hebben het mogelijk gemaakt om digitale ondersteuningssystemen in het ziekenhuis te implementeren, die onder andere tot doel hebben de veiligheid van patiënten garanderen.<sup>29</sup> Dergelijke systemen zijn heden- daags wijdverspreid binnen zorginstellingen. Eén van de voorbeelden van een dergelijk systeem is het elektronisch voorschrijfsysteem, dat momenteel niet meer weg te denken is uit ziekenhuizen. Dit systeem geeft artsen de mogelijkheid om nieuwe medicamenteuze voorschriften direct elektronisch in te voeren, waardoor deze automatisch op de juiste plek terechtkomen.

Naast efficiënt datatransport, geeft een elektronisch voorschrijfsysteem ook de mogelijkheid om toepassingen te standaardiseren, keuzehulp systemen te implementeren, contact tussen de verschillende afdelingen te verbeteren, en acties als patiënttransport in gang zetten.<sup>31</sup> De positieve impact van dit soort systemen op zowel kwaliteit als kosten is dermate groot geweest dat het sinds 1 januari 2014 in Nederland verplicht is gesteld om geneesmiddelen voor te schrijven via een elektronisch voorschrijfsysteem.<sup>32</sup>

Implementatiekosten van een elektronisch voorschrijfsysteem kunnen initieel vrij hoog zijn, waarbij bedragen in de orde van meerdere miljoenen nodig kunnen zijn voor implementatie. Daarnaast kunnen de jaarlijkse onderhoudskosten oplopen tot boven de 1 miljoen euro in een ziekenhuis met meer dan 500 bedden.<sup>31</sup> Implementatie en gebruik van een elektronisch voorschrijfsysteem in het academische Brigham and Women’s Hospital (720 bedden, tertiaire zorg) resulteerde in concrete operationele kostenbesparingen na een periode van circa 7 jaar.<sup>33</sup> Over een totale periode van 11 jaar resulteerde het gebruik van dit systeem in een kostenbesparing van 28,5 miljoen dollar met een netto kostenbesparing van 16,7 miljoen dollar en een jaarlijkse operationele besparing van 1,3 miljoen dollar<sup>33</sup> (circa 1 miljoen euro). Uitgaande van het aantal ziekenhuisbedden in Nederland (37.753 bedden in 2017, van academische en algemene ziekenhuizen gecombineerd<sup>34</sup>) levert het vereiste gebruik van elektronische voorschrijfsystemen in Nederland nu jaarlijks een kostenbesparing van circa 52,5 miljoen euro op.

Naast kostenbesparingen leiden elektronische voorschrijfsystemen tot een reductie in het aantal fouten in het voorschrijven van medicatie, en dus verbetering van kwaliteit van leven van patiënten.<sup>35</sup> Kijkend naar de gradatie in ernst van de fouten is aangetoond dat het gebruik van elektronische voorschrijfsystemen de kans op fouten reduceert in alle gradaties van ernst. De grootste kostenbesparing wordt echter behaald bij minder ernstige fouten.<sup>33</sup> Het voorkomen van fouten bij het voorschrijven van medicatie kan in specifieke gevallen (ernstig) gezondheidsverlies bij patiënten voorkomen.



## Illustraties van recente ontwikkelingen

Hier zullen twee technologieën binnen het gebied van cardiovasculaire geneeskunde worden beschreven die recent ontwikkeld zijn en momenteel worden geïmplementeerd in het Nederlandse zorgstelsel. Er is gekozen voor twee voorbeelden die verschillen in hun moment van toepassing: de ene technologie wordt na cardiale problemen of chirurgische ingrepen gebruikt om herstel te bevorderen, de andere technologie tijdens de uitvoering van chirurgische ingrepen.

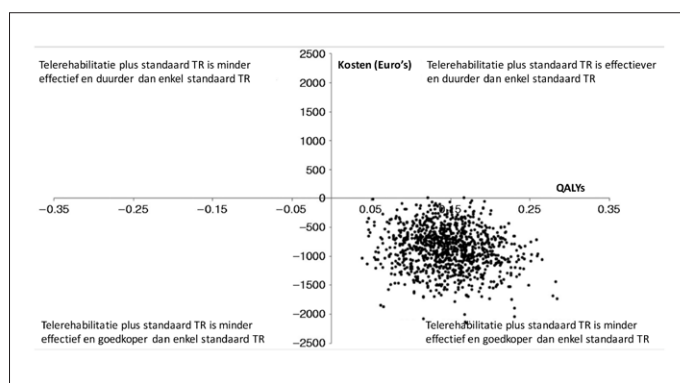
### Telehartrevalidatie

Een ontwikkelingsgebied dat recent veel aandacht krijgt is het gebruik van eHealth. Een eerste primitieve vorm van eHealth is ontwikkeld in 1967 waarbij het mogelijk werd om via een audiovisueel circuit met de toepassing van microgolven te communiceren vanaf een specifieke locatie met een circa 5 km verderop gelegen ziekenhuis.<sup>36</sup> Door meerdere technologische doorbraken, zoals de ontwikkeling van het moderne internet<sup>36</sup>, bluetooth in de jaren 90 van de vorige eeuw<sup>37</sup> en door ontwikkeling van keuzehulp systemen gebaseerd op medische literatuur en expertise gecombineerd met geavanceerde miniatuursensoren, is de potentie van eHealth explosief toegenomen.<sup>5,7</sup> Een voorbeeld van een toepassing binnen eHealth, waar veel onderzoek naar wordt gedaan in binnen- en buitenland, is telehartrevalidatie na acuut hartfalen, een cardiale interventie ter preventie van toekomstige aandoeningen.<sup>38</sup> Deze techniek dient als toevoeging op, of vervanging van, de conventionele hartrevalidatie in revalidatiecentra. Hoewel de klinische effectiviteit van

conventionele hartrevalidatie wetenschappelijk is aangetoond<sup>39</sup>, blijkt dat therapietrouw van patiënten vaak afneemt over de tijd door oorzaken als reistijd, restricties door werk, of groepssessies die individuele behoeftes onvolledig vervullen.<sup>38,40</sup>

Het Amsterdam Public Health (APH) onderzoeksinstituut in samenwerking met onder andere Philips en de Universiteit Leiden levert een actieve bijdrage in onderzoek naar de potentie van telemonitoring en heeft een programma ontwikkeld om de effectiviteit van telehartrevalidatie aan te tonen<sup>38</sup>. De laatste inzichten en metingen geven een kostenbesparing door telerevalidatie van 437 euro per patiënt aan, in gezondheidszorg gerelateerde kosten. In een breder perspectief, wanneer kosten ongerelateerd aan gezondheidszorg ook worden meegenomen, zoals de kosten van afwezigheid van werk, loopt deze kostenbesparing op tot 6.085 euro per patiënt.<sup>38</sup> Vooral nog is in dit programma een grotere patiëntengroep nodig om deze besparing ook statistisch significant aan te kunnen tonen, maar andere studies laten reeds wel een significante kostenbesparing zien. De kostenbesparing door telerevalidatie, weer gebaseerd op enkel de kostenbesparing binnen de gezondheidszorg, bedroeg 564 euro per patiënt in een Belgische studie, zoals weergegeven in Figuur 3 met de bijbehorende onzekerheid.<sup>41</sup> Een recente studie uit Australië en Nieuw Zeeland laat een niet-significante kostenbesparing zien, van 4.615 euro per patiënt. Onderdeel hiervan is een significante kostenbesparing van 274 euro door verschillen in medicatie. Overige kostenverschillen waren niet significant, naar alle waarschijnlijkheid door de (relatief) kleine patiëntenpopulatie.<sup>42</sup> Hoewel deze kostenbesparingen op het eerste gezicht wellicht niet imposant lijken, is de daadwerkelijke kostenbesparing in de praktijk natuurlijk ook direct afhankelijk van het aantal patiënten. Voor Nederland is deze berekening eenvoudig

te maken. Van 2007 t/m 2011 hebben in totaal 29.356 mensen in Nederland een hartrevalidatie programma gevolgd.<sup>43</sup> Dat wil zeggen dat de totale kostenbesparing door de inzet van telehartrevalidatie in vijf jaar tijd kan oplopen van ruim 12 miljoen euro (437 euro besparing in 29.356 patiënten, wanneer enkel gekeken wordt naar kosten van medicatie) tot ruim 178 miljoen euro (6.085 euro besparing in 29.356 patiënten, wanneer ook kosten niet gerelateerd aan gezondheidszorg mee worden genomen). Daarnaast is aangetoond dat de effectiviteit van telerevalidatie niet onderdoet voor die van revalidatieprogramma's in revalidatiecentra<sup>42,44</sup>, met een verschil in QALYs van -0,01 tot +0,06.<sup>38,41</sup>



**Figuur 3. Kosteneffectiviteit van telehartvalidatie.**

Figuur op basis van Figure 3 uit Frederix et al<sup>41</sup>, *European Journal of Preventive Cardiology*, volume 23, issue 7, 2015, aangepast en vertaald met toestemming.

