

2015•2016
FACULTEIT GENEESKUNDE EN LEVENSWETENSCHAPPEN
*master in de revalidatiewetenschappen en de
kinesitherapie*

Masterproef

De klinische relevantie van handknijpkracht binnen de cardiovasculaire revalidatie

Promotor :
Prof. dr. Dominique HANSEN

Wouter Foets , Gert Segers

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen
en de kinesitherapie*

2015•2016
FACULTEIT GENEESKUNDE EN
LEVENSWETENSCHAPPEN
*master in de revalidatiewetenschappen en de
kinesitherapie*

Masterproef

De klinische relevantie van handknijpkracht binnen de
cardiovasculaire revalidatie

Promotor :
Prof. dr. Dominique HANSEN

Wouter Foets , Gert Segers

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen
en de kinesitherapie*

KLINISCHE RELEVANTIE VAN HANDKNIJPKRACHT BINNEN DE CARDIOVASCULAIRE REVALIDATIE



Door **Wouter FOETS** en
Gert SEGERS

Masterproef aangeboden tot het
behalen van de graad van master
in de revalidatiewetenschappen
en de kinesithérapie

o.l.v.

Prof. Dr. D. Hansen, promotor

Woord Vooraf

Deze masterproef werd geschreven ter afsluiting van onze master in de Revalidatiewetenschappen en Kinesitherapie aan de Universiteit Hasselt. Graag zouden we een woord van dank neerschrijven aan al diegenen die het toekomt. Zonder de gewaardeerde hulp van bepaalde personen en instanties zou dit resultaat nooit tot stand gekomen zijn.

Allereerst gaat onze dank uit naar de Universiteit Hasselt en al zijn docenten die ons gedurende de opleiding hebben gevormd tot master in de kinesitherapie. Met hun kennis, ervaring en vaardigheden werden we opgeleid tot kinesitherapeut en wetenschapper.

In het bijzonder willen we onze promotor prof. dr. D. Hansen bedanken voor het aanreiken van het boeiend onderzoek, het beschikbaar stellen van de nodige data, alsook voor het begeleiden en coördineren van het hele verwerkingsproces. Zijn vele tips waren een bron van inspiratie voor het uitwerken van onze thesis.

Vervolgens zouden we graag onze oprecht dank betuigen aan het Jessa Ziekenhuis en het Revalidatie en Gezondheidscentrum (ReGo) – inclusief alle medewerkers – voor de aangename samenwerking en het beschikbaar stellen van hun data. Zonder hen was er namelijk geen sprake van enige data-acquisitie.

Verder zouden we graag Ruben Hoffmann willen bedanken voor het assisteren in de statistische analyse.

Tot slot gaat onze hartelijke dank uit naar onze persoonlijke levenssfeer – met name onze ouders, familie en vrienden – die ons de mogelijkheid hebben gegeven om verder te studeren en ons hierin hebben gesteund op iedere mogelijke manier.

Tessenderlo, 16 juni 2016

W.F.

Hasselt, 16 juni 2016

G.S.

Situering

Deze masterproef maakt als verplicht opleidingsonderdeel integraal deel uit van de leerlijn wetenschappelijk onderzoek en methodologie binnen de masteropleiding Revalidatiewetenschappen en Kinesithérapie, en werd onder leiding van prof. dr. Hansen Dominique geschreven door twee masterstudenten – Wouter Foets en Gert Segers – ter afronding van hun universitaire opleiding aan de Universiteit Hasselt. Het project situeert zich bijgevolg binnen de inwendige geneeskunde, met name binnen de revalidatie leerlijn ‘cardiorespiratoire revalidatie en inspanningsfysiologie’.

Onze huidige samenleving wordt de laatste decennia in toenemende mate geconfronteerd met ‘chronische niet-overdraagbare aandoeningen’, waaronder obesitas, diabetes mellitus (DM) en cardiovasculaire aandoeningen [1-3]. De stijgende prevalentie is mogelijks toe te schrijven aan een aantal factoren waaronder de opklimmende levensverwachting en de hierbij gepaard gaande vergrijzing van de bevolking [4], alsook een toename van de klassieke leefstijlgerelateerde risicofactoren, in het bijzonder een sedentaire levenswijze en ongezonde voedingsgewoontes [5]. De sterftcijfers inzake cardiovasculaire aandoeningen zijn wereldwijd drastisch toegenomen [1]. Om de strijd betreffende dergelijke ziektebeelden aan te gaan, werd recent de cardiovasculaire revalidatie geïntroduceerd. Het omvat een professioneel gesuperviseerd behandelingsprogramma dat erop gericht is de cardiovasculaire mortaliteit en morbiditeit te verminderen, alsook cardiovasculaire risicofactoren terug te dringen.

Het experiment werd hiervoor in samenwerking met het Revalidatie en Gezondheidscentrum (ReGo) van het Jessa Ziekenhuis ten uitvoer gebracht. Het hartcentrum richt zich voornamelijk op de revalidatie van cardiovasculaire, pulmonale en metabole ziektebeelden, waarbij het stimuleren van een gezonde levensstijl in functie van de algemene gezondheid en fysieke fitheid centraal staat.

Het doel van deze studie is de bruikbaarheid en de klinische relevantie van de handknijpkracht (HKK) na te gaan als screeningsinstrument bij patiënten met cardiovasculaire aandoeningen. Volgens recente onderzoek [6] is spierkracht een belangrijke prognostische factor bij cardiovasculaire patiënten. Daardoor wordt geadviseerd om spierkracht te meten bij aanvang van de cardiovasculaire revalidatie [7]. Aangezien de HKK een eenvoudig en makkelijk te gebruiken evaluatiemethode is [8], wordt deze steeds vaker toegepast binnen de klinische setting. Echter is nog niet duidelijk welke bijdrage de HKK als screening- en/of evaluatie-instrument kan bieden binnen de cardiovasculaire revalidatie.

Het betreft een nieuw en alleenstaand onderzoek naar de klinische relevantie van de HKK binnen de cardiovasculaire revalidatie, waarvan het onderzoeksdesign en de methode in samenspraak met de studenten werd opgesteld door prof. dr. Hansen Dominique. Verder werd op regelmatige basis overleg gepleegd over de geïncludeerde patiënten, de testmomenten en de belangrijkste parameters ter beoordeling van de cardiovasculaire risicofactoren. De rekrutering en data-acquisitie is volledig gebeurd in en door het ReGo, zonder enige medewerking van de studenten. Vervolgens is de dataverwerking volledige zelfstandig uitgevoerd door de studenten mits bepaalde richtlijnen van de promotor. De statistische gegevens werden echter bekomen in samenwerking met een statisticus. Tenslotte is het academisch schrijven een proces dat volledige autonoom werd uitgevoerd door de studenten, waarbij de promotor de studenten heeft geholpen met het bijsturen van de reeds neergeschreven teksten.

Dit wetenschappelijk artikel is geschreven door en voor mensen die interesse hebben in en/of in aanraking komen met de revalidatie van personen met een cardiovasculaire risicoprofiel, alsook voor revalidatieartsen, geneesheren en kinesitherapeuten binnen het domein van de inwendige geneeskunde.

Referenties

1. WHO. Cardiovascular diseases. Fact sheet no. 317. www.who.int/cardiovascular_diseases/en/. Gepubliceerd op 2015. Geraadpleegd op 10 februari 2016.
2. WHO. Obesity. Fact sheet no. 311. www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/. Gepubliceerd op 2014. Geraadpleegd op 10 februari 2016.
3. WHO. Diabetes mellitus. Fact sheet no. 312. www.who.int/diabetes/en/. Gepubliceerd op 2014. Geraadpleegd op 10 februari 2016.
4. Park, S. W., Goodpaster, B. H., Strotmeyer, E. S., Kuller, L. H., Broudeau, R., Kammerer, C. et al. (2007). Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes Care*, 30(6), 1507-1512.
5. Eckman, M., Gigliotti, C., Sutermaster, S., & Mehta K. (2014). Get a Grip! Handgrip Strength as a Health Screening Tool Conference Paper. *Conference Paper*.
6. Timpka, S., Petersson, I. F., Zhou, C., & Englund, M. (2014). Muscle strength in adolescent men and risk of cardiovascular disease events and mortality in middle age: a prospective cohort study. *BMC Med*, 12, 62.
7. Rantanen, T., Masaki, K., Foley, D., Izmirlian, G., White, L., & Guralnik, J. M. (1998). Grip strength changes over 27 yr in Japanese-American men. *Journal of Applied Physiology*, 85(6), 2047-2053.
8. Leong, P., Teo, K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum, A., Orlandini, A. et al. (2015). Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet*, 386, 266–73.

KLINISCHE RELEVANTIE VAN HANDKNIJPKRACHT BINNEN DE CARDIOVASCULAIRE REVALIDATIE

Door **Wouter FOETS** en
Gert SEGERS

Masterproef aangeboden tot het
behalen van de graad van master
in de revalidatiewetenschappen
en de kinesitherapie

o.l.v.

Prof. Dr. D. Hansen, promotor

Abstract

Achtergrond: Bepaalde klinische richtlijnen adviseren om spierkrachtmetingen uit te voeren bij aanvang van de cardiale revalidatie, vermits de spierkracht een belangrijke prognostische factor blijkt te zijn voor cardiovasculaire aandoeningen. Gezien de eenvoud en toepasbaarheid van de handknijpkrachtmeting blijkt deze een veelbelovend screeningsinstrument, alsook een goede indicator voor de algemene spierkracht te zijn. Echter is nog onduidelijk welke bijdrage de handknijpkrachtmeting kan bieden binnen de cardiovasculaire revalidatie.

Doelstellingen: Het doel van deze studie is de bruikbaarheid en de klinische relevantie van de handknijpkracht na te gaan als screeningsinstrument bij patiënten met een cardiovasculair aandoening, alsook de responsiviteit van deze parameter op fysieke training te onderzoeken.

Participanten: De onderzoekspopulatie van het cross-sectioneel onderzoek bestond uit representatieve cardiovasculaire patiënten (N = 395), met een gemiddelde leeftijd van 63.25 ± 11.48 jaar. De steekproef van de prospectieve cohortstudie bestond uit 115 cardiovasculaire patiënten met een gemiddelde leeftijd van 63.3 ± 10.28 jaar.

Metingen: Bij aanvang van de cardiale revalidatie onderging elke patiënt (N = 395) een handknijpkrachtmeting, een meting van het lichaamsgewicht, een spirometrie en een maximale inspanningsproef, die vervolgens werd herhaald bij 115 deelnemers tijdens de tussentijdse evaluatie (7.44 ± 2.02 weken) en aan het einde van de cardiale revalidatie (16.83 ± 3.61 weken).

Resultaten: Hartfalenpatiënten ($r = -0.09$; $p = 0.007$) en patiënten na een coronaire bypassoperatie ($r = -0.11$; $p = 0.001$) of een pacemakerimplantatie ($r = -0.08$; $p = 0.019$) hebben een verminderde handknijpkracht in vergelijking met andere cardiovasculaire aandoeningen. Doorheen het revalidatieproces is er een significante toename van de handknijpkracht (2.17 ± 5.63 kg; $p = 0.000$), dewelke voornamelijk plaatsvond tijdens de vroege revalidatieperiode. Een verandering van handknijpkracht is matig gecorreleerd met een verandering in W_{piek} ($r = 0.19 - 0.24$, $p < 0.05$), maar niet met de $VO_{2\text{piek}}$ ($r = 0.10 - 0.11$; $p > 0.05$).

