



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Revalidatiewetenschappen

master in de revalidatiewetenschappen en de kinesietherapie

Masterthesis

Het verschil in cardiopulmonaire inspanningscapaciteit tijdens een revalidatieprogramma tussen endo-CABG en klassieke CABG patiënten

Pepijn De Burggrave
Amber Lafosse

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen en de kinesietherapie, afstudeerrichting revalidatiewetenschappen en kinesietherapie bij kinderen

PROMOTOR :

Prof. dr. Dominique HANSEN



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be
Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2020
2021



Faculteit Revalidatiewetenschappen

master in de revalidatiewetenschappen en de kinesietherapie

Masterthesis

Het verschil in cardiopulmonaire inspanningscapaciteit tijdens een revalidatieprogramma tussen endo-CABG en klassieke CABG patiënten

Pepijn De Burggrave

Amber Lafosse

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen en de kinesietherapie, afstudeerrichting revalidatiewetenschappen en kinesietherapie bij kinderen

PROMOTOR :

Prof. dr. Dominique HANSEN

Woord vooraf

Als eerste willen we onze promotor Prof. dr. Hansen bedanken voor de goede begeleiding. Hiernaast gaat onze dankbetuiging ook uit naar de kinesitherapeuten van het Revalidatie en Gezondheidscentrum (ReGo) die ons altijd met raad en daad hebben bijgestaan. Ook willen wij in het bijzonder meneer Kim Bonné bedanken die paramedisch diensthoofd is van het ReGo voor de goede samenwerking. Ondanks de beperkingen die COVID-19 met zich mee bracht, kregen we in het Jessa Ziekenhuis toch alle kansen en boden ze ons creatieve oplossingen aan waarvoor we dankbaar zijn.

Situering

De retrospectieve studie kadert binnen de revalidatie van inwendige (cardiale) aandoeningen.

Coronaire hartziekten vormen een wereldwijd probleem. Het 'Institute for Health Metrics and Evaluation' (IHME) publiceerde gegevens over de globale situatie anno 2019. 16.17% (14.96-16.92%) van alle overlijdens wereldwijd in dat jaar waren te wijten aan coronaire ischemische hartziekten, wat zich vertaalde in 7.19% (6.46-7.95%) van alle Disability-adjusted life years (DALY's) wereldwijd. Het percentage van het aantal overlijdens in 2018 ten gevolge van hart- en vaatziekten in het Vlaams Gewest is 25.3% voor mannen en 28.8% voor vrouwen. Gemiddeld was dit een percentage van 27% van alle doodsoorzaken van dat jaar in het Vlaams Gewest. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest stierf gemiddeld 25% aan hart- en vaatziekten en in het Waals Gewest 24% in het jaar 2018. Samen met kanker behoren hart- en vaatziekten tot de belangrijkste groep van doodsoorzaken ("Doodsoorzaken", 2021).

Wanneer men kijkt naar de behandeling van coronaire hartziekten wordt een chirurgische ingreep vaak toegepast. Over invasieve operatietechnieken waarbij een sternotomie wordt uitgevoerd is al veel geweten. Over minimale invasieve operatietechnieken die in plaats van een sternotomie incisies maken in de intercostale ruimtes is niet voor elke operatietechniek evenveel evidentie beschikbaar. Door de opmars van deze minimaal invasieve operatietechnieken bestaat de kans dat de uniforme revalidatieprogramma's die nu worden toegepast niet meer up-to-date zijn. Enkele vragen dienen hier ook gesteld te worden. Hebben patiënten met een minimaal invasieve ingreep minder nood aan revalidatie? Zo ja, is het dan nog geoorloofd om patiënten met een minimaal invasieve ingreep hetzelfde revalidatieprogramma te geven als patiënten met een invasieve ingreep?

De data-acquisitie werd uitgevoerd in het Revalidatie en Gezondheidscentrum (ReGo) dat verbonden is aan het Jessa Ziekenhuis te Hasselt. De cardiale chirurgie werd uitgevoerd aan het Jessa Ziekenhuis.

De masterproef is een alleenstaande studie die niet loopt binnen een ander onderzoeksproject. Het werk werd evenredig verdeeld tussen Amber Lafosse en Pepijn De Burggrave. Zowel de bepaling van het onderzoeksdesign als de methode, de data-acquisitie, de dataverwerking en het academisch schrijfproces werden opgesteld in samenspraak met Prof. dr. Hansen en volledig zelfstandig

uitgevoerd. Het rekruteren van deelnemers is in deze studie niet aan de orde aangezien het over een retrospectieve studie gaat. De methode werd deels gebaseerd op de studie van Hansen et al. (2017).

Referentielijst

Doodsoorzaken. (2021). Retrieved 15 May 2021, from <https://www.statistiekvlaanderen.be/nl/doodsoorzaken>

GBD Compare | IHME Viz Hub. (2020). Retrieved 5 February 2021, from <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>

Hansen, D., Roijackers, R., Jackmaert, L., Robic, B., Hendrikx, M., & Yilmaz, A. et al. (2017). Compromised Cardiopulmonary Exercise Capacity in Patients Early After Endoscopic Atraumatic Coronary Artery Bypass Graft. *American Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation*, 96(2), 84-92. doi: 10.1097/phm.0000000000000544

Abstract

Achtergrond: Er is slechts beperkte wetenschappelijke evidentie rond de inspanningscapaciteit van Endoscopic Coronary Artery Bypass Grafting (endo-CABG) patiënten na een revalidatieprogramma en hoe ze verschillen met klassieke CABG patiënten.

Doelstellingen: Het doel van het onderzoek is om de mogelijke significante verschillen tussen endo-CABG patiënten en CABG patiënten op vlak van inspanningscapaciteit en longfunctie aan te tonen na het volgen van een 12 weken durend revalidatieprogramma.

Participanten: 25 patiënten ondergingen een CABG operatie en 31 patiënten een endo-CABG operatie in het Jessa Ziekenhuis tussen januari 2014 en januari 2021. Alle patiënten volgden een volledig revalidatieprogramma aan het Revalidatie en Gezondheidscentrum (ReGo) te Hasselt.

Metingen: Baseline metingen van de inspanningscapaciteit en longfunctie werden onderzocht met een cardiopulmonaire inspanningstest binnen de 45 dagen na de operatie. Tijdens week zes van de revalidatie werden deze metingen herhaald alsook tijdens week 12. De gemeten parameters waren zuurstofopname, koolstofdioxide output, respiratoire gasuitwisselingsverhouding, ventilatoir equivalent voor koolstofdioxide output, ventilatoir equivalent voor zuurstofopname, fietsweerstand, eind tidale zuurstofdruk, eind tidale koolstofdioxidedruk, hartslag, zuurstofpols, ademminuutvolume, teugvolume, ademhalingsfrequentie, één seconde waarde, geforceerde vitale capaciteit, Tiffeneau-index, percentage van voorspelde FEV en percentage van voorspelde FVC.

Resultaten: Bij de tussentijdse evaluatie behaalde de endo-CABG groep een significant grotere vooruitgang in zuurstofopname op de tweede ventilatoire drempel (289.27 ± 126.13 vs. 172.44 ± 167.23 ml/min, $P < 0.050$) en in zuurstofopname (334.30 ± 197.68 vs. 177.76 ± 183.73 ml/min, $P < 0.050$) en wattage (28.57 ± 14.51 vs. 17.48 ± 17.38 W, $P < 0.050$) op de piekmeting. Enkel de fietsweerstand (41.03 ± 20.35 vs. 27.56 ± 20.35 W, $P < 0.050$) en het ademminuutvolume (11.77 ± 10.92 vs. 5.04 ± 12.09 ml, $P < 0.050$) bij piekmeting waren significant verschillend in het voordeel van de endo-CABG groep wanneer men de ergospirometrie post-revalidatie vergeleek met de ergospirometrie op baseline.

