

Nederlandse samenvatting

Achtergrond

Elk jaar worden in Nederland 43.000 mensen voor de eerste keer door een Cerebro Vasculair Accident (CVA) getroffen. Dit is een acuut ontstane stoornis in de bloedvaten van de hersenen waardoor hersencellen afsterven door een (tijdelijk) te kort aan zuurstof. In de hersenen liggen allerlei gebieden met verschillende functies. Wanneer in een bepaald gebied hersencellen afsterven, wordt de functie van dat gebied verstoord. Daardoor ontstaan *stoornissen* in bijvoorbeeld bewegen, denken, gedrag, spreken en begrijpen van taal. Afhankelijk van de locatie en omvang van de hersenschade kan een stoornis het uitvoeren van een *activiteit* belemmeren. Een voorbeeld daarvan is een patiënt die door het CVA zijn been niet goed kan optillen (stoornis) en als gevolg daarvan niet kan trap lopen (activiteit).

Als een patiënt wordt belemmerd in het uitvoeren van activiteiten van het dagelijks leven (ADL, zoals douchen, eten en drinken, toiletgang) en/of lopen, kan hij vaak niet direct naar huis nadat hij in het ziekenhuis is opgenomen voor acute zorg na het CVA. Ongeveer 30% van de Nederlandse patiënten met een CVA wordt daarom vanuit het ziekenhuis opgenomen in een geriatrisch (GR) of medisch specialistisch revalidatiecentrum (MSR). Gedurende een aantal weken tot maanden verblijft de patiënt 24 uur per dag in het revalidatiecentrum voor training en herstel. Wij noemen dit *klinische revalidatie*. Het primaire doel van klinische revalidatie is het bereiken van zelfstandigheid, met name in ADL en lopen, om ontslag naar huis mogelijk te maken.

Conventionele meetinstrumenten

Tijdens klinische revalidatie na een CVA wordt het herstel van stoornissen en de uitvoer van activiteiten gemeten met behulp van verschillende tests. Een fysiotherapeut kan bijvoorbeeld een test uitvoeren om de balans van een patiënt vast te leggen (Berg Balans Schaal, BBS). Zodoende wordt herstel na het CVA gemonitord. Deze zogeheten *conventionele meetinstrumenten* worden ook gebruikt om het herstel op de lange termijn te voorspellen, zodat artsen en therapeuten revalidatiedoelen en interventies kunnen afstemmen op de individuele patiënt. In het eerste deel van dit proefschrift richtten we ons op het gebruik van deze conventionele meetinstrumenten voor het meten en voorspellen van herstel tijdens klinische revalidatie na CVA. In *Hoofdstuk 2* presenteerden we een systematische review met een overzicht van het huidige bewijs over prognostische modellen en hun prestaties bij het voorspellen van zelfstandig lopen in de subacute en chronische fase na een CVA. Zestien wetenschappelijke artikelen voldeden aan de zoekcriteria, waarin 30 prognostische modellen werden onderzocht. Zes van de 30 prognostische modellen lieten een excellente nauwkeurigheid zien bij het voorspellen van zelfstandig lopen in de subacute of chronische fase na een CVA. Het EPOS-model, ontwikkeld door Veerbeek et al. (2011), bleek het meest accuraat; het behaalde een voorspellende nauwkeurigheid van 89.7% wanneer het werd toegepast op dag acht na het CVA. Hoewel dit model extern is gevalideerd (Veerbeek et al., 2022) en eenvoudig toepasbaar is in de klinische praktijk, roept het een fundamentele vraag

op: welk niveau van voorspellende nauwkeurigheid is acceptabel in de klinische praktijk? Een nauwkeurigheid van 89.7% betekent dat bij één op de tien patiënten een onjuiste voorspelling wordt gedaan (ofwel een vals-positieve, ofwel een vals-negatieve voorspelling) over zijn herstel na het CVA. Deze onzekerheid heeft zowel ethische als klinische implicaties. Het gebruik van prognostische modellen (zoals het EPOS-model) dient daarom te worden beschouwd als een hulpmiddel ter ondersteuning van klinisch redeneren en het formuleren van doelen, en niet als een bepalende factor voor toegang tot of het potentieel van klinische revalidatie.