Conclusie: De handknijpkracht blijkt van klinisch relevant belang te zijn binnen de cardiovasculaire revalidatie aangezien deze het inspanningsvermogen kan voorspellen. Ten slotte blijkt een verandering in handknijpkracht slechts in beperkte mate te correleren met een verandering van inspanningscapaciteit.

Inleiding

De fysieke fitheid is een belangrijke voorspellende factor voor morbiditeit en mortaliteit, en kan worden onderverdeeld in cardiorespiratoire en musculaire fitheid [1]. Volgens internationale richtlijnen is het van essentieel belang om voor de start van het cardiovasculair revalidatieprogramma de cardiorespiratoire fitheid te verifiëren aan de hand van een maximale inspanningsproef [2]. Om het trainingseffect gedurende de cardiale revalidatie optimaal te kunnen opvolgen lijkt het volgens bepaalde klinische richtlijnen interessant om aanvullende spierkrachtmetingen uit te voeren, aangezien de spierkracht een belangrijke prognostische factor blijkt te zijn voor cardiovasculaire aandoeningen [3]. Het afnemen van dergelijke spierkrachtmetingen in de klinische setting is nochtans relatief nieuw binnen de cardiovasculaire revalidatie, en aldus is er relatief weinig over geweten.

De spierkracht kan op verscheidene manieren geëvalueerd worden. Er is echter nood aan een valide, objectieve en betrouwbare methode om de spierkracht eenvoudig en effectief te meten. Eén van de goedkoopste, veiligste en meest gebruikte methodes is de handknijpkrachtmeting (HKK-meting) [4]. De handknijpkracht (HKK) is de maximale statische kracht van de hand die een persoon kan bereiken tijdens het knijpen in een standaard dynamometer door middel van een maximaal vrijwillige contractie [5]. Deze blijkt een veelbelovend screeningsinstrument en een goede indicator te zijn voor de algemene spierkracht [6,7].

De beoordeling van de HKK aan de hand van handdynamometrie blijkt tevens betrouwbaar wanneer gestandaardiseerde methoden en gekalibreerde apparatuur worden gebruikt. Eveneens wanneer de test wordt afgenomen door verschillende beoordelaars [8] of door middel van verschillende dynamometers [9]. Overigens zijn referentiewaarden voorhanden [10]. Er zijn echter verschillende methoden voor het testen, positioneren en instrueren van patiënten. Bijgevolg introduceerde de 'American Society of Hand Therapists' enkele richtlijnen met betrekking tot een gestandaardiseerd meetprotocol [11].

Verscheidene longitudinale studies constateren dat de HKK een piek vertoont in het vierde decennium [6,12]. Hierbij wordt gesuggereerd dat een hoge HKK op middelbare leeftijd wellicht geassocieerd kan worden met een hogere levensverwachting, terwijl een lage HKK eerder gerelateerd lijkt te worden met een verhoogde morbiditeit, mortaliteit en ouderdomszwakte. Hoewel de relatie niet oorzakelijk zou zijn, is het bijgevolg van belang de HKK op regelmatige basis te meten en na te gaan in hoeverre de gemeten waarden 'normaal' zijn aangezien een geleidelijke daling wordt verwacht tijdens het verouderingsproces. Naast de leeftijd wordt de HKK verder beïnvloed door de uitgangshouding, het geslacht, de antropometrische kenmerken waaronder

lichaamslengte, -vorm, -gewicht, body mass index (BMI), handdominantie en -perimetrie, alsook sociale status, beroep, etnische groep, levensstijl en andere sociaaleconomische en demografische variabelen [4,6,12].

De literatuur betreffende de HKK is omvangrijk, maar echter onvolledig en incoherent binnen de cardiovasculaire revalidatie. Zo is er nog niet geweten of de HKK-meting een adequate meetmethode is ter beoordeling van de spierkracht bij een cardiovasculaire populatie. Recent onderzoek toonde aan dat de HKK een sterke predictor is voor de cardiovasculaire mortaliteit, en een omgekeerd evenredig verband vertoont met een acuut myocardinfarct [1].

De opzet van de huidige studie is het onderzoeken van de klinische relevantie van de HKK binnen de cardiovasculaire revalidatie. De voornaamste doelstellingen hierbij zijn: (1) het vergelijken van de HKK tussen de diverse cardiovasculaire aandoeningen onderling, alsook met normatieve referentiewaarden; (2) het bestuderen van de correlaties tussen de HKK, het geslacht, de leeftijd en enkele antropometrische gegevens; (3) het opsporen van een mogelijk verband tussen de HKK en de cardiovasculaire risicofactoren; en (4) het exploreren van de relatie tussen de HKK en het inspanningsvermogen binnen de cardiovasculaire populatie. Hierbij wordt verondersteld dat de HKK negatief gecorreleerd is met de mate van cardiovasculaire risicofactoren (zoals roken, sedentaire levensstijl en hypertensie). Personen met een uitgesproken sedentaire levensstijl, aanhoudende rookgewoonten en/of chronische ziekten waaronder cardiovasculaire aandoeningen, type 2 diabetes mellitus (T2DM) en hypertensie vertonen wellicht een versnelde afname in HKK naarmate de leeftijd toeneemt.

De secundaire doelstellingen van de studie zijn: (5) het analyseren van de mate van responsiviteit van de HKK op fysieke training; (6) het onderzoeken van de impact van het volume en type training hierop; alsook (7) het opsporen van mogelijke correlaties tussen de evolutie in HKK en inspanningsvermogen. Hierbij presumeert men dat de HKK responsief is op cardiovasculaire revalidatie, in een dosis-respons relatie. Verder wordt verwacht dat aerobe training in combinatie met krachttraining leidt tot een grotere toename in HKK, in vergelijking met aerobe training alleen.

Methode

Studiedesign

Dit wetenschappelijk experiment naar de klinische relevantie van de HKK binnen de cardiovasculaire revalidatie betreft een kwalitatief onderzoek. De opzet van de studie is echter tweeledig. Enerzijds zal er getracht worden om verscheidene correlaties bloot te leggen door middel van een cross-sectioneel observationeel onderzoek. Anderzijds beoogt men de mate van responsiviteit van de HKK op fysieke training na te gaan aan de hand van een interventionele prospectieve cohortstudie, gebruikmakende van herhaalde metingen doorheen de tijd.

Participanten

In de huidige studie volgde men cardiovasculaire patiënten met uiteenlopende ziektebeelden op, welke doorverwezen werden door een arts voor een ambulante cardiovasculaire revalidatieprogramma in het Revalidatie en Gezondheidscentrum (ReGo) te Hasselt in de periode van september 2014 tot en met maart 2016. Bij aanvang van revalidatie onderging elke patiënt een HKK-meting, een meting van het lichaamsgewicht, een spirometrie en een maximale inspanningsproef.

Proefpersonen kwamen in aanmerking voor het onderzoek wanneer ze in staat waren hun geïnformeerde toestemming te geven, en indien ze aan vooropgestelde criteria voldeden. Participanten, zowel mannen als vrouwen, van 18 jaar of ouder werden geïncludeerd bij aanwezigheid van één of meer van volgende ziektebeelden: acuut myocardinfarct (AMI), hartfalen, coronair vaatlijden (CAD), hartfalen en hartklepaandoeningen en/of na het ondergaan van één of meer van volgende medische ingrepen: percutane coronaire interventie (PCI), coronaire bypassoperatie (CABG), minimaal invasieve aortaklepverving (Mini AVR), endoscopische bypassoperatie (Endo ACAB), pacemaker implantatie (PM), implanteerbare cardioverter defibrillator (ICD), en hartklepplastiek.

Volgende exclusiecriteria werden opgesteld ter afbakening van de patiëntenpopulatie. Participanten met een leeftijd onder de 18 jaar, alsook patiënten gekenmerkt met perimyocarditis, patent foramen ovale (PFO), atriaal septum defect (ASD) en chronisch obstructief longlijden (COPD) werden geëxcludeerd. Ook patiënten met ernstige cardiorespiratoire, musculaire, geestelijke en geriatrische aandoeningen die de oefentolerantie sterk beïnvloeden; bij onvermogen om de HKK-meting adequaat uit te voeren; of na het ondergaan van één van onderstaande medische ingrepen werden geëxcludeerd: ablatie in functie van hartritmestoornissen en linker ventrikel ondersteuningsapparaat (LVAD).

Tot slot werden de participanten geëxcludeerd op basis van een inspanningstest met een respiratoire quotiënt (RER) ≤ 1.1 . De RER is het quotiënt van de hoeveelheid koolstofdioxide (CO₂) geëlimineerd uit het lichaam, over de hoeveelheid zuurstof (O₂) geconsumeerd in het lichaam.

In het tweede deel van de studie werden de participanten met een RER ≤ 1.1 tijdens de maximale inspanningsproef in de eindevaluatie geëxcludeerd.

Van de in totaal 617 deelnemers werden 166 deelnemers geëxcludeerd uit de studie door een ziektebeeld omschreven in de exclusiecriteria. De meeste voorkomende ziektebeelden voor exclusie waren ablatie (N = 93), COPD (N = 40), PFO (N = 4) en een redo-CABG of -klepoperatie (N = 5). Uit de overgebleven 451 deelnemers werden 56 patiënten omwille van te lage RER piek uit de studie geëxcludeerd.

Finaal bestond het cross-sectionele onderzoek uit 395 patiënten (fig. 1). Vanuit deze populatie doorliepen 134 patiënten het volledige cardiovasculaire revalidatieprogramma, inclusief drie herhaalde metingen. Er zijn geen gegevens beschikbaar over de reden van uitval voor de 261 overige patiënten. Uit deze 134 patiënten werden vervolgens patiënten geëxcludeerd op basis van een vroegtijdig beëindigen van het trainingschema (N = 3) en het ontbreken van een derde inspanningstest (N = 1). Uit de overgebleven populatie werden vervolgens patiënten geëxcludeerd op basis van een RER ≤ 1.1 tijdens de derde inspanningstest (N = 13) en het missen van gegevens met betrekking tot de RER (N = 2). De totale populatie om de responsiviteit van de HKK na te gaan bedroeg 115 patiënten, welke de gehele steekproef voor het prospectieve onderzoek vormde (fig. 2).

Uitkomstmaten

Handknijpkracht

Bij aanvang van de HKK-test werd de patiënt gevraagd welke zijn dominante hand is, dewelke vervolgens getest werd tenzij deze omwille van een cerebrovasculair accident (CVA) of een perifeer probleem een krachtsvermindering vertoont. Dan werd de niet-dominante hand getest, waarvoor de specifieke reden werd genoteerd. Wat betreft de uitgangshouding van de uiteindelijke meting staat de patiënt recht met het toestel – gebruikmakende van de tweede handvatpositie – in de hand, en de elleboog in 90° flexie tegen het lichaam. De pols is in de neutrale middenpositie van pro-supinatie en flexie-extensie. Vervolgens werd de patiënt gevraagd om na een aftelling van vijf tellen zo hard mogelijk te knijpen gedurende de volgende vijf seconden. Hiervoor werd de patiënt verbaal aangemoedigd. Hierna volgde 30 seconden rust waarbij de patiënt kon recupereren. Dit verloop werd driemaal herhaald, waarvan het hoogste resultaat van de drie opeenvolgende metingen werd genoteerd voor verdere analyse.

