

# Het meten van handgreepsterkte bij geriatrische patiënten

Creëer Optimale Omstandigheden en Ga voor de Maximumscore!

A.G.M. Kerckhofs<sup>a</sup>, M.F.J. Vandewoude<sup>b</sup>, A.N. Mudde<sup>c</sup>

## Measuring the handgrip strength of geriatric patients

The handgrip strength of geriatric patients can be measured when the patient is hospitalized. This article elaborates on the intrinsic and extrinsic factors which have a direct or indirect influence on handgrip strength. For the best results the tests need to be taken in the best circumstances with attention to individual differences and the age of the patient. Handgrip strength as determination of biological vitality is a key concept. Besides the physical characteristics there are many psychological factors (cognition, psyching-up, test attitude...) influencing the results. These are barely mentioned or not mentioned at all in the usual procedures. Research of handgrip strength testing theories is mostly focused on young, healthy adults and less on elderly patients. The main goal of this article is stimulating experimental research on the measurement of handgrip strength with elderly people and involving them more actively with the procedure. It is not enough to acquire insight in function and predicting characteristics of handgrip strength. Next to the aiming for the best test performance is 'working interactively with elderly patients' a goal on itself in the modern vision of health care.

Keywords: Handgrip strength, Biological vitality, Assessment, Frailty, Sarcopenia  
Tijdschr Gerontol Geriatr 2014; 45: 197-207

---

## Samenvatting

Het meten van de handgreepsterkte bij geriatrische patiënten gebeurt onder andere in het kader van

een ziekenhuisopname. Dit artikel gaat in op intrinsieke en extrinsieke factoren die de handgreepsterkte rechtstreeks of indirect beïnvloeden. Om een zo goed mogelijk

<sup>a</sup> Zelfstandig werkzaam, Antwerpen, Belgium

<sup>b</sup> Universitair Centrum Geriatrie, Universiteit Antwerpen, Antwerpen, Belgium

<sup>c</sup> Faculteit psychologie, Open Universiteit Nederland, Heerlen, The Netherlands

Correspondentie: A.G.M. Kerckhofs, RPh. Gemeentestr 6, 2570, Duffel, Belgium, Email: kerckhofs@akresearch.be

meetresultaat te bereiken dient de testafname te gebeuren in de best mogelijke omstandigheden met aandacht voor individuele verschillen en leeftijd van de patiënt. Handgreepsterkte als manifestatie van biologische vitaliteit staat centraal. Naast fysieke eigenschappen zijn er veel psychologische factoren, zoals cognitie, psyching-up en de attitude van de testuitvoerder, die de resultaten van de meting beïnvloeden. Zij komen in de gangbare meetprocedures nauwelijks of niet aan bod. Onderzoeken rond handgreepsterkte die theoretische beschouwingen in de praktijk toetsen, zijn veelal gericht op gezonde, jongere volwassenen en minder op oudere patiënten. De belangrijkste doelstelling van dit artikel is experimenteel onderzoek rond handgreepsterktemeting bij ouderen te stimuleren en hen actief te betrekken in de procedure. Het is niet voldoende inzicht te verwerven in functie en voorspellende eigenschappen van handgreepsterkte. Naast het streven naar de beste testperformantie is 'het interactief werken met de oudere patiënt' in de moderne visie op gezondheidszorg een doel op zich.

Trefwoorden: Handgreepsterkte, Biologische Vitaliteit, Meetprocedure, Frailty, Sarcopenie

## Inleiding

Wereldwijd stijgt het aantal ouderen en neemt de fascinatie voor het verouderingsproces toe. Bij het verouderen treedt bij iedereen afbraak van spiermassa en verlies van spierkracht op, maar bij sommigen verloopt dit proces sneller. Het optreden van deze 'sarcopenie' leidt op termijn tot bewegingsmoeilijkheden, die de levenskwaliteit negatief kunnen beïnvloeden. De laatste jaren is het zwaartepunt van de aandacht van spiermassa naar spierkracht verplaatst.<sup>1, 2</sup> Het verlies aan skeletspiermassa en spiersterkte kent een curvilineair verloop en de link tussen beide is minder sterk dan oorspronkelijk aangenomen.<sup>3</sup> Een syndroom dat de laatste tijd veel aandacht krijgt in gezondheidszorg is frailty, omdat het een belangrijke 'reversibele' voorloper zou zijn van functionele afhankelijkheid bij ouderen.<sup>4</sup> Frailty wordt dikwijls gedefinieerd als opstapeling van fysieke, psychologische en sociale deficits, waaronder spierzwakte.<sup>5, 6</sup> Het is een klinische toestand met een toename van de individuele kwetsbaarheid voor het ontwikkelen van afhankelijkheid of mortaliteit bij blootstelling aan stressoren.<sup>7</sup> Metingen van deze deficits gebeuren met een frailty index.<sup>8</sup> Vanuit het standpunt van de patiënt betekent dit vooral dat de focus ligt op

wat men 'niet' kan. Dit leidt niet zelden bij de oudere tot een gevoel van nutteloosheid, van niets meer betekenen in de moderne maatschappij, wat dikwijls nog versterkt wordt door stereotypering van ouderen in media en reclame.<sup>9</sup> Volgens Resnick zijn ouderen nochtans het ideale rolmodel voor veerkracht of resiliënce.<sup>10</sup> Vele ouderen gaan beter om met ingrijpende levensgebeurtenissen en vertonen minder posttraumatische stress dan jongere volwassenen.<sup>11</sup> Onderzoekers, klinici en beleidsmakers, die hun aandacht meestal richten op 'risico', raken meer en meer geïnteresseerd in 'veerkracht'.<sup>12</sup> Dit zou een rechtstreeks gevolg zijn van het ontwikkelen van de positieve psychologie in het begin van de 21<sup>e</sup> eeuw.<sup>13</sup> Veerkracht zou ook in verband staan met motivatie bij succesvol ouder worden.<sup>14</sup> In deze context kan men spierkracht bij ouderen benaderen als een uiting van biologische vitaliteit. Een belangrijk vereiste om spierkracht te bepalen is enerzijds het definiëren en operationaliseren van het begrip, anderzijds het op punt stellen van meetinstrumenten en methodologie. Over de eisen die dienen gesteld te worden is men het grotendeels eens. Metingen dienen valide en betrouwbaar te zijn en specifiek geschikt voor het meten van skeletspieren en/of hun kracht. Metingen zijn bij voorkeur niet-invasief, eenvoudig en breed toepasbaar, hebben een lage kostprijs en de resultaten dienen zoveel mogelijk toekomstige gezondheidsgebeurtenissen te voorspellen.<sup>15</sup>