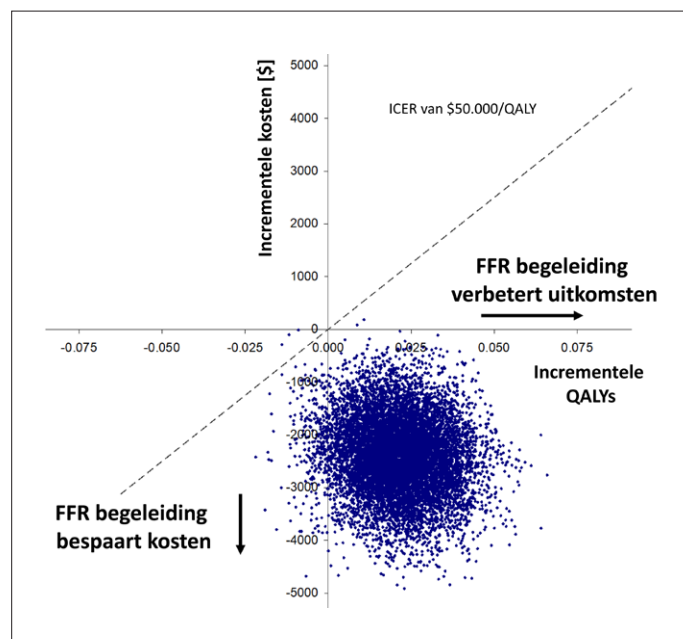
TR: Telehartrevalidatie

### Fractional Flow Reserve (FFR) technologie

Onderzoek naar technologische innovaties in de cardiologie heeft altijd een prominente plek ingenomen op de wetenschappelijke kennisagenda's. Een voorbeeld van een dergelijke innovatie vindt plaats in de zorg voor patiënten met coronaire stenose. De eerste conceptuele beschrijvingen van coronaire angioplastiek vonden plaats in 1964<sup>45</sup>, maar het duurde nog tot 1977 voor de eerste coronaire ballon angioplastiek succesvol werd geïntroduceerd.<sup>46</sup>

Dit was een enorme stimulans voor de interventie cardiologie en impuls voor verder onderzoek.<sup>46</sup> Bijna 10 jaar later werd in 1987 het eerste artikel gepubliceerd met een beschrijving van succesvol verlopen implementaties van stents in patiënten.<sup>47</sup> In 1994 volgde goedkeuring van de U.S. Food and Drug Administration (FDA) voor toepassing van de "bare metal stent" in de praktijk.<sup>45</sup> Daaropvolgend werd in 1999 de eerste "drug-eluting stent" (DES) succesvol geïmplementeerd in een patiënt, gevolgd door goedkeuring van FDA en aangemelde instanties ("notified bodies") voor de eerste DES in 2002.<sup>45</sup> Sindsdien is de DES de standaard voor het behandelen van coronaire stenose, waarbij de katheter die de stent bevat wordt ingebracht onder geleiding van angiografie. Aangezien de kosten van een DES vrij hoog zijn, is het belangrijk dat dit zorgvuldig gebeurt. In praktijk blijkt echter dat angiografie de myocardiale laesie niet altijd accuraat weergeeft en daardoor kan de laesie onder- of overschat worden met als mogelijk gevolg complicaties of het disfunctioneren van de stent met een noodzaak tot vervanging als gevolg.<sup>48</sup>

Het Catharina ziekenhuis (Eindhoven) is, in samenwerking met de Technische Universiteit Eindhoven, de private universiteit UMIT (Oostenrijk, Hall in Tirol), het Maxima Medisch Centrum (Eindhoven) en meerdere andere ziekenhuizen waaronder het Stanford Universitair Medisch Centrum (Stanford, Verenigde Staten) pionier in de ontwikkeling van de nieuwe "fractional flow reserve" (FFR) technologie. Deze technologie maakt gebruik van de druk distaal (van de stenose) in de coronaire arterie en de druk van de aorta, om een indicatie van de ernst van de myocardiale laesie te geven, en het risico op ischemie te voorspellen. Patiënten met een hoog risico op ischemie komen direct in aanmerking voor het plaatsen van een DES, terwijl bij patiënten met een laag risico de verwachte voordelen van deze ingreep nog niet opwegen tegen de kans op complicaties en beter een afwachtende strategie kan worden gekozen. Initiële analyses laten met behulp van een sensitiviteitsanalyse zien dat FFR een kostenbesparing kan opleveren van 2.042 dollar (circa 1.488 euro) tot 2.726 dollar (circa 1.986 euro) per patiënt per jaar (zie Figuur 4).<sup>49</sup> Jaarlijks worden er in Nederland ongeveer 35.000 stents geplaatst.<sup>50</sup> Dat zou betekenen dat FFR jaarlijks 52 tot 69,5 miljoen euro zou kunnen besparen. FFR lijkt dus kostenbesparend te zijn, en minimaal even effectief als de huidige standaard (angiografiegeleide stentplaatsing) want na 1 jaar werd een minimale stijging in QALYs van 0,015 gevonden.<sup>49</sup>



**Figuur 4. Kosteneffectiviteit van FFR.**

Figuur op basis van Figure 1 uit Fearon et al<sup>49</sup>, *Circulation*, volume 122, issue 24, 2010, aangepast en vertaald met toestemming.

FFR: Fractional flow reserve



## Illustraties van veelbelovende technologieën

Tot slot zullen twee technologieën worden beschreven die momenteel in ontwikkeling zijn en waarvan de eerste inschatting van hun voordelen en kosten veelbelovend is. Er is gekozen voor twee zeer verschillende technologieën die echter beiden gebruik maken van grote doorbraken in technische onderzoeksgebieden.

### Elektronische neus

Voor veel ziektes, waaronder kanker in het bijzonder, is vroege detectie en vroege behandeling een effectieve manier om de complicaties, sterfte en hoge behandelkosten die optreden in ernstige ziektestadia te beperken. Een nieuwe techniek die momenteel volop in ontwikkeling is en in de toekomst nieuwe mogelijkheden kan bieden voor vroege(re) diagnose van verschillende vormen van kanker of andere ziekten is de elektronische neus. De elektronische neus is een apparaat dat patronen van vluchtige organische stoffen kan meten in de uitgeademde lucht van een persoon.<sup>51</sup> Het idee dat ziektes te ruiken zijn door veranderingen in deze vluchtige organische stoffen bestaat al langer. In 1989 is voor het eerst aangetoond dat een hond in staat is om een persoon met kanker te onderscheiden van gezonde personen door middel van reuk.<sup>52</sup> In de praktijk blijkt het echter lastig en kostbaar om deze stoffen daadwerkelijk te identificeren en te meten. De ontwikkeling van de "multisensor array" in 1982,<sup>53</sup> en de huidige ontwikkelingen rondom kunstmatige neurale netwerken en referentiedatabases zijn technologische doorbraken die nu de realisatie van een elektronische neus mogelijk maken.<sup>53</sup> Dankzij deze

ontwikkelingen is het mogelijk naar patronen van vluchtige organische stoffen te kijken in plaats van naar hoeveelheden van individuele vluchtige organische stoffen. De elektronische neus is in staat om patronen in de samenstelling van de uitgeademde lucht te identificeren en deze te koppelen aan bepaalde ziektes die de samenstelling in vluchtige organische stoffen doen veranderen, zoals bijvoorbeeld lever- en gastro-intestinale aandoeningen.<sup>54</sup> In Nederland wordt actief onderzoek verricht naar (verschillende types) elektronische neuzen, door consortia waarin onder andere de Erasmus Universiteit, het Amsterdam Medisch Centrum, de Universiteit Twente, de Universiteit Groningen, het Medisch Spectrum Twente en het Universitair Medisch Centrum Groningen deelnemen, als ook Nederlandse bedrijven zoals The eNose Company.

Het gebruik van de elektronische neus in de context van screenen op darmkanker lijkt een interessante toepassing. Studies naar de diagnostische accuratesse van de elektronische neus als "stand-alone" test voor darmkanker screening hebben een sensitiviteit en specificiteit van respectievelijk 0,81 en 0,71 gevonden.<sup>55</sup> Met name ook de toepassing van de elektronische neus binnen het huidige screeningsprogramma in Nederland tussen de immunologische fecaal occult bloed-test (iFOBT) en de colonoscopie is onderwerp van onderzoek.<sup>56</sup> Een dergelijke toepassing maakt het kiezen van een meer sensitieve drempelwaarde voor de iFOBT mogelijk, waardoor de elektronische neus eventuele onnodige colonoscopiën grotendeels kan voorkomen. De eerste impact schattingen voor deze toepassing van de elektronische neus, uitgevoerd door The eNose Company, komen uit op een mogelijke kostenbesparing van meer dan 12,5 miljoen euro per jaar.<sup>56</sup> Daarnaast wordt de screening op darmkanker veel effectiever. Door de hoge specificiteit van de elektronische neus is dit apparaat een waardevolle toevoeging op de iFOBT, met een

hoge sensitiviteit en lagere specificiteit, doordat deze korte en weinig intensieve test eenvoudig het aantal fout positieven van de iFOBT kan reduceren. Dit kan het aantal colonoscopieën dat noodzakelijk is voor diagnose, en door de patiënt ervaren als onprettig, sterk doen afnemen. Dit voorkomt onnodige diagnostische kosten en personeelskosten voor het uitvoeren van een colonoscopie. Vooral nog lijkt de elektronische neus voor darmkankerscreening dan ook te kunnen leiden tot kostenbesparingen en gezondheidswinst.

## Kunstmatige pulmonaalklep door tissue engineering

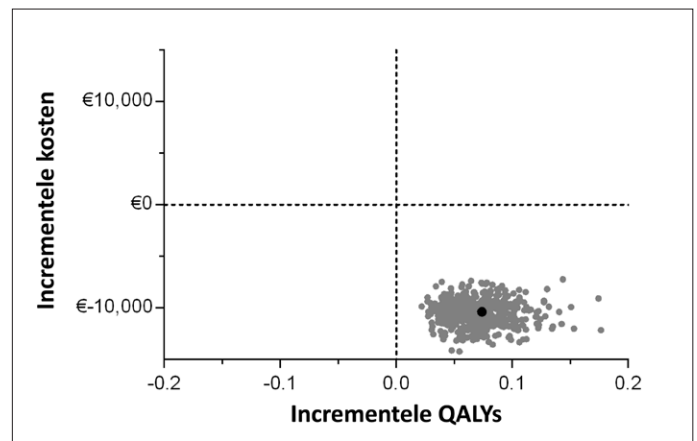
Het is algemeen bekend dat problemen aan het hart kunnen leiden tot levensbedreigende situaties. Afwijkingen aan het hart kunnen al bij de geboorte ontstaan, bijvoorbeeld aan de hartkleppen en met name de pulmonaalklep.<sup>57,58</sup> Jaarlijks worden 6 tot 8 op de 10.000 kinderen geboren met afwijkingen aan de pulmonaalklep.<sup>59</sup> In Nederland worden zo'n 170.000 kinderen per jaar geboren,<sup>60</sup> en resulteert dit in jaarlijks 102 tot 136 kinderen die geboren worden met problemen aan de pulmonaalklep.