De objectief gemeten HKK werd vergeleken met normatieve referentiewaarden bij een gezonde populatie, gecorrigeerd voor handdominantie, leeftijd en lichaamslengte [10]. Met dit gegeven werd de HKK uitgedrukt in een percentage van de voorspelde waarde. Waarna een duidelijke inschatting kon gemaakt worden van het krachtsverschil in de HKK ten opzichte van een gezonde populatie. De HKK-meting werd bij elke inspanningsproef herhaald, met name bij aanvang, na zes tot acht weken trainen, en na afloop van het cardiale revalidatieprogramma.

Patiëntkarakteristieken

Data betreffende de lichaamssamenstelling werd bekomen via diverse metingen en berekeningen. Het lichaamsgewicht werd door middel van een analoge weegschaal (Tanita model TBF-300; Tanita Corp, Tokyo, Japan) nauwkeurig gemeten tot één cijfer na de komma. Ook de lichaamslengte in stand – gemeten vanaf de grond tot het topje van de schedel – werd gemeten tot één cijfer na de komma. Vervolgens werd de body mass index (BMI) berekend op basis van de verhouding van lichaamsgewicht (kg) tot de lichaamslengte in het kwadraat (m²).

Vervolgens werd de aanwezigheid van bepaalde cardiovasculaire risicofactoren – waaronder hypertensie, hypercholesterolemie, diabetes mellitus, obesitas of overgewicht en rookgedrag – geregistreerd aan de hand van vooropgestelde referentiewaarden (tabel 1).

Het medicatiegebruik van iedere patiënt bij de baseline en bij de derde meting werd bekomen door raadpleging van het elektronisch patiëntendossier. De medicamenten voor cardiovasculaire ziekten en hypertensie die werden nagegaan bij iedere patiënt zijn: bètablokkers, calcium-

antagonisten (Ca-A), angiotensine I converterende enzym remmers (ACE - I), angiotensine twee receptor antagonisten (AT2RA), diuretica, bloedverduunners, fibraten en nitraten. Eveneens werd er nagegaan of de patiënt cholesterolverlagende medicamenten neemt zoals statines en ezetrol. Bij patiënten lijdend aan T1DM of T2DM werden volgende medicamenten nagetrokken: metformine, sulfonylurea, DPP4-inhibitoren, en insuline-analogen.

Maximale oefentolerantie

Alle patiënten ondergingen op hetzelfde tijdstip als de HKK-meting een cardiopulmonaire inspanningsproef. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een elektronische fietsergometer Ergo 1500 cycle (Ergofit, Pirmasens, Duitsland) [13,14]. De subjecten werden geadviseerd de testdag zelf geen cafeïne of alcohol te nuttigen, geen zware fysieke activiteiten uit te voeren, en minstens 2 uur voor de test een lichte maaltijd te consumeren. Tijdens de inspanningsproef moesten de proefpersonen een vooropgestelde trapfrequentie van 70 omwentelingen per minuut trachten te handhaven bij een progressief toenemende belasting. De weerstand bij aanvang, werd ingesteld tussen 10 en 40 watt, en werd geleidelijk aan opgevoerd tot maximale uitputting [15], gebruikmakende van een ramp-protocol. De test werd beëindigd wanneer de patiënt de minimale trapfrequentie van 60 omwentelingen per minuut niet meer kan behouden [13,14]. Daarenboven werd de inspanningsproef vroegtijdig stopgezet bij het optreden van myocardiale ischemie en/of ernstige ventriculaire ritmestoornissen. De hartfrequentie (HF) werd geobserveerd met behulp van een twaalf-afleidingen-ECG, waaruit vervolgens de HF_{max} kon worden afgeleid. Ten slotte werd de maximale fietsweerstand (W_{piek}) neergeschreven. De relatieve W_{piek} werd berekend door de absolute W_{piek} te delen door het lichaamsgewicht. Om een inschatting te maken van de inspanningscapaciteit ten opzichte van een gezonde populatie vergeleek men de absolute W_{piek} met de voorspelde W_{piek} , dewelke berekend werd aan de hand van volgende formule: $20,4 \times \text{lengte (cm)} - 8,74 \times (\text{leeftijd}) - 288 \times (\text{geslacht: V=1, M=0}) - 1909$ [16].

Bijgevolg vond er een analyse van de pulmonaire gasuitwisseling plaats. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een ergospirometrie-toestel (Jaeger Oxycon). Om nauwkeurige gegevens met minimale ruis te bekomen vond vóór elke proef een kalibratie van het toestel plaats, en werd getracht de omgevingsfactoren, waaronder de omgevingstemperatuur (19-21°), constant te houden tijdens de inspanningsproef. Gegevens betreffende de zuurstofopname (VO_2), het maximale zuurstofopnamevermogen (VO_{2piek}), de koolstofdioxideafgifte (VCO_2) en de RER werden verzameld. In de studie werd de relatieve VO_{2piek} (ml/kg) weergegeven. Dit gaf een betere weergave van de fysieke capaciteit van de patiënt op dat moment. De relatieve VO_{2piek} werd

vergeleken met een voorspelde waarde van de relatieve $VO_{2\text{piek}}$ om zo de patiënt te kunnen vergelijken met een gezonde populatie. Voor mannen werd de formule $VO_{2\text{piek}}/\text{kg} = -0,42 \times \text{leeftijd} + 58$ gehanteerd, terwijl voor vrouwen de formule $VO_{2\text{piek}}/\text{kg} = -0,35 \times \text{leeftijd} + 46$ gebruikt werd [17]. Ten slotte werd op basis van deze data de anaerobe drempel berekend aan de hand van de V-slope methode [18].

Cardiovasculair revalidatieprogramma

Het revalidatieprogramma bestond uit uithoudingstraining, al dan niet gecombineerd met krachttraining. Voor de uithoudingstraining werd er gebruik gemaakt van de loopband (42% van de trainingstijd), de ergometer (33% van de trainingstijd) en de armfiets (25% van de trainingstijd), waarbij de eventuele aanvulling van krachttraining voornamelijk bestond uit leg extensions / leg presses. De trainingsparameters – met name de duur, gemiddelde (W_{gem}) en maximale (W_{piek}) fietsweerstand, intensiteit, frequentie en de eventuele implementatie van krachttraining – werden per deelnemer adequaat bijgehouden aan de hand van een trainingsfiche.

Het trainingsprogramma werd driemaal per week onder nauwe supervisie van enkele kinesitherapeuten uitgevoerd, waarbij er gestreefd werd naar een gemiddelde trainingsduur van 60 minuten per sessie. Onze voorkeur ging uit naar een frequentie van driemaal per week aangezien verscheidene studies de effecten van cardiale revalidatie (CR) op de aerobe capaciteit onderzochten met een corresponderende frequentie [19], en omdat dergelijke frequentie voor het merendeel van de patiënten haalbaar was.

Verder werd het programma geïndividualiseerd in functie van de fysieke belastbaarheid en evolutie van de unieke patiënt op basis van de trainingsintensiteit, welke regelmatig ondersteund werd door een bepaling van de VO_{2piek} aan de hand van een inspanningsproef [20]. Hierbij werd een trainingshartfrequentie – gemeten door middel van een hartfrequentiemeter (Polar, Oy, Finland) – nagestreefd die overeenstemt met 65% van de VO_{2piek} .

Ten slotte werd van iedere deelnemer verlangd om een educatieve sessie te volgen over gezonde voeding in relatie tot cardiovasculaire aandoeningen, welke aangeboden werd door een diëtist. Tijdens deze sessie werden de patiënten aangespoord zich te houden aan een gezonde levensstijl, inclusief gezonde voeding alsook voldoende lichaamsbeweging. Een dieetinterventie in functie van caloriereductie werd echter niet geïmplementeerd in het revalidatieprogramma van de bestudeerde bevolking.

Data-analyse

Statistische analyse werd uitgevoerd met SPSS 23 (SPSS, Chicago, IL). Het statistische significantie niveau werd gezet op $p < 0.05$. De Kolmogorov-Smirnov test gaf een niet normale verdeling van de meeste data weer, waardoor niet-parametrisch getest werd. De data werd gerapporteerd als gemiddelde met standaard deviatie (SD), tenzij anders vermeld. Voor de correlatie tussen de HKK en de kenmerken van de populatie na te gaan, werd er een automatisch lineair regressiemodel opgesteld. Vervolgens werd er met de significante factoren een multivariaat lineair regressiemodel uitgevoerd. Daarenboven werd er een bivariaat Spearman correlatiemodel, met een significantieniveau van $p < 0.01$, uitgewerkt om een mogelijke correlatie tussen de HKK en de fysieke parameters van de populatie te staven.

De data betreffende de prospectieve cohortstudie, werd getest met de Kolmogorov-Smirnov test. Eveneens was deze data niet normaal verdeeld. De Friedman test gaf een verbetering van de fysieke parameters weer. Om de verbetering van de HKK ten opzichte van de W_{piek} en de relatieve $VO_{2\text{piek}}$ te onderzoeken werd er een gepaarde T-test uitgevoerd. Voor de correlatie tussen de verbetering in de HKK, de patiëntenkenmerken en de trainingsparameters na te gaan, werd er een automatisch lineair regressiemodel opgesteld. Op basis van de significante waarden werd er een multivariaat lineair regressiemodel opgesteld. Om een correlatie tussen een verbetering in de HKK en een verbetering in de inspanningscapaciteit te detecteren, werd er gebruik gemaakt van een bivariaat Spearman correlatiemodel, met een significantieniveau van $p < 0.01$.

Resultaten

Cross-sectioneel onderzoek

Kenmerken van de populatie

De onderzoekspopulatie bestond uit 395 cardiovasculaire patiënten, voornamelijk mannen (79%), met een gemiddelde leeftijd van 63.25 ± 11.48 jaar, en een gemiddeld BMI van 27 ± 4.15 kg/m². Hieruit volgt dat een groot deel van de populatie leed aan overgewicht of obesitas (44.8 en 21.8%; respectievelijk). Het valt op dat 90.9% rechtshandig is. Verder was de grootste indicatie voor revalidatie een CAD met en zonder myocard infarct (36.5 en 42.5%, respectievelijk), en was een PCI (60.8%) de meest voorkomende medische ingreep. De risicofactoren die het meest aanwezig zijn binnen de populatie waren hypertensie (92.7%) en hypercholesterolemie (91.4%), evenals het rookgedrag waarbij 48.3% roker is of ooit heeft gerookt (15.9 en 32.4%; respectievelijk). Het medicatiegebruik bestond voornamelijk uit bloedverduunners (97.5%), statines (87.6%) en bètablokkers (75.7%). De volledige patiëntkarakteristieken staan verder weergegeven in tabel 2.