## De handgreepsterktemeting

De handgreepsterktemeting wordt beschouwd als een indicator voor spierkracht en wordt in klinische settings en epidemiologisch onderzoek veelvuldig gebruikt. Het is een eenvoudige methode, waarbij de sterkte van skeletspieren van hand en voorarm worden bepaald. De handgreepsterktemeting zou een valide en betrouwbare maat zijn en een beeld geven van de perifere spiersterkte, zelf gerelateerd aan de totale skeletspiermassa.<sup>16</sup> Bij het ontwikkelen van het maximum aan kracht zijn, behalve spiervezels, ook hersenen en ruggenmerg betrokken.<sup>17</sup> Het is geen eenvoudige opdracht om hersensignalen te kwantificeren bij het uitvoeren van een taak zoals handgreep. Naargelang meer kracht wordt uitgeoefend, worden meer motorneuronen geactiveerd.<sup>18</sup> In bepaalde omstandigheden is het van belang om een bepaalde kracht aan te houden, bijvoorbeeld bij het uitvoeren van activiteiten.<sup>19</sup> Handgreepsterktemeting wordt ook gebruikt in acute settings, zoals op intensieve

zorgafdelingen. Handgreepsterkte als merker van 'biologische vitaliteit' zou via neurologische invloeden gekoppeld zijn aan cognitief verouderen.<sup>20</sup>

### **De standaardprocedure voor het meten van de handgreepsterkte**

Als men de procedures, gebruikt voor het meten van de handgreepsterkte, over de laatste 20 jaar bekijkt, wordt een grote variatie in meetmethoden vastgesteld. Het wereldwijd standaardiseren van meetprocedures is een moeilijke opdracht. De meeste procedures richten zich op structurele en musculaire eigenschappen en houden minder rekening met neurale en cognitieve factoren. Om de handgreepsterktemeting te kunnen uitvoeren, dienen niet alleen de juiste spieren geactiveerd te worden, maar speelt ook het controleren van krachtontwikkeling door spiervezels een rol.<sup>21</sup> Om de maximumscore te bereiken, dienen de omstandigheden van de meting geoptimaliseerd te worden. In 2011 werd een procedure ontwikkeld door de Southamptongroep, die als standaard kan worden gebruikt voor de meting.<sup>22</sup>

Dit artikel benadert het meten van de handgreepsterkte vanuit het perspectief van de oudere patiënt, waar getracht wordt een maximumprestatie te bereiken, hetzij door het verwijderen van storende factoren, hetzij door het creëren van omstandigheden die de beste performantie genereren. Het doel van deze benadering is de oudere patiënt niet te evalueren op zijn beperkingen, maar op zijn mogelijkheden. Zijn er in de standaardprocedure, ontwikkeld door de Southamptongroep, factoren die kunnen worden aangepast aan de specifieke behoeften van geriatrische patiënten? Vooral psychologische factoren komen slechts in beperkte mate aan bod. In dit artikel worden een aantal aspecten in de meting belicht, waarmee in de standaardprocedure weinig of geen rekening wordt gehouden. Experimenteel onderzoek dient echter nog te worden uitgevoerd om deze theoretische beschouwingen te toetsen aan de realiteit van het meten van handgreepsterkte in een geriatrische setting.

### **Factoren die de handgreepsterkte kunnen beïnvloeden**

#### *Vorm van de hand*

Het Southamptonprotocol houdt rekening met handafmetingen en nagellengte.<sup>22</sup> Volgens

Nicolay en Walker voorspellen hand-en voorarmmaten handgreepsterkte beter dan lengte en BMI.<sup>23</sup> Bij ouderen kunnen handen vervormd zijn. Een eenvoudige manier om informatie te verzamelen is patiënten vooraf de omtrek van de handen te laten tekenen. Men verkrijgt hierdoor niet alleen informatie over handgrootte en vorm, maar ook over handvormingen, snelheid bij uitvoeren van bewegingen, executieve functies, cognitief functioneren, pijnproblematiek, enz. Deze gegevens kunnen gebruikt worden om de omstandigheden van de meting aan te passen aan de individuele situatie met het oog op een betere prestatie.

#### *Handdominantie*

Bij twijfel over rechts-of linkshandigheid wordt een serie vragen gesteld uit de Edinburgh Handedness Inventory.<sup>24</sup> Als hand en vingers getraind worden op bepaalde taken, die kracht vereisen, ondergaat het centraal zenuwstelsel veranderingen en neemt de willekeurige maximum contractiesterkte toe.<sup>25</sup> Men mag aannemen dat de dominante hand beter getraind is dan de niet-dominante. Aangezien de spierkracht van de hand geëxtrapoleerd wordt naar skeletspierkracht, kan men zich afvragen welke kracht het meest representatief is, die van de meest of de minst getrainde hand? Eén van de redenen die wordt aangehaald om de dominante hand te gebruiken is, dat de daling in de handgreepsterkte bij herhaalde contracties groter is bij de niet-dominante dan bij de dominante hand en deze laatste dus stabielere waarden geeft. Een voorwaarde is, dat er geen spiergerelateerde aandoeningen zijn, noch hypertrofie door veelvuldig gebruik.<sup>26</sup> Een aantal studies stelt de vraag naar het nut van het onderscheid maken tussen beide handen.<sup>27, 28</sup> Indien men uitsluitend als doel heeft om de maximumkracht te meten in het kader van het evalueren van spierkracht en biologische vitaliteit, speelt het geen rol welke hand gebruikt wordt. De maximumscore is bepalend. Als er opvallende verschillen bestaan tussen beide handen en de maximumscore bereikt wordt met de niet-dominante hand, kan men op zoek gaan naar mogelijke verklaringen. De patiënt beschikt dikwijls zelf over waardevolle informatie rond dit gegeven.

#### *Invloed van leeftijd*

Bij jongvolwassenen wordt de handgreepsterktemeting uitgevoerd om de graad van lichamelijke fitheid te bepalen of het ergonomisch gebruik van toestellen op de

werkvloer te testen. Het Caldwell Regime werd ontwikkeld om minder variatie te hebben in meettechnieken.<sup>29</sup> Bij ouderen wordt de meting vooral gebruikt om spierkracht te meten en risico's op mobiliteitsbeperkingen in te schatten. De piek van de handgreepsterkte wordt bereikt rond de leeftijd van 30 jaar.<sup>30</sup> Met het ouder worden neemt de sterkte geleidelijk af.<sup>31</sup> Normtabellen spelen een belangrijke rol in de klinische context. Voor normatieve studies zijn grote en heterogene populaties nodig, maar hierin zijn de oudsten vaak ondervertegenwoordigd.<sup>32</sup> De laatste jaren zijn de meeste normtabellen wel uitgebreid met waarden voor leeftijdsgroepen boven de 75 jaar.<sup>33</sup> Er bestaan zelfs tabellen voor 90–100 jarigen.<sup>34</sup> De standaardafwijking van de metingen kan sterk verschillen per leeftijdscategorie. Men kan zich afvragen of vergelijken belangrijk is, als men de handgreepsterkte benadert in het kader van biologische vitaliteit. In deze context dient meer aandacht te gaan naar de omstandigheden waarin de meting wordt uitgevoerd en wordt de individuele prestatie belangrijker dan de vergelijking. In het algemeen wordt de procedure niet aangepast aan de leeftijd. Een comfortabele stoel, die de rest van het lichaam voldoende steun geeft, en een rustige omgeving zouden ervoor kunnen zorgen dat de oudere zich beter kan concentreren op de hand- en voorarm tijdens het meten.