Conclusie: Zowel de endo-CABG groep als de CABG groep hebben beiden een significante vooruitgang geboekt op de cardiopulmonaire inspanningsparameters na het revalidatieprogramma van 12 weken. De endo-CABG patiënten leken tussentijds echter een grotere vooruitgang te maken in vergelijking met de CABG patiënten voor enkele parameters maar het verschil bleek finaal eerder beperkt.

Sleutelwoorden: endo-CABG, CABG, revalidatie, cardiopulmonaire inspanningscapaciteit, CPET

Inleiding

Oorspronkelijk werd cardiale chirurgie ter behandeling van coronaire atherosclerose uitsluitend op een invasieve manier uitgevoerd, vaak via een Coronary Artery Bypass Grafting (CABG). Men heeft opgemerkt dat deze invasieve cardiale chirurgie door middel van een sternotomie toch wel wat complicaties met zich kan meebrengen zoals vergrote morbiditeit tot zelfs mortaliteit, wondinfecties en pleurale effusies (Lapierre, Chan, Sohmer, Mesana, & Ruel, 2011). Daarom heeft men minimaal invasieve operatietechnieken ontwikkeld als alternatieve opties die ervoor moeten zorgen dat personen na cardiale chirurgie sneller en beter zouden herstellen. Wereldwijd worden deze minimaal invasieve technieken ondertussen veelvuldig gebruikt en is bewezen dat ze leiden tot excellente postoperationele resultaten zoals een verkorte herstelperiode voor de patiënt (Poston et al., 2008), een lagere transfusiegraad, minder wondinfecties, een kortere hospitalisatieduur en een lagere mortaliteitsgraad (Lapierre, Chan, Sohmer, Mesana, & Ruel, 2011).

Echter toonde het onderzoek van Hansen et al. (2017) aan dat er zowel bij de invasieve CABG techniek als bij een minimaal invasieve variant genaamd Endoscopic Atraumatic Coronary Artery Bypass (endo-ACAB) een gelijk gedaalde inspanningscapaciteit en ventilatoire functie vroeg postoperatief aanwezig was. Daarom zou het interessant zijn om te onderzoeken of er een gelijkaardig effect is bij Endoscopic Coronary Artery Bypass Grafting (endo-CABG) patiënten, een andere minimaal invasieve ingreep. Een endo-CABG ingreep voert men uit wanneer er een stenose is van meerdere coronaire arteriën en maakt gebruik van een cardiopulmonaire bypass waar endo-ACAB enkel uitgevoerd wordt bij eenvatslijden van de voorste coronaire arteriën en geen bypass vereist ("cardio chirurgie", 2015). Op dit moment is er immers beperkte wetenschappelijke evidentie beschikbaar over de cardiopulmonaire toestand van patiënten met de endo-CABG methode op de grootste medische databases zoals PubMed en Web of Science.

De richtlijnen van de European Society of Cardiology (ESC) en de European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) stellen dat een myocardiale revascularisatie aangevuld moet worden door medische therapie en andere secundaire preventiestrategieën, dit om permanente veranderingen in levensstijl en de modificatie van risicofactoren te bekomen (Neumann et al., 2018). Cardiale revalidatie wordt dus gezien als een essentieel onderdeel van de postoperatieve behandeling en er is sterke evidentie van hoge kwaliteit die stelt dat het symptomen verder kan verbeteren en dat het leidt tot een lagere morbiditeit en mortaliteit op een kostenefficiënte manier (Neumann et al.,

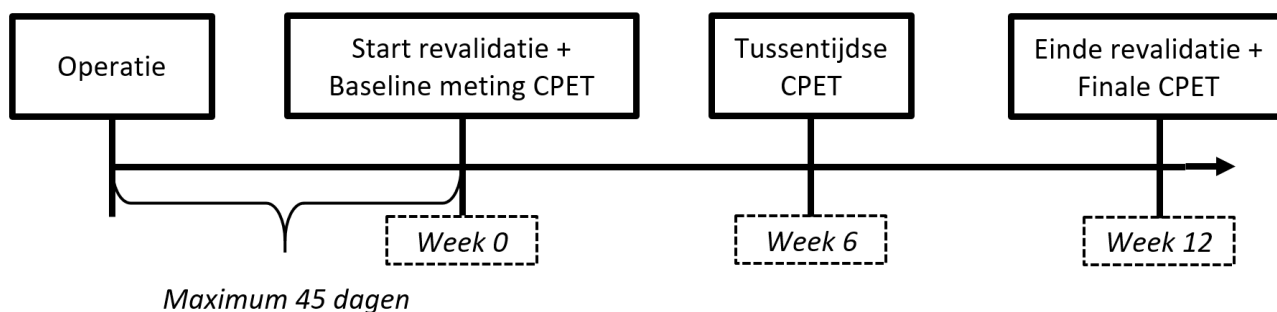
2018). Boujema et al. (2019); dos Santos et al. (2019); Moholdt et al. (2009) en Spiroski et al. (2017) onderzochten allen het effect van een revalidatieprogramma met actieve oefentherapie op fysieke parameters bij CABG patiënten. Zo zagen deze studies op het einde van het revalidatieprogramma een significante vooruitgang in piek zuurstofopname (variërend van +1.53 ml/kg/min tot +3.2 ml/kg/min). Boujema et al. (2019) en Spiroski et al. (2017) stelden beiden ook een significante vooruitgang in piek fietsweerstand vast (van +9.81W tot +37W). Ook ademminuutvolume (+8.04 l/min) en heart rate recovery op een minuut (+2.34 bpm) veranderden significant in de studie van Spiroski et al. (2017), alsook de high-density-lipoproteïne cholesterolconcentratie (+8 mg/dl) in de studie van Boujema et al. (2019). Ook hier is er, zover de auteurs van dit onderzoek weten, geen eerder onderzoek uitgevoerd naar de veranderingen in cardiopulmonaire toestand van endo-CABG patiënten die een 12 weken durend revalidatieprogramma doorliepen, en of dit dan verschilt van CABG patiënten.

De onderzoeksvraag is of de inspanningscapaciteit en longfunctie na een endo-CABG operatie significant verschillen van deze bij CABG patiënten na het volgen van een 12 weken durend revalidatieprogramma. De hypothese die gesteld wordt is dat er geen significant verschil is in inspanningscapaciteit en longfunctie tussen patiënten die een endo-CABG operatie hebben gekregen of een CABG operatie na het volgen van een 12 weken durend revalidatieprogramma. Deze hypothese werd beredeneerd op basis van de resultaten van het onderzoek van Hansen et al. (2017) zoals bovenstaand beschreven.

Methode

Onderzoeksdesign

De studie volgt een retrospectief design. Er werd geen randomisatie tot de verschillende ingrepen gedaan voor de participanten. Echter komt dit overeen met hoe dit in de realiteit wordt uitgevoerd en zou men ethische bezwaren kunnen maken tegen het willekeurig opleggen van een bepaalde chirurgietechniek aan een patiënt. De baseline metingen van de inspanningscapaciteit en longfunctie werden uitgevoerd voor alle participanten binnen een tijdslimiet van 45 dagen na de operatie. Tijdens week zes van het revalidatieprogramma werd er een nieuwe meting van de inspanningscapaciteit en longfunctie uitgevoerd en eveneens tijdens week 12 dat tevens de laatste week van het revalidatieprogramma was. Er werd ook een postoperatieve matching doorgevoerd in de resultaten tussen de groepen voor volgende karakteristieken: BMI, leeftijd en geslacht.