Al in 1953 werd voor het eerst succesvol een kunstmatige hartklep geïmplantéerd in een patiënt.<sup>61</sup> De materialen waarvan kunstmatige kleppen gemaakt worden, zijn echter tot op de dag van vandaag nog altijd onderwerp van discussie. Zo hebben mechanische kleppen een lange levensduur en slijten ze nauwelijks, maar aan de andere kant moeten patiënten hierbij levenslang antistollingsmedicatie gebruiken om te voorkomen dat er trombo-embolieën ontstaan.<sup>62,63</sup> Deze medicatie verhoogt het risico op bloedingen met alle gevolgen van dien.<sup>64</sup> Biologische kleppen, gemaakt van dierlijk materiaal of afkomstig van menselijke donoren, vergroten daarentegen de kans op trombo-embolieën niet, waardoor alleen de eerste drie maanden na de operatie antistollingsmedicatie nodig is.<sup>62,64</sup> Deze biologische kleppen kunnen in de loop van de tijd door lichamelijke processen (voornamelijk verkalking) echter vervormen met klepfalen tot gevolg waardoor heringrepen noodzakelijk zijn.<sup>63,64</sup> Verkalking van de hartklep is een proces waar calcium zich ophoopt aan de biologische hartklep dat vooral in kinderen en jongvolwassenen versneld plaatsvindt.<sup>64</sup> Biologische kleppen vertonen dus sneller gebreken in jonge patiënten met aangeboren afwijkingen en meerdere nieuwe ingrepen zijn bij deze patiëntengroep daarom vrijwel altijd noodzakelijk.<sup>64,65</sup> Daarnaast hebben alle kunstmatige hartkleppen het nadeel dat ze niet mee kunnen veranderen en mee kunnen groeien met het lichaam en geen regeneratie vertonen, waardoor specifiek bij jonge patiënten doorgaans altijd op latere leeftijd heringrepen noodzakelijk zijn.

Om dit probleem het hoofd te bieden werken verschillende partijen, waaronder de Technische Universiteit Eindhoven en het Universitair Medisch Centrum Utrecht, nauw samen om tot oplossingen te komen. Recente ontwikkelingen op het gebied van tissue engineering, onder andere in materiaal en verwerking van biologische componenten, bieden mogelijkheden om zogenaamde "scaffolds" voor de pulmonaalklep te maken die in het hart geïmplementeerd kunnen worden en lichaamseigen cellen aantrekken. Deze lichaamseigen cellen kunnen dan om deze "scaffold" heen groeien en zich ontwikkelen tot orgaancellen.<sup>65,66</sup> De materialen van de "scaffold" zelf breken geleidelijk af over de tijd, waardoor er weer een autologe functionerende hartklep zal ontstaan. De verwachting is dat deze autologe kleppen minder snel vervormen door lichamelijke processen, daardoor minder hard slijten en minder

complicaties veroorzaken dan de huidige biologische kleppen. Belemmeringen van traditionele ex vivo tissue-engineering zijn voornamelijk lage productiesnelheid en hoge kosten.<sup>67</sup> Deze nieuwe in situ methode is minder complex en zal daardoor waarschijnlijk minder kosten met zich meebrengen.

Aannemend dat een hartklep gemaakt met behulp van tissue engineering bij implementatie geen extra risico's met zich meebrengt en vergelijkbaar functioneert als huidige biologische pulmonaalkleppen, zou deze techniek een kostenbesparing kunnen opleveren van 10.378 euro per ingreep, zoals weergegeven in Figuur 5.<sup>65</sup> Uitgaande van 102 nieuw geboren kinderen per jaar die baat hebben bij een nieuwe pulmonaalklep, betekent dit dat er jaarlijks meer dan 1 miljoen euro bespaard kan worden met deze nieuwe technologie.<sup>65</sup> Wanneer deze technologie echter in de volledige patiëntengroep die baat heeft bij een nieuwe hartklep toegepast zou kunnen worden, dan zou de kostenbesparing op kunnen lopen tot tientallen miljoenen euro's per jaar, aangezien er jaarlijks meer dan 3.500 hartklepoperaties worden uitgevoerd.<sup>68</sup> Naast deze mogelijke kostenbesparing hebben de nieuwe pulmonaalkleppen naar verwachting ook een positieve invloed op de kwaliteit van leven van patiënten. Een reductie in complicaties en in heringrepen levert naar verwachting een kleine verbetering op van 0,058 QALYs, zoals weergegeven in Figuur 5.<sup>65</sup>



**Figuur 5. De verwachte kosteneffectiviteit van pulmonaalkleppen geproduceerd door tissue engineering vergeleken met bestaande kunstmatige hartkleppen, geschat met behulp van vroege HTA.**

*Figuur op basis van Figure 3 uit Huygens et al<sup>65</sup>, The Annals of Thoracic Surgery, volume 107, issue 6, 2019, aangepast en vertaald met toestemming.*



## Discussie

In dit paper is aan de hand van uiteenlopende voorbeelden geïllustreerd dat medische technologie de moderne zorg niet per definitie duurder maakt, maar ook effectief én kostenbesparend kan zijn. Dit is in het verleden zo geweest en zal ook in de toekomst zo zijn. Nederland is een belangrijke pionier in de ontwikkeling van nieuwe medische technologie, en kan met investeringen in technologie ontwikkeling en technologie evaluatie ook voorop blijven lopen. Om het Nederlandse zorgstelsel betaalbaar te houden zal in de toekomst de balans tussen kostenbesparende en kostenverhogende nieuwe technologie moeten verbeteren. Dit is mogelijk door actief te focussen op de (vroege) identificatie, optimale inzet, en implementatie van (nieuwe) kostenbesparende technologieën, met volledige substitutie (vervanging) en deïmplementatie van bestaande technologieën waar mogelijk. Ook breder gebruik van (bestaande) goedkope sensor technologie kan mogelijk in veel verschillende toepassingen kosten besparen, zoals bijvoorbeeld het gebruik van sensoren in incontinentiemateriaal voor ouderen, die voorkomen dat ofwel urineverlies laat wordt opgemerkt ofwel regelmatige controle nodig is door zorgpersoneel. De gegeven voorbeelden illustreren de diversiteit van kostenbesparende medische technologie en de bijbehorende ordegrootte van mogelijke besparingen in hun respectievelijke context. Besparingen behaald in bijvoorbeeld de Verenigde Staten kunnen in Nederland hoger of lager uitvallen, vanwege verschillen in de organisatie en financiering van zorg. Vanzelfsprekend zijn er nog veel meer van dit soort voorbeelden te geven. Tegelijkertijd zijn er waarschijnlijk ook toepassingen van de beschreven technologieën denkbaar, en wellicht ook

onderzocht, waarbij de technologie niet effectief is, of geen kosten bespaart. Dit betekent dat onderzoek naar, en methoden voor, het vaststellen van de optimale inzet van (nieuwe) medische technologie cruciaal is om de voordelen ervan te maximaliseren, zoals ook in eerder onderzoek is geïllustreerd.<sup>69-71</sup> Het specifieke doel waarvoor een technologie wordt ingezet en de specifieke doelgroep waar de technologie voor wordt ingezet, of die de technologie gebruikt, bepaalt de uiteindelijke impact.

Na initiële ontwikkeling is ook het incrementeel of iteratief verbeteren van technologieën belangrijk. Zowel vanuit technisch perspectief (performance) als vanuit het perspectief van de eindgebruiker (*"usability"*) is dit essentieel om de meerwaarde, waaronder mogelijke kostenbesparingen, te maximaliseren. Telerevalidatie is een dergelijke interventie met veel mogelijke toepassingen. Waar sommige vroege studies<sup>72,73</sup> lieten zien dat telerevalidatie niet goedkoper was en niet effectiever was dan conventionele hartrevalidatie, blijken de nieuwe telerevalidatieprogramma's wel degelijk goedkoper te zijn en net zo effectief<sup>38,42,44</sup> of zelfs effectiever.<sup>41</sup>

Het is daarnaast ook mogelijk dat de extra kosten van een nieuwe, toegevoegde interventie worden gecompenseerd door lagere zorgkosten verderop in het behandel- of ziekteproces, waardoor de totale kosten per patiënt niet toenemen of zelfs kunnen afnemen. Ook als een kostbaar initieel implementatieproces nodig is om nieuwe technologie te introduceren kan dit betekenen dat netto kostenbesparingen pas op de (middel)lange termijn gerealiseerd worden. Deze terugverdienperiode is bijvoorbeeld relevant bij chronische ziektes, zoals bij nierfalen waarbij het uitvoeren van een kostbare niertransplanta-

tie over een periode van 10 jaar toch tot 380.000 euro per patiënt kan besparen, in vergelijking met dialyseren.<sup>74</sup> Na transplantatie worden de terugkerende kosten voor het dialyseren namelijk niet meer gemaakt door de patiënt. Dat zou betekenen dat in totaal, aangenomen dat er ieder jaar in Nederland ongeveer 6.200 mensen afhankelijk zijn van dialyse<sup>75</sup>, ruim 2,3 miljard euro in 10 jaar tijd, of gemiddeld meer dan 235 miljoen euro per jaar, bespaard zou kunnen worden indien er voldoende nieren beschikbaar zouden zijn om alle patiënten met nierfalen een transplantatie te geven.