De gemiddelde HKK van de gehele onderzoekspopulatie bedroeg 34.36 ± 10.49 kg (Tabel 3), welke voor 94% overeenstemt met een voorspelde waarde van de HKK bij een gezonde vergelijkbare populatie. Eveneens was de voorspelde waarde voor het absolute inspanningsvermogen voor 86% overeenkomstig met een gezonde populatie. De kracht van de patiënten lijkt aldus nog grotendeels aanwezig te zijn, in tegenstelling tot het uithoudingsvermogen. Verder bedraagt de relatieve en absolute $VO_{2\text{piek}}$ van de populatie respectievelijk 19.37 ± 5.11 ml/kg en 1539.39 ± 476.19 ml. Deze komen overeen met 66 en 75% van de voorspelde relatieve en absolute $VO_{2\text{piek}}$. Op basis van deze gegevens kunnen we stellen dat voornamelijk het uithoudingsvermogen van de patiënten is aangetast.

Correlaties

Om mogelijke correlaties van de HKK met de patiëntkenmerken, de risicofactoren en de inspanningscapaciteit na te gaan, werd een automatisch lineair regressiemodel opgesteld (tabel 4). Zoals voorafgaand onderzoek reeds heeft aangetoond is de HKK groter bij mannen ($r = 0.33$) ($p = 0.000$). Daarnaast heeft de lichaamssamenstelling een invloed op de HKK waarbij een hoger lichaamsgewicht ($r = 0.12$) en –lengte ($r = 0.31$) geassocieerd zijn met een hogere HKK ($p = 0.000$). Eveneens blijkt dat rokers en ex-rokers een hogere HKK hebben ($r = 0.07$; $p = 0.044$). Verder blijkt het verouderingsproces een negatieve invloed te hebben op de HKK ($r = -0.2$; $p = 0.000$). Alsook zijn bepaalde ziektebeelden geassocieerd met een lagere HKK, waarbij patiënten na het ondergaan van een CABG ($r = -0.11$) of PM-implantatie ($r = -0.08$) een verminderde HKK hebben in vergelijking

met de andere aandoeningen ($p = 0.001$ en 0.019 ; respectievelijk). Tevens is hartfalen geassocieerd met een verlaging van de HKK ($r = -0.09$; $p = 0.007$). Op basis van bovenstaande gegevens kan er met 59.2% zekerheid een voorspelling gemaakt worden van de HKK binnen deze populatie.

De HKK heeft een goede correlatie met het inspanningsvermogen van de patiënten (tabel 5). Zo is er een positieve correlatie tussen de HKK en de absolute W_{piek} , absolute $VO_{2\text{piek}}$ en de anaerobe drempel ($r = 0.69, 0.64$ en 0.64 , respectievelijk; $p < 0.01$). Met dit gegeven kunnen we stellen dat cardiovasculaire patiënten met een hogere HKK ook een betere inspanningscapaciteit hebben.

Prospectieve cohortstudie:

Kenmerken van de populatie:

De populatie bestond uit 115 cardiovasculaire patiënten waarvan 83.5% mannen met een gemiddelde leeftijd van 63.3 ± 10.28 jaar. De voornaamste redenen voor cardiale revalidatie waren CAD (81.7%) en het ondergaan van een PCI (60%). De gemiddeld HKK bedroeg bij aanvang van het revalidatieprogramma 36.26 ± 10.8 kg. De maximale inspanningscapaciteit van de populatie was 136.5 ± 45.47 watt, waarbij de $VO_{2\text{piek}}$ 19.82 ± 5.24 VO_2/kg bedroeg. Eveneens waren de volgende risicofactoren aanwezig bij de patiënten; namelijk hypertensie (63.5%), hypercholesterolemie (93%), T2DM (11.3%), overgewicht (41.7%) of obesitas (19.1%) en roken (13.9%) of voormalig roker (33%). De medicatie bestond voornamelijk uit bloedverduunners (95.7%), statines (90.4%) en bètablokkers (78.3%). De kenmerken van de patiënten staan verder weergegeven in tabel 6 – 7.

Kenmerken van de trainingsparameters:

Na de eerste inspanningstest:

Tabel 8 geeft de trainingsparameters tussen het eerste en het tweede meetmoment weer. De gemiddelde sessieduur was 39.13 ± 4.18 minuten. De doorsnee patiënt fietste op de fietsergometer aan een gemiddeld wattage van 65.57 ± 23.27 watt, dit is aan een gemiddelde intensiteit van 48.5% t.o.v. de maximale inspanningscapaciteit. Daarenboven volgden 17 patiënten een aanvullend krachttrainingsprogramma. Het totale aantal trainingssessies bedroeg 17.1 ± 4.45 sessies over een periode van 7.44 ± 2.02 weken.

Na de tweede inspanningstest:

Tabel 9 geeft de trainingsparameters tussen de tweede en de derde meting weer. Na de tweede inspanningstest was de sessieduur verhoogd naar 45.82 ± 5.52 minuten en werd het wattage (98.46 ± 35.28 watt) en de intensiteit (66.5%) verhoogd. Gedurende deze periode werd er meer

gebruikt gemaakt van intervaltraining in vergelijking met de eerste periode (van 2.1 ± 3.94 sessies naar 8.9 ± 9.05 sessies). Het krachttrainingsprogramma werd gevolgd door 37 patiënten in deze periode. Het totale aantal trainingssessies bedroeg 18.37 ± 5.79 sessies over een periode van 9.39 ± 3.64 weken.

Na de derde inspanningstest:

Tabel 10 geeft de trainingsparameters van de gehele trainingsperiode weer. Gedurende de hele trainingsperiode was de gemiddelde sessieduur 49.88 ± 6.94 minuten aan een wattage van 109.57 ± 39.04 watt en een intensiteit van 69.5%. Waarbij er voornamelijk gebruikt gemaakt werd van uithoudingstraining (24.46 ± 10.52 sessies). 39 patiënten hadden in de loop van de cardiale revalidatie krachttraining uitgevoerd. Het totale aantal trainingssessies bedroeg 35.47 ± 5.38 sessies over een periode van 16.83 ± 3.61 weken. Dit kwam overeen met een frequentie van gemiddeld 2.17 ± 0.43 sessies per week.

Effect van het revalidatieprogramma op de HKK:

Figuur 3 geeft de HKK weer bij ieder testmoment. Hieruit blijkt dat de HKK een stijgend verloop had en verbeterd na revalidatietraining. Tussen meetmoment 1 en 2 steeg de HKK significant met 1.36 ± 4.99 kg ($p = 0.005$), waarna er een trend was in de toename tussen meetmoment 2 en 3 (0.82 ± 4.48 kg; $p = 0.058$). Gedurende de hele trainingsperiode was er een significante verbetering van de HKK met 2.17 ± 5.63 kg ($p = 0.000$) (tabel 11 – 12).

Effect van het revalidatieprogramma op de inspanningscapaciteit:

W_{piek} :

Figuur 4 geeft de W_{piek} weer bij ieder testmoment. Tijdens de hele trainingsperiode was de W_{piek} met gemiddeld 26.05 ± 22.93 watt significant gestegen ($p = 0.000$). De grootste stijging gebeurde tijdens de vroege trainingsperiode waarbij de W_{piek} gemiddeld met 15.9 ± 16.35 watt verbeterde ($p = 0.000$). Gedurende de tweede trainingsperiode was de W_{piek} gemiddeld met 10.33 ± 15.81 watt significant gestegen ($p = 0.000$) (tabel 15 – 16).

VO_{2piek} :

Figuur 5 geeft de VO_{2piek} weer bij ieder testmoment. In de eerste trainingsperiode was de VO_{2piek} van de patiënt met gemiddeld 1.7 ± 2.57 ml/kg significant toegenomen ($p = 0.000$). In de daarop volgende periode was deze met een gemiddelde van 1.14 ± 2.43 ml/kg significant gestegen ($p = 0.000$). Gedurende de hele trainingsperiode was er een significante verbetering van de VO_{2piek} met gemiddeld 2.85 ± 3.35 ml/kg ($p = 0.000$) (tabel 17 – 18).

Correlatie tussen de HKK, de trainingsparameters en het inspanningsvermogen:

Het hebben van een hogere HKK bij het begin van de revalidatie is gecorreleerd met een verminderde stijging van de HKK tijdens de revalidatie ($r = -0.33$; $p = 0.000$). Eveneens blijkt ook dat krachttraining gedurende de revalidatieperiode zorgt voor een minder sterke stijging van de HKK ($r = -0.2$; $p = 0.027$) (tabel 13).

Een verbetering van de HKK is zwak geassocieerd met een verbetering in het inspanningsvermogen. Waarbij een stijging van de HKK matig gecorreleerd is met een stijging van de absolute en relatieve W_{piek} alsook met de anaerobe drempel ($r = 0.19, 0.24, 0.19$; respectievelijk; $p < 0.05$). Er is geen significante correlatie tussen de HKK en de relatieve en absolute verbetering in $VO_{2\text{piek}}$ ($p > 0.05$). Hieruit blijkt dat er bij een verbetering in de HKK er geen uitspraak kan gedaan worden over een verbetering in het uithoudingsvermogen (tabel 14).

Discussie

Het doel van de huidige studie bestaat uit het nagaan of de HKK bij aanvang van de hartrevalidatie de nood aan fysieke training kan voorspellen, en of de HKK zou veranderen doorheen het cardiaal revalidatieproces. Derhalve werd het studieontwerp opgesplitst in twee delen: een observationeel baselineonderzoek en een interventionele cohortstudie.

In het cross-sectioneel onderzoek vergeleken we de HKK tussen diverse cardiovasculaire populaties onderling, alsook met normatieve referentiewaarden. Daarnaast onderzochten we de mogelijke correlaties tussen de HKK, enkele patiëntkarakteristieken en bepaalde cardiovasculaire risicofactoren. Ten slotte onderzochten we de relatie tussen de HKK en het inspanningsvermogen. Uit dit onderzoek kwamen drie belangrijke bevindingen naar voren. Allereerst bleken patiënten die gekenmerkt werden door hartfalen, een CABG of een PM een lagere HKK in vergelijking met andere cardiovasculaire of gezonde mensen te vertonen. Deze resultaten lijken overeen te stemmen met eerder uitgevoerde studies welke rapporteerde dat patiënten met een CABG meer kans hebben de revalidatie aan te vatten met een uitgesproken afname van de vetvrije massa ($-8.1 \pm 2,1\%$), voornamelijk ter hoogte van de armen [21]. Dit verlies aan vetvrije massa kan mogelijks verklaard worden door het feit dat een chirurgische ingreep in functie van cardiale pathologie vaak gepaard gaat met een periode van relatieve inactiviteit/bedrust in de vroege postoperatieve fase [21]. Het verlies in de vetvrije massa bij hartfalenpatiënten wordt bevestigd in de studie van Loncar et al. (2013) [22] waarin deze significant lager was ten opzichte van een gezonde controle groep (24.0 ± 4.2 vs. 26.3 ± 3.0 kg, $p = 0.006$). Uit bovenstaande bevindingen kan men veronderstellen dat de meer invasieve ingrepen, waaronder de bypassoperatie, gekenmerkt worden door een groter verlies aan spiermassa en -kracht. We vonden echter geen literatuur betreffende spiermassa- of krachtverlies in pacemakerpatiënten. Verder onderzoek hiernaar is aangewezen. Desalniettemin suggereren de resultaten van de huidige en voorgaande studies dat de meer klassieke factoren – waaronder de leeftijd, het geslacht en de lichaamssamenstelling – een grotere invloed hebben op de HKK [6,7,12]. Ten tweede blijkt uit onze gegevens dat het aanhoudend en voormalig roken positief gecorreleerd is met de HKK. Het is echter onduidelijk waarom het rookgedrag een positief effect heeft op de HKK. Deze constatering komen niet overeen met een eerdere studie die onderzoek deed naar het verband tussen roken en spierkracht bij Japanse gezonde mannen [23]. Deze studie toonde aan dat het rookgedrag op jonge leeftijd geassocieerd is met een hogere HKK, maar deze discrepantie blijkt te vervallen naarmate het ouder worden. Ten derde vonden wij een correlatie tussen de absolute HKK, absolute W_{peak} en

absolute VO₂peak hetgeen mogelijks suggereert dat de HKK werkelijke gecorreleerd is met een algemene verlies van de inspanningscapaciteit. Daarom kan men aannemen dat het meten van de HKK in vooral deze 3 specifieke populaties interessant zou zijn, aangezien deze een voorspellende factor hebben en nabije opvolging noodzakelijk is in deze populatie.