#### *Invloed van geslacht*

Mannen en vrouwen verschillen in spiermassa en spierkracht. Bij het ouder worden versnelt het afnemen van spiersterkte, maar er zijn verschillen tussen onderste en bovenste ledematen.<sup>35</sup> De afname van spiermassa zou voor het grootste deel te wijten zijn aan atrofie van type II-vezels. Dit proces zou vooral optreden bij mannen en in veel mindere mate bij vrouwen. Volgens Sartorio zouden de verschillen tussen leeftijdsgroepen of geslachten verdwijnen, als er gecorrigeerd wordt voor vetvrije massa.<sup>36</sup> Toch bestaat er nog veel onduidelijkheid over de invloed van geslachtsgerelateerde factoren (hormonen, lichaamsbouw, beroepsactiviteiten ...) die de handgreepsterkte op oudere leeftijd kunnen beïnvloeden.

#### *Invloed van etnische afkomst*

Dat de etnische afkomst invloed heeft op de handgreepsterkte blijkt uit een onderzoek van Jeune in 2006.<sup>34</sup> Uit het vergelijkend onderzoek bij 90–100 jarigen in het zuiden van Denemarken, Languedoc-Roussillon en Calabrië blijkt dat de handgreepsterktewaarden in de Franse regio en de Italiaanse gemiddeld respectievelijk 2,2–5,6 kg lager zijn dan in de

Deense. De testafnemers volgden een gemeenschappelijke training en gebruikten dezelfde methode. In het artikel van Werle uit 2009 wordt gesteld dat de leeftijd-en geslachtsgerelateerde distributie van de handgreepsterkte cultureel onafhankelijk is.<sup>32</sup> De onderzoeker stelt ook dat het mogelijk moet zijn om de handgreepsterkte nauwkeuriger te voorspellen door de parameters die invloed uitoefenen duidelijk te scheiden van de meting. Het is in het kader van klinisch onderzoek niet gebruikelijk om parameters zoals tijdstip van afname en omgevingstemperatuur mee te nemen. Als men de handgreepmeting uitvoert bij patiënten van een geriatrische revalidatieafdeling, bestaat de populatie grotendeels uit ouderen boven de 75 jaar. Bij sterk afwijkende waarden moet men zich afvragen of de verklaring dient gezocht te worden in de handgreepsterktemeting zelf dan wel toegeschreven moet worden aan individuele karakteristieken van de patiënt, zoals uitgeoefend beroep, leefomstandigheden, vrijetijdsbesteding, lengte en gewicht.

#### *Testomgeving*

In het onderzoek van Jeune wordt bij mensen die thuis wonen een hogere handgreepsterkte gemeten dan bij rustoordbewoners.<sup>34</sup> Een handgreepsterktemeting bij ziekenhuisopname is een momentopname en de waarde is mogelijk niet representatief voor de handgreepsterkte in de natuurlijke omgeving. Door de meting ook te laten uitvoeren in een niet-klinische setting, bijvoorbeeld in de huisartsenpraktijk of in het kader van thuiszorg, gaat meer aandacht naar wijzigingen in de handgreepsterkte. Niet alleen veranderingen in de handgreepsterkte eigen aan het verouderingsproces, maar ook plotse veranderingen worden vlugger opgemerkt. Misschien kan er dan ook sneller geanticipeerd worden op functionele achteruitgang.

#### *Bloeddruk en pulse pressure*

Spierweefsel is sterk gevasculariseerd. Een hogere systolische bloeddruk is geassocieerd met een hogere handgreepsterkte bij ouderen boven de 85 jaar, maar niet bij ouderen met een gemiddelde leeftijd rond 65 jaar.<sup>37</sup> Omdat bloeddruk ook beschouwd wordt als een merker van functionele biologische vitaliteit, is het belangrijk om deze parameter bij het onderzoek te betrekken.<sup>20</sup> Volgens een Japans onderzoek zou een verhoogde pulse pressure, het verschil tussen systolische en diastolische bloeddruk (cut-off point 60 mmHg) een predictor zijn voor frailty.<sup>38</sup>

#### *Temperatuur van de huid*

Er bestaat een positieve correlatie tussen handgreepsterkte en huidtemperatuur. Het is

belangrijk om vingers, hand en voorarm warm te houden om de handperformantie op peil te houden. De omgevingstemperatuur speelt hierin een belangrijke rol.<sup>39</sup> Bovendien reageren ouderen trager op wijzigingen in omgevingstemperatuur dan jongeren.

### *Comorbiditeit*

Patiënten hebben een significant lagere handgreepsterkte dan gezonde personen. De daling kan gaan tot meer dan 25% bij gehospitaliseerde patiënten.<sup>40</sup> De aanwezigheid van één of meerdere aandoeningen is slechts beperkt van invloed op de handgreepsterkte. Omdat de meeste ouderen boven de 75 jaar meerdere aandoeningen hebben dient comorbiditeit alleen te worden meegenomen als het spiergerelateerde aandoeningen betreft. Bij reumatoïde artritis zou de handgreepsterkte in verband staan met gewrichtsdegeneratie en op die manier een aanwijzing kunnen geven over het verloop van de ziekte.<sup>41</sup> Ontstekingsprocessen nemen in het algemeen toe bij het ouder worden. Een onderliggend sluimerend ontstekingsproces zou mogelijk de aanleiding zijn voor het ontstaan van sarcopenie. Onder andere de secretie van cytokines zou hierbij een belangrijke rol spelen.<sup>42</sup> Osteoporose is een aandoening die op termijn sterk geassocieerd is met frailty en risico op vallen. In een onderzoek van Cheung werd de relatie tussen handgreepsterkte en fractures door frailty onderzocht in een cross-sectioneel cohort onderzoek.<sup>43</sup>

Ten slotte kunnen aandoeningen ook secundair van invloed zijn op de meting door aanwezige symptomen als pijn of vermoeidheid. In het kader van het bepalen van de maximum handgreepsterkte is het zeker belangrijk om zoveel mogelijk informatie te verzamelen rond de aard en de graad van de aandoeningen en na te gaan in hoeverre zij de meting beïnvloeden.

