

Uitgebreide toelichting van het meetinstrument

Handknijpkrachtmeter / Hand-held dynamometer (HHD)

Augustus 2012

Review: 1. I. Dackweiler (2007)

2. M. Bokhorst (2012)

Invoer: Eveline van Engelen

1 Algemene gegevens

	Het meetinstrument heeft betrekking op de volgende categorieën
Lichaamsregio	Bovenste extremiteit, onderste extremiteit
Aandoening (ICD)	Bewegingsapparaat (Spier- en peesaandoeningen; Bot-, gewrichts- en kraakbeenaandoeningen)
Domein 'Menselijk functioneren' (ICF)	Bewegingssysteem

- *Korte beschrijving* → Met behulp van een handknijpkrachtmeter / hand-held dynamometer kan de isometrische spierkracht van diverse spiergroepen bepaald worden. Vrijwel alle spiergroepen kunnen worden gemeten. De gebruiker kan de kracht (weergegeven in Newton, Kilopascal of Bar) van het apparaat aflezen. Er zijn apparaten waarmee de handknijpkracht wordt gemeten en apparaten die diverse spiergroepen meten. Het meten van de maximale handknijpkracht geeft een goede inschatting van de spierfunctie en is gerelateerd aan de totale hoeveelheid spiermassa in het lichaam. Middels spierkrachtmeting kan bepaald worden of de waarden bij een patiënt binnen de 'normaal' vallen of hoe spiergroepen zich onderling verhouden. Afname van de spierkracht kan een teken zijn van spierafbraak.³⁴
- *Doelgroep* → diverse patiëntgroepen/pathologieën bij volwassenen en kinderen vanaf 5 jaar
- *Ontwikkelaar* → diverse aanbieders

2 Doel van het meetinstrument

Combinatie van:

- Inventariserend
- Evaluatief / effectief

3 *Soort / vorm van het meetinstrument*

- Instrumenteel
- *Opbouw* → De opbouw van de apparatuur is per merk verschillend. Er zijn verschillende vormen hand-held dynamometers beschikbaar:⁵
 - a) handknijpkrachtmeter; de patiënt houdt zelf de meter vast
bijv. Jamar
 - b) hand-held dynamometers die de onderzoeker voor de meeste spiergroepen in zijn hand blijft houden
Sommige apparaten hebben hulpstukken waarmee ook knijp- en grijpfuncties gemeten kunnen worden, in dat geval houdt de patiënt zelf de meter vast.
Deze groep dynamometers wordt veel gebruikt. Ze zijn er met een analoog of digitaal scherm, of elektronisch waarbij de meetwaarden direct in een computer gezet kunnen worden.
bijv. Citec, MicroFET2, Lafayette, Baseline, Chatillon, Nicholas
- *Meetprocedure* → De meetprocedure is afhankelijk van de gebruikte apparatuur (zie hierboven bij *opbouw*) en de te meten spiergroep.
 - a) Handknijpkrachtmeter
De cliënt staat rechtop of zit voor de meting op een stoel aan tafel, de arm rust op de tafel met de elleboog in een rechte hoek. De cliënt dient zo hard mogelijk te knijpen en dit ongeveer twee tellen vast te houden; elke hand wordt afzonderlijk gemeten in drievoud waarbij de hoogste waarde wordt genoteerd. Laat de cliënt steeds 15 tot 20 seconden rust nemen tussendoor.
De hoogste waarde wordt vergeleken met referentiewaarden per leeftijdscategorie en per geslacht: d.i. de minimaal acceptabele knijpkrachtwaarden op 85% van de normaal- waarde.³⁴
 - b) Handheld dynamometer
De dynamometer wordt op de te meten spier(groep) geplaatst en de therapeut levert de weerstand.
Er zijn twee meetmethoden:⁵
 - Break-techniek
De onderzoeker duwt met de meter tegen de spier(groep) van de cliënt die deze in een vooraf bepaalde stand gefixeerd tracht te houden; de cliënt wordt gevraagd om met de betreffende spiergroep zo hard mogelijk tegen te houden.
 - Make-techniek
De cliënt wordt gevraagd zo krachtig mogelijk de betreffende spier(groep) aan te spannen terwijl de onderzoeker weerstand biedt zonder de meter te bewegen.
Aangeraden wordt om 2 à 3 metingen te doen en vervolgens het gemiddelde van de metingen te nemen.
De meetpositie van de cliënt is afhankelijk van de te meten spiergroep.
- *Meetniveau* → ratio; kracht in Newton (N), Kilopascal (Kpa) of bar
Oordeel meetniveau → a) Handknijpkrachtmeter; ordinaal: voldoende/onvoldoende