In de prospectieve cohortstudie bestudeerde we de mate van responsiviteit van de HKK op fysieke training, alsook de invloed van bepaalde factoren – waaronder de diverse trainingsmodaliteiten hierop. Daarnaast onderzochten we of er een mogelijks verband bestaat tussen een verandering in HKK en de veranderingen in prestatievermogen. De gegevens in deze studie toonde een significante stijging van de HKK bij de meeste subjecten tijdens de cardiale revalidatie, wat strookt met eerder gepubliceerde studies dewelke een vooruitgang van de HKK zagen bij patiënten met obesitas [24-26], T2DM [27,28], hartfalen [29,30] en ischemische hartaandoeningen [31-33], maar de vooruitgang is eerder beperkt (2.17 ± 5.63). Deze statistisch belangrijke bevinding biedt echter geen informatie over de klinische relevantie hiervan. Op dit moment is het onmogelijk om een uitspraak te doen over het minimaal klinisch relevant verschil (MKRV) betreffende de HKK, daar de huidige literatuur hieromtrent inconsistent blijkt te zijn. In de studie van Villafaña et al. [34] spreekt men van een MKRV van 0.84 en 1,12 kg – respectievelijk voor de rechter en de linker hand – bij vrouwen met artrose ter hoogte van het articulatio carpometacarpaal I, terwijl Kim et al. [35] een MKRV van 6,5 kg aantoont bij patiënten met een distale radiusfractuur. Met dit gegeven kan er geen uitspraak gedaan worden over het MKRV van de HKK binnen de cardiovasculaire populatie. Verder onderzoek is aanbevolen. Daarenboven is de verbetering in HKK voornamelijk merkbaar tijdens de vroege revalidatieperiode. Dit kan mogelijks verklaard worden door: (1) een spontaan herstel van de vetvrije massa die optreedt na een operatieve ingreep, of (2) de wet van de verminderde meeropbrengst, waarbij het trainingseffect in het begin van de revalidatie groot is, maar afneemt naarmate de tijd/revalidatie vordert. Het lineaire regressiemodel veronderstelt dat de initiële HKK een belangrijke predictor is voor de responsiviteit van de HKK. Resultaten van de huidige constateren een inverse relatie tussen de initiële HKK en het verschil in HKK. Dit wil zeggen dat hoe groter de HKK bij aanvang van de revalidatie is, hoe kleiner de vooruitgang/verandering in HKK zal zijn. Verder toont onze studie een negatieve relatie aan tussen het aantal krachttrainingssessies en de evolutie in HKK. We kunnen echter niet met zekerheid verklaren waarom het aantal krachttrainingssessies een negatief effect heeft op de HKK. We veronderstellen dat de manipulatie van trainingsmodaliteiten, in het bijzonder de toevoeging van krachttraining aan de patiënten die weinig tot geen vooruitgang boekte, gedurende het revalidatieproces leidde tot een systematische fout. Het blijft met andere woorden onzeker of de

Pagina | 18

verhoging in HKK tijdens de vroege revalidatieperiode het gevolg is van een spontaan herstel van de vetvrije massa of eerder het gevolg van de fysieke reactivering. Tot slot vonden wij een verband tussen de verandering in de HKK en een verandering in inspanningscapaciteit. Hieruit blijkt dat een toename in HKK is gecorreleerd met een verhoging van het inspanningsvermogen, maar de relatiecoëfficiënt ($r = 0,19 - 0,24$; $p < 0,05$) is te laag om specifieke klinische conclusies te trekken uit deze observatie.

De huidige studie heeft enige belangrijke troeven. Voor zover we weten is dit de eerste studie die de klinische relevantie van HKK nagaat binnen verschillende populaties van cardiovasculaire aandoeningen. Bovendien ging het de responsiviteit na van de HKK na het volgen van cardiovasculaire revalidatie. Hiervoor werd gebruikt gemaakt van een voldoende grote steekproef ($N = 395$), dewelke representatief is voor de cardiovasculaire bevolking en waardoor de invloed van extreme observaties beperkt is. Ten tweede, gebruikten we gestandaardiseerde meetprotocollen en recente formules [16,17] voor het berekenen van de afgeleide waarden dewelke nader omschreven werden in de methodologie. Ten slotte lijkt onze studiepoulatie zeer typerend voor cardiale revalidatie in vergelijking met andere studies in de cardiale revalidatie [19].

Er zijn enkele beperkingen die inherent zijn aan de huidige studie. Ten eerste wordt deze studie aanzienlijk beperkt door het ontbreken van een controlegroep. Het doel van deze studie was echter de responsiviteit van de HKK op fysieke training in een uitgebreide cardiovasculaire populatie na te gaan, en niet zozeer de effectiviteit van de cardiale revalidatie. Ten tweede is het merendeel van de gebruikte instrumenten valide en werden deze gekalibreerde in laboratorium, met uitzondering van de handdynamometer die door de Universiteit Hasselt zelf gemaakt werd. Dit kan mogelijk nauwkeurigheid van de metingen beïnvloeden. Bovendien werd hierbij de hoogste score van drie opeenvolgende HKK-metingen gebruikt voor verdere analyse, ondanks een eerdere studie door Guerra en Amaral [36] aanraden om het gemiddelde van ten minste drie HKK-metingen te berekenen bij de beoordeling van de HKK bij oudere patiënten. Ten derde werd er geen rekening gehouden met recente veranderingen in lichaamssamenstelling, terwijl voorgaand onderzoek een positief verband aantoont tussen HKK en de spiermassa [22,37]. Daarenboven werden wijzigingen in levensstijl – welke kunnen worden aanschouwd als mogelijke versturende factoren – niet beoordeeld in de studie, waardoor de data met betrekking tot veranderingen in musculaire fitheid met voorzichtigheid moet worden geïnterpreteerd. Een andere potentiële beperking van de studie is dat men de geregistreerde HKK waardes vergeleek met referentiewaarden, terwijl de handdynamometers verschilden tussen beide studies. Doch werd

voor deze normatieve gegevens gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht, lichaamslengte en handdominantie. Desalniettemin zijn ze van essentieel belang aangezien klinici door middel van deze waarden risicovolle individuen kunnen identificeren binnen een bepaalde populatie. Er was echter sprake van enige discrepantie tussen de verschillende normatieve studies welke gedeeltelijk kan worden verklaard door het gebruik van verschillende berekeningsmodellen. Derhalve zijn verdere studies ter ontwikkeling van meer accurate en gestandaardiseerde referentiewaarden voor de HKK aangewezen. Een laatste beperking van de studie is dat we het medicatiegebruik opvolgde, maar dat we niet verder zijn ingegaan op de mate waarin bepaalde geneesmiddelen eventueel de HKK kunnen beïnvloeden tijdens het revalidatieproces.

Uit de resultaten van deze studie concluderen we dat de HKK van klinisch relevant belang blijkt te zijn binnen de cardiovasculaire setting aangezien deze het inspanningsvermogen kan voorspellen in een cardiovasculaire populatie. Deze bevinding impliceert dat het eenvoudig meten van de HKK ons een goede indicatie geeft van het inspanningsvermogen wanneer een ergospirometrie niet voorhanden is. Verder blijkt de HKK verlaagd te zijn in hartfalenpatiënten en patiënten na een coronaire bypassoperatie of een pacemakerimplantatie, wat erop zou kunnen wijzen dat deze specifieke populatie gekenmerkt wordt door een groter spierkracht- of spiermassaverlies. Ten slotte blijkt een verandering in HKK slechts in beperkte mate te correleren met een verandering van inspanningscapaciteit.

Referentielijst

1. Leong, P., Teo, K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum, A., Orlandini, A. et al. (2015). Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet*, *386*, 266–73.
2. Mohammad, M., Dadashpour, S., & Adimi, P. (2012). Predicted Values of Cardiopulmonary Exercise Testing in Healthy Individuals. *Tanaffos*; *11(1)*, 18-25.
3. Timpka, S., Petersson, I. F., Zhou, C., & Englund, M. (2014). Muscle strength in adolescent men and risk of cardiovascular disease events and mortality in middle age: a prospective cohort study. *BMC Med*, *12*, 62.
4. Eckman, M., Gigliotti, C., Sutermaster, S., & Mehta K. (2014). Get a Grip! Handgrip Strength as a Health Screening Tool Conference Paper. *Conference Paper*.
5. Massy-Westropp, N., Gill, T., Taylor, A., Bohannon, R., & Hill C. (2011). Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Res Notes*, *4*, 127.
6. Rantanen, T., Masaki, K., Foley, D., Izmirlian, G., White, L., & Guralnik, J. M. (1998). Grip strength changes over 27 yr in Japanese-American men. *Journal of Applied Physiology*, *85(6)*, 2047-2053.
7. Marsh, A. P., Rejeski, W. J., Espeland, M. A., Miller, M. E., Church, T. S., Fielding, R. A. et al. (2011). Muscle strength and BMI as predictors of major mobility disability in the Lifestyle Interventions and Independence for Elders pilot (LIFE-P). *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *66(12)*, 1376-1383.
8. Mathiowetz V. (2002). Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occup Ther Int.* ,*9* , 201–209.
9. Schmidt, N., van der Windt, D., Assendelft, W., Mourits, A., Deville, W., de Winter, A. et al. (2002). Interobserver Reproducibility of the Assessment of Severity of Complaints, Grip Strength, and Pressure Pain Threshold in Patients With Lateral Epicondylitis. *Arch Phys Med Rehabil*, *83*, 1145–50.
10. Spruit, M., Sillen, M., Groenen, M., Wouters, E., & Franssen, F. (2013). New Normative Values for Handgrip Strength: Results From the UK Biobank. *JAMDA* *14*, 775.e5 - 775.e11
11. Fess, EE. (1992). Clinical assessment recommendations 2. In JS. Casanova JS, *American Society of Hand Therapists* (pp. 41–45). Plaats van uitgave: Chicago.