### *Functionele status*

Door de scores op ADL en IADL activiteiten te bepalen kan men de functionele status van een patiënt evalueren en nagaan of er een associatie is met handgreepsterkte. Volgens Taekema voorspelt een lagere handgreepsterkte een snellere achteruitgang in ADL (niet in IADL).<sup>44</sup> De Leiden 85-plus studie toont aan dat een lagere handgreepsterkte significant geassocieerd is met de score op ADL en IADL bij ouderen boven de 85 jaar.<sup>45</sup> In een onderzoek van Ishizaki bij Japanse ouderen van 65 jaar en ouder wordt dan weer een associatie vastgesteld tussen handgreepsterkte en IADL maar niet met ADL.<sup>46</sup> Een voorspellende waarde van handgreepsterkte op wandelsnelheid kon niet worden bevestigd in het onderzoek van Taekema. Een associatie tussen beide werd wel aangetoond in de cross-sectionele studie van

Lauretani.<sup>21</sup> Er bestaat nog veel onduidelijkheid over de rol van de handgreepsterkte in het uitvoeren van dagelijkse activiteiten. Het is belangrijk om de patiënt zelf te ondervragen over de problemen die hij ondervindt bij het uitvoeren van activiteiten. Belangrijk is te vertrekken vanuit het positieve: ‘Welke bezigheden kan u uitvoeren?’ en niet ‘Welke kan u niet meer uitvoeren?’ Hoe gaat u om met problemen?

### *Vermoeidheid*

Vermoeidheid wordt beschouwd als een vroege merker van leeftijdgerelateerde achteruitgang in gezondheid en functionele status.<sup>47</sup> In het kader van het evalueren van sarcopenie en fysieke frailty, gaat het om bewegingsgerelateerde vermoeidheid, een subjectief gevoel van vermoeidheid, ervaren bij het uitvoeren van dagelijkse taken.<sup>48</sup> Een algemeen gevoel van zwakte en uitputting is bovendien één van de kenmerken van frailty en handgreepsterkte is een nuttige indicator.<sup>49</sup> Inname van bepaalde stoffen zoals cafeïne en B-vitamines zou het vermoeidheidsgevoel kunnen uitstellen.<sup>50</sup> Of dit ook geldt voor ouderen, moet nog onderzocht worden. In het kader van de handgreepsterktemeting is het nodig om ouderen, die klagen over vermoeidheid, fysiek te evalueren, waarbij niet alleen op maximale handgreepsterkte, maar ook op vermoeidheidsresistentie moet worden getest. Beide begrippen vindt men terug in de berekening van grip work.<sup>51</sup> Hiermee zou de functionele capaciteit nog beter geschat kunnen worden. Om vermoeidheid te bepalen wordt veelal gebruik gemaakt van zelfrapportage. Omdat dit op een eenvoudige en snelle manier kan, wordt aanbevolen deze parameter mee te nemen in de procedure. Het veelvuldig testen op zich kan ook aanleiding zijn voor vermoeidheid. Dit geldt eveneens voor fysieke inspanningen of een cognitieve performantie van meer dan 20' voorafgaand aan de meting.<sup>52</sup> De testafnemer dient rekening te houden met dit gegeven. Vermoeidheid dient immers te worden beschouwd als een factor die, vooral bij ouderen, een negatieve impact kan hebben op de score.

### *Cognitie*

Er bestaat een duidelijk verband tussen cognitieve en motorische functies bij het uitvoeren van willekeurige bewegingen.<sup>53</sup> Het louter geven van een instructie tot uitvoeren van een beweging activeert neuronen in de motorische cortex, zelfs zonder dat de spieren daadwerkelijk geactiveerd worden. Een lagere handgreepsterkte voorspelt een snellere achteruitgang in cognitie.<sup>52</sup> Men kan zich afvragen of cognitieve achteruitgang een belemmering kan zijn voor het degelijk



uitvoeren van de test. In sommige onderzoeken worden mensen met een MMSE onder een bepaalde waarde uitgesloten van onderzoek. Het geven van eenvoudige instructies en een rustige omgeving kunnen de uitvoerbaarheid van de meting bij dementerende patiënten misschien verhogen.

### **Factoren, die rechtstreeks in verband staan met de meting**

#### *Materiaal en instrumenten*

De Jamar dynamometer wordt beschouwd als de gouden standaard, waaraan andere meters dienen getoetst te worden. De dynamometer wordt meestal aangepast aan de handgrootte. In veel onderzoeken worden slechts één of twee instellingen gebruikt.<sup>22</sup> In het artikel van Roberts wordt ook vermeld dat de meter relatief zwaar is en er al een kracht van 1 à 2 kg nodig is om de naald in beweging te brengen. Bovendien kan de verwachting van gewicht al van invloed zijn op de uitgeoefende kracht.<sup>54, 55</sup> Of het uitzicht van meter en materiaal ook de knijpkracht van vooral zwakkere ouderen beïnvloedt, dient nog te worden onderzocht.

#### *Score*

Veel onderzoeken verschillen onderling op de verkregen scores voor de handgreepsterkte. Zowel de hoogste score als de gemiddelde score worden gebruikt. Volgens Mathiowetz is de gemiddelde waarde van drie metingen betrouwbaarder dan één enkele meting.<sup>56</sup> Sommige onderzoekers nemen 85% van de maximumwaarde. Het argument hiervoor is dat de maximumkracht zelden wordt gebruikt om de dagelijkse activiteiten uit te voeren.<sup>18</sup> In het kader van het bepalen van biologische vitaliteit telt de maximumscore, worden beide handen getest en de hoogste waarde weerhouden.

#### *Testafnemer*

In het onderzoek van Taekema oordeelt een verpleegkundige over exclusie op basis van volgende criteria: weigering om deel te nemen, fysieke belemmeringen, cognitieve stoornis, onvoldoende vaardigheid om instructies te volgen, technische problemen.<sup>52</sup> Het belangrijkste doel van de testafnemer moet zijn dat de maximum spierkracht, uitgeoefend door arm en voorarm, wordt gemeten. Hij of zij dient verder na te gaan of het bereiken van de score niet verstoord wordt door bepaalde factoren. Zo kan de stand van de duim de meting onterecht positief beïnvloeden. In het kader van het bepalen van biologische vitaliteit is het essentieel

dat de test optimaal verloopt zonder invloed van storende factoren. Observatie tijdens de meting is dan ook belangrijk. De testafnemer dient voldoende opgeleid te zijn om deze factoren te kunnen onderkennen. Om de kwaliteit van de meting te verbeteren kan ook een observator ingeschakeld worden.