Figuur 1. Verloop van onderzoek.

Medische ethiek

De ethische toetsingscommissie van het Jessa Ziekenhuis keurde de studie met studienummer 2020/117 goed op 13/10/2020. Er werd op 09/12/2020 een amendement toegevoegd aan de studie. Dit werd op 11/12/2020 goedgekeurd. Alle documenten werden ingediend via CASTOR SMS.

Participanten

De geïncludeerde patiënten ondergingen een CABG of endo-CABG operatie in het Jessa Ziekenhuis te Hasselt (België) tussen januari 2014 en januari 2021. Tevens volgden ze een 12 weken durend revalidatieprogramma en meerdere ergospirometrie metingen in het Revalidatie en Gezondheidscentrum (ReGo).

Patiëntengegevens van voor 2014 konden niet gebruikt worden aangezien bij deze patiënten de gebruikte chirurgie protocollen kunnen verschillen van de huidige gehanteerde protocollen.

Een a priori powercalculatie werd niet uitgevoerd omdat er onvoldoende gegevens beschikbaar waren.

Inclusiecriteria

Deze werden deels opnieuw opgesteld op basis van voorgaand onderzoek door Hansen et al. (2017).

- Zowel mannen als vrouwen
- Alle leeftijden
- Conservatieve CABG ingreep of endo-CABG ingreep
- Voorafgaande percutane coronaire interventie en/of myocardinfarct toegestaan
- Volledig revalidatieprogramma van 12 weken gevolgd
- Maximale inspanningstest uitgevoerd tijdens de drie opeenvolgende metingen in de studie
- Baseline metingen werden niet later dan 45 dagen na de operatie afgenomen

Exclusiecriteria

Deze werden deels opnieuw opgesteld op basis van voorgaand onderzoek door Hansen et al. (2017).

- Pulmonaire, neurologische, oncologische en/of nefrologische aandoeningen
- Andere cardiologische aandoeningen (zoals hartfalen en kleplijden)
- Voorgaande CABG ingreep of klepvervangning
- Abnormaal peri- of postoperatief verloop (complicaties als wondinfecties, pneumonie, coronaire reïnterventie, etc.)

Procedure

De gegevens van patiënten die een endo-CABG operatie of een CABG operatie ondergingen en voldeden aan de selectiecriteria zijn geïnccludeerd in de studie. De klassieke on-pump CABG operatie werd uitgevoerd door middel van een mediane sternotomie. Tijdens de operatie werden de patiënten gekoppeld aan een open-circuit extracorporale circulatie oftewel een cardiopulmonaire bypass. De aorta werd afgeklemd, de lichaamstemperatuur werd verlaagd tot 34 °C en het hart werd kunstmatig stilgelegd door middel van een cardioplegia. Deze operatiemethode werd uitgevoerd door meerdere chirurgen werkzaam in het Jessa Ziekenhuis die dezelfde techniek hanteerde.

De endo-CABG operatie werd uitgevoerd met behulp van endoscopische technieken. Eerst werden de linker en/of de rechter arteria mammaria interna (LIMA en RIMA) via drie kleine openingen van ± vijf millimeter in intercostaalruimte twee, drie en vier vrij geprepareerd. Hierna voerde men een anterolaterale mini-thoracotomie uit (incisie van drie à vier centimeter) in de geselecteerde intercostale ruimte. De selectie van de intercostaal ruimte werd gebaseerd op de locatie van de

stenotische coronaire arterie/ arteriën. Meestal is dit intercostaalruimte twee en drie. Vervolgens werden de bypassen uitgevoerd naar de stenotische coronaire arteriën. Deze techniek werd uitgevoerd met behulp van een cardiopulmonaire bypass ("cardio chirurgie", 2015; Yilmaz et al., 2020) en werd gehanteerd en uitgevoerd door meerdere chirurgen van het Jessa Ziekenhuis waar Dr. Alaadin Yilmaz de meeste operaties van uitvoerde.

Alle patiënten ontvingen dezelfde initiële kinesitherapie na de operatie, ongeacht de chirurgische techniek. De therapie werd gestart op intensieve zorgen als de patiënten stabiel werden bevonden (coöperatief, stabiele hartslag en bloeddruk, afwezigheid van aritmieën en myocardischemie). Op intensieve zorgen kregen de patiënten 15 minuten per dag ademhalingsoefeningen en werd er gradueel gemobiliseerd. De patiënten werden van zit naar stand gebracht en wandelden enkele meters in de kamer, bijkomstig werden er ook nog specifieke mobiliteitsoefeningen voor de benen aangeboden. Wanneer de patiënten de intensieve zorgen mochten verlaten werden hier ook nog uithoudingsoefeningen [wandelen, fietsergometer (60-70 toeren/minuut (rpm)) of een arm ergometer (60-80 rpm)] voor 30 minuten per dag aan toegevoegd aan een lage intensiteit (hartslag < 120 hartslagen/minuut). Gedurende het hele ziekenhuisverblijf kregen de patiënten ook een ademhalingsapparaat om autonome ademhalingsoefeningen mee uit te voeren.

De participanten namen drie keer per week deel aan het revalidatieprogramma en dit voor 12 weken. Elke trainingssessie had een duur van 60 minuten. Een trainingsprogramma bestond uit 17 minuten fietsen op een fietsergometer samen met 13 minuten wandelen op een loopband. De overige 30 minuten werden besteed aan aanvullende trainingsmodaliteiten: gebruik van armfiets en/of crosstrainer en/of krachtoefeningen op de leg press/leg extension. Het werd individueel bepaald of de participant ook trainde op de armfiets, de crosstrainer of aan krachttraining deed. Het wattage van de fietsergometer werd gebaseerd op het wattage dat werd getrapt wanneer de eerste ventilatoire drempel (VT1) werd bereikt op de baseline ergospirometrie test. Hierna werd het wattage tijdens elke trainingssessie verhoogd tot het uiteindelijke wattage dat werd getrapt wanneer de tweede ventilatoire drempel (VT2) werd bereikt op de baseline ergospirometrie. De snelheid van de loopband werd opgebouwd tot \pm vijf km/u. Het wattage van de armfiets was op de start van het revalidatieprogramma \pm 15 W en dit werd opgebouwd tot \pm 35 W. Krachtoefeningen werden alleen uitgevoerd wanneer de participant op de baseline ergospirometrie onder de 80% van het verwachte maximale wattage presteerde. Wanneer dit het geval was werd er een één repetition maximum (1RM) bepaling gedaan op de leg press/leg extension. Van daaruit

werd er aan 65% van de 1RM getraind, drie reeksen, 12-15 herhalingen. Daarna werd ook hier verder in opgebouwd.

De informatie van het trainingsprotocol werd opgesteld met behulp van het paramedisch diensthoofd van het ReGo.

Uitkomstmaten

Primaire uitkomstmaten

De primaire uitkomstmaten zijn: piek zuurstofopname ($VO_{2\text{piek}}$, mL/min), zuurstofopname (VO_2 , mL/min) op de eerste ventilatoire drempel (VT_1) en zuurstofopname op de tweede ventilatoire drempel (VT_2).

Secundaire uitkomstmaten

De secundaire uitkomstmaten zijn: koolstofdioxide output (VCO_2 , mL/min), respiratoire gasuitwisselingsverhouding (RER), ventilatoir equivalent voor koolstofdioxide output (VE/VCO_2), ventilatoir equivalent voor zuurstofopname (VE/VO_2), fietsweerstand (W), eind tidale zuurstofdruk ($PETO_2$, mmHg), eind tidale koolstofdioxidedruk ($PETCO_2$, mmHg), hartslag (HR, beats/min), zuurstofpols (VO_2/HR , mL), ademminuutvolume (VE, L/min), teugvolume (VT, L), ademhalingsfrequentie (RR, breaths/min), één seconde waarde (FEV 1, L), geforceerde vitale capaciteit (FVC, L), Tiffeneau-index (FEV/FVC, %), percentage van voorspelde FEV (FEV%), percentage van voorspelde FVC (FVC%).