12. Stenholm, S., Tiainen, K., Rantanen, T., Sainio, P., Heliovaara, M., Impivaara, O. et al. (2012). Long-term determinants of muscle strength decline: prospective evidence from the 22-year mini-Finland follow-up survey. *J Am Geriatr Soc*, 60(1), 77-85
13. Fletcher, G.F., Balady, G.J., Amsterdam, E.A., Chaitman, B., Eckel, R., Fleg, J., et al. (2001) Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*; 104:1694–2740.
14. Wasserman, K., Hansen, J.E., Sue, D.Y., Casaburi, R., & Whipp, B.J. (1999). Principles of exercise testing and interpretation. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
15. Hansen, D., Dendale, P., Berger, J., & Meeusen, R. (2007). Importance of an exercise testing protocol for detecting changes of peak oxygen uptake in cardiac rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*; 88: 1716–1719.
16. Jones, N. L., Makrides, L., Hitchcock, C., Chypchar, T., & McCartney, N. (1985). Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *The American review of respiratory disease*, 5, 700–708.
17. Schneider, J. (2013). Age dependency of oxygen uptake and related parameters in exercise testing: an expert opinion on reference values suitable for adults. *Lung*, 5, 449–458.
18. Beaver, W.L., Wasserman, K., & Whipp, B.J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol*; 60:2020–2027.
19. Hansen, D., Dendale, P., Berger, J. & Meeusen, R. (2005). Rehabilitation in cardiac patients: what do we know about training modalities? *Sports Med 2005*; 35:1063–1084.
20. Hansen, D., Dendale, P., Berger, J., & Meeusen, R. (2007). Low agreement of ventilatory threshold between training modes in cardiac patients. *Eur J Appl Physiol 2007*; 101:547–554.
21. Hansen, D., Linsen, L., Verboven, K., Hendrikx, M., Rummens, J-L., van Erum, M., et al. (2015). Magnitude of muscle wasting early after on-pump coronary artery bypass graft surgery and exploration. *Exp Physiol 100.7*; 818–828.
22. Loncar, G., Bozic, B., von Haehling, S., Dungen, H. D., Prodanovic, N., Lainscak, M. et al. (2013). Association of adiponectin with peripheral muscle status in elderly patients with heart failure. *Eur J Intern Med*, 24(8), 818-823.
23. Saito, T., Miyatake, N., Sakano, N., Oda, K., Katayama, A., Nishii, K., & Numata, T. (2012). Relationship between cigarette smoking and muscle strength in Japanese men. *J Prev Med Public Health*, 45, 381-386.

24. Gillett, P. A., White, A. T., & Caserta, M. S. (1996). Effect of exercise and/or fitness education on fitness in older, sedentary, obese women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 4(1), 42-55.
25. Straight, C. R., Dorfman, L. R., Cottell, K. E., Krol, J. M., Lofgren, I. E., & Delmonico, M. J. (2012). Effects of Resistance Training and Dietary Changes on Physical Function and Body Composition in Overweight and Obese Older Adults. *Journal of Physical Activity & Health*, 9(6), 875-883.
26. Tibana, R. A., Navalta, J., Bottaro, M., Vieira, D., Tajra, V., Silva, A. d. O. et al. (2013). Effects of eight weeks of resistance training on the risk factors of metabolic syndrome in overweight/obese women - "A Pilot Study". *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 5.
27. Nishitani, M., Shimada, K., Masaki, M., Sunayama, S., Kume, A., Fukao, K. et al. (2013). Effect of cardiac rehabilitation on muscle mass, muscle strength, and exercise tolerance in diabetic patients after coronary artery bypass grafting. *J Cardiol*, 61(3), 216-221.
28. Mathieu, M. E., Brochu, M., & Beliveau, L. (2008). DiabetAction: changes in physical activity practice, fitness, and metabolic syndrome in type 2 diabetic and at-risk individuals. *Clin J Sport Med*, 18(1), 70-75.
29. Keast, M. L., Slovynec D'Angelo, M. E., Nelson, C. R., Turcotte, S. E., McDonnell, L. A., Nadler, R. E. et al. (2013). Randomized trial of Nordic walking in patients with moderate to severe heart failure. *Can J Cardiol*, 29(11), 1470-1476.
30. Gary, R. A., Cress, M. E., Higgins, M. K., Smith, A. L., & Dunbar, S. B. (2011). Combined aerobic and resistance exercise program improves task performance in patients with heart failure. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(9), 1371-1381.
31. Izawa, K., Hirano, Y., Yamada, S., Oka, K., Omiya, K., & Iijima, S. (2004). Improvement in physiological outcomes and health-related quality of life following cardiac rehabilitation in patients with acute myocardial infarction. *Circ J*, 68(4), 315-320.
32. Wright, D. J., Khan, K. M., Gossage, E. M., & Saltissi, S. (2001). Assessment of a low-intensity cardiac rehabilitation programme using the six-minute walk test. *Clin Rehabil*, 15(2), 119-124.
33. Mroszczyk-McDonald, A., Savage, P. D., & Ades, P. A. (2007). Handgrip strength in cardiac rehabilitation: normative values, interaction with physical function, and response to training. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 27(5), 298-302.

34. Villafañe, J. H., Valdes, K., Bertozzi, L., & Negrini, S. (2014). Minimal clinically important difference of grip and pinch strength in women with thumb carpometacarpal osteoarthritis when compared to healthy subjects. *Rehabilitation Nursing, 0*, 1–8.
35. Kim, J.K., Park, M.G., & Shin, S.J. (2014). What is the minimum clinically important difference in grip strength? *Clin Orthop Relat Res, 472*, 2536–2541.
36. Guerra R. S. & Amaral T. F., (2009). Comparison of hand dynamometers in elderly people. *The Journal of Nutrition, Health & Aging, 13*, 907-912.
37. Oreopoulos, A., Ezekowitz, J. A., McAlister, F. A., Kalantar-Zadeh, K., Fonarow, G. C., Norris, C. M. et al. (2010). Association Between Direct Measures of Body Composition and Prognostic Factors in Chronic Heart Failure. *Mayo Clinic Proceedings, 85*(7), 609-617.