### **Draagvlak voor nieuwe medische technologie en substitutie van bestaande technologie**

Om met nieuwe technologie kostenbesparingen te kunnen realiseren zal als eerste voldoende draagvlak gecreëerd moeten worden bij de eindgebruikers: meestal zorgprofessionals en patiënten. Indien de voordelen voor de eindgebruikers zeer beperkt zijn, of weinig zichtbaar, dan zal dit het implementatieproces vertragen en compliceren. Implementatie vereist namelijk altijd (enige) extra tijd als het gaat om het in gebruik nemen van technologie en als er aanpassingen aan de processen (workflow) moeten worden doorgevoerd. Hierbij kan gedacht worden aan de opleiding en training van eindgebruikers en technici (voor onderhoud), het anders indelen van ruimtes, en het aanpassen van zorgprotocollen. Het opschalen van nieuwe technologie naar brede toepassing in Nederland is daardoor vaak uitdagend, ook na succesvolle implementatie in één of enkele zorgorganisaties, omdat implementatie in nieuwe, volgende zorgorganisaties telkens weer een nieuwe (grotendeels identieke) investering vereist van eindgebruikers in die zorgorganisaties. Deze investeringen zullen eindgebruikers eerder en actiever ondersteunen indien zij ook duidelijk baat hebben bij implementatie van de nieuwe technologie. Dit is ook de hoofdreden waarom co-creatie, de ontwikkeling van nieuwe technologie in directe samenwerking met de beoogde eindgebruikers<sup>76</sup>, essentieel is voor het opbouwen van draagvlak en voor efficiënte implementatie na het ontwikkelingsproces. De eisen en wensen van eindgebruikers zijn belangrijk elementen in vroege evaluatie processen om op basis van deze inzichten de meerwaarde voor eindgebruikers te kunnen maximaliseren. Indien implementatie een investering vereist van de zorgprofessionals, als eindgebruikers, terwijl alle voordelen voor patiënten zijn, kunnen extra activiteiten nodig zijn om het draagvlak, en daarmee de implementatiesnelheid, te vergroten.

Na implementatie van nieuwe medische technologie is het ook noodzakelijk dat waar mogelijk bestaande technologie wordt gesubstitueerd. Kostenbesparingen door nieuwe technologie zullen immers alleen worden gerealiseerd indien bestaande technologie daadwerkelijk wordt vervangen, dat wil zeggen niet meer wordt gebruikt in de betreffende zorg context. Substitutie kan in specifieke gevallen dan leiden tot deïmplementatie van bestaande technologie: verwijdering uit de zorginstelling. Dit is echter lang niet altijd mogelijk omdat veel medische technologie toepassingen heeft in diverse ziektegebieden, denk bijvoorbeeld aan een CT scan apparaat, waardoor substitutie betekent dat een technologie niet langer in één ziektegebied wordt gebruikt maar nog steeds noodzakelijk blijft om te behouden voor andere ziektegebieden. Daarnaast wordt nieuwe technologie soms bewust ingezet als toevoeging op bestaande technologie, bijvoorbeeld in de vorm van triage diagnostiek, om efficiënter gebruik van be-

staande dure, maar effectieve, technologie mogelijk te maken (waarvoor totale kosten kunnen dalen).

In de praktijk leidt de beschikbaarheid van nieuwe kostenbesparende medische technologie, met name op korte termijn, soms ook niet direct tot grote besparingen. Beperkte implementatie en beperkte substitutie, implementatiekosten, en andere inzet van personeel en middelen die beschikbaar komen door het gebruik van de nieuwe technologie beperken de initiële besparingen. Deze aspecten verdienen hierdoor evenveel aandacht als de kosten en de effectiviteit van de medische technologie zelf, aangezien zij mede de uiteindelijke meerwaarde en kostenbesparingen bepalen.

### **Van kosten van technologie naar kosten van de zorg in Nederland**

Een belangrijk onderscheid in kosten van de zorg is het verschil tussen microkosten, dus de kosten van een enkele handeling (bijvoorbeeld het uitvoeren van een ingreep of diagnostische test) en de macrokosten, de totale kosten van Nederlandse gezondheidszorg. Het verband tussen micro- en macrokosten is niet altijd eenduidig, aangezien voor bepaling van de macrokosten de kosten voor een bepaalde handeling vermenigvuldigd worden met het aantal uitgevoerde handelingen (volume). Zo kunnen macrokosten stijgen, ook als technologie een handeling goedkoper maakt, namelijk als de technologie ervoor zorgt dat deze handeling in een nieuwe, of grotere, groep patiënten of burgers kan worden uitgevoerd. In Nederland zijn veel financiële “incentives” in de zorg nog altijd gekoppeld aan het aantal handelingen dat verricht wordt, waardoor het zorgvolume stijgt. Ook zogenaamde “*technology creep*” draagt bij aan verhoogde volumes. Hierbij wordt in verhoogde mate gebruik gemaakt van technologie met als voornaamste reden dat deze beschikbaar is. Dit kan leiden tot toepassing van technologie in groepen waarvoor niet is bewezen dat de technologie meerwaarde heeft of kosten bespaart. Door al deze fenomenen kan het zorgvolume sterk toenemen, zo is het aantal operaties dat jaarlijks wordt uitgevoerd in 15 jaar tijd (1995-2010) met ruim 35% toegenomen.<sup>77</sup> Ook bij afnemende kosten per handeling door de inzet van nieuwe technologie kunnen de macrokosten van de zorg in Nederland dus blijven stijgen. Dit maakt de nadruk op kostenbesparingen door technologie op microniveau niet minder belangrijk, maar betekent dat tegelijkertijd nieuwe “incentives” nodig zijn om verdere stijging van het zorgvolume in Nederland zoveel mogelijk te beperken om ook daadwerkelijk kostenbesparingen op macroniveau te realiseren. Daarnaast zullen voor nieuwe technologieën altijd twee keuzes gemaakt moeten worden. De eerste keuze bestaat uit het wel of niet invoeren van een nieuwe technologie voor (een deel van) de patiëntenpopulatie van de bestaande technologie en de tweede keuze die gemaakt zal moeten worden is of een technologie ook voor een andere groep patiënten of burgers gebruikt kan gaan worden. Wanneer een nieuwe technologie goedkoper is dan de bestaande technologie zullen de kosten in de oorspronkelijke patiëntenpopulatie waarschijnlijk dalen. De kosten en baten van de inzet van de nieuwe technologie bij nieuwe (andere) patiëntengroepen zal echter zorgvuldig moeten worden afgewogen: gezondheidswinst in deze groepen kan het zorgvolume, en daarmee kosten van zorg op macroniveau, verhogen. Dit is geen direct effect van de nieuwe technologie zelf maar van de keuzes rondom de inzet ervan.



## Potentiële bredere voordelen van technologie

In dit paper is bewust gekozen voor een nadruk op de kosten (besparingen) van medische technologie in combinatie met effectiviteit (equivalente of betere gezondheidsuitkomsten) in de context van de betaalbaarheid van het zorgsysteem. Naast directe kostenbesparingen en betere gezondheidsuitkomsten kan de inzet van medische technologie echter nog diverse andere voordelen hebben, die op een andere manier van waarde zijn, en mogelijk ook leiden tot indirecte kostenbesparingen of gezondheidswinst. Hierbij kan men denken aan de volgende voorbeelden:

### • Tevredenheid van patiënten en zorgverleners

Nieuwe medische technologie kan van invloed zijn op de tevredenheid van patiënten en zorgverleners, doordat complexe handelingen door nieuwe technologie sterk kunnen worden vereenvoudigd. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van een mobiele bloeddrukmeter en saturatiemeter, waardoor patiënten voor deze metingen niet meer verplaatst hoeven te worden. Daarnaast kan nieuwe technologie als prettiger worden ervaren door patiënten, zoals bijvoorbeeld het mogelijk voorkomen van een colonoscopie door toekomstige implementatie van de minder invasieve elektronische neus. Tenslotte wordt de toepassing van geavanceerde nieuwe technologie vaak gewaardeerd door vooral zorgprofessionals, maar ook door patiënten, vanuit het perspectief dat men de best mogelijke behandeling biedt of krijgt.<sup>78</sup>

### • Bemensbaarheid van de zorg

Om voldoende zorg te kunnen blijven leveren in de toekomst is ontwikkeling en inzet van nieuwe medische technologie noodzakelijk, door onder andere toenemende krapte op de arbeidsmarkt en een toenemende patiëntenpopulatie.<sup>79</sup>

### • Werkdruk

De invloed van medische technologie op werkdruk van artsen en verpleegkundigen is nog onzeker. Alhoewel technologie als oplossing wordt genoemd om de hoge werkdruk binnen de zorg te verlagen<sup>80</sup>, wordt er ook beweerd dat de hoge werkdruk voor werknemers binnen de gezondheidszorg mede veroorzaakt wordt door (de toename van) medische technologie.<sup>81</sup> Het is daarom belangrijk om de impact op werkdruk van nieuwe technologie goed in kaart te brengen gedurende het iteratieve evaluatieproces tijdens en na de technologie ontwikkeling.

### • Kenniseconomie en innovatie klimaat

Door het blijven innoveren en verbeteren van huidige medische technologie wordt in Nederland een hightech imago gecreëerd. Dit imago kan Nederland verdere economische voordelen bieden.

### • Fysieke werkhouding

De invloed van technologie op de werkhouding van de gebruiker (vaak zorgprofessional) wordt zelden onderzocht. Een negatieve invloed kan leiden tot klachten of aandoeningen. Een voorbeeld hiervan is de onnatuurlijke houding van een chirurg bij de uitvoering van een laparoscopische handeling, waardoor klachten kunnen ontstaan en de chirurg hierdoor beperkt wordt of zelfs (tijdelijk) arbeidsongeschikt kan worden.<sup>82</sup> Nieuwe technologie kan voor

sommige toepassingen een bijdrage leveren aan het verbeteren van de werkhouding met als gevolg minder ziekteverzuim.

Hoewel de bovengenoemde illustraties van mogelijke voordelen van medische technologie voor zich spreken, en in veel situaties met behulp van empirisch onderzoek gekwantificeerd kunnen worden, is de waardering ervan nog een uitdaging. Het is goed om stil te staan bij het feit dat in standaard gezondheidseconomische evaluaties zoals beschreven in de introductie, met kosten en QALYs als uitkomstmaten, deze voordelen vaak niet geïncorporeerd kunnen worden. Beter te tevredenheid van patiënten en zorgverleners, bijvoorbeeld, is een relevante uitkomst die niet in een QALY waarde terugkomt. Om een realistischer beeld te schetsen van de voordelen van nieuwe medische technologie zijn daarom nieuwe “value frameworks” ontwikkeld, zoals bijvoorbeeld voor diagnostiek.<sup>83</sup> Deze zijn waardevol om een completer beeld te krijgen van de impact van nieuwe technologie. Hoe voordelen anders dan QALY-winst of kostenbesparingen gewaardeerd kunnen worden, dus in geld of gezondheid kunnen worden uitgedrukt om vergelijkingen mogelijk te maken tussen de impact van verschillende technologieën, is echter nog onduidelijk.