4 *Verkrijgbaarheid*

- Te koop bij diverse (web)winkels
- *Geschatte kosten* → a) handknijpkrachtmeter: € 250 tot € 600, afhankelijk van vorm (analoog of digitaal)
b) handheld dynamometer: € 500 tot € 1000, afhankelijk van vorm (analoog, digitaal, elektronisch)
- *Copyright* → ja

5 *Methodologische kwaliteit*

De literatuurzoektocht werd in 2007 en in 2012 uitgevoerd. In 2012 leverde de zoektocht erg veel zoekresultaten op wat betreft de methodologische kwaliteit van de hand-held dynamometer. Hierdoor is ervoor gekozen om 3 actuele studies per lichaamsonderdeel te verwerken binnen dit formulier. Studies ouder dan 2005 werden geëxcludeerd. Informatie die in 2007 in het toelichtingsformulier verwerkt werd, wordt beknopt weergegeven.

- **Reproduceerbaarheid**

- ✓ *Betrouwbaarheid (reliability)* →

Informatie uit het formulier van 2007:

- ICC waarden gevonden in verschillende onderzoeken: ^{2,3,4,6,7,8}
Ford-Smith et al.; 25 community-dwelling elders aged 70 to 87: 0.90
Kwoh et al.; 44 patients after total hip or knee arthroplasty: 0.94
Merlini et al.; 33 patients with spinal muscular atrophy: 0.93
Wang et al.; 41 community-dwelling elderly fallers 61-90 years: 0.99
Bohannon; 20 young healthy women: 0.95
Wessel et al.; 29 children with juvenile arthritis: 0.96-0.97 (intrarater reliability)
- ICC waarden voor dynamometrie in 11 spiergroepen:¹⁵
Elleboog flexoren en extensoren, schouder abductoren en extensoren, pols extensoren, heup flexoren, extensoren en abductoren, knie flexoren en extensoren, dorsaalflexoren voet:
Observed outcomes mean 2 efforts (van alle waarden) → 0.87-0.95
Observed outcomes max 2 efforts (van alle waarden) → 0.83-0.95
Corrected outcomes mean 2 efforts (van alle waarden) → 0.76-0.91
Gebruikte HHD is MicroFET2
- Wang et al rapporteert vergelijkbare hoge ICC waarden:⁸
n=16, p=14 vrouwen/2 mannen, patiënten met heupfractuur, gem. leeftijd 79 (SD=7), gemeten werd de kracht van de knie extensor
ICC waarden (HHD): (gezond been) 0.91, (geblesseerd been) 0.91
Gebruikte HHD is Nicholas
- Schaubert et al rapporteert:¹²
n=10, p=ouderen, 8 vrouwen/2 mannen, gem. leeftijd 75.5 (SD=5.8)
ICC-waarden (met inachtneming van het lichaamsgewicht):
(dominante knie extensie) 0.92, (niet-dominante knie extensie) 0.92,
(left grip) 0.98, (right grip) 0.94, (side-to-stand-test) 0.8
Gebruikte HHD is MicroFET2 en Jamar handknijpkrachtmeter

Informatie literatuurzoektocht 2012:

Schouder:^{13,23,35}

- Celik (2012) rapporteert bij n=57, p=gezonde populatie en populatie met een impingement en verschillende BMI (Body Mass Index):
ICC gezonde populatie: 0.77-0.99
ICC zieke populatie: 0.75-0.99
Dit geldt voor de spierkracht van alle spiergroepen van de schouder en het schouderblad (m. detoideus anterior, m. serratus anterior, m. supraspinatus en m. latissimus dorsi), behalve de m. trapezius (ICC=0.35-0.65) ($P < .05$).
De betrouwbaarheid voor het testen van spierkracht van de m. trapezius wordt minder naarmate de BMI hoger is.
- Turner (2009) rapporteert de ICC voor de trapezius, rhomboïdeus en serratus anterior bij n=172, p=populatie met overhead activity:
intra=0.404-0.894
inter=0.394-0.853
Gebruikte HHD is Baseline hydraulic push-pull
- Michener (2005) rapporteert de ICC bij n=40, p=populatie met schouderpijn en functieverlies, gemeten met HHD bij de trapezius en serratus:
inter=0.93 (serratus) en 0.93-0.95 (trapezius)
intra=0.94, 95% CI (serratus) en 0.89-0.96, 95% CI (trapezius)
Gebruikte HHD is Nicholas