Metingen

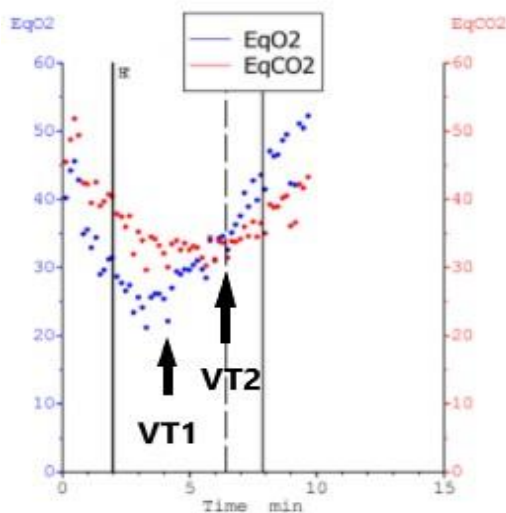
Gegevens uit medisch dossier

De gegevens uit het medisch dossier waren: geslacht, leeftijd, lengte, gewicht, BMI, hospitalisatieduur, postoperatieve complicaties, risicoprofiel (hypertensie, hypercholesterolemie, diabetes, familiale predispositie voor cardiovasculaire aandoeningen, roken bij start van revalidatieprogramma), medicatiegebruik (anticoagulantia, anti-aritmica, vasodilatoren, bètablokkers, metformine, statines, calcium antagonisten, angiotensine convertende enzymen inhibitoren [ACE-inhibitoren], dipeptidyl peptidase-4 remmers [DPP-4 remmers], sulfamiden, insuline), coronair profiel (gerevasculariseerde arteries en acuut myocard infarct), tijd tussen operatie en eerste ergospirometrie meting, tijd tussen operatie en start revalidatie en naam van de chirurg die de operatie uitvoerde.

Ergospirometrie

Het meten van de inspanningscapaciteit gebeurde door middel van een maximale cardiopulmonaire inspanningstest (CPET). De test werd uitgevoerd op een fietsergometer (Ergofit GmbH & Co, Pirmasens, Duitsland). Het begin wattage van de fietsweerstand en de opbouw van de belastingsgraad lag tussen 10-40 W en werd bepaald aan de hand van de leeftijd en het geslacht van de participanten. De weerstand werd elke minuut verhoogd met 10-25 W tot uitputting. De fietsfrequentie van 70 rpm moest worden volgehouden door de participanten. De test stopte wanneer de participant een fietsfrequentie van 60 rpm niet langer konden volhouden. De gasuitwisseling werd continu gemeten door middel van een spectrometer en een volume turbine systeem (Jaeger CPX Metabolic Cart, CareFusion GmbH). Om de tien seconde werd er van de geobserveerde data een gemiddelde berekend. De volgende parameters werden geanalyseerd: VO_2 , VCO_2 , VE, VE/VO_2 , VE/VCO_2 , VT, RR, RER, $PETO_2$ en $PETCO_2$. Ook werd er gebruikgemaakt van een 12-gangen echocardiografie waar het hartritme continu mee gemonitord werd en waarvan ook om de tien seconde een gemiddelde werd berekend. Ook kan de VO_2/HR verhouding hieruit berekend worden. De piek VO_2 werd vergeleken met de referentiewaarde van Fairbairn et al. (1994) en werd weergegeven als % voorspelde VO_2 piek. Het maximale wattage van de fietsweerstand werd ook meegenomen als parameter. De gegevens gemeten op VT1, op VT2 en op piek inspanningscapaciteit werden geanalyseerd. In het Oxycon summary report dat werd gegenereerd tijdens een ergospirometrie meting werden alle gegevens weergegeven. De VT1 werd bepaald met het laagste punt in de VE/VO_2 ten opzichte van de work rate relatie vooraleer de VE/VO_2 begint te stijgen en de VT2 gelijkaardig met het laagste punt in de VE/VCO_2 ten opzichte van de work rate relatie. Deze methodes worden in Hansen et al. (2021), gesteund door de Europese Associatie voor Preventieve Cardiologie (EAPC), beschreven als de geprefereerde methode om deze drempels te bepalen. In figuur 2 werd de methode visueel voorgesteld. De twee zwarte pijlen geven respectievelijk VT1 en VT2 weer. De participanten werden verbaal aangemoedigd om een maximale inspanningstest af te leggen die gebaseerd werd op een RER > 1.10. Er werd ook een controle uitgevoerd op basis van zichtbare feiten zoals moeheid, pijn aan de benen, et cetera door een externe onderzoeker.

De longfunctie testen werden uitgevoerd met behulp van een ergospirometrie apparaat (Jaeger CPX Metabolic Cart, CareFusion GmbH, Höchberg, Duitsland). De participanten droegen een masker en er werd gevraagd om maximaal in te ademen en dan ook weer snel maximaal uit te ademen. De parameters die hier uit geanalyseerd werden zijn: FEV₁, FVC en FEV₁/FVC. De uitkomsten van deze parameters werden vergeleken met referentiewaarden en uitgedrukt als FEV% en FVC%.



Figuur 2. VE/VO₂ en VE/VCO₂ equivalenten.

Data analyse

De statistische analyse werd uitgevoerd met behulp van SAS JMP PRO 15 (SAS institute: North Carolina, Verenigde Staten).

Voor de statistische analyse van de continue data werd er gekeken of de data van beide groepen (CABG groep en endo-CABG groep) normaal verdeeld waren en of de varianties gelijk zijn. De normaliteit werd bepaald met de Shapiro-Wilk test en het bepalen van de varianties met de Brown-Forsythe test. Als de data normaal verdeeld waren en de varianties gelijk waren, werd er een twee steekproeven T-test uitgevoerd op de data. Als bleek dat de data niet normaal verdeeld waren maar de varianties wel gelijk waren, werd de Wilcoxon Rank Sum test uitgevoerd om na te gaan of er een significant verschil was tussen beide groepen.

Wanneer de data categorisch waren, werd er gekeken of de expected values voldeden aan de voorwaarde, namelijk alle $E_{ij} \geq 5$ vijf. Wanneer de data voldeden aan de voorwaarde, werd de Pearson test toegepast. Wanneer er niet werd voldaan aan de voorwaarde werd de Fisher's exact test gebruikt om na te gaan of er een significant verschil was tussen beide groepen. Om de verschillen tussen de populatie na te gaan werd een delta berekening gemaakt. Dit werd uitgevoerd voor zowel het verschil tussen de eerste en tweede CPET alsook tussen de tweede en derde CPET en finaal tussen de eerste en derde CPET. Hier werd ook de normaliteit, variabiliteit en significantie nagegaan tussen de groepen.