Om de herstelpatronen die ten grondslag liggen aan prognostische modellen beter te begrijpen, onderzochten wij in *Hoofdstuk 3* leeftijdsgelateerde verschillen in herstel tijdens klinische revalidatie. In een prospectieve cohortstudie werd onderzocht of oudere CVA patiënten (≥ 70 jaar, N=74) en jongere patiënten (< 70 jaar, N=41) een vergelijkbaar herstel doormaken tijdens klinische revalidatie na een CVA. Conventionele meetinstrumenten werden gebruikt om stoornissen en activiteiten vast te leggen. Hoewel oudere patiënten over het algemeen iets slechter scoorden bij de start, lieten beide leeftijdsgroepen significante en nagenoeg vergelijkbare verbeteringen zien gedurende de klinische revalidatie. Daarnaast werden baselinekenmerken geïdentificeerd die samenhangen met de zelfstandig lopen bij ontslag. In totaal was 87.4% van de patiënten in staat om zelfstandig te lopen bij ontslag uit de klinische revalidatie.

In deze studie werden vergelijkbare verbeteringen waargenomen in beide leeftijdsgroepen, ongeacht of men was opgenomen in de GR of MSR. Over het algemeen worden voornamelijk oudere patiënten opgenomen in de GR. In Nederland is de opname in een GR of MSR namelijk afhankelijk van verschillende factoren, zoals comorbiditeiten, leervermogen, vermoeidheid en de aanwezigheid van een partner. Zodoende is de GR veelal gericht op de oudere patiënt, waar in de MSR over het algemeen jongere patiënten worden opgenomen. De toenemende prevalentie van mensen met een CVA en de verdere vergrijzing van de bevolking, kunnen in de komende jaren leiden tot een toenemende druk op de GR. Dit kan de huidige indeling van de Nederlandse klinische CVA revalidatie in GR en MSR onhoudbaar maken. Deze indeling kan bovendien leiden tot versnippering van kennis en expertise, wat de ontwikkeling van gepersonaliseerde revalidatie belemmert. Aangezien in deze studie vergelijkbare verbeteringen werden waargenomen in beide leeftijdsgroepen, ongeacht de setting, lijkt het interessant om een meer geïntegreerd systeem te verkennen waarin de sterke punten van beide settings worden gecombineerd. Dit kan bijdragen aan verbetering van gepersonaliseerde klinische CVA revalidatie.

Making Sense of Sensor Data

Inertial measurement units (IMUs) kunnen gepersonaliseerde revalidatie na CVA potentieel ondersteunen, omdat ze in staat zijn om fysiek functioneren objectief en continu te meten, zonder een grote belasting voor zorgprofessionals. Echter, is het onbekend of deze draagbare bewegingssensoren de nauwkeurigheid van het meten en voorspellen van herstel na een CVA kunnen verbeteren. Daarom heeft het consortium *Making Sense of Sensor Data* van januari

2020 tot juni 2023 gegevens verzameld over CVA patiënten tijdens de opname in de GR of MSR. Met een interval van drie weken werd (herstel van) het functioneren van de CVA patiënt gedurende klinische revalidatie gemeten met behulp van conventionele meetinstrumenten en IMUs, oftewel *sensoren*. Het belangrijkste voordeel van sensoren is dat zij het fysiek functioneren objectief kunnen vastleggen. Felius et al. (2022) toonden aan dat stoornissen in de balans (met één sensor op de rug) en het lopen (door toevoeging van twee sensoren op beide voeten) betrouwbaar en gedetailleerd kunnen worden gemeten. Het meten van deze balans- en loopstoornissen met sensoren wordt hierna aangeduid als *sensor metingen*. In het tweede deel van dit proefschrift hebben wij de toegevoegde waarde van sensor metingen voor het meten en voorspellen van herstel tijdens klinische revalidatie na CVA onderzocht. Indien dat het geval is, kunnen sensoren bijdragen aan verdere personalisatie van de klinische revalidatie na een CVA, wat gezien het toenemende aantal personen dat een CVA overleefd steeds urgenter is.

Toegevoegde waarde van sensor metingen

Momenteel ontbreekt een gedetailleerde test voor het in kaart brengen van balansstoornissen. Met andere woorden: met conventionele tests kunnen we meten dát balans is verstoord, maar weten we niet exact waarom of waardoor. Sensoren kunnen hier mogelijk verandering in brengen. Het gebruik van sensoren zou een objectieve en snelle methode kunnen bieden om onder andere lichaamszwaai te meten. Lichaamszwaai is de continue beweging van het lichaam rond het lichaamszwaartepunt tijdens statisch zitten of staan. Voordat sensoren kunnen worden geïntegreerd in de klinische revalidatie om lichaamszwaai te meten, moet worden vastgesteld in hoeverre de sensor metingen gevoelig zijn voor verandering en, indien dat het geval is, of deze veranderingen klinisch betekenisvol zijn. Daarom werd in *Hoofdstuk 4* de sensitiviteit voor verandering en de responsiviteit van sensor metingen van lichaamszwaai onderzocht. Hoewel de meeste patiënten gedurende de klinische revalidatie herstel lieten zien op het gebied van functionaliteit en zelfstandigheid, nam bij slechts 3.2% tot 23.9% van de patiënten de lichaamszwaai significant af. Sensor metingen van lichaamszwaai hadden een beperkte sensitiviteit voor verandering en responsiviteit. Op dit moment biedt het inzetten van sensoren voor het meten van lichaamszwaai geen toegevoegde waarde voor het monitoren van balans tijdens klinische revalidatie na een CVA.