Rug:²⁶

- Larson (2010) rapporteert ICC bij n=29, p=populatie met een wervelkolom trauma:
intra=0.80-0.98, 0.79-0.99 voor alle bewegingsrichtingen en alle onderzoekers (unsupported)
inter: 0.97-0.99, 0.96-0.98 voor alle richtingen (unsupported)
Gebruikte HHD is MicroFET2

Enkel:^{20,27,28}

- Hébert (2010) rapporteert bij n=46, p=populatie met diabetes mellitus type 1, een interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van:
 $r=0.70-0.93$ (dorsaalflexie)
 $r=0.72-0.94$ (eversie)
Bovendien wordt een excellente reproduceerbaarheid gerapporteerd tussen dag 1 en dag 2: eversie= 0.89-0.94, dorsaalflexie=0.90-0.96.
Gebruikte HHD is Chatillon FCE-500
- Spink (2010) rapporteert ICC bij n=36 jonge en oudere mensen:
intra: 0.78-0.94 en 0.67-0.96 (95% CI) voor de dorsaalflexoren, plantairflexoren, eversie, inversie, teen flexoren flexie en hallux flexoren
inter: 0.77-0.88 en 0.66-0.93 (95% CI)
Gebruikte HHD is Citec
- Rose (2008) rapporteert ICC en SEM van alle spiergroepen (inversie, eversie, dorsaal- en plantairflexoren) bij n=60 gezonde kinderen (2-4 jaar):
intra: ICC(2,2) = 0.85-0.94 en 0.75-0.96 (95% CI), SEM = 1.5-4.7 N
inter: ICC(2,1) = 0.88-0.96 en 0.81-0.98 (95% CI), SEM = 1.2-4.6 N
Gebruikte HHD is Citec

Elleboog:^{14,36}

- Baldwin (2012) rapporteert bij n=17, p=ernstig zieke populatie, voor alle spierkrachtmetingen (behalve de flexoren links):
ICC=0.782-0.946 (95% CI)
test-retest overeenkomst: 0.819-0.918
Gebruikte HHD is Jamar handknijpkrachtmeter en Lafayette 01163
- Burns (2005) rapporteert bij n=19, p=populatie met een tetraplegie de intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van getrainde en ongetrainde onderzoekers in het gebruik van de HHD met de volgende uitkomst: 0.9 (inter en intra) betrouwbaarheid.

Knie:^{18,31, 32, 37}

- Whiteley (2012) rapporteert bij n=216, p=voetbalspelers, een excellente inter- en intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid: 0.90, 0.91 en 0.96 voor de excentrische contractie van de hamstrings, isometrische contractie van de hamstrings en isometrische contractie van de quadriceps.
Gebruikte HHD is Baseline electronic push-pull 12-0343
- Koblbauer (2011) rapporteert de ICC bij n=32, p=populatie die een knie-artroplastiek heeft ondergaan:
inter=0.90-0.96 voor alle metingen, SEM=7.8%-13.1% , SDD=21.7%-36.2%
intra=0.76-0.97, SEM=6.8% -20.7%, SDD=19.0% -57.5%
De waardes waren steeds hoger voor de extensie dan voor de flexie. Geen verschil werd gevonden tussen het aangedane en het niet- aangedane knie.
Gebruikte HHD is Citec
- Lu (2011) rapporteert dat de HHD een betrouwbaar meetinstrument is behalve voor het meten van de kracht van de knie-extensoren.
Gebruikte HHD is MicroFET2
- Lu (2007) rapporteert over de maximale krachtsweerstand voor knie flexoren en extensoren gemeten met een hand-held dynamometer (HHD, type GT-10 OG Giken) en een resistance-enhanced dynamometer (RED) bij n=25 mannen, gem. leeftijd 22,5:
HHD: ICC (intra) 0.79-0.93 en ICC (inter) 0.11-0.28
RED: ICC (intra) 0.91-0.94 en ICC (inter) 0.98;
ICC (intra- session) 0.93-0.99 en ICC (inter-session) 0.91-0.92