## Technologie in de zorg in brede zin

Niet alle innovaties binnen de zorg betreffen tastbare ‘producten’ zoals bijvoorbeeld robots, beeldvormende instrumenten, of stents. In een breder perspectief op technologie worden naast hulpmiddelen (devices) ook de inzet en opbrengst van ondersteunende wetenschapsgebieden zoals bijvoorbeeld bestuurskunde, (technische) bedrijfskunde, en communicatiewetenschappen meegenomen. Zo zijn het in de praktijk vaak verbeteringen in logistiek van zorg, organisatie van zorg en communicatie binnen de zorg die door het verhogen van efficiëntie kunnen leiden tot enorme kostenbesparingen. Zo wordt beweerd dat rond de 80% van alle tijd en energie in de gezondheidszorg aan logistiek besteed wordt en slechts 20% aan daadwerkelijk geneeskundige handelingen.<sup>84</sup> Meer aandacht voor deze bredere, ondersteunende technologieën heeft dus een enorme potentie om kosten te besparen in de zorg. Om de gezondheidszorg op de lange termijn betaalbaar te houden is een focus op innovatie van de logistiek rondom en in ziekenhuizen essentieel. Een voorbeeld van innovaties binnen de logistiek van de gezondheidszorg is de ontwikkeling van een raamwerk voor planning en controle van zorgprocessen ontwikkeld door de Universiteit Twente in samenwerking met Sint Maartenskliniek in Nijmegen.<sup>85,86</sup>

## Technologie voor preventie van ziekte

Hoewel de focus in dit paper voornamelijk ligt op technologie binnen de zorg, heeft technologie toegepast buiten de “cure and care” sector ook grote impact op de kosten van de gezondheidszorg. Momenteel zijn er in Nederland meerdere preventieve (zorg)programma’s opgestart met als doel om mensen langer gezond te houden, zoals bijvoorbeeld programma’s tegen drugsmisbruik<sup>87</sup> en obesitas<sup>88</sup> op scholen of het voorkomen van terugval na behandeling van anorexia nervosa.<sup>89</sup> Hierbij worden er vooraf (forse) investeringen gedaan, om burgers langer gezond te houden. Dit kan leiden tot minder zorggebruik in een later stadium, en dus lagere zorgkosten, maar dat is niet altijd vanzelfsprekend als ook zorgkosten in gewonnen levensjaren worden meegenomen. Als ook maatschappelijke baten buiten de zorg worden

meegenomen, zoals arbeidsbaten door lager ziekteverzuim, is preventie voor de maatschappij als geheel vaak wel kostenbesparend.<sup>90,91</sup>

Nieuwe technologie, zoals slimme sensoren en zelfmonitoring systemen, toegankelijke online portalen en apparatuur geschikt voor de thuissituatie, bieden tegenwoordig mogelijkheden om zorgactiviteiten steeds meer van curatieve naar preventieve zorg te verschuiven. Met de opkomst van toegankelijke televisie en later social media is geprobeerd om door middel van grootschalige algemene voorlichting een gezonde leefstijl te bevorderen in de Nederlandse bevolking. Er is echter gebleken dat massamediale voorlichting niet succesvol is om gedrag en leefstijl van mensen effectief en langdurend te kunnen veranderen.<sup>92</sup> Andere soorten preventieprogramma's zijn gewenst, en ook noodzakelijk om de streefdoelen die genoemd worden in het nationale preventieakkoord<sup>93</sup> te halen en daarnaast de gezondheidszorg betaalbaar te houden. Zo wordt bij Wageningen University & Research het voortouw genomen in ontwikkeling van programma's waarbij digitale technologie wordt ingezet om mensen te ondersteunen in een overgang naar gezonde en duurzame voeding. In het PhysioDom HDIM project wordt bijvoorbeeld actieve telemonitoring ingezet om ondervoeding bij ouderen die op zichzelf wonen, en de complicaties die ondervoeding veroorzaakt, te voorkomen.<sup>94</sup> In het *"Personalised Nutrition & Health programma"*<sup>95</sup> (uitgevoerd in samenwerking met TNO en bedrijven) worden digitale concepten ontwikkeld waarmee voeding kan worden afgestemd op de persoonlijke (fysieke en sociale) situatie. De resultaten van deze programma's geven aan dat digitale technologie effectief kan ondersteunen bij het maken van gezondere voedingskeuzes.<sup>95</sup>

## Barrières en bijdrage van de partners in 4TU

Er zijn verschillende redenen aan te dragen waarom het realiseren van kostenbesparingen door inzet van medische technologie in de praktijk lastig kan zijn. In Tabel 1 zijn de belangrijkste barrières omschreven waarbij ook het domein waar de barrière zich grotendeels bevindt is aangegeven. Uit het aantal barrières in dit overzicht is de omvang van de uitdaging om kosten te besparen af te leiden, en de diversiteit aan domeinen geeft goed weer dat alleen een multidisciplinaire en multi-stakeholder aanpak succesvol zal zijn om alle barrières aan te pakken. Er liggen duidelijk uitdagingen en natuurlijk ook kansen voor zorginstellingen, zorgprofessionals, burgers, kennisinstellingen, technologie ontwikkelaars en leveranciers.

De partners in 4TU werken actief met vele andere instituten samen aan het wegnemen van de barrières op het domein van kennisinstellingen, onder andere door de uitrol van strategieën en uitvoering van activiteiten zoals bijvoorbeeld op de volgende gebieden:

- **Onderwijs:** Er vindt inbedding plaats van onderwijs in methoden en perspectieven voor *"Health Technology Assessment"*, *"Constructive Technology Assessment"*, *"Health Services Research"* en daarnaast *"Design thinking"*, *"Co-creation"*, en *"Health Psychology"* in (technische) bachelor en masteropleidingen zoals bijvoorbeeld *"Health Sciences"*, *"Industrial Engineering & Management"*, *"Technical Medicine"*, *"Biomedical Engineering"*, en *"Psychology"*. Dit draagt bij aan een verschuiving van de focus van onderzoek van alleen performance, naar performance in combinatie met kostenbesparingen.

- **Betrekken burgers, patiënten en eindgebruikers:** Er wordt meer ingezet op vraag-gestuurde technologie ontwikkeling, door het actief betrekken van eindgebruikers tijdens het ontwikkelproces, en door focus op *"Citizen Science"*, zoals in het recent gestarte TOPFIT open innovatie programma<sup>96</sup> mede geïnitieerd door Wageningen University & Research en de Universiteit Twente, in samenwerking met het Radboud Universitair Medisch Centrum en de Radboud Universiteit. In dit programma wordt kennis over gezondheid, voeding en technologie gebundeld en werken onder andere universiteiten, hogescholen, zorginstellingen, bedrijven, gemeenten, Gemeentelijke Gezondheidsdiensten (GGDs), zorgverzekeraars, werkgevers, en patiëntenorganisaties samen om vragen en wensen van burgers en patiënten met betrekking tot medische technologie ontwikkeling en evaluatie centraal te stellen. De (pro-)actieve rol die burgers en patiënten aannemen in dit open innovatieprogramma draagt direct bij aan een verschuiving naar vraag-gestuurde technologie ontwikkeling. Gepersonaliseerde behandelingen en diensteninnovaties in preventie, risicoprofilering en vroege diagnose, gerichte interventies en zelfmanagement vormen samen de 'One step ahead' focus van TOPFIT, met als doel twee extra gezonde levensjaren voor alle burgers door versnelde kennisvertaling in de sociale, economische en wetenschappelijke impactdomeinen.

- **Ecosystemen en strategische programma's:** Er wordt ondersteuning geboden rondom de evaluatie en optimale inzet van nieuwe technologie, van de ideeën fase tot aan implementatie en substitutie en over de gehele waardeketen (alle activiteiten in het zorgproces), met behulp van multidisciplinaire teams bestaande uit ontwikkelaars, klinici, patiënten, epidemiologen, statistici, en gezondheidseconomen. Uitvoering van dit onderzoek leidt volgens een eerdere studie tot kostenbesparingen.<sup>97</sup> Daarnaast is echter ook financiering van Nederlands onderzoek naar meer flexibele evaluatie methoden binnen de HTA noodzakelijk om nieuwe evaluatie uitdagingen, bijvoorbeeld rondom nieuwe disruptieve technologie of nieuwe multifunctioneel inzetbare biomarkers, het hoofd te kunnen bieden. Goede voorbeelden van samenwerking rondom ontwikkeling, evaluatie en implementatie van medische technologie zijn de drie ecosystemen die ontstaan zijn bij drie technische universiteiten. Deze ecosystemen bestaan uit het Eindhoven MedTech Innovation Centre (een samenwerking van de Technische Universiteit Eindhoven met het Maxima Medisch Centrum, het Catharina ziekenhuis, het epilepsie- en slaapcentrum Kempenhaeghe en Philips), het nieuw gestarte TechMed Centre (waarin de Universiteit Twente samenwerkt met lokale ziekenhuizen, UMC's, zorginstellingen, overheden en MedTech bedrijven), en de Medical Delta (een samenwerking tussen onder andere de Technische Universiteit Delft, de Universiteit Leiden, het Leids Universitair Medisch Centrum, de Erasmus Universiteit Rotterdam, het Erasmus Universitair Medisch Centrum, bedrijven, en de provincie Zuid-Holland). Naast het hebben van een eigen focus versterken deze ecosystemen elkaar door uitwisseling van informatie over de processen die worden gebruikt voor technologie ontwikkeling, evaluatie en implementatie, over de hele waardeketen.