#### *Fysieke houding tijdens meting*

Er zijn verschillende houdingen mogelijk om de test uit te voeren. De meest gebruikte is de zittende houding, al of niet met ondersteuning van de voorarm. Toch wordt ook de staande houding regelmatig gebruikt met de arm parallel naast het lichaam. Desrosiers et al. toonden in 1995 al aan dat elleboogfunctie en -positie de handgreepsterkte bij oudere mannen beïnvloeden.<sup>57</sup> In een kleinschalig onderzoek bij adolescenten bleek dat een volledige extensie van de elleboog hogere resultaten geeft op de handgreepsterktemeting.<sup>58</sup> Bij ouderen is het aannemen van bepaalde houdingen niet evident. Handgreepsterkte wordt ook gebruikt in acute situaties of op de intensieve zorg. De test wordt dan afgenomen bij patiënten die al langere tijd bedlegerig kunnen zijn. In de studie van Jeune wordt de lagere handgreepsterkte gemeten bij ouderen in Calabrië voor een deel toegeschreven aan het feit dat mensen in die regio langer thuis blijven en meer in bed verblijven.<sup>34</sup> De bedlegerigheid hoeft niet noodzakelijk te leiden tot slechtere meetomstandigheden. Boadella stelt dat het vrij laten bepalen van de houding door de testuitvoerder leidt tot de hoogste waarden.<sup>59</sup> Deze benadering wordt gehanteerd in het kader van dit artikel.

#### *Instelling van testuitvoerder en-afnemer*

Oudere patiënten, die onverwachts in een revalidatieafdeling terechtkomen, kunnen acuut stress ervaren. Patiënten met locomotorische problemen kunnen zich onzeker of angstig voelen en zich afvragen of zij wel in staat zijn om de test goed uit te voeren. Testmotivatie is minder waarschijnlijk in een ziekenhuissetting dan in een onderzoekscontext. Een belangrijke taak is weggelegd voor artsen, kinesitherapeuten en ergotherapeuten om de patiënt te motiveren tot het leveren van de maximumprestatie, binnen de grenzen van wat haalbaar is in de specifieke medische context. Ook de motivatie van de testafnemer is belangrijk tijdens de meetprocedure.<sup>60</sup>

Een patiënt kan ook bewust niet meewerken aan het zo goed mogelijk uitvoeren van de test. Hij kan in de veronderstelling verkeren dat een

lagere score voordelen kan bieden, zoals een verlengd verblijf en/of meer zorg. Zijn gedrag kan eveneens worden ingegeven “vanuit een ‘intra-psychische’ behoefte om de rol van zieke op zich te nemen, zonder dat de wens om hieruit voordeel te halen aanwezig is”.<sup>61</sup> De testafnemer dient zich hiervan bewust te zijn. Psychologen kunnen een rol spelen om deze problematiek naar boven te brengen. ‘Waargenomen hulpeloosheid’ ontstaat als mensen zich slecht aanpassen aan een situatie, die ze niet kunnen beheersen en daardoor als stressvol ervaren. Deze reactie wordt onder andere gekenmerkt door een verstoring van de vluchtresponsreactie en door een vermindering van motivatie. Wanneer een situatie die hulpeloosheid teweegbrengt lang blijft bestaan, spreekt men van ‘aangeleerde hulpeloosheid’. Zelf gerapporteerde aangeleerde hulpeloosheid zou geassocieerd zijn met corticale verdikking in motorische gebieden die een rol spelen in motoriek.<sup>62</sup> Bij het laten uitvoeren van de handgreepmeting dient met deze factoren rekening te worden gehouden. Met eenvoudige vragen kan men achterhalen of de patiënt door de situatie overweldigd wordt, dan wel het gevoel heeft meer of minder controle te hebben over wat hem overkomt.

#### *Demonstratie en testmeting*

Het al dan niet demonstreren van de test door de testafnemer (modelling) is iets waar procedures in verschillen. Een belangrijk argument voor demonstratie is dat de spinale prikkelbaarheid toeneemt door het observeren van handactiviteiten.<sup>63</sup> Volgens Mathiowetz is een testmeting door de patiënt niet nodig, als men drie metingen doet.<sup>56</sup> Patiënten ondergaan bij een ziekenhuisopname echter meerdere onderzoeken en testen. Voor ouderen kan dit belastend zijn. Een testmeting kan de patiënt vertrouwd maken met het toestel en hem overtuigen van de eenvoud van de meting.

#### *Instructies, aantal metingen en tijd tussen de metingen*

De wijze waarop aan mensen gevraagd wordt de handgreepsterktemeting uit te voeren, is van invloed op het resultaat.<sup>64</sup> Bij het Caldwell Regimen wordt gevraagd de maximumsterkte langzaam op te bouwen in 1 seconde en 4 seconden aan te houden. De ‘statische sterkte’ wordt als het gemiddelde van de eerste 3 seconden berekend.<sup>31</sup> Niet alleen de spieren zijn betrokken bij de handgreep, maar ook de gewrichten. Volgens Chaffin zou hiermee rekening moeten worden gehouden bij het

bepalen van de tijd.<sup>65</sup> In een studie van Jung wordt een tijd van ongeveer 15” tussen twee metingen aanbevolen, maar de populatie uit dit onderzoek was jonger dan 65 jaar. In welke mate dient te worden rekening gehouden met de tragere reactietijd van ouderen? Leidt een lagere score op cognitieve performantie en een lagere spiermassa bij ouderen tot een vertraging op het uitvoeren van de test en wordt de score hierdoor negatief beïnvloed? Instructies kunnen ook een negatief effect hebben als ouderen het gevoel hebben niet te kunnen beantwoorden aan de verwachtingen.

#### *Effecten van stillezen*

Bewegingen zouden precursoren zijn van vocale expressie. Er zou een functionele verbinding bestaan tussen de corticale netwerken die de taalprocessen mediëren en handbewegingen. Motorische acties en actiewerkwoorden activeren dezelfde corticale hersengebieden. Er bestaat een associatie tussen taal en handgreepsterkte.<sup>66</sup> Het stillezen van zinnen die een bepaalde beweging inhouden, zou activerend werken.<sup>67</sup> Werkwoorden vervoegd in de toekomstige tijd blijken meer effect te hebben dan vervoegd in de verleden tijd.<sup>68</sup> Of deze bevindingen ook kunnen gebruikt worden bij het testen van ouderen, moet nog onderzocht worden.