Heup:^{24,32}

- Lu (2011) rapporteert bij n=16 jonge volwassenen, bij het meten van de spierkracht van de bilaterale heup- en kniespieren, een excellente ICC van alle spiergroepen: 0.83-0.92 (behalve voor de knie extensoren: ICC = 0.60).
De SRD % van alle spiergroepen was acceptabel: range van 8.4-22.8 %, bij de heup extensoren het kleinst en bij de knie extensoren het grootst.
Gebruikte HHD is MicroFET2
- Lue (2009) rapporteert bij n=63, p=gezonde populatie, dat het meten van de spierkracht van de heup extensoren met een HHD betrouwbaarder is in stand dan in buiklig; voor de relatieve betrouwbaarheid waren de waardes excellent: ICC=0.92 (buiklig), ICC=0.94 (stand)
Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid was alleen goed in stand: ICC=0.92 (0.65 in buiklig).
Gebruikte HHD is MicroFET2

Meerdere onderste extremiteiten:^{19,21,22}

- Macfarlane (2008) rapporteert bij n=154, p=populatie gezonde kinderen, de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid van de HHD bij het testen van 6 spiergroepen (knie extensoren en flexoren, heup adductoren, abductoren, flexoren en extensoren): 0.82-0.91.

Gebruikte HHD is MicroFET2

- Kelln (2008) rapporteert bij n=9, p=populatie jonge mensen, gem. leeftijd 26: Intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid: 0.77-0.97, SEM=0.01-0.44 kg
Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid: 0.65-0.87, SEM=0.11-1.05 kg
Gemeten werden 11 spiergroepen: heup: flexie, extensie, adductie, abductie, exorotatie, endorotatie; knie: flexie, extensie; enkel: dorsaalflexie, inversie, eversie.

Gebruikte HHD is MicroFET2

- Verschuren (2008) rapporteert de ICC bij n=25, p=populatie kinderen met cerebrale parese:

ICC inter: 0.49-0.82 voor de make-techniek

SEM en CV (%): 27.9-58.9 en 22.2-35.3% voor de break-techniek

SEM en CV (%): 30.6-52.7 en 16.2-56.2%.voor de make-techniek

Gebruikte HHD is Citec

Meerdere bovenste en onderste extremiteiten:^{33,38}

- Abizanda (2012) rapporteert de ICC bij n=281, p=populatie oudere mensen: 0.97-0.98 (95% CI).

Getest werden 6 spiergroepen: elleboog flexoren, romp extensoren, knie extensoren, heup flexoren, duim extensoren en de dominante hand.

Gebruikte HHD is Jamar handknijpkrachtmeter

- Vanpee (2011) rapporteert bij n=39, p=populatie zwaar zieke mensen de ICC voor 4 spiergroepen: >0.90

minder voor de heupflexie: ICC=0.80, en enkel dorsaalflexie: ICC=0.76.

Elleboog flexoren, knie extensoren waren het zwakst en vergelijkbaar in sterkte bij mannen en vrouwen.

✓ *Overeenkomst (agreement)* →

Martin (2006) rapporteert bij n=20, p=oudere populatie, dat de HDD een overeenkomst met de Biodex (gouden standaard) heeft bij het meten van de spierkracht van de quadriceps: kappa= 0.69, p<0.0001¹⁷

Gebruikte HHD is Lafayette 01163

• **Validiteit**

✓ *Content validity* →

- Uit een onderzoek van Van den Beld (2011) bij n=22, p=kinderen met myopathie, is gebleken dat de hand-held dynamometer een lage validiteit heeft en grote variatie laat zien in het meten van 11 spiergroepen.²⁹

Gebruikte HHD is MicroFET2

- Febrer (2010) rapporteert dat de HHD een valide instrument is bij n=24, p=populatie met spinal muscular atrophy.²⁵

Gebruikte HHD is Citec

- ✓ *Criterion validity* →
 - Stark (2011) rapporteert dat er minimale verschillen tussen de hand-held dynamometer en de gouden standaard (isokinetische dynamometrie) bestaan. Hierdoor is de HHD een valide en responsief instrument (klinische settings).³⁰
 - Martin (2006) rapporteert bij n=20, p=oudere populatie, het volgende: meten van de spierkracht van de quadricpes, HHD vs. Biodex: $r=0.91$, $p<0.0001$.¹⁷
Gebruikte HHD is Lafayette 01163