Bijlagen

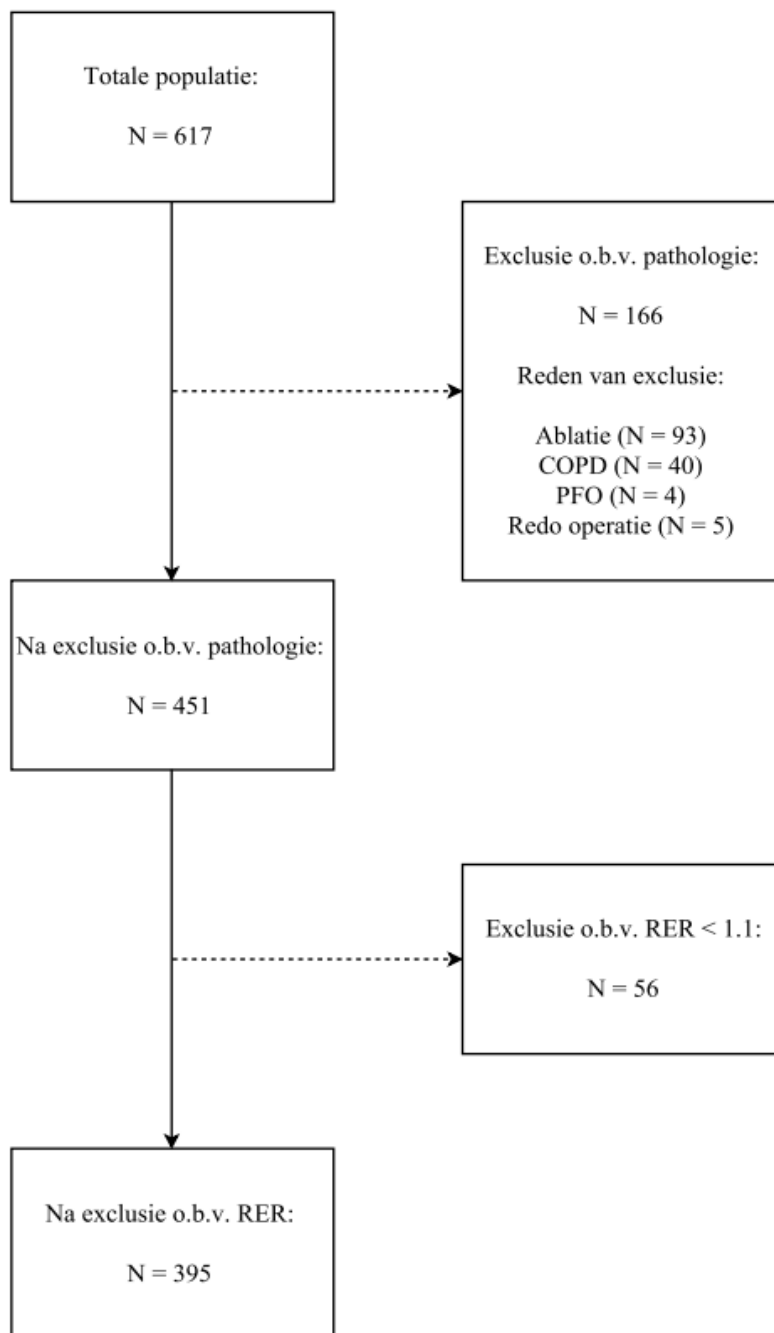


Fig. 1 – Stroomdiagram: cross-sectioneel onderzoek

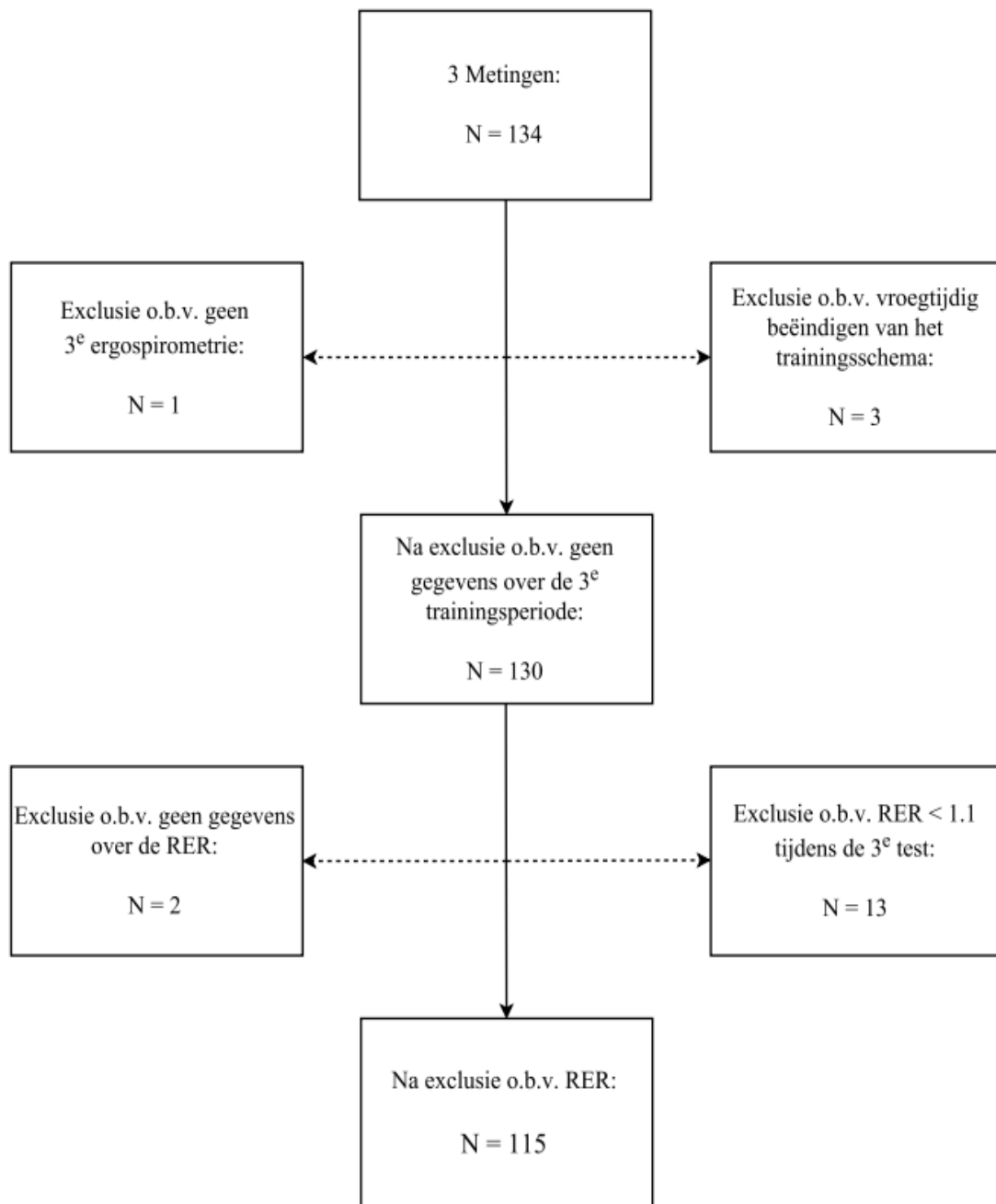


Fig. 2 – Stroomdiagram: prospectieve cohortstudie

Tabel 1 – Referentiewaarde van de risicofactoren

Hypertensie¹
SBD \geq 140 mmHg; of DBD \geq 90 mmHg; of Anti-hypersensitieve medicatie
Hypercholesterolemie²
Totale cholesterol \geq 240 mg/dl (5.2 mmol/l); of Cholesterol verlagende medicatie
Diabetes mellitus³
Nuchtere bloedglucose \geq 126 mg/dl (7.0 mmol/l); of Bloedglucose \geq 200 mg/dl (11.1 mmol/l) en symptomen van diabetes mellitus; of Glycemieregulerende medicatie
Obesitas⁴
BMI < 18.5: ondergewicht BMI 18.5 – 24.9: normaal gewicht BMI 25 – 29.9: overgewicht BMI > 30: obesitas

1. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL Jr, Jones DW, Materson BJ, Oparil S, Wright JT Jr, Rocella EJ. The seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA* 2003; 289: 2560-2572

2. National Cholesterol education program adult treatment Panel III Classification.

3. Copyright © 2008 American Diabetes Association. From *Diabetes Care*®, Vol. 31, Suppl. 1, 2008; S55-S60. Reprinted with permission from the American Diabetes Association.

4. Adapted from National Institutes of Health, 1998, *Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults* (Bethesda, MD: National Institutes of Health).

Tabel 2 – Algemene patiëntkenmerken

Patiëntkenmerken (N = 395)	
Demografische kenmerken	
<i>Leeftijd (jaren, gem. ± SD)</i>	63.25 ± 11.48
<i>Mannen (N (%))</i>	312 (79)
<i>Lichaamslengte (m, gem. ± SD)</i>	1.72 ± 0.09
<i>Lichaamsgewicht (kg, gem. ± SD)</i>	79.77 ± 15.08
<i>BMI (kg/m², gem. ± SD)</i>	27 ± 4.15
<i>Rechtshandig (N (%))</i>	359 (90.9)
<i>Rechts als testhand (N (%))</i>	357 (90.4)
Indicatie	
<i>CAD, zonder infarct (N (%))</i>	168 (42.5)
<i>CAD, met infarct (N (%))</i>	144 (36.5)
<i>CABG (N (%))</i>	39 (9.9)
<i>Endo-ACAB (N (%))</i>	40 (10.1)
<i>PCI (N (%))</i>	240 (60.8)
<i>Hartfalen (N (%))</i>	42 (10.6)
<i>Kleplijden (N (%))</i>	33 (8.4)
<i>PM (N (%))</i>	30 (7.6)
<i>ICD (N (%))</i>	26 (6.6)
Risicofactoren	
<i>Hypertensie (N (%))</i>	366 (92.7)
<i>Hypercholesterolemie (N (%))</i>	361 (91.4)
<i>Diabetes mellitus Type 1 (N (%))</i>	3 (0.8)
<i>Diabetes mellitus Type 2 (N (%))</i>	52 (13.2)
<i>Overgewicht (N (%))</i>	177 (44.8)
<i>Obesitas (N (%))</i>	86 (21.8)
<i>Roker (N (%))</i>	63 (15.9)
<i>Ex-roker (N (%))</i>	128 (32.4)
Medicatie	
<i>Bètablokker (N (%))</i>	299 (75.7)
<i>Ca-A (N (%))</i>	70 (17.7)
<i>ACE-I (N (%))</i>	175 (44.3)
<i>AT2RA (N (%))</i>	43 (10.9)
<i>Diuretica (N (%))</i>	92 (23.3)
<i>Bloedverdunner (N (%))</i>	385 (97.5)
<i>Statine (N (%))</i>	346 (87.6)
<i>Fibraat (N (%))</i>	10 (2.5)
<i>Ezetrol (N (%))</i>	9 (2.3)
<i>Metformine (N (%))</i>	40 (10.1)
<i>Sulfonylurea (N (%))</i>	12 (3)
<i>DPP4-inhibitor (N (%))</i>	11 (2.8)
<i>Insuline analoog (N (%))</i>	14 (3.5)
<i>Nitraat (N (%))</i>	84 (21.3)

Tabel 3 – Fysieke kenmerken van de patiënten

Fysieke kenmerken (N = 395)	
HKK	
<i>HKK (kg, gem. ± SD)</i>	<i>34.36 ± 10.49</i>
<i>voorspelde HKK (%)</i>	<i>94</i>
Inspanningscapaciteit	
<i>Abs W_{piek} (watt, gem. ± SD)</i>	<i>130.78 ± 46.17</i>
<i>Voorspelde W_{piek} (%)</i>	<i>86</i>
<i>Rel W_{piek} (watt/kg, gem. ± SD)</i>	<i>1.65 ± 0.52</i>
<i>Rel VO_{2piek} (ml/kg, gem. ± SD)</i>	<i>19.37 ± 5.11</i>
<i>Voorspelde relVO_{2piek} (%)</i>	<i>66</i>
<i>Abs VO_{2piek} (ml, gem. ± SD)</i>	<i>1539.39 ± 476.19</i>
<i>Voorspelde Abs VO_{2piek} (%)</i>	<i>75</i>
<i>Anaerobe drempel (watt, gem. ± SD)</i>	<i>100.83 ± 40.1</i>

Tabel 4 – Correlatie tussen de HKK en de patiëntkenmerken

	HKK	Significantie
<i>Geslacht</i>	<i>0.33</i>	<i>0.000</i>
<i>CABG</i>	<i>-0.11</i>	<i>0.001</i>
<i>Hartfalen</i>	<i>-0.09</i>	<i>0.007</i>
<i>PM</i>	<i>-0.08</i>	<i>0.019</i>
<i>Roken</i>	<i>0.07</i>	<i>0.044</i>
<i>Lichaamsgewicht</i>	<i>0.12</i>	<i>0.006</i>
<i>Lichaamslengte</i>	<i>0.31</i>	<i>0.000</i>
<i>Leeftijd</i>	<i>-0.2</i>	<i>0.000</i>
$R^2 = 0.592$		

Tabel 5 – Correlatie tussen de HKK, de voorspelde HKK en de fysieke kenmerken

	HKK	Voorspelde HKK (%)
<i>Abs W_{piek}</i>	<i>0.69**</i>	<i>0.35**</i>
<i>Voorspelde Abs W_{piek}</i>	<i>-0.01</i>	<i>0.3**</i>
<i>Rel W_{piek}</i>	<i>0.5**</i>	<i>0.3**</i>
<i>Rel VO_{2piek}</i>	<i>0.41**</i>	<i>0.29**</i>
<i>Voorspelde Rel VO_{2piek}</i>	<i>-0.11*</i>	<i>0.14**</i>
<i>Abs VO_{2piek}</i>	<i>0.64**</i>	<i>0.35**</i>
<i>Voorspelde Abs VO_{2piek}</i>	<i>0.14**</i>	<i>0.31**</i>
<i>Anaerobe drempel</i>	<i>0.64**</i>	<i>0.34**</i>

** Correlatie is significant op 0.01

* Correlatie is significant op 0.05

Tabel 6 - Algemene patiëntkenmerken

Patiëntkenmerken (N = 115)	
Demografische kenmerken	
<i>Leeftijd (jaren, gem. ± SD)</i>	63.3 ± 10.28
<i>Mannen (N (%))</i>	96 (83.5)
<i>Lichaamslengte (m, gem. ± SD)</i>	1.72 ± 0.08
<i>Lichaamsgewicht (kg, gem. ± SD)</i>	79.5 ± 14.68
<i>BMI (kg/m², gem. ± SD)</i>	26.78 ± 4.13
<i>Rechtshandig (N (%))</i>	107 (93)
<i>Rechter testhand (N (%))</i>	106 (92.2)
Indicatie	
<i>CAD, zonder infarct (N (%))</i>	51 (44.3)
<i>CAD, met infarct (N (%))</i>	43 (37.4)
<i>CABG (N (%))</i>	16 (13.9)
<i>Endo-ACAB (N (%))</i>	14 (12.2)
<i>PCI (N (%))</i>	69 (60)
<i>Hartfalen (N (%))</i>	12 (10.4)
<i>Kleplijden (N (%))</i>	12 (10.4)
<i>PM (N (%))</i>	5 (4.3)
<i>ICD (N (%))</i>	8 (7)
Risicofactoren	
<i>Hypertensie (N (%))</i>	73 (63.5)
<i>Hypercholesterolemie (N (%))</i>	107 (93)
<i>Diabetes mellitus Type 1 (N (%))</i>	0 (0)
<i>Diabetes mellitus Type 2 (N (%))</i>	13 (11.3)
<i>Overgewicht (N (%))</i>	48 (41.7)
<i>Obesitas (N (%))</i>	22 (19.1)
<i>Roker (N (%))</i>	16 (13.9)
<i>Ex-roker (N (%))</i>	38 (33)
Medicatie	
<i>Bètablokker (N (%))</i>	90 (78.3)
<i>Ca-A (N (%))</i>	21 (18.3)
<i>ACE-I (N (%))</i>	49 (42.6)
<i>AT2RA (N (%))</i>	8 (7)
<i>Diuretica (N (%))</i>	17 (14.8)
<i>Bloedverdunner (N (%))</i>	110 (95.7)
<i>Statine (N (%))</i>	104 (90.4)
<i>Fibraat (N (%))</i>	2 (1.7)
<i>Metformine (N (%))</i>	11 (9.6)
<i>Sulfonylurea (N (%))</i>	6 (5.2)
<i>DPP4-inhibitor (N (%))</i>	3 (2.6)
<i>Insuline analoog (N (%))</i>	1 (0.9)
<i>Nitraat (N (%))</i>	14 (12.2)