#### *Psyching-up*

Deze term wordt gebruikt om een cognitieve strategie te omschrijven, die de testuitvoerder gebruikt, onmiddellijk vóór of tijdens een test, om een betere prestatie te leveren. In dit geval gaat het specifiek om het verhogen van spierkracht. Verschillende technieken werden ontwikkeld om de performantie van atleten in competitie of op training te verbeteren.<sup>69</sup> Mentale inbeelding, methoden om zichzelf op te laden, zichzelf toespreken, focussen enz. zijn vormen van psyching-up. Waarom dit leidt tot een verhoogde krachtoefening is onbekend. Wel staat vast dat de gemiddelde verschillen tussen de uitgeoefende kracht met of zonder psyching-up tot 12% kunnen oplopen, afhankelijk van de soort gebruikte strategie.<sup>70</sup> In een artikel van Gregg & Hall worden de vaardigheden om motiverende beelden op te roepen bij het sporten gemeten.<sup>71</sup> Zo kan een atleet zich inbeelden dat hij controle heeft over de situatie. Mentale inbeelding kan beschouwd worden als een individuele eigenschap of als een vaardigheid. Een zekere graad van inbeeldingsvermogen is noodzakelijk om de techniek toe te passen, maar de vaardigheid kan ook getraind worden. Om effectief te zijn moeten

de opgeroepen beelden en de gewenste resultaten op elkaar afgestemd zijn. Er bestaan twee manieren van motiverende inbeelding. De eerste is vooral gericht op spanningen en angsten, die kunnen optreden als bepaalde taken vervuld dienen te worden. De tweede techniek gaat om het zich inbeelden dat men de situatie controleert. De prestatie op de handgreepsterktemeting is dus niet alleen afhankelijk van spierkracht, maar ook van cognitief functioneren. Daar de meeste onderzoeken rond psyching-up gericht zijn op het verbeteren van sportieve prestaties, is het belangrijk om de technieken niet alleen aan te passen aan oudere testuitvoerders, maar ook te onderzoeken of zij de score van de handgreepsterkte significant beïnvloeden.

#### *Aanmoediging en visuele feedback*

Zowel aanmoediging als visuele feedback hebben significante effecten op de handgreepsterkte, zowel op de statische als op de pieksterkte. Aanmoediging zorgt voor een sneller bereiken van de maximumsterkte, visuele feedback heeft eerder een vertragend effect. Volgens Jung en Hallbeck verhogen beide de pieksterkte van de handgreep respectievelijk met 5,6% en 5,2%.<sup>64</sup> Dat het versterken van visuele stimuli de motorische output significant beïnvloeden, blijkt ook uit een artikel van Hout.<sup>72</sup>

Er bestaan softwareprogramma's, die de resultaten op de handgreepsterktemeting tijdens of onmiddellijk na het testen grafisch voorstellen en die kunnen gebruikt worden als visuele feedback/stimulus.

#### **Conclusie**

Gezien de grote verscheidenheid van onderzoeken waarin handgreepsterkte aan bod komt, is het moeilijk om de betekenis van deze parameter zowel in onderzoek als in de klinische praktijk te duiden. Handgreepsterkte is veel meer dan een representatie van skeletspierkracht. Niet alleen in klinische settings, maar ook in de extramuraal gezondheidszorg kan de meting van handgreepsterkte gebruikt worden als hulpmiddel om functionele status of biologische vitaliteit te evalueren. Om de voorspellende waarde van handgreepsterkte op toekomstige achteruitgang in het functioneren te kunnen gebruiken, dient te worden gestreefd naar scores, die eenduidig zijn en onderling vergelijkbaar.

In het kader van het onderzoek naar sarcopenie en frailty is het accuraat meten van handgreepsterkte uiterst belangrijk. Europese en

internationale onderzoeksgroepen hebben reeds belangrijke stappen gezet om de meting te standaardiseren, maar de referentiewaarden verschillen onder elkaar. Met bepaalde factoren, die de gemeten waarde nochtans kunnen beïnvloeden, wordt weinig of geen rekening gehouden. Vooral psychologische criteria worden in de meetprocedures nauwelijks geïncorporeerd. De inspanningen, die wereldwijd worden geleverd om meer inzicht te verwerven in de betekenis van handgreepsterkte, de opkomst van de klinische neuropsychologie en internationaal onderzoek rond gestandaardiseerde meetprocedures kunnen hierin verandering brengen.

#### **Ter overweging**

In de 21<sup>e</sup> eeuw vormen de vergrijzing van de bevolking en de stijgende levensverwachting maatschappelijk en sociaal een belangrijke uitdaging. In de moderne visie op verouderen gaat de aandacht niet alleen naar het achteruitgaan van functies, maar naar de mogelijkheden en de vaardigheden waarover men beschikt om zich aan te passen aan wijzigende levensomstandigheden. Voorheen werden begrippen als empowerment en zelfmanagement hoofdzakelijk gebruikt in een sociale, politieke of economische context, maar vandaag vindt men deze ook meer en meer terug in gezondheidswetenschappen. Onder empowerment in gezondheidszorg verstaat men 'een proces/toestand waarbij de patiënt geëngageerd, geïnformeerd, meewerkend, betrokken en onzekerheidsbestendig wordt/is' en waarbij zowel persoonlijke als omgevingsfactoren invloed hebben.<sup>73</sup>

In dit artikel is handgreepsterkte niet alleen representatief voor spierkracht maar symboliseert ze tevens levenskracht. De factoren die werden behandeld zijn niet alleen rechtstreeks van invloed op de handgreepsterktescore, maar werken ook stimulerend door centrale activatie van de motoriek. In de klinische context kan de handgreepsterktemeting meer betekenen dan een screeningsinstrument of een voorspeller van morbiditeit of mortaliteit. De handgreepsterkte als representatie van biologische vitaliteit is een mogelijkheid om de patiënt actief te laten participeren in de zorg voor zijn gezondheid. Het creëren van de best mogelijke omstandigheden om de oudere patiënt te brengen tot de maximum prestatie vraagt een multidisciplinaire benadering. De factoren, die invloed uitoefenen op de handgreepsterkte, worden in verschillende wetenschapsdisciplines



bestudeerd. Overleg is nodig waarbij de focus niet alleen ligt op fysieke, maar ook op psychologische en sociale factoren. De patiënt en zijn referentiekader spelen een fundamentele rol. Vermits dit artikel zich beperkt tot theoretische beschouwingen, is in de eerste plaats meer

experimenteel onderzoek nodig. Aangepaste procedures dienen ontwikkeld en praktisch getoetst te worden. Als actieve, geïnformeerde en geëngageerde partner kan de oudere zelf een belangrijke bijdrage leveren aan dit onderzoek.