- ✓ *Correlation validity* →
 - Turner (2009) rapporteert bij n=172, p=patiënten met een overhead activity (trapezius, rhomboideus, serratus anterior): $r=0.70-0.454$, $P<.05$ en $P<.001$.²³
Gebruikte HHD is Baseline hydraulic push-pull
 - Whiteley (2012) rapporteert bij n=216, p=voetbalspelers, een hoge correlatie tussen de HHD en isokinetische metingen (Biodex): $r=0.322-0.617$, $p<0.001$.³⁷
Gebruikte HHD is Baseline electronic push-pull 12-0343
 - Macfarlane (2008) rapporteert bij n=154, p=populatie gezonde kinderen, dat de koppelingen van spieren groter was bij grotere en zwaardere kinderen voor alle spiergroepen, behalve de knie extensoren: $p=0.64$; $p=0.001-0.03$ (lengte), $p=0.001-0.03$ (gewicht); er werd geen verschil in geslacht gevonden. Geen verschil in koppeling van spieren bij kinderen die wel of niet aan sport doen: $p=0.06-0.9$.¹⁹
Gebruikte HHD is MicroFET2
 - Desrosiers (1995) vergelijkt in een studie de Jamar handknijpkracht dynamometer met de Martin Vigorimeter. Hieruit blijkt dat die twee een goede correlatie hebben:
 r (pearson)=0.89 (voor de rechter hand) en 0.90 (voor de linker hand).¹

- ✓ *Construct validity* →

Hand-held dynamometrie werd vergeleken met “maximal voluntary isometric contraction (MVIC)” met als resultaat dat de hand-held dynamometrie minder sensitief is dan MVIC in sterke spiergroepen (> 250N), wegens de gelimiteerde kracht van de onderzoeker.¹⁰
Gebruikte HHD is Citec
(Informatie uit het formulier van 2007)

- ✓ *Discriminant validity* →

Hébert (2010) rapporteert dat de HHD onderscheid kan maken tussen een gezonde populatie en een populatie met diabetes mellitus type 1.²⁷
Gebruikte HHD is Chatillon FCE-500

- ✓ *Concurrent validity* →

Uit het onderzoek van Abizanda (2012) is gebleken dat de concurrent validiteit met functionele testen goed was.³⁸
Gebruikte HHD is Jamar handknijpkrachtmeter

- **Responsiviteit / longitudinale validiteit**

Informatie uit het formulier van 2007

Sensitiviteit en specificiteit van hand-held dynamometrie: n=61, p=40 jongens/21 meisjes van een basisschool, gem. leeftijd 7.10 (SD=2.3);

Se: Sensitivity at chosen cut-off point (mean of 2 efforts); Sp: Specificity at same cut-off point; D (dominante), N (niet-dominante):¹⁵

- Elleboog flexoren: se 0.87 (N/D), sp 0.74 (D/N)
 - Elleboog extensoren: se 0.80 (N/D), sp 0.78 (D), 0.70 (N)
 - Schouder extensoren: se 0.80 (N/D), sp 0.59 (D), 0.72 (N)
 - Schouder abductie: se 0.73 (D) 0.80 (N), sp 0.56 (D), 0.62 (N)
 - Pols extensoren: se 0.87 (N/D), sp 0.54 (D), 0.80 (N)
 - Heupflexoren: se 0.73 (N/D), sp 0.65 (N/D)
 - Heup extensoren: se 0.87 (D) 0.73 (N), sp 0.65 (D) 0.80 (N)
 - Heupabductie: se 0.80 (D), spec 0.76 (D)
 - Knieflexoren: se 0.87 (D) 0.80 (N), sp 0.67 (D) 0.72 (N)
 - Knieextensoren: se 0.87 (D), 0.73 (N), sp 0.65 (D) 0.78 (N)
 - Voetdorsaalflexoren: se 0.87 (D) 0.80 (N), sp 0.74 (D) 0.78 (N)
- Gebruikte HHD is MicroFET2

6 *Hanteerbaarheid / feasibility*

- *Benodigheden* → hand-held dynamometer, blad papier en pen afhankelijk van het te gebruiken apparaat: stoel zonder armleuning, behandelbank, computer
- *Afnameduur* → afhankelijk van de te testen spiergroepen en het gebruikte apparaat³⁴
- *Randvoorwaarden* → - de onderzoeker/therapeut moet sterker zijn dan de spiergroep van de patiënt
- de positie van het apparaat, de onderzoeker en cliënt, alsmede de meettechniek en de instructie aan de cliënt, dienen goed omschreven te zijn en gestandaardiseerd te worden toegepast om meerdere metingen te kunnen vergelijken
- *Gebruikershandleiding* → nee