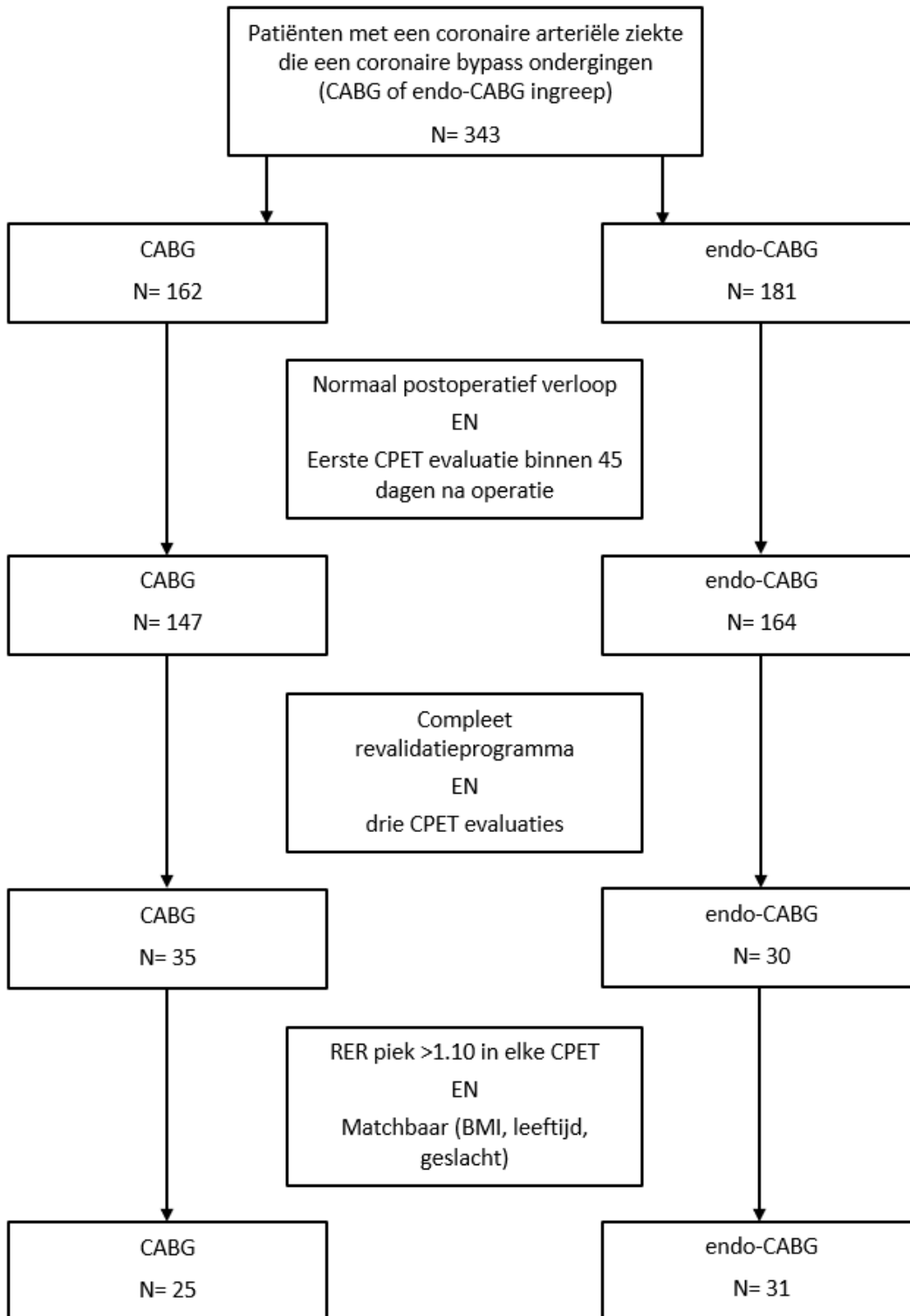
Het verschil binnen één patiëntengroep over de verschillende metingen werd ook berekend met behulp van de delta berekeningen zoals hierboven ook al werd beschreven. De normaliteit van de

data van beide patiëntengroepen werd nagegaan. Als de data normaal verdeeld waren, werd de tweezijdige T-test uitgevoerd. Was dit niet het geval, werd de Wilcoxon signed rank test gebruikt. De data werden uitgedrukt in gemiddelde waarde \pm standaarddeviatie. Een *P*-waarde van < 0.050 (tweezijdig) werd beschouwd als statistisch significant. Tevens werd een manuele Bonferroni correctie uitgevoerd door de initiële *P*-waarde te delen door het aantal parameters per fase in de CPET meting (VT1, VT2, Piek en spirometrie). Voor de VT1, VT2 en piekmeting testen komt dit neer op een *P*-waarde van < 0.004 , voor de spirometrietesten een *P*-waarde van < 0.010 .

Resultaten

Patiënten

De gegevens van 181 endo-CABG patiënten en 162 CABG patiënten waren beschikbaar. Na het toepassen van de inclusie- en exclusiecriteria werden 25 CABG patiënten en 31 endo-CABG patiënten geïncludeerd. In figuur 3 staat een overzicht van de patiëntselectie.



Figuur 3. Verloop van patiëntselectie.

Basiskarakteristieken

Tabel 1

Basiskarakteristieken

	CABG (n=25)	endo-CABG (n= 31)	P-waarde
Geslacht			0.391
Man ^a	21 (84%)	29 (94%)	
Vrouw ^a	4 (16%)	2 (6%)	
Leeftijd ^b (jaren)	66.84 ± 10.05	62.40 ± 10.69	0.118
VO ₂ piek ^b (ml/min)	1226.32 ± 360.18	1368.09 ± 333.79	0.133
Lichaamslengte ^b (cm)	172.22 ± 8.62	172.13 ± 8.14	0.968
Lichaamsgewicht ^b (kg)	79.60 ± 17.97	79 ± 14.71	0.892
BMI ^b (kg/m ²)	26.17 ± 4.94	26.03 ± 3.77	0.836
Hospitalisatieduur ^b (dagen)	9.16 ± 1.31	8.81 ± 2.17	0.323
Interval tussen ingreep en start revalidatie ^b (dagen)	18.44 ± 5.46	19.84 ± 5.21	0.333
Interval tussen ingreep en eerste ergospirometrie meting ^b (dagen)	30.08 ± 6.42	29.00 ± 6.02	0.520
Gereferereerd met acuut myocard infarct ^a (aantal)	14 (56%)	17 (55%)	0.931
aantal revalidatie sessies ^b	44.16 ± 2.08	44.06 ± 6.08	0.261
Cardiovasculair risicoprofiel			
Hypertensie ^a	18 (72%)	18 (58%)	0.279
Hypercholesterolemie ^a	23 (92%)	29 (94%)	1.000
Diabetes ^a	6 (24%)	4 (13%)	0.315
Familiale predispositie ^a	13 (52%)	22 (71%)	0.145
Huidig roken ^a	4 (16%)	8 (26%)	0.374
Cardiovasculaire medicatie			
Diuretica ^a	3 (12%)	4 (13%)	1.000
Anticoagulantia ^a	24 (96%)	29 (94%)	1.000
Anti-aritmica ^a	6 (24%)	3 (10%)	0.272
Vasodilatoren ^a	6 (24%)	7 (23%)	0.901
Bètablokkers ^a	21 (84%)	26 (84%)	1.000
Metformine ^a	2 (8%)	4 (13%)	0.682
Statines ^a	22 (88%)	27 (87%)	1.000
Calcium antagonisten ^a	0 (0%)	4 (13%)	0.120
ACE-Inhibitoren ^a	9 (36%)	13 (42%)	0.651
DPP-4 remmers ^a	1 (4%)	1 (3%)	1.000
Sulfamiden ^a	2 (8%)	1 (3%)	0.581
Insuline ^a	2 (8%)	1 (3%)	0.581
Gerevasculariseerde arteriën			
LAD ^a	24 (96%)	31 (100%)	0.446
RCA ^a	9 (36%)	1 (3%)	0.003*
CFX ^a	19 (76%)	19 (61%)	0.241
RDP ^a	10 (40%)	8 (26%)	0.258

^aData zijn aantallen (%). ^bData zijn uitgedrukt in de gemiddelde waarde ± standaarddeviatie. *Significant verschil tussen CABG en endo-CABG groep ($P < 0.050$). CABG= coronary artery bypass grafting. endo-CABG= endoscopic coronary artery bypass grafting. ACE= angiotensin converting enzyme. DPP-4= dipeptidyl peptidase-4. LAD= left anterior descending artery. RCA= right coronary artery. CFX= circumflex artery. RDP= ramus descending posterior

Na het toepassen van de inclusie- en exclusiecriteria voor mogelijke patiënten werd er een postoperatieve matching uitgevoerd voor de belangrijkste parameters: leeftijd, geslacht en BMI. Hieruit bleek dat de patiënten volledig gematcht waren. Ook de overige basiskarakteristieken waren vergelijkbaar tussen de groepen met uitzondering van de revascularisatie frequentie van de right coronary artery. Deze werd significant meer gerevasculariseerd bij de CABG populatie.