Deze initiatieven sluiten aan bij, en complementeren, nieuwe en bestaande strategische technologie evaluatie en implementatie programma's, zoals bijvoorbeeld het Health Innovation Initiative Holland (Hii Holland) en Innovative Medical Devices Initiatives (IMDI). Een vierde ecosysteem, OnePlanet, heeft een breder doel en bestaat uit een samenwerking tussen Wageningen University & Research, Radboud Universiteit, Radboud Universitair Medisch Centrum en Imec Nederland. Dit ecosysteem onderzoekt technologieën op gebieden als duurzaamheid, ziektepreventie en behandeling, gepersonaliseerde voeding en geneeskunde, een veerkrachtige samenleving en 'slimme' industrie, met als doel mondiale uitdagingen, waaronder duurzaamheid van de gezondheidszorg, het hoofd te bieden.<sup>98</sup> Hierbij kan worden gedacht aan gebruik van de meest recente technologische ontwikkelingen in nanotechnologie, microchips, sensortechnologie en kunstmatige intelligentie. Samen met het TOPFIT programma verstevigt OnePlanet het ecosysteem op gebied van zorg, voeding en technologie in Oost-Nederland.

- **Gezamenlijke 4TU projecten:** Het investeren in projecten met als oogmerk duurzame en veerkrachtige gezondheidszorg. Zo heeft 4TU in totaal vijf gezamenlijke projecten binnen het thema '*High tech for a sustainable future*' gefinancierd met een totale waarde van 22 miljoen euro, waaronder zorg gerelateerde projecten als:
  - *Precision Medicine*, waarbij met behulp van "*deep learning*" aan de hand van onder andere gegevens uit CT, MRI en PET scans een individueel behandelplan voor patiënten met bijvoorbeeld kanker kan worden opgesteld om vitaliteit en prognose te verbeteren en zorgkosten terug te dringen door het behandelingstraject te optimaliseren. Hiermee wordt een verschuiving van de "*one-size fits all*" aanpak naar de gepersonaliseerde aanpak gerealiseerd.

- *Pride & Prejudice*, waarbij wordt ingezet op het verzamelen van leefstijl gegevens, als basis voor een persoonlijke digitale coach. Terugkoppeling en reflectie op maat door deze coach zou het aanhouden van een gezonde leefstijl met voldoende beweging en gezonde voeding kunnen bevorderen, daardoor de ontwikkeling van ziekten kunnen voorkomen of vertragen, en zo zorggebruik kunnen reduceren.

Tabel 1. Overzicht van barrières voor het realiseren van kostenbesparingen op micro- en macroniveau

Barrières voor de realisatie van kostenbesparingen <sup>5</sup>	Omschrijving	Domein*
Hoge implementatiekosten en snelle ontwikkelingen in de MedTech sector (micro- en macroniveau)	Het implementeren van nieuwe technologie kost in de opstartstadia altijd meer geld dan in latere stadia door trainingskosten en kapitaalkosten. Dit kan een remmende werking hebben op implementatie van nieuwe technologie, aangezien kostenbesparingen vaak pas na jaren van gebruik optreden, en alleen indien de technologie dan nog in gebruik en kostenbesparend is.	Zorginstellingen Zorgverzekeraars
Suboptimaal gebruik van nieuwe technologie (macroniveau)	Wanneer nieuwe technologie wordt ontwikkeld is het essentieel dat de zorgprofessionals en/of patiënten ook worden ondersteund bij het in gebruik nemen van de nieuwe technologie.	Burgers/Patiënten Zorginstellingen Zorgprofessionals
Aanbod gedreven markt van medische technologie (microniveau)	De markt van medische technologie is momenteel aanbod gedreven. Een vraag gedreven markt zou meer prioriteit leggen op de problemen en uitdagingen binnen de gezondheidszorg, waaronder betaalbaarheid.	Kennisinstellingen MedTech bedrijven
Beperkte adoptie van nieuwe technologie (macroniveau)	Adoptie van nieuwe bewezen kostenbesparende technologie zou uniform plaats moeten vinden onder alle beoogde gebruikers en zorginstellingen met als doel de zorgvariatie te verminderen. Beperkte adoptie leidt tot een reductie van de voordelen geboden door de technologie.	Burgers/Patiënten Zorginstellingen Zorgprofessionals Zorgverzekeraars
Beperkte substitutie en deïmplementatie van oude technologie (macroniveau)	Impact van technologie wordt (ook) grotendeels bepaald door gepast gebruik van technologie door zorgprofessionals en patiënten. Indien nieuwe technologie oude technologie kan vervangen dan is het noodzakelijk deze substitutie te stimuleren en controleren. Indien substitutie ook kan leiden tot deïmplementatie is ook stimulatie en controle daarvan belangrijk <sup>#</sup> .	Burgers/Patiënten Zorginstellingen Zorgprofessionals Zorgverzekeraars VWS
Focus van onderzoek op performance (microniveau)	Wetenschappers hebben vaak de neiging om zich te richten op verbeteringen in performance en niet op het besparen van kosten. Kosteneffectiviteit wordt weliswaar soms meegenomen, maar dat betekent niet dat nieuwe technologie ook kostenbesparend is, veel technologie is beter en duurder dan de gebruikelijke zorg.	Kennisinstellingen VWS
Beperkte compatibiliteit tussen (ICT) systemen (micro- en macroniveau)	In praktijk zijn vaak meerdere verschillende (ICT) systemen nodig om technologieën van verschillende leveranciers te kunnen koppelen en te laten communiceren. Dit leidt tot inefficiëntie en verhoogt het risico op fouten.	Leveranciers van technologie VWS <sup>@</sup>

<sup>5</sup> Barrières kunnen elkaar deels overlappen of elkaar versterken, maar dat betekent niet per definitie dat een oplossing voor de ene barrière de andere ook (volledig) zal oplossen. Voor elke barrière is een specifieke aanpak nodig om deze te kunnen slechten. Per barrière is aangegeven of deze met name speelt op macroniveau (zorgkosten in Nederland), op microniveau (zorgkosten per diagnostisch of behandeltraject) of op beide niveaus.

\* Hier is het domein gedefinieerd als de context en de daarin meest relevante partijen die initiatief zouden kunnen nemen om de genoemde barrières aan te pakken, op alfabetische volgorde. Dit wil echter zeker niet zeggen dat de verantwoordelijkheid om deze barrières te slechten enkel bij deze genoemde partijen zou liggen. Een constructieve samenwerking tussen alle betrokken partijen zal steeds noodzakelijk zijn om deze barrières effectief aan te pakken.

<sup>#</sup> Substitutie is soms noodzakelijk om kostenbesparingen te realiseren met de introductie van nieuwe technologie, maar niet in elke context. Het toevoegen van nieuwe technologie zonder deïmplementatie, en dus volledige substitutie, kan ook kosten besparen indien de nieuwe technologie de inzet van bestaande (dure) technologie kan beperken. Een goed historisch voorbeeld, zoals boven toegelicht, is de extra inzet van ultrasound als triage diagnostiek, om de noodzaak van een daaropvolgende CT scan en/of buikspoeling vast te stellen, en deze te vermijden indien niet noodzakelijk, in patiënten met een abdominaal trauma.

<sup>@</sup> De overheid kan enkel een belangrijke bijdrage leveren om compatibiliteit te verbeteren in grote centrale systemen. Een voorbeeld hiervan bestaat uit het elektronisch patiëntendossier. Hier is momenteel geen landelijke standaard voor met als mogelijk gevolg problemen met data uitwisseling tussen verschillende ziekenhuizen in Nederland.



## Conclusie

Het is duidelijk dat verdere stijging van de kosten van zorg zeer onwenselijk is en dat een grotere focus op de ontwikkeling van veelbelovende kostenbesparende technologieën belangrijk is, naast de algemene wens om gezondheidsuitkomsten en kwaliteit van zorg in Nederland doorlopend te verbeteren. Dit is alleen te realiseren door reeds in vroege ontwikkelstadia van technologie steeds iteratief de verwachte impact qua kosten en effectiviteit te schatten (vroege HTA). Daarbij kan ook gekeken worden naar de maatschappelijke kosten, in plaats van alleen naar de zorgkosten, aangezien technologie die zorgkosten verhoogt soms maatschappelijke kosten kan verlagen, bijvoorbeeld door te leiden tot hogere arbeidsparticipatie en productiviteit. Daarnaast zijn kostenbesparingen te realiseren door adequaat gebruik van nieuwe en bestaande technologie te bevorderen, en strikte eisen te stellen aan brede(re) inzet van nieuwe technologie met stijgende zorgvolumes en zorgkosten tot gevolg. Dit vereist betrokkenheid van alle stakeholders, reeds in vroege ontwikkelstadia, maar ook in verdere ontwikkeling en toepassing van nieuwe iteratieve evaluatiemethoden voor medische technologie. De voordelen van het gebruik van nieuwe medische technologie kunnen naast kostenbesparingen ook bestaan uit onder andere gezondheidswinst, hogere tevredenheid van patiënten en zorgverleners, en betere bemensbaarheid van de zorg.

Aan de hand van uiteenlopende voorbeelden is geïllustreerd dat technologie wel degelijk een middel is om kosten te besparen binnen de gezondheidszorg. De diversiteit in kosteneffectiviteit van medische technologie is echter enorm en het inzetten van medische technologie om kostenbesparingen te realiseren vereist een zorgvuldige (en blijvende) investering in technologieontwikkeling en parallele evaluatie trajecten. De uitdagingen geschetst in de kamerbrief visie medische technologie pakken de partners in 4TU graag verder op. In meerdere bestaande en nieuwe ecosystemen op het gebied van onderzoek en ontwikkeling van medische techniek werken de partners reeds aan 'Een evenwichtige markt' in nauwe samenwerking met alle betrokken partijen. Door middel van financiering van samenwerkingsprojecten in 4TU verband zoals 'pride & prejudice' en 'precision medicine' en het uitvoeren van onderzoek naar technologie-ondersteunde gepersonaliseerde zorg dragen de partners bij aan 'Zorg en ondersteuning op de juiste plek met MedTech' en 'Het juiste hulpmiddel bij de juiste patiënt'.