7 *Normgegevens*

De uitslag (de hoogste waarde) kan vergeleken worden met de referentiewaarden van Dodds et al. voor mannen en vrouwen. Deze referentiewaarden zijn verzameld bij een zeer grote groep in Engeland. Een waarde onder het 10e percentiel wordt beschouwd als een lage handknijpkracht, omdat deze waardes vergelijkbaar zijn met de P5 van Nederlandse referentiewaarden verzameld door het MUMC.^{34,39}

Tabel 1: Referentiewaarden voor mannen van Dodds et al.³⁹

Leeftijd (jaren)	Aantal proefpersonen	Percentiel					Gemiddelde	SD
		10e	25e	50e	75e	90e		
Mannen								
5	730	6	7	8	9	10	7,7	2,9
10	3222	12	15	17	20	22	17,2	4,1
15	288	21	25	29	33	38	29,6	5,6
20	354	30	35	40	46	52	41,5	7,3
25	574	36	41	48	55	61	48,8	8,7
30	984	38	44	51	58	64	51,6	9,6
35	1380	39	45	51	58	64	51,6	10,1
40	880	38	44	50	57	63	50,3	10,3
45	798	36	42	49	56	61	48,8	10,3
50	820	35	40	47	53	59	46,2	9,8
55	3743	34	40	47	53	59	46,2	9,8
60	2683	33	39	45	51	56	44,6	9,2
65	3947	31	37	43	48	53	42,3	8,6
70	3286	29	34	39	44	49	39,1	8,1
75	1883	26	31	35	41	45	35,6	7,6
80	1115	23	27	32	37	42	32,2	7,3
85	1134	19	24	29	33	38	26,5	7,0
90	431	16	20	25	29	33	24,7	6,8
95+	5							
(Totaal)	(28257)							

Tabel 2: Referentiewaarden voor vrouwen van Dodds et al.³⁹

Leeftijd (jaren)	Aantal proefpersonen	Percentiel					Gemiddelde	SD
		10e	25e	50e	75e	90e		
Vrouwen								
5	700	6	7	8	9	10	8,0	3,1
10	3339	12	14	16	19	21	16,7	3,8
15	345	17	20	24	27	30	23,9	4,5
20	463	21	24	28	32	36	28,4	5,1
25	870	23	26	30	35	38	30,6	5,6
30	1423	24	27	31	35	39	31,4	6,0
35	1785	23	27	31	35	39	31,3	6,2
40	968	23	27	31	35	39	30,7	6,3
45	952	22	26	30	34	38	29,9	6,4
50	1019	21	25	29	33	37	28,7	6,4
55	4250	19	23	28	32	35	27,5	6,4
60	2943	18	22	27	31	34	26,5	6,2
65	4171	17	21	25	29	33	25,3	6,0
70	3473	16	20	24	27	31	23,5	5,7
75	2135	14	18	21	25	28	21,4	5,4
80	1361	13	16	19	23	26	19,1	5,1
85	1632	11	14	17	20	23	16,6	4,7
90	702	9	11	14	17	20	14,2	4,4
95+	15							
(Totaal)	(32546)							

8 *Overige gegevens*

Gegevens uit het formulier van 2007

- Handknijpkrachttest:
Uit het onderzoek van Coldham et al (2006) bleek, dat één grijpkrachttest vergelijkbaar betrouwbaar is als drie achtereenvolgende tests, waarvan de hoogste score genoteerd werd (ICC één test: 0.95, ICC 3 tests: 0.95). Patiënten werden gevraagd om op een verbale analoge schaal (VAS) pijn-levels aan te geven. Deze waren voor alle groepen (carpaal tunnel decompressie, flexor tendon, en asymptomatisch) groter voor drie testen dan voor één test. In de praktijk werd tot nu toe drie achtereenvolgende tests als standaard gehandhaafd, zoals aanbevolen door de American Society of Hand Therapists (ASHT).¹⁶

Gegevens zoektocht 2012

- De spierkracht gemeten met de HHD aan de enkel liet een afname van spierkracht bij ouderen in vergelijking met jongeren zien met een reductie van 27-40%.²⁸
Gebruikte HHD is Citec