Trainingsmodaliteiten

Tabel 2

Aanvullende trainingsmodaliteiten

	CABG (n=25)	endo-CABG (n= 31)	P-waarde
Armfiets ^a	15 (60%)	23 (74%)	0.258
Crosstrainer ^a	8 (32%)	11 (35%)	0.784
Krachtraining ^a	14 (56%)	15 (48%)	0.571

^aData zijn aantal personen die binnen de groep deze aanvullende trainingsmodaliteit uitvoerden tijdens hun revalidatieprogramma (%). *Significant verschil tussen CABG en endo-CABG groep ($P < 0.050$).

Gezien het gebruik van de fietsergometer en de loopband standaard in elk individueel revalidatieprogramma werd uitgevoerd kunnen hierin geen verschillen bestaan tussen de groepen. In tabel 2 worden de resultaten weergegeven van een analyse van de aanvullende trainingsmodaliteiten. Het gebruik van armfiets, crosstrainer en krachtraining werd immers individueel bepaald. Er waren geen significante verschillen in de toepassingsfrequentie van deze aanvullende trainingsmodaliteiten tussen de groepen.

Ergospirometrie

De analyse van de bekomen resultaten van de ergospirometriemetingen op de VT2 en op de piekmeting wordt weergegeven in tabel 3 en tabel 4. De resultaten op VT1 vindt men terug in tabel 5 en 6 in addendum.

Bij de eerste baseline meting waren alle inspanningsparameters vergelijkbaar tussen beide groepen, uitzonderingen hierop waren de gemeten waardes van de VO_2 op VT2 (1100.08 ± 294.55 vs. 1281 ± 333.66 ml/min, $P < 0.050$), de VCO_2 op VT2 (1316.48 ± 365.46 vs. 1559.97 ± 428.20 ml/min, $P < 0.050$) en de hartslag op zowel VT2 (95.4 ± 16.27 vs. 107.48 ± 17.64 1/min, $P < 0.050$) als op de piekmeting (104.68 ± 18.86 vs. 117.61 ± 20.21 1/min, $P < 0.050$). Deze waardes waren allen significant groter voor de endo-CABG groep.

Bij de analyse van de tussentijdse ergospirometrie meting tussen de groepen was de VO_2 op zowel VT2 (172.44 ± 167.23 vs. 289.27 ± 162.13 ml/min, $P < 0.050$) als op de piekmeting (177.76 ± 183.73

vs. 334.30 ± 197.68 ml/min, $P < 0.050$) significant beter vooruitgegaan voor de endo-CABG patiënten, dit gold ook voor de fietsweerstand (17.48 ± 17.38 vs. 28.57 ± 14.51 W, $P < 0.050$) maar enkel op de piekmeting. De onderzochte parameters van de longfunctie verschilden niet-significant tussen beide groepen op de tussentijdse meting.

Wanneer we de verschillen vergelijken tussen de laatste ergospirometrie meting en de tussentijdse meting zien we dat deze niet-significant verschillen tussen beide groepen.

Als de resultaten van de finale ergospirometrie meting vergeleken worden met de baseline meting stellen we vast dat er enkel voor de fietsweerstand (27.56 ± 20.50 vs. 41.03 ± 20.35 W, $P < 0.050$) en het ademminuutvolume (5.04 ± 12.09 vs. 11.77 ± 10.92 L/min, $P < 0.050$) op de piekmeting er nog significante verschillen zijn tussen beide groepen. Het verschil in VO_2 op de piekmeting tussen beide groepen was niet langer significant ($P = 0.054$) zoals we eerder observeerden bij de tussentijdse ergospirometrie meting.

Na het uitvoeren van de Bonferroni correctie op de statistische analyse werd zichtbaar dat wanneer de CABG groep werd vergeleken met de endo-CABG groep geen enkele parameter significant verschillend was tussen beide groepen.

Bij de statistische evaluatie binnen de groepen zagen we dat er zowel voor de endo-CABG groep als voor de CABG groep bij alle vergelijkende metingen (tussentijds-baseline, finaal-tussentijds en finaal-baseline) een significant verschil aanwezig was. Ook na het toepassen van de Bonferroni correctie waren er significante verschillen op te merken. Specifiekere informatie over de significante en niet-significante parameters kan worden teruggevonden in tabel 4.