## Literatuur

- Clark BC, Manini TM. Sarcopenia =/=dynapenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008;63(8):829–34.
- Manini TM, Clark BC. Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2012;67(1):28–40.
- Hughes VA, Frontera WR, Wood M, Evans WJ, Dallal GE, Roubenoff R, et al. Longitudinal muscle strength changes in older adults: Influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(5):B209–17.
- Santos-Eggimann B, Karmaniola A, Seematter-Bagnoud L, Spagnoli J, Bula C, Cornuz J, et al. The Lausanne cohort Lc65+: a population-based prospective study of the manifestations, determinants and outcomes of frailty. *BMC Geriatr*. 2008;8:20.
- Rockwood K, Mitnitski A. Frailty in relation to the accumulation of deficits. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2007;62(7):722–7.
- Mitnitski A, Song X, Rockwood K. Trajectories of changes over twelve years in the health status of Canadians from late middle age. *Exp Gerontol*. 2012;47(12):893–9.
- Morley JE, Vellas B, Abellan van Kan G, Anker SD, Bauer JM, Bernabei R, Walston J. Frailty consensus: a call to action. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14:392–7.
- Searle SD, Mitnitski A, Gahbauer EA, Gill TM, Rockwood K. A standard procedure for creating a frailty index. *BMC Geriatr*. 2008;8:24.
- Robinson T, Gustafson B, Popovich M. Perceptions of negative stereotypes of older people in magazine advertisements: comparing the perceptions of older adults and college students. *Ageing & Society* 2008;28(2):233–251
- Resnick B. Resilience in aging: the real experts. *Geriatr Nurs*. 2008;29(2):85–6
- Scott SB, Poulin MJ, Silver RC. A Lifespan Perspective on Terrorism: Age Differences in Trajectories of Response to 9/11. *Dev Psychol*. 2012 Jun 18.
- Mohaupt S. (2009). Review Article: Resilience and Social Exclusion. *Social Policy and Society*, 8, pp 63–71.
- Seligman ME, Csikszentmihalyi M. Positive psychology. An introduction. *Am Psychol*. 2000;55(1):5–14.
- Harris PB. Another wrinkle in the debate about successful aging: the undervalued concept of resilience and the lived experience of dementia. *Int J Aging Hum Dev*. 2008;67(1):43–61.
- Fekete C, Boldt C, Post M, Eriks-Hoogland I, Cieza A, Stucki G. How to measure what matters: development and application of guiding principles to select measurement instruments in an epidemiologic study on functioning. *Am J Phys Med Rehabil*. 2011;90(11 Suppl 2):S29–38
- Ling CH, de Craen AJ, Slagboom PE, Westendorp RG, Maier AB. Handgrip strength at midlife and familial longevity : The Leiden Longevity Study. *Age (Dordr)*. 2012;34(5):1261–8.
- Jones DA, Rutherford OM, Parker DF. Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. *Q J Exp Physiol*. 1989;74(3):233–56..
- Liu JZ, Yang Q, Yao B, Brown RW, Yue GH. Linear correlation between fractal dimension of EEG signal and handgrip force. *Biol Cybern*. 2005;93(2):131–40.
- Jakobsen LH, Rask IK, Kondrup J. Validation of handgrip strength and endurance as a measure of physical function and quality of life in healthy subjects and patients. *Nutrition*. 2010;26(5):542–50.
- Dolcos S, MacDonald SW, Braslavsky A, Camicioli R, Dixon RA. Mild cognitive impairment is associated with selected functional markers: integrating concurrent, longitudinal, and stability effects. *Neuropsychology* 2012;26(2):209–23.
- Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*. 2003;95(5):1851–60.
- Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing* 2011;40(4):423–9.
- Nicolay C, Walker A. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal Of Industrial Ergonomics* [serial online]. July 2005;35(7):605–618. Available from: PsycINFO, Ipswich, MA. Accessed February 12, 2013.
- Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*1971;9(1):97–113.
- Kidgell DJ, Pearce AJ. Corticospinal properties following short-term strength training of an intrinsic hand muscle. *Hum Mov Sci*. 2010;29:631–41.