9 *Literatuurlijst*

1. Desrosiers J. Comparison of the Jamar dynamometer and the Martin vigorimeter for grip strength measurements in a healthy elderly population, Scandinavian journal of rehabilitation medicine. 1995 Sep;27(3):137-143.
2. Bohannon RW. Hand-held dynamometry: factors influencing reliability and validity. Clinical rehabilitation. 1997 Aug;11(3):263-264.
3. Kwok CK, Petrick MA, Munin MC. Inter-rater reliability for function and strength measurements in the acute care hospital after elective hip and knee arthroplasty. Arthritis care and research. 1997 Apr;10(2):128-134.
4. Wessel J, Kaup C, Fan J, et al. Isometric strength measurements in children with arthritis: reliability and relation to function. Arthritis care and research. 1999 Aug;12(4):238-246.
5. van der Ploeg RJO, Oosterhuis HJGH. Fysische diagnostiek: het meten van spierkracht. Nederlands tijdschrift voor geneeskunde. 2001;145:19-23.
6. Ford-Smith CD, Wyman JF, Elswick RK, Fernandez T. Reliability of stationary dynamometer muscle strength testing in community-dwelling older adults. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2001 Aug;82(8):1128-1132.
7. Merlini L, Mazzone ES, Solari A, Morandi L. Reliability of hand-held dynamometry in spinal muscular atrophy. Muscle & nerve. 2002 Jul;26(1):64-70.
8. Wang CY, Olson SL, Protas EJ. Test-retest strength reliability: hand-held dynamometry in community-dwelling elderly fallers. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2002 Jun;83(6):811-815.
9. Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Test-retest reliability of isokinetic muscle strength of the lower extremities in patients with stroke. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2002 Aug;83(8):1130-1137.
10. Visser J, Mans E, de Visser M, van den Berg-Vos RM, Franssen H, de Jong JM, van den Berg LH, Wokke JH, de Haan RJ. Comparison of maximal voluntary isometric contraction and hand-held dynamometry in measuring muscle strength of patients with progressive lower motor neuron syndrome. Neuromuscular disorders. 2003 Nov;13(9):744-750.
11. Roy MA, Doherty TJ. Reliability of hand-held dynamometry in assessment of knee extensor strength after hip fracture. American journal of physical medicine &

- rehabilitation. 2004 Nov;83(11):813-818.
12. Schaubert KL, Bohannon RW. Reliability and validity of three strength measures obtained from community-dwelling elderly persons. *Journal of strength and conditioning research*. 2005 Aug;19(3):717-720.
 13. Michener LA, Boardman ND, Pidcoe PE, Frith AM. Scapular muscle tests in subjects with shoulder pain and functional loss: reliability and construct validity. *Physical therapy*. 2005 Nov;85(11):1128-1138.
 14. Burns SP, Breuninger A, Kaplan C, Marin H. Hand-held dynamometry in persons with tetraplegia: comparison of make- versus break-testing techniques. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2005 Jan;84(1):22-29.
 15. van den Beld WA, van der Sanden GA, Sengers RC, Verbeek AL, Gabreëls FJ. Validity and reproducibility of hand-held dynamometry in children aged 4-11 years. *Journal of rehabilitation medicine*. 2006 Jan;38(1):57-64.
 16. Coldham F, Lewis J, Lee H. The reliability of one vs. three grip trials in symptomatic and asymptomatic subjects. *Journal of hand therapy*. 2006 Jul-Sep;19(3):318-327.
 17. Martin HJ, Yule V, Syddall HE, Dennison EM, Cooper C, Aihie Sayer A. Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people?: a comparison with the gold standard Bodex dynamometry. *Gerontology*. 2006;52(3):154-159.
 18. Lu TW, Hsu HC, Chang LY, Chen HL. Enhancing the examiner's resisting force improves the reliability of manual muscle strength measurements: comparison of a new device with hand-held dynamometry. *Journal of rehabilitation medicine*. 2007 Nov;39(9):679-684.
 19. Macfarlane TS, Larson CA, Stiller C. Lower extremity muscle strength in 6- to 8-year-old children using hand-held dynamometry. *Pediatric physical therapy*. 2008 Summer;20(2):128-136.
 20. Rose KJ, Burns J, Ryan MM, Ouvrier RA, North KN. Reliability of quantifying foot and ankle muscle strength in very young children. *Muscle & nerve*. 2008 May;37(5):626-631.
 21. Kelln BM, McKeon PO, Gontkof LM, Hertel J. Hand-held dynamometry: reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active, young adults. *Journal of sport rehabilitation*. 2008 May;17(2):160-170.
 22. Verschuren O, Ketelaar M, Takken T, Van Brussel M, Helders PJ, Gorter JW. Reliability of hand-held dynamometry and functional strength tests for the lower extremity in children with Cerebral Palsy. *Disability and rehabilitation*. 2008;30(18):1358-1366.
 23. Turner N, Ferguson K, Mobley BW, Riemann B, Davies G. Establishing normative data on scapulothoracic musculature using handheld dynamometry. *Journal of sport rehabilitation*. 2009 Nov;18(4):502-520.
 24. Lue YJ, Hsieh CL, Liu MF, Hsiao SF, Chen SM, Lin JH, Lu YM. Influence of testing position on the reliability of hip extensor strength measured by a handheld dynamometer. *Kaohsiung journal of medical sciences*. 2009 Mar;25(3):126-132.
 25. Febrer A, Rodriguez N, Alias L, Tizzano E. Measurement of muscle strength with a handheld dynamometer in patients with chronic spinal muscular atrophy. *Journal of rehabilitation medicine*. 2010 Mar;42(3):228-231.
 26. Larson CA, Tezak WD, Malley MS, Thornton W. Assessment of postural muscle strength in sitting: reliability of measures obtained with hand-held dynamometry in individuals with spinal cord injury. *Journal of neurologic physical therapy*. 2010 Mar;34(1):24-31.
 27. Hébert LJ, Remec JF, Saulnier J, Vial C, Puymirat J. The use of muscle strength assessed with handheld dynamometers as a non-invasive biological marker in myotonic dystrophy type 1 patients: a multicenter study. *BMC musculoskeletal disorders*. 2010 Apr 18;11:72.
 28. Spink MJ, Fotoohabadi MR, Menz HB. Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: reliability and age-related differences. *Gerontology*. 2010;56(6):525-532.
 29. Van den Beld WA, Van der Sanden GA, Janssen AJ, Sengers RC, Verbeek AL, Gabreëls FJ. Comparison of 3 instruments to measure muscle strength in children: a prospective