In deze populatie wordt loopsnelheid vaak gebruikt om het loopvermogen in het dagelijks leven te schatten. In *Hoofdstuk 5* onderzochten we of variabelen gemeten tijdens het lopen (met drie sensoren) toegevoegde waarde hebben bij het inschatten van het loopvermogen in het dagelijks leven. In deze studie werd bij 77 patiënten de 2 Minuten Loop Test (2MWT) in een “laboratorium” setting en een tweedaagse sensor meting van het lopen in het dagelijks leven uitgevoerd. Hoewel variabelen gemeten door de sensoren aanvullende informatie boden, verbeterden zij de schatting van het loopvermogen in het dagelijks leven niet ten opzichte van loopsnelheid alleen. Daarnaast was loopsnelheid slechts zwak geassocieerd met loopsnelheid in het dagelijks leven en matig met het aantal stappen per dag. Het loopgedrag dat met sensoren in een klinische setting wordt gemeten, verschilt van het loopgedrag in het dagelijks leven. Aangezien cognitieve en gedragsmatige factoren niet werden gemeten in dit onderzoek,

blijven de onderliggende mechanismen van deze verschillen onduidelijk. Desalniettemin wijzen onze bevindingen op een gedragsmatige component die mogelijk invloed heeft op het loopgedrag in het dagelijks leven. Om een accurater beeld te krijgen van het dagelijks functioneren, raden wij aan om in toekomstig onderzoek het (herstel van) fysiek functioneren buiten de "laboratorium" setting te meten. Dit sluit overigens ook aan bij een kennislacune die in 2023 werd beschreven door de Nederlandse Vereniging van Revalidatieartsen.

Vervolgens werd in *Hoofdstuk 6* de toegevoegde waarde van variabelen gemeten door sensoren, voor het verklaren van variantie in de zelfstandigheid in lopen en ADL tijdens klinische CVA revalidatie onderzocht. In deze cross-sectionele studie werden hiërarchische multivariabele regressieanalyses uitgevoerd met de gegevens van 115 CVA patiënten bij opname in de GR en MSR. Het toevoegen van variabelen gemeten door sensoren, aan modellen die één conventionele maat bevatten (Motricity Index, Trunk Control Test of Berg Balance Scale) leidde niet tot een significante toename van de verklaarde variantie van zelfstandigheid in lopen en ADL. Met andere woorden: het verklaren van variantie in functionele zelfstandigheid na CVA wordt niet beter door het gebruik van sensoren. Op basis hiervan bevelen wij aan om conventionele meetinstrumenten te gebruiken voor het verklaren van variantie in zelfstandigheid van zowel lopen als ADL tijdens klinische revalidatie na CVA.

De weg vooruit

Concluderend vonden wij geen toegevoegde waarde van sensor metingen boven conventionele meetinstrumenten voor het meten of voorspellen van herstel van balans en lopen tijdens klinische revalidatie na een CVA. Wat betreft de onderzochte sensoren blijft het vooralsnog onduidelijk hoe, en met hoeveel sensoren, het beste gemeten kan worden. Ook is het onzeker hoe de verkregen data geanalyseerd moeten worden om balans en lopen tijdens klinische revalidatie optimaal in kaart te brengen.

Desondanks blijft sensortechnologie perspectief bieden voor het verbeteren van gepersonaliseerde en efficiënte revalidatie door middel van continue, objectieve monitoring van het fysieke functioneren, met een minimale belasting voor zorgprofessionals. De belangrijkste uitdaging voor de komende jaren is daarom het ontwikkelen van sensor metingen waarmee onderscheid gemaakt kan worden tussen gunstige en ongunstige klinische uitkomsten, welke gevoelig zijn voor klinisch betekenisvolle veranderingen gedurende een revalidatietraject en die toepasbaar zijn voor CVA patiënten die licht tot zwaar zijn aangedaan na het CVA. Daarbij moeten gebruiksvriendelijkheid, toepasbaarheid en acceptatie in de klinische praktijk (voor zowel patiënten als zorgprofessionals) centraal blijven staan. Dergelijke sensor metingen kunnen potentieel ondersteuning bieden bij het personaliseren van de klinische revalidatie door het monitoren van fysiek functioneren, het evalueren van de revalidatie en therapiedoelen en het identificeren van betekenisvolle verschillen in fysiek herstel na een CVA.