Tabel 3

Ergospirometrie data vergeleken tussen de groepen op VT2 en piekmeting

	Baseline			Tussentijds - Baseline			Finaal - Tussentijds			Finaal - Baseline		
	CABG	endo-CABG	P	CABG	endo-CABG	P	CABG	endo-CABG	P	CABG	endo-CABG	P
<i>VT2</i>												
VO ₂ (ml/min)	1100.08 ± 294.55	1281.35 ± 333.66	0.038*	172.44 ± 167.23	289.27 ± 162.13	0.011*	147.00 ± 180.35	81.87 ± 188.46	0.199	319.44 ± 206.74	371.13 ± 198.55	0.350
% VO ₂ piek	90.25 ± 7.79	93.73 ± 7.91	0.105	1.67 ± 9.39	-0.91 ± 10.08	0.333	1.70 ± 10.27	-1.31 ± 10.45	0.571	3.38 ± 10.29	-2.23 ± 10.73	0.055
VCO ₂ (ml/min)	1316.48 ± 365.46	1559.97 ± 428.20	0.028*	187.60 ± 245.85	254.90 ± 229.95	0.300	138.12 ± 212.52	81.20 ± 264.05	0.389	325.72 ± 231.97	336.1 ± 237.95	0.987
RER	1.19 ± 0.11	1.22 ± 0.10	0.433	-0.01 ± 0.12	-0.06 ± 0.08	0.068	-0.03 ± 0.11	-0.01 ± 0.07	0.520	-0.04 ± 0.09	-0.07 ± 0.08	0.155
VE/VCO ₂	35.55 ± 5.28	34.67 ± 4.88	0.941	-1.67 ± 4.10	-2.38 ± 2.55	0.268	-1.65 ± 2.76	-0.48 ± 1.95	0.062	-3.33 ± 4.76	-2.86 ± 3.40	0.819
VE/VO ₂	42.34 ± 6.20	42.16 ± 6.55	0.918	-2.93 ± 6.27	-4.84 ± 4.52	0.196	-2.18 ± 4.74	-0.87 ± 3.19	0.227	-5.11 ± 5.38	-5.70 ± 5.03	0.674
Fietsweerstand (W)	92.2 ± 28.61	106.65 ± 32.98	0.090	14.48 ± 14.85	23.87 ± 16.66	0.053	11.20 ± 14.95	10.90 ± 18.20	0.892	25.68 ± 18.47	34.77 ± 22.18	0.196
PETCO ₂ (mmHg)	121.19 ± 3.97	120.98 ± 4.16	0.848	-1.14 ± 3.88	-2.99 ± 3.50	0.068	-1.03 ± 3.63	-0.54 ± 3.42	0.595	-2.17 ± 3.55	-3.53 ± 3.43	0.154
PETCO ₂ (mmHg)	31.74 ± 4.07	32.31 ± 3.99	0.599	1.36 ± 3.57	2.214 ± 2.66	0.312	1.17 ± 3.20	0.41 ± 2.20	0.300	2.53 ± 4.26	2.62 ± 3.13	0.927
hartslag (1/min)	95.4 ± 16.27	107.48 ± 17.65	0.011*	5.40 ± 18.04	6.63 ± 11.80	0.398	5.12 ± 11.92	5.73 ± 12.32	0.722	10.52 ± 20.14	12.37 ± 17.72	0.462
zuurstofpols (ml)	11.48 ± 2.71	11.69 ± 2.63	0.777	1.24 ± 1.71	1.74 ± 1.45	0.241	0.58 ± 1.73	0.40 ± 1.07	0.644	1.82 ± 2.07	2.15 ± 1.67	0.519
VE (L/min)	47.92 ± 11.68	53.23 ± 11.61	0.096	3.76 ± 9.32	6.80 ± 11.76	0.642	2.08 ± 7.85	1.63 ± 9.72	0.854	5.84 ± 8.68	8.43 ± 13.73	0.520
VT (L)	1.85 ± 0.61	2.02 ± 0.54	0.270	0.20 ± 0.30	0.24 ± 0.22	0.530	0.02 ± 0.20	0.03 ± 0.28	0.865	0.22 ± 0.34	0.27 ± 0.28	0.500
RR (1/min)	27.2 ± 5.99	28.61 ± 7.8	0.603	-0.92 ± 3.59	-1.13 ± 4.06	0.839	0.92 ± 3.84	0.40 ± 3.81	0.618	0 ± 4.76	-0.73 ± 4.83	0.575
<i>Piek</i>												
VO ₂ (ml/min)	1226.32 ± 360.18	1368.10 ± 333.79	0.133	177.76 ± 183.73	334.30 ± 197.68	0.007*	127.48 ± 195.40	107.63 ± 172.49	0.694	305.24 ± 260.86	441.93 ± 252.62	0.054
VCO ₂ (ml/min)	1612.88 ± 498.83	1845.42 ± 476.25	0.081	221.24 ± 294.44	335.00 ± 238.74	0.119	130.92 ± 235.24	101.57 ± 254.50	0.959	352.16 ± 340.81	436.57 ± 364.61	0.383
RER	1.33 ± 0.12	1.35 ± 0.12	0.525	-0.03 ± 0.09	-0.067 ± 0.07	0.080	-0.02 ± 0.09	0.00 ± 0.07	0.431	-0.05 ± 0.11	-0.07 ± 0.08	0.466
VE/VCO ₂	39.95 ± 5.62	38.72 ± 4.76	0.587	-1.81 ± 4.73	-2.06 ± 2.72	0.811	-2.10 ± 3.47	-0.58 ± 2.66	0.079	-3.91 ± 5.69	-2.64 ± 2.49	0.309
VE/VO ₂	52.98 ± 7.91	52.22 ± 7.74	0.718	-3.51 ± 6.89	-5.23 ± 4.81	0.283	-3.29 ± 5.52	-0.61 ± 4.92	0.062	-6.8 ± 7.15	-5.84 ± 4.08	0.554
Fietsweerstand (W)	109.04 ± 36.69	125.45 ± 38.00	0.109	17.48 ± 17.38	28.57 ± 14.51	0.013*	10.08 ± 11.23	12.47 ± 10.96	0.487	27.56 ± 20.35	41.03 ± 20.35	0.018*
PETCO ₂ (mmHg)	126.52 ± 3.56	126.36 ± 3.62	0.872	-1.07 ± 2.97	-2.30 ± 2.26	0.086	-1.12 ± 3.03	-0.08 ± 2.95	0.204	-2.19 ± 3.67	-2.38 ± 3.06	0.833
PETCO ₂ (mmHg)	27.92 ± 3.85	28.32 ± 3.47	0.687	1.24 ± 3.16	1.90 ± 2.00	0.583	1.62 ± 2.67	0.23 ± 2.28	0.056	2.86 ± 3.83	2.13 ± 2.09	0.397
hartslag (1/min)	104.68 ± 18.86	117.61 ± 20.21	0.018*	4.96 ± 16.66	8.86 ± 12.83	0.360	6.08 ± 12.01	4.67 ± 7.37	0.595	11.04 ± 19.10	13.3 ± 15.42	0.629
zuurstofpols (ml)	11.68 ± 2.66	11.95 ± 2.60	0.705	1.34 ± 1.69	1.65 ± 1.48	0.482	0.56 ± 1.91	0.30 ± 1.06	0.522	1.90 ± 2.28	1.94 ± 1.74	0.943
VE (L/min)	66.88 ± 19.93	73.45 ± 18.44	0.207	4.60 ± 11.15	8.83 ± 10.37	0.151	0.44 ± 10.18	2.93 ± 8.07	0.316	5.04 ± 12.09	11.77 ± 10.92	0.035*
VT (L)	1.96 ± 0.58	2.11 ± 0.56	0.348	0.06 ± 0.22	0.19 ± 0.27	0.054	0.10 ± 0.18	0.07 ± 0.21	0.621	0.16 ± 0.30	0.26 ± 0.32	0.218
RR (1/min)	34.68 ± 5.97	36.23 ± 8.67	0.638	1.00 ± 6.01	0.10 ± 4.81	0.540	-0.44 ± 5.30	0.57 ± 3.76	0.415	0.56 ± 6.68	0.67 ± 4.87	0.946
<i>Spirometrie</i>												
FEV1 (L)	2.53 ± 0.71	2.74 ± 0.70	0.291	0.23 ± 0.27	0.27 ± 0.30	0.662	0.05 ± 0.26	0.09 ± 0.19	0.493	0.28 ± 0.31	0.37 ± 0.34	0.350
FVC (L)	3.29 ± 0.84	3.59 ± 0.89	0.208	0.36 ± 0.44	0.38 ± 0.42	0.873	0.07 ± 0.41	0.22 ± 0.41	0.184	0.43 ± 0.51	0.60 ± 0.53	0.237
FEV/FVC (%)	76.99 ± 9.71	76.39 ± 6.50	0.783	-1.44 ± 6.87	-0.39 ± 5.33	0.525	-0.23 ± 6.77	-1.78 ± 6.43	0.575	-1.66 ± 6.21	-2.17 ± 6.74	0.773
FEV%	88.59 ± 19.84	90.99 ± 20.17	0.656	7.52 ± 8.61	9.53 ± 10.16	0.575	1.86 ± 9.11	3.66 ± 6.04	0.378	9.61 ± 10.75	13.19 ± 11.81	0.246
FVC%	89.94 ± 17.88	94.17 ± 21.21	0.431	8.94 ± 10.64	10.08 ± 11.23	0.701	2.49 ± 11.02	6.27 ± 12.01	0.229	11.43 ± 13.47	16.35 ± 14.07	0.213

Data uitgedrukt in gemiddelde waarde ± standaarddeviatie. *Significant verschil tussen CABG en endo-CABG groep ($P < 0.050$). #Significant verschil tussen CABG groep en endo-CABG groep na Bonferroni correctie ($P < 0.004$). †Significant verschil tussen CABG groep en endo-CABG groep na Bonferroni correctie ($P < 0.010$).