Niettemin zullen er ook hardere keuzes gemaakt moeten worden om alleen die technologie die daadwerkelijk de zorg kan verbeteren, goedkoper kan maken, en vraag gestuurd is, verder te ontwikkelen. Dit soort keuzes, en de bijbehorende extra investeringen in technologie die de potentie heeft kosten te besparen, liggen niet bij één stakeholder maar komen voort uit overleg tussen onder andere ministeries, kennisinstellingen, medische centra, ontwikkelaars en zorg-



verzekeraars. De partners in 4TU zijn er klaar voor om deze uitdagende discussie aan te gaan, en in samenwerking, binnen onderwijs en onderzoek, meer focus aan te brengen op de toekomstige eisen aan de ontwikkeling en het gebruik van technologie in de Nederlandse gezondheidszorg, met als doel de Nederlandse gezondheidszorg betaalbaar, bemensbaar, en efficiënt te houden.

### Dankwoord

Dit stuk is tot stand gekomen op basis van inzichten en reflecties vanuit de partners in 4TU, in alfabetische volgorde: de Technische Universiteit Delft, de Technische Universiteit Eindhoven, de Universiteit Twente en Wageningen University & Research. Daarnaast zijn wij dankbaar voor de bijdrage die is geleverd aan de totstandkoming van dit stuk, vanuit de volgende organisaties, in alfabetische volgorde: afdeling 'Mens, Leefomgeving en Gezondheid', NWO-domein TTW en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

# Referenties

1. Bruins, B. *Kamerbrief over visie op medische technologie*. (2019).
2. van den Heuvel, R., Stirling, C., Kapadia, A. & Zhou, J. *Medical Devices 2030: making a power play to avoid the commodity trap*. (2018).
3. Dutta, S., Lanvin, B. & Wunsch-Vincent, S. *GLOBAL INNOVATION INDEX 2019: Creating Healthy Lives-The Future of Medical Innovation*. (2019).
4. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. *Evaluation of new technology in health care: in need of guidance for relevant evidence*. (2014).
5. van der Maaden, T., de Bruijn, A. C. ., Weda, M., Koopmanschap, M. A. & Geertsma, R. Horizon scan of medical technologies. 81 (2018). doi:10.21945/RIVM-2018-0064
6. Chaudhary, B. & Kumar, R. Role of Technology in Management of Health Care of Elderly. *J. Gerontol. Geriatr. Res.* **06**, 1–3 (2017).
7. van den Bergen, K. *et al. The future of the medical technology market|Addressing challenges and utilising opportunities*. (2018).
8. Ochsner, J. L. Minimally invasive surgical procedures. *Ochsner J.* **2**, 135–6 (2000).
9. Menzis. Ontdek de SamenGezond-app. Available at: <https://www.samengezond.nl/app/>. (Accessed: 10th July 2019)
10. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. *Missies voor het topsectoren- en innovatiebeleid*. (2019).
11. Ramakrishna, S. *et al.* Global harmonization of medical devices. *Med. Devices* 207–213 (2015). doi:10.1016/B978-0-08-100289-6.00010-7
12. Rijksinstituut voor Volksgezondheid & en Milieu. *Volksgezondheid Toekomst Verkenning 2018: Een gezond vooruitzicht*. (2018).
13. Whitehead, S. J. & Ali, S. Health outcomes in economic evaluation: the QALY and utilities. *Br. Med. Bull.* **96**, 5–21 (2010).
14. Zwaap, J., Knies, S., van der Meijden, C., Staal, P. & van der Heiden, L. *Kosteneffectiviteit in praktijk*. (2015).
15. Ministerie van Volksgezondheid Welzijn en Sport. *Uitvoeringsbesluit Wkkgz. Ministerie van Justitie* (2015).
16. OECD. *Cancer Care: Assuring Quality to Improve Survival*. (OECD Publishing, 2013). doi:10.1787/9789264181052-en
17. Ministerie van Volksgezondheid Welzijn en Sport. *Visie Geneesmiddelen*. (2016).
18. KPMG. *The MedTech Market in the Netherlands*. (2017).
19. Hult, K., Jaffe, S. & Philipson, T. *How Does Technological Change Affect Quality-Adjusted Prices in Health Care? Systematic Evidence from Thousands of Innovations*. (2016). doi:10.3386/w22986
20. Kip, M. M. A. *et al.* Understanding the adoption and use of point-of-care tests in Dutch general practices using multi-criteria decision analysis. *BMC Fam. Pract.* **20**, (2019).
21. Kip, M. M., Steuten, L. M., Koffijberg, H., IJzerman, M. J. & Kusters, R. Using expert elicitation to estimate the potential impact of improved diagnostic performance of laboratory tests: a case study on rapid discharge of suspected non-ST elevation myocardial infarction patients. *J. Eval. Clin. Pract.* **24**, 31–41 (2018).
22. Koffijberg, H., van Zaane, B. & Moons, K. G. M. From accuracy to patient outcome and cost-effectiveness evaluations of diagnostic tests and biomarkers: an exemplary modelling study. *BMC Med. Res. Methodol.* **13**, 12 (2013).
23. Den Ruijter, H. M., Vaartjes, I., Sutton-Tyrrell, K., Bots, M. L. & Koffijberg, H. Long-term health benefits and costs of measurement of carotid intima-media thickness in prevention of coronary heart disease. *J. Hypertens.* **31**, 782–790 (2013).
24. Szabo, T. L. *Diagnostic Ultrasound Imaging: Inside Out*. (Academic Press/Elsevier, 2013). doi:10.1016/c2011-0-07261-7
25. Bierig, S. M. & Jones, A. Accuracy and cost comparison of ultrasound versus alternative imaging modalities, including CT, MR, PET, and angiography. *Journal of Diagnostic Medical Sonography* **25**, 138–144 (2009).
26. Mckenney, K. L., Mckenney, M. G., Nufiez, D. B. & Martin, L. Cost Reduction Using Ultrasound in Blunt Abdominal Trauma. *Emerg. Radiol.* **4**, 3–6 (1997).
27. Branney, S. W., Moore, E. E., Cantrill, S. V, Burch, J. M. & Terry, S. J. Ultrasound based key clinical pathway reduces the use of hospital resources for the evaluation of blunt abdominal trauma. *J. Trauma* **42**, 1086–90 (1997).
28. Thomas, B. *et al.* Ultrasound evaluation of blunt abdominal trauma: program implementation, initial experience, and learning curve. *J. Trauma* **42**, 384–8; discussion 388-90 (1997).
29. America, I. of M. (US) C. on Q. of H. C. in, Kohn, L. T., Corrigan, J. M. & Donaldson, M. S. To Err is Human. *To Err is Hum. Build. a Safer Heal. Syst.* (2000). doi:10.17226/9728
30. Institute of Medicine (U.S.). Committee on Quality of Health Care in America. *Crossing the quality chasm : a new health system for the 21st century*. (National Academy Press, 2001).
31. Kuperman, G. J. & Gibson, R. F. Computer Physician Order Entry: Benefits, Costs, and Issues. *Ann. Intern. Med.* **139**, 31 (2003).
32. GGD *et al.* *Richtlijn Elektronisch Voorschrijven*. (2014).
33. Kaushal, R. *et al.* Return on investment for a computerized physician order entry system. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* **13**, 261–6 (2006).
34. De Staat van Volksgezondheid en Zorg. *De Enquête Jaarcijfers Ziekenhuizen 2017*. (2019).
35. Colpaert, K. *et al.* Impact of computerized physician order entry on medication prescription errors in the intensive care unit: a controlled cross-sectional trial. *Crit. Care* **10**, R21 (2006).
36. WHO Global Observatory for eHealth. *Building foundations for eHealth: progress of member states*. (World Health Organization, 2006).
37. Bisdikian, C. (IBM C. An Overview of the Bluetooth Wireless Technology. *IEEE J. Transl. Eng. Heal. Med.* **39**, 86–94 (2001).
38. Kraal, J. J. *et al.* Clinical and cost-effectiveness of home-based cardiac rehabilitation compared to conventional, centre-based cardiac rehabilitation: Results of the FIT@Home study. *Eur. J. Prev. Cardiol.* **24**, 1260–1273 (2017).
39. Fletcher, G. F. *et al.* Exercise Standards for Testing and Training. *Circulation* **104**, 1694–1740 (2001).