- study. *European journal of paediatric neurology*. 2011 Nov;15(6):512-518.
30. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM & R*. 2011 May;3(5):472-479.
 31. Koblbauer IF, Lambrecht Y, van der Hulst ML, Neeter C, Engelbert RH, Poolman RW, Scholtes VA. Reliability of maximal isometric knee strength testing with modified hand-held dynamometry in patients awaiting total knee arthroplasty: useful in research and individual patient settings?: a reliability study. *BMC musculoskeletal disorders*. 2011 Oct 31;12:249.
 32. Lu YM, Lin JH, Hsiao SF, Liu MF, Chen SM, Lue YJ. The relative and absolute reliability of leg muscle strength testing by a handheld dynamometer. *Journal of strength and conditioning research*. 2011 Apr;25(4):1065-1071.
 33. Vanpee G, Segers J, Van Mechelen H, Wouters P, Van den Berghe G, Hermans G, Gosselink R. The interobserver agreement of handheld dynamometry for muscle strength assessment in critically ill patients. *Critical care medicine*. 2011 Aug;39(8):1929-1934.
 34. Langius J, Visser W, Kruizenga H, Reijven N. Meetprotocol handknijpkracht m.b.v. Hand Dynamometer: standard operating procedures. 2016. Available from: <https://zakboekdietetiek.nl/wp-content/uploads/2016/04/Standard-Operating-Procedure-Handknijpkdracht-NAP.pdf>
 35. Celik D, Dirican A, Baltaci G. Intrarater reliability of assessing strength of the shoulder and scapular muscles. *Journal of sport rehabilitation*. 2012 Feb 29;Technical Notes 3:1-5.
 36. Baldwin CE, Paratz JD, Bersten AD. Muscle strength assessment in critically ill patients with handheld dynamometry: an investigation of reliability, minimal detectable change, and time to peak force generation. *Journal of critical care*. 2012 Apr 18 [epub ahead of print]
 37. Whiteley R, Jacobsen P, Prior S, Skazalski C, Otten R, Johnson A. Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *Journal of science and medicine in sport*. 2012 Sep;15(5):444-450.
 38. Abizanda P, Navarro JL, García-Tomás MI, López-Jiménez E, Martínez-Sánchez E, Paterna G. Validity and usefulness of hand-held dynamometry for measuring muscle strength in community-dwelling older persons. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2012 Jan;54(1):21-27.
 39. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Benzeval M, Deary IJ, Dennison EM, Der G, Gale CR, Inskip HM, Jagger C, Kirkwood TB, Lawlor DA, Robinson SM, Starr JM, Steptoe A, Tilling K, Kuh D, Cooper C, Sayer AA. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PLoS One*. 2014;9:e113637.