26. Luna-Heredia E, Martin-Pena G, Ruiz-Galiana J. Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clin Nutr*. 2005;24(2):250–8.
27. Bohannon RW. Grip strength: a summary of studies comparing dominant and nondominant limb measurements. *Percept Mot Skills*. 2003;96(3 Pt 1):728–30.
28. Clerke A, Clerke J. A literature review of the effect of handedness on isometric grip strength differences of the left and right hands. *Am J Occup Ther*. 2001;55(2):206–11.
29. Caldwell LS, Chaffin DB, Dukes-Dobos FN, Kroemer KH, Laubach LL, Snook SH, et al. A proposed standard procedure for static muscle strength testing. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1974;35(4):201–6.
30. Larsson L, Grimby G, Karlsson J. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol*. 1979;46(3):451–6.
31. Kallman DA, Plato CC, Tobin JD. The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Gerontol*. 1990;45(3):M82–8.
32. Werle S, Goldhahn J, Drerup S, Simmen BR, Sprott H, Herren DB. Age- and gender-specific normative data of grip and pinch strength in a healthy adult Swiss population. *J Hand Surg Eur Vol*. 2009;34(1):76–84.
33. Ribom EL, Mellstrom D, Ljunggren O, Karlsson MK. Population-based reference values of handgrip strength and functional tests of muscle strength and balance in men aged 70–80 years. *Arch Gerontol Geriatr*. 2011;53(2):e114–7.
34. Jeune B, Skytthe A, Cournil A, Greco V, Gampe J, Berardelli M, et al. Handgrip strength among nonagenarians and centenarians in three European regions. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(7):707–12.
35. Frontera WR, Zayas AR, Rodriguez N. Aging of human muscle: understanding sarcopenia at the single muscle cell level. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2012;23(1):201–7, xiii.
36. Sartorio A, Lafortuna CL, Pogliaghi S, Trecate L. The impact of gender, body dimension and body composition on hand-grip strength in healthy children. *J Endocrinol Invest*. 2002;25(5):431–5.
37. Taekema DG, Maier AB, Westendorp RG, de Craen AJ. Higher blood pressure is associated with higher handgrip strength in the oldest old. *Am J Hypertens*. 2011;24(1):83–9.
38. Doba N, Tokuda Y, Goldstein NE, Kushi T, Hinohara S. A pilot trial to predict frailty syndrome: the Japanese Health Research Volunteer Study. *Exp Gerontol*. 2012;47(8):638–43.
39. Chen WL, Shih YC, Chi CF. Hand and finger dexterity as a function of skin temperature, EMG, and ambient condition. *Hum Factors*. 2010;52(3):426–40.
40. Humphreys J, de la Maza P, Hirsch S, Barrera G, Gattas V, Bunout D. Muscle strength as a predictor of loss of functional status in hospitalized patients. *Nutrition*. 2002;18(7–8):616–20.
41. Rhind VM, Bird HA, Wright V. A comparison of clinical assessments of disease activity in rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis*. 1980;39(2):135–7.
42. Michaud M, Balardy L, Moulis G, Gaudin C, Peyrot C, Vellas B, et al. Proinflammatory cytokines, aging, and age-related diseases. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14(12):877–82.
43. Cheung CL, Tan KC, Bow CH, Soong CS, Loong CH, Kung AW. Low handgrip strength is a predictor of osteoporotic fractures: cross-sectional and prospective evidence from the Hong Kong Osteoporosis Study. *Age (Dordr)*. 2012;34(5):1239–48.
44. Taekema DG, Gussekloo J, Maier AB, Westendorp RG, de Craen AJ. Handgrip strength as a predictor of functional, psychological and social health. A prospective population-based study among the oldest old. *Age Ageing*. 2010;39(3):331–7.
45. Ling CH, Taekema D, de Craen AJ, Gussekloo J, Westendorp RG, Maier AB. Handgrip strength and mortality in the oldest old population: the Leiden 85-plus study. *CMAJ*. 2010;182(5):429–35.
46. Ishizaki T, Watanabe S, Suzuki T, Shibata H, Haga H. Predictors for functional decline among nondisabled older Japanese living in a community during a 3 years follow-up. *J Am Geriatr Soc*. 2000;48(11):1424–9.
47. Avlund K. Fatigue in older adults: an early indicator of the aging process? *Aging Clin Exp Res*. 2010;22(2):100–15.
48. Manty M, de Leon CF, Rantanen T, Era P, Pedersen AN, Ekman A, et al. Mobility-related fatigue, walking speed, and muscle strength in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2012;67(5):523–9.
49. Syddall H, Cooper C, Martin F, Briggs R, Aihie Sayer A. Is grip strength a useful single marker of frailty? *Age Ageing*. 2003;32(6):650–6.
50. Spradley BD, Crowley KR, Tai CY, Kendall KL, Fukuda DH, Esposito EN, et al. Ingesting a pre-workout supplement containing caffeine, B-vitamins, amino acids, creatine, and beta-alanine before exercise delays fatigue while improving reaction time and muscular endurance. *Nutr Metab (Lond)*. 2012;9:28.
51. Bautmans I, Gorus E, Njemini R, Mets T. Handgrip performance in relation to self-perceived fatigue, physical functioning and circulating IL-6 in elderly persons without inflammation. *BMC Geriatr*. 2007;7:5.
52. Taekema DG, Ling CH, Kurrle SE, Cameron ID, Meskers CG, Blauw GJ, et al. Temporal relationship between handgrip strength and cognitive performance in oldest old people. *Age Ageing*. 2012;41(4):506–12.
53. Bonnard M, Camus M, de Graaf J, Pailhous J. Direct evidence for a binding between cognitive and motor functions in humans: a TMS study. *J Cogn Neurosci*. 2003;15(8):1207–16.
54. Buckingham G, Goodale MA. Lifting without seeing: the role of vision in perceiving and

- acting upon the size weight illusion. *PLoS One*. 2010;5(3):e9709.
55. Buckingham G, Goodale MA. Size matters: a single representation underlies our perceptions of heaviness in the size-weight illusion. *PLoS One*. 2013;8(1):e54709.
56. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am*. 1984;9(2):222–6.
57. Desrosiers J, Bravo G, Hebert R, Mercier L. Impact of elbow position on grip strength of elderly men. *J Hand Ther*. 1995;8(1):27–30.
58. Espana-Romero V, Ortega FB, Vicente-Rodriguez G, Artero EG, Rey JP, Ruiz JR. Elbow position affects handgrip strength in adolescents: validity and reliability of Jamar, DynEx, and TKK dynamometers. *J Strength Cond Res*. 2010;24(1):272–7.
59. Boadella JM, Kuijter PP, Sluiter JK, Frings-Dresen MH. Effect of self-selected handgrip position on maximal handgrip strength. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(2):328–31.
60. Nantha YS. Intrinsic motivation: how can it play a pivotal role in changing clinician behaviour? *J Health Organ Manag*. 2013;27(2):266–72.
61. Jaspers J, Albersnagel F, Hoofdstuk 16: Somatoforme en psychosomatische klachten. *Klinische psychologie. Theorieën en psychopathologie* 1997:557–589.
62. Salomons TV, Moayed M, Weissman-Fogel I, Goldberg MB, Freeman BV, Tenenbaum HC, et al. Perceived helplessness is associated with individual differences in the central motor output system. *Eur J Neurosci*. 2012;35(9):1481–7.
63. Baldissera F, Cavallari P, Craighero L, Fadiga L. Modulation of spinal excitability during observation of hand actions in humans. *Eur J Neurosci*. 2001;13(1):190–4.
64. Jung MC, M. Hallbeck MS. Quantification of the effects of instruction type, verbal encouragement, and visual feedback on static and peak handgrip strength. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2004;34:367–374.
65. Chaffin DB. Ergonomics guide for the assessment of human static strength. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1975;36(7):505–11.
66. Frak V, Nazir T, Goyette M, Cohen H, Jeannerod M. Grip force is part of the semantic representation of manual action verbs. *PLoS One*. 2010;5(3):e9728.
67. Meister IG, Weier K, Staedtgen M, Buelte D, Thirugnanasambandam N, Sparing R. Covert word reading induces a late response in the hand motor system of the language dominant hemisphere. *Neuroscience*. 2009;161(1):67–72.
68. Candidi M, Leone-Fernandez B, Barber HA, Carreiras M, Aglioti SM. Hands on the future: facilitation of cortico-spinal hand-representation when reading the future tense of hand-related action verbs. *Eur J Neurosci*. 2010;32(4):677–83.
69. Brody EB, Hatfield BD, Spalding TW, Frazer MB, Caherty FJ. The effect of a psyching strategy on neuromuscular activation and force production in strength-trained men. *Res Q Exerc Sport*. 2000;71(2):162–70.
70. Tod D, Iredale F, Gill N. ‘Psyching-up’ and muscular force production. *Sports Med*. 2003;33(1):47–58.
71. Gregg M, Hall C. Measurement of motivational imagery abilities in sport. *J Sports Sci*. 2006;24(9):961–71.
72. Hou W, Zheng J, Jiang Y, Shen S, Sterr A, Szameitat AJ, et al. A behavior study of the effects of visual feedback on motor output. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2006;1:1273–6.
73. Johnson MO. The shifting landscape of health care: toward a model of health care empowerment. *Am J Public Health*. 2011 Feb;101(2):265–70.