40. Janssen, V., De Gucht, V., van Exel, H. & Maes, S. A self-regulation lifestyle program for post-cardiac rehabilitation patients has long-term effects on exercise adherence. *J. Behav. Med.* **37**, 308–321 (2014).
41. Frederix, I. *et al.* Effect of comprehensive cardiac telerehabilitation on one-year cardiovascular rehospitalization rate, medical costs and quality of life: A cost-effectiveness analysis. *Eur. J. Prev. Cardiol.* **23**, 674–682 (2016).
42. Maddison, R. *et al.* Effects and costs of real-time cardiac telerehabilitation: randomised controlled non-inferiority trial Cardiac risk factors and prevention. *Heart* **105**, 122–129 (2019).
43. Hartstichting. *Hart- en vaatziekten in Nederland 2014.* (2014).
44. Hwang, R. *et al.* Cost-Utility Analysis of Home-based Telerehabilitation Compared with Centre-based Rehabilitation in Patients with Heart Failure. *Hear. Lung Circ.* (2018). doi:10.1016/j.hlc.2018.11.010
45. Iqbal, J., Gunn, J. & Serruys, P. W. Coronary stents: historical development, current status and future directions. *Br. Med. Bull.* **106**, 193–211 (2013).
46. Serruys, P. W., Strauss, B. H., Van Beusekom, H. M. & VAN DER GIESSEN RomVdom, W. J. *Stenting of Coronary Arteries: Has a Modern Pandora's Box Been Opened?* (1991). doi:10.1016/0735-1097(91)90951-5
47. Sigwart, U., Puel, J., Mirkovitch, V., Joffre, F. & Kappenberger, L. Intravascular Stents to Prevent Occlusion and Re-Stenosis after Transluminal Angioplasty. *N. Engl. J. Med.* **316**, 701–706 (1987).
48. Tonino, P. AL *et al.* Fractional Flow Reserve versus Angiography for Guiding Percutaneous Coronary Intervention. *N. Engl. J. Med.* **360**, 213–224 (2009).
49. Fearon, W. F. *et al.* Economic Evaluation of Fractional Flow Reserve-Guided Percutaneous Coronary Intervention in Patients With Multivessel Disease for the Fractional Flow Reserve Versus Angiography for Multivessel Evaluation (FAME) Study Investigators. *Circulation* **122**, 2545–50 (2010).
50. Daemen, J., van Geuns, R. J. & Zijlstra, F. Meer dan 25 jaar coronaire stents. *Ned. Tijdschr. Geneesk.* **156**, (2012).
51. Boswinkel, A. A. M., Kolkman, J. J. & Jansen, M. E. Elektronische neus en uitademingslucht: Herkennen van voorstadia van dikke darmkanker. (2017).
52. Gordon, R. T. *et al.* The Use of Canines in the Detection of Human Cancers. *J. Altern. Complement. Med.* **14**, 61–67 (2008).
53. Wilson, A. D. & Baietto, M. Applications and advances in electronic-nose technologies. *Sensors (Basel)*. **9**, 5099–148 (2009).
54. Probert, C. S. J. *et al.* Volatile Organic Compounds as Diagnostic Biomarkers in Gastrointestinal and Liver Diseases. *J. Gastrointest. Liver Dis.* **18**, 337–343 (2009).
55. Schuermans, V. N. E. *et al.* Pilot Study: Detection of Gastric Cancer From Exhaled Air Analyzed With an Electronic Nose in Chinese Patients. *Surg. Innov.* **25**, 429–434 (2018).
56. eNose Company. *ScreeNose: smelling cancer early by electronic nose.* (2019).
57. Kheradvar, A. *Principles of Heart Valve Engineering.* (Elsevier Academic Press, 2019).
58. van der Linde, D. *et al.* Birth Prevalence of Congenital Heart Disease Worldwide: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Am. Coll. Cardiol.* **58**, 2241–2247 (2011).
59. Columbia University Department of Surgery. Pediatric Valve Disease: Understanding the most common malformations. Available at: <https://columbiasurgery.org/pediatric-heart-valve/about-pediatric-valve-disease-understanding-most-common-malformations>. (Accessed: 23rd August 2019)
60. Centraal Bureau voor Statistiek. Geboorte; kerncijfers. (2019). Available at: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/37422ned/table?fromstatweb>. (Accessed: 23rd August 2019)
61. Hufnagel, C. A., Harvey, W. P., Rabil, P. J. & McDermott, T. F. Surgical correction of aortic insufficiency. *Surgery* **35**, 673–683 (1954).
62. Hartstichting. Brochure Hartklepoperatie. (2018). Available at: <https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/behandelingen/hartklepoperatie>. (Accessed: 21st August 2019)
63. Mol, A., Smits, A. I., Bouten, C. V. & Baaijens, F. P. Tissue engineering of heart valves: advances and current challenges. *Expert Rev. Med. Devices* **6**, 259–275 (2009).
64. Schoen, F. J. & Levy, R. J. Calcification of Tissue Heart Valve Substitutes: Progress Toward Understanding and Prevention. *Ann. Thorac. Surg.* **79**, 1072–1080 (2005).
65. Huygens, S. A. *et al.* What Is the Potential of Tissue-Engineered Pulmonary Valves in Children? *Ann. Thorac. Surg.* **107**, 1845–1853 (2019).
66. Dijkman, E. S., Emmert, P. E. & Hoerstrup, M. Y. The future of heart valve replacement: recent developments and translational challenges for heart valve tissue engineering. *J. Tissue Eng. Regen. Med.* **12**, 323–335 (2018).
67. Kamperman, T. Microgel Technology to Advance Modular Tissue Engineering ERING. (University of Twente, 2018). doi:10.3990/1.9789036544610
68. Siregar, S. *et al.* Trends and outcomes of valve surgery: 16-year results of Netherlands Cardiac Surgery National Database†. *Eur. J. Cardio-Thoracic Surg.* **46**, 386–397 (2014).
69. van Giessen, A. *et al.* Patient selection for cardiac surgery: Time to consider subgroups within risk categories? *Int. J. Cardiol.* **203**, 1103–1108 (2016).
70. van Giessen, A. *et al.* Tailoring the implementation of new biomarkers based on their added predictive value in subgroups of individuals. *PLoS One* **10**, e0114020 (2015).
71. van Giessen, A., de Wit, G. A., Moons, K. G. M., Dorresteijn, J. A. N. & Koffijberg, H. An alternative approach identified optimal risk thresholds for treatment indication: an illustration in coronary heart disease. *J. Clin. Epidemiol.* **94**, 122–131 (2018).
72. Taylor, R. S., Dalal, H., Jolly, K., Moxham, T. & Zawada, A. Home-based versus centre-based cardiac rehabilitation. in *Cochrane Database of Systematic Reviews* (ed. Taylor, R. S.) CD007130 (John Wiley & Sons, Ltd, 2010). doi:10.1002/14651858.CD007130.pub2
73. Dalal, H. M. *et al.* Home-based versus hospital-based rehabilitation after myocardial infarction: A randomized trial with preference arms — Cornwall Heart Attack Rehabilitation Management Study (CHARMS). *Int. J. Cardiol.* **119**, 202–211 (2007).



74. Jarl, J., Desatnik, P., Peetz Hansson, U., Prütz, K. G. & Gerdtham, U.-G. Do kidney transplantations save money? A study using a before-after design and multiple register-based data from Sweden. *Clin. Kidney J.* **11**, 283–288 (2018).
75. Hoekstra, T., Van Ittersum, F. J. & Hemmelder, M. H. *RENINE annual report 2017*. (2017).
76. Timmerman, J. G. *et al.* Co-creation of an ICT-supported cancer rehabilitation application for resected lung cancer survivors: Design and evaluation. *BMC Health Serv. Res.* **16**, (2016).
77. Centraal Bureau voor Statistiek. Operaties in het ziekenhuis; soort opname, leeftijd en geslacht, 1995-2010. (2014). Available at: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80386NED/table?fromstatweb>. (Accessed: 13th September 2019)
78. Prakash, B. Patient Satisfaction and Normative decision theory. *J. Cutan. Aesthet. Surg.* **3**, 280 (2010).
79. Berenschot. *Aan het werk voor een betere arbeidsmarkt in de zorg!* (2017).
80. Asch, D. A., Terwiesch, C. & Volpp, K. G. How to Reduce Primary Care Doctors' Workload While Improving Care. *Harvard Business Review* (2017).
81. Pires De Pires, D. E. *et al.* New Technologies And Workloads Of Health Care Professionals Acknowledgement And Financial Support. *Digit. Repos. Tech. Univ. Berlin* (2016).
82. Janki, S., Mulder, E. E. A. P., IJzermans, J. N. M. & Tran, T. C. K. Ergonomics in the operating room. *Surg. Endosc.* **31**, 2457–2466 (2017).
83. Wurcel, V. *et al.* The Value of Diagnostic Information in Personalised Healthcare: A Comprehensive Concept to Facilitate Bringing This Technology into Healthcare Systems. *Public Health Genomics* **22**, 8–15 (2019).
84. Engelen, L., Jacobs, F. & Hulsebos, M. *Augmented health(care)™ : the end of the beginning*. (Lucien Engelen Holding Bv, 2018).
85. Hans, E. W., van Houdenhoven, M. & Hulshof, P. J. H. A Framework for Healthcare Planning and Control. in 303–320 (Springer, Boston, MA, 2012). doi:10.1007/978-1-4614-1734-7\_12
86. Hans, E. W., Herroelen, W., Leus, R. & Wullink, G. A hierarchical approach to multi-project planning under uncertainty. *Omega* **35**, 563–577 (2007).
87. Cuijpers, P., Jonkers, R., De Weerd, I. & De Jong, A. The effects of drug abuse prevention at school: the 'Healthy School and Drugs' project. *Addiction* **97**, 67–73 (2002).
88. Singh, A. S., Chin A Paw, M. J. M., Brug, J. & van Mechelen, W. Dutch Obesity Intervention in Teenagers. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* **163**, 309 (2009).
89. Berends, T. *et al.* Rate, timing and predictors of relapse in patients with anorexia nervosa following a relapse prevention program: a cohort study. *BMC Psychiatry* **16**, 316 (2016).
90. van den Berg, M., Post, N. A. M., Hamberg-van Reenen, H. H., Baan, C. A. & Schoemaker, C. G. *Preventie in de zorg: themarapport volksgezondheid toekomst verkenning 2014*. (2013).
91. Pomp, M., Schoemaker, C. G. & Polder, J. J. *Op weg naar maatschappelijke kosten-batenanalyses voor preventie en zorg: themarapport volksgezondheid toekomst verkenning 2014*. (2014).
92. van Kreijl, C. F. & Knaap, A. G. A. C. *Ons eten gemeten: Gezonde voeding en veilig voedsel in Nederland*. (2004).
93. Ministerie van Volksgezondheid Welzijn en Sport. *Nationale Preventieakkoord*. (2018).
94. van Doorn-van Atten, M. N. *et al.* Telemonitoring to improve nutritional status in community-dwelling elderly: design and methods for process and effect evaluation of a non-randomized controlled trial. *BMC Geriatr.* **18**, 284 (2018).
95. Personalised nutrition and health. Available at: <https://www.personalisednutritionandhealth.com/en/personalisednutritionandhealth.htm>. (Accessed: 7th October 2019)
96. TOPFIT. (2019). Available at: <http://www.topfit.life/>. (Accessed: 14th November 2019)
97. Soeters, M. & Verhoeks, G. *Notitie Kostenbesparingen door onderzoek en innovatie in de zorg*. (2013).
98. One Planet. (2019). Available at: <https://oneplanetresearch.nl/>. (Accessed: 26th September 2019)



4TU

De vier technische universiteiten in Nederland zetten zich gezamenlijk in voor versterking en bundeling van technologische kennis.

<https://www.4tu.nl/>

Neem voor meer informatie contact op via +31(0)53 489 7475  
(afdeling HTSR, Technisch Medisch Centrum, Universiteit Twente)