Tabel 7 – Fysieke kenmerken van de patiënten

Fysieke kenmerken (N = 115)	
HKK	
<i>HKK (kg, gem. ± SD)</i>	<i>36.26 ± 10.8</i>
Inspanningscapaciteit	
<i>W_{piek} (watt, gem. ± SD)</i>	<i>136.5 ± 45.47</i>
<i>Rel VO_{2piek} (VO₂/kg, gem. ± SD)</i>	<i>19.82 ± 5.24</i>
<i>Abs VO_{2piek} (VO₂, gem. ± SD)</i>	<i>1572.78 ± 486.61</i>
<i>Anaerobe drempel (watt, gem. ± SD)</i>	<i>107.06 ± 40.89</i>

Tabel 8 – Trainingsparameters van meetmoment 1 tot 2

Meetmoment 1 tot 2 (N = 115)	
<i>Sessieduur (min, gem. ± SD)</i>	<i>39.13 ± 4.18</i>
<i>Wattage (watt, gem. ± SD)</i>	<i>65.57 ± 23.27</i>
<i>Intensiteit (%)</i>	<i>48.5</i>
<i>Krachttraining (%)</i>	<i>15</i>
<i>Krachtsessies (N, gem. ± SD)</i>	<i>1.41 ± 4.04</i>
<i>Intervaltraining (N, gem. ± SD)</i>	<i>2.1 ± 3.94</i>
<i>Uithoudingstraining (N, gem. ± SD)</i>	<i>14.99 ± 5.53</i>
<i>Totaal aantal trainingssessies (N, gem. ± SD)</i>	<i>17.1 ± 4.45</i>
<i>Duur (weken, gem. ± SD)</i>	<i>7.44 ± 2.02</i>
<i>Frequentie (sessies per week, gem. ± SD)</i>	<i>2.35 ± 0.47</i>

Tabel 9 - Trainingsparameters van meetmoment 2 tot 3

Meetmoment 2 tot 3 (N = 115)	
<i>Sessieduur (min, gem. ± SD)</i>	<i>45.82 ± 5.52</i>
<i>Wattage (watt, gem. ± SD)</i>	<i>98.46 ± 35.28</i>
<i>Intensiteit (%)</i>	<i>66.5</i>
<i>Krachttraining (%)</i>	<i>32</i>
<i>Krachtsessies (N, gem. ± SD)</i>	<i>4.26 ± 7.48</i>
<i>Intervaltraining (N, gem. ± SD)</i>	<i>8.9 ± 9.05</i>
<i>Uithoudingstraining (N, gem. ± SD)</i>	<i>9.47 ± 9.11</i>
<i>Totaal aantal trainingssessies (N, gem. ± SD)</i>	<i>18.37 ± 5.79</i>
<i>Duur (weken, gem. ± SD)</i>	<i>9.39 ± 3.64</i>
<i>Frequentie (sessies per week, gem. ± SD)</i>	<i>2.07 ± 0.55</i>

Tabel 10 - Trainingsparameters van meetmoment 1 tot 3

Meetmoment 1 tot 3 (N = 115)	
<i>Sessieduur (min, gem. ± SD)</i>	49.88 ± 6.94
<i>Wattage (watt, gem. ± SD)</i>	109.57 ± 39.04
<i>Intensiteit (%)</i>	69.5
<i>Krachttraining (%)</i>	34
<i>Krachtsessies (N, gem. ± SD)</i>	5.67 ± 10.07
<i>Intervaltraining (N, gem. ± SD)</i>	11.01 ± 10.83
<i>Uithoudingstraining (N, gem. ± SD)</i>	24.46 ± 10.52
<i>Totaal aantal trainingssessies (N, gem. ± SD)</i>	35.47 ± 5.38
<i>Duur (weken, gem. ± SD)</i>	16.83 ± 3.61
<i>Frequentie (sessies per week, gem. ± SD)</i>	2.17 ± 0.43

Tabel 11 – De HKK bij elk meetmoment

HKK-waarde (kg, gem. ± SD)	
HKK 1	36.26 ± 10.79
HKK 2	37.57 ± 10.82
HKK 3	38.43 ± 10.15

Tabel 12 – Evolutie van de HKK gedurende de trainingsperiode

	ΔHKK (kg, gem. ± SD)	Significantie
HKK 1 – HKK2	1.36 ± 4.99	0.005
HKK 2 – HKK 3	0.82 ± 4.48	0.058
HKK 1 – HKK	2.17 ± 5.63	0.000

Tabel 13 – Correlatie tussen de verbetering in HKK en de trainingsparameters

	Correlatie	Significantie
HKK1	-0.33	0.000
Krachtsessies3	-0.2	0.027

$R^2 = 0.112$

Tabel 14 - Correlatie tussen de HKK, de voorspelde HKK en de fysieke kenmerken

	ΔHKK	ΔVoorspelde HKK
ΔAbs W_{piek}	0.19*	0.18
ΔRel W_{piek}	0.24*	0.25**
ΔRel $VO_{2\text{piek}}$	0.11	0.01
ΔAbs $VO_{2\text{piek}}$	0.1	0.1
ΔAnaerobe drempel	0.19*	0.18

** Correlatie is significant op 0.01

* Correlatie is significant op 0.05

Tabel 15 - De W_{piek} bij elk meetmoment

	W_{piek} (watt, gem. \pm SD)
W_{piek1}	136.5 \pm 45.47
W_{piek2}	152.47 \pm 52.19
W_{piek3}	162.8 \pm 57.6

Tabel 16 - Evolutie van de W_{piek} gedurende de trainingsperiode

	ΔW_{piek} (watt, gem. \pm SD)	Significantie
$W_{\text{piek2}} - W_{\text{piek1}}$	15.9 \pm 16.35	0.000
$W_{\text{piek3}} - W_{\text{piek2}}$	10.33 \pm 15.81	0.000
$W_{\text{piek3}} - W_{\text{piek1}}$	26.05 \pm 22.93	0.000

Tabel 17 - De Rel $VO_{2\text{piek}}$ bij elk meetmoment

	$VO_{2\text{piek}}$ (VO_2/kg, gem. \pm SD)
Rel $VO_{2\text{piek1}}$	19.82 \pm 5.24
Rel $VO_{2\text{piek2}}$	21.43 \pm 5.79
Rel $VO_{2\text{piek3}}$	22.57 \pm 5.97

Tabel 18 - Evolutie van de $VO_{2\text{piek}}$ gedurende de trainingsperiode

	$\Delta VO_{2\text{piek}}$ (VO_2/kg, gem. \pm SD)	Significantie
$VO_{2\text{piek2}} - VO_{2\text{piek1}}$	1.7 \pm 2.57	0.000
$VO_{2\text{piek3}} - VO_{2\text{piek2}}$	1.14 \pm 2.43	0.000
$VO_{2\text{piek3}} - VO_{2\text{piek1}}$	2.85 \pm 3.35	0.000

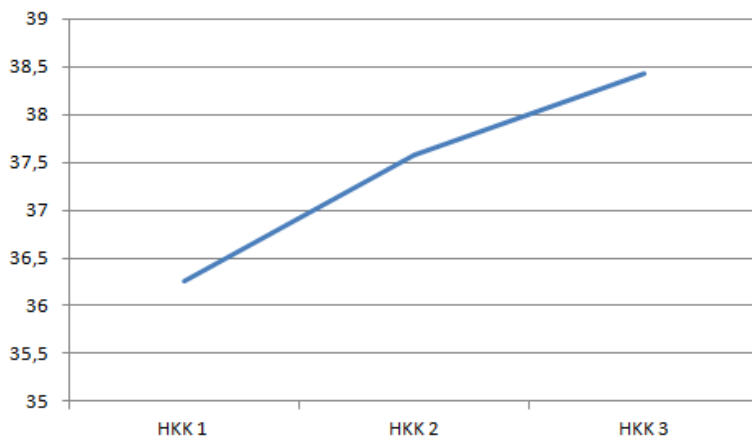


Fig. 3 – Evolutie van de HKK gedurende de trainingsperiode

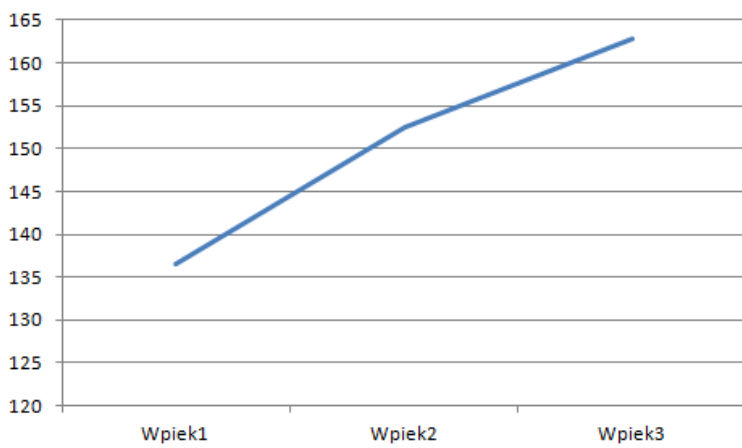


Fig. 4 – Evolutie van de W_{piek} gedurende de trainingsperiode

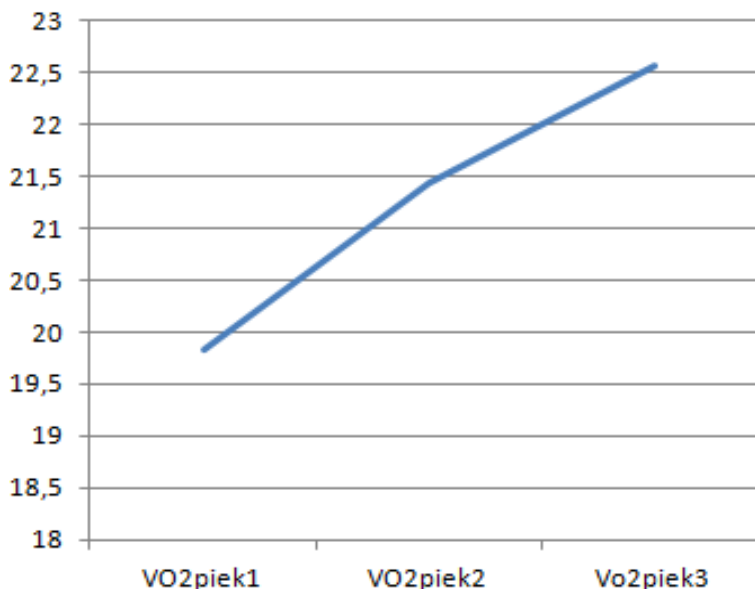


Fig. 5 – Evolutie van de $VO_{2\text{piek}}$ gedurende de trainingsperiode

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

De klinische relevantie van handknijpkracht binnen de cardiovasculaire revalidatie

Richting: **master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie-revalidatiewetenschappen en kinesitherapie bij musculoskeletale aandoeningen**

Jaar: **2016**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Foets, Wouter

Segers, Gert