Tabel 4

Ergospirometrie data vergeleken binnenin de groepen op VT2 en piekmeting

	Tussentijds - Baseline				Finaal - Tussentijds				Finaal - Baseline			
	CABG	P	endo-CABG	P	CABG	P	endo-CABG	P	CABG	P	endo-CABG	P
<i>VT2</i>												
VO ₂ (ml/min)	172.44 ± 167.23	<0.001* [#]	289.27 ± 162.13	<0.001* [#]	147.00 ± 180.35	<0.001* [#]	81.87 ± 188.46	0.024*	319.44 ± 206.74	<0.001* [#]	371.13 ± 198.55	<0.001* [#]
% VO ₂ piek	1.67 ± 9.39	0.382	-0.91 ± 10.08	0.624	1.70 ± 10.27	0.592	-1.31 ± 10.45	0.497	3.38 ± 10.29	0.114	-2.23 ± 10.73	0.265
VCO ₂ (ml/min)	187.60 ± 245.85	<0.001* [#]	254.90 ± 229.95	<0.001* [#]	138.12 ± 212.52	0.003* [#]	81.20 ± 264.05	0.103	325.72 ± 231.97	<0.001* [#]	336.1 ± 237.95	<0.001* [#]
RER	-0.01 ± 0.12	0.796	-0.06 ± 0.08	<0.001* [#]	-0.03 ± 0.11	0.183	-0.01 ± 0.07	0.299	-0.04 ± 0.09	0.058	-0.07 ± 0.08	<0.001* [#]
VE/VCO ₂	-1.67 ± 4.10	0.052	-2.38 ± 2.55	<0.001* [#]	-1.65 ± 2.76	0.003* [#]	-0.48 ± 1.95	0.192	-3.33 ± 4.76	<0.001* [#]	-2.86 ± 3.40	<0.001* [#]
VE/VO ₂	-2.93 ± 6.27	0.028*	-4.84 ± 4.52	<0.001* [#]	-2.18 ± 4.74	0.031*	-0.87 ± 3.19	0.148	-5.11 ± 5.38	<0.001* [#]	-5.70 ± 5.03	<0.001* [#]
Fietsweerstand (W)	14.48 ± 14.85	<0.001* [#]	23.87 ± 16.66	<0.001* [#]	11.20 ± 14.95	<0.001* [#]	10.90 ± 18.20	0.003* [#]	25.68 ± 18.47	<0.001* [#]	34.77 ± 22.18	<0.001* [#]
PETO ₂ (mmHg)	-1.14 ± 3.88	0.157	-2.99 ± 3.50	<0.001* [#]	-1.03 ± 3.63	0.139	-0.54 ± 3.42	0.395	-2.17 ± 3.55	0.006*	-3.53 ± 3.43	<0.001* [#]
PETCO ₂ (mmHg)	1.36 ± 3.57	0.069	2.214 ± 2.66	<0.001* [#]	1.17 ± 3.20	0.080	0.41 ± 2.20	0.318	2.53 ± 4.26	0.007*	2.62 ± 3.13	<0.001* [#]
hartslag (1/min)	5.40 ± 18.04	0.183	6.63 ± 11.80	0.005*	5.12 ± 11.92	0.022*	5.73 ± 12.32	0.016*	10.52 ± 20.14	0.033*	12.37 ± 17.72	<0.001* [#]
zuurstofpols (ml)	1.24 ± 1.71	0.014*	1.74 ± 1.45	<0.001* [#]	0.58 ± 1.73	0.106	0.40 ± 1.07	0.047*	1.82 ± 2.07	<0.001* [#]	2.15 ± 1.67	<0.001* [#]
VE (L/min)	3.76 ± 9.32	0.055	6.80 ± 11.76	<0.001* [#]	2.08 ± 7.85	0.197	1.63 ± 9.72	0.365	5.84 ± 8.68	0.003* [#]	8.43 ± 13.73	<0.001* [#]
VT (L)	0.20 ± 0.30	0.003* [#]	0.24 ± 0.22	<0.001* [#]	0.02 ± 0.20	0.636	0.03 ± 0.28	0.555	0.22 ± 0.34	0.003* [#]	0.27 ± 0.28	<0.001* [#]
RR (1/min)	-0.92 ± 3.59	0.213	-1.13 ± 4.06	0.137	0.92 ± 3.84	0.243	0.40 ± 3.81	0.570	0 ± 4.76	1.000	-0.73 ± 4.83	0.412
<i>Piek</i>												
VO ₂ (ml/min)	177.76 ± 183.73	<0.001* [#]	334.30 ± 197.68	<0.001* [#]	127.48 ± 195.40	0.003* [#]	107.63 ± 172.49	0.002* [#]	305.24 ± 260.86	<0.001* [#]	441.93 ± 252.62	<0.001* [#]
VCO ₂ (ml/min)	221.24 ± 294.44	0.001* [#]	335.00 ± 238.74	<0.001* [#]	130.92 ± 235.24	0.010*	101.57 ± 254.50	0.002* [#]	352.16 ± 340.81	<0.001* [#]	436.57 ± 364.61	<0.001* [#]
RER	-0.03 ± 0.09	0.102	-0.067 ± 0.07	<0.001* [#]	-0.02 ± 0.09	0.359	0.00 ± 0.07	0.673	-0.05 ± 0.11	0.034*	-0.07 ± 0.08	<0.001* [#]
VE/VCO ₂	-1.81 ± 4.73	0.068	-2.06 ± 2.72	<0.001* [#]	-2.10 ± 3.47	0.002* [#]	-0.58 ± 2.66	0.240	-3.91 ± 5.69	<0.001* [#]	-2.64 ± 2.49	<0.001* [#]
VE/VO ₂	-3.51 ± 6.89	0.018*	-5.23 ± 4.81	<0.001* [#]	-3.29 ± 5.52	0.007*	-0.61 ± 4.92	0.502	-6.8 ± 7.15	<0.001* [#]	-5.84 ± 4.08	<0.001* [#]
Fietsweerstand (W)	17.48 ± 17.38	<0.001* [#]	28.57 ± 14.51	<0.001* [#]	10.08 ± 11.23	<0.001* [#]	12.47 ± 10.96	<0.001* [#]	27.56 ± 20.35	<0.001* [#]	41.03 ± 20.35	<0.001* [#]
PETO ₂ (mmHg)	-1.07 ± 2.97	0.085	-2.30 ± 2.26	<0.001* [#]	-1.12 ± 3.03	0.077	-0.08 ± 2.95	0.882	-2.19 ± 3.67	0.006*	-2.38 ± 3.06	<0.001* [#]
PETCO ₂ (mmHg)	1.24 ± 3.16	0.001* [#]	1.90 ± 2.00	<0.001* [#]	1.62 ± 2.67	0.003* [#]	0.23 ± 2.28	0.584	2.86 ± 3.83	0.001* [#]	2.13 ± 2.09	<0.001* [#]
hartslag (1/min)	4.96 ± 16.66	0.150	8.86 ± 12.83	<0.001* [#]	6.08 ± 12.01	0.018*	4.67 ± 7.37	0.002* [#]	11.04 ± 19.10	0.008*	13.3 ± 15.42	<0.001* [#]
zuurstofpols (ml)	1.34 ± 1.69	<0.001* [#]	1.65 ± 1.48	<0.001* [#]	0.56 ± 1.91	0.156	0.30 ± 1.06	0.137	1.90 ± 2.28	<0.001* [#]	1.94 ± 1.74	<0.001* [#]
VE (L/min)	4.60 ± 11.15	0.050	8.83 ± 10.37	<0.001* [#]	0.44 ± 10.18	0.831	2.93 ± 8.07	0.056	5.04 ± 12.09	0.048*	11.77 ± 10.92	<0.001* [#]
VT (L)	0.06 ± 0.22	0.181	0.19 ± 0.27	<0.001* [#]	0.10 ± 0.18	0.012*	0.07 ± 0.21	0.078	0.16 ± 0.30	0.017*	0.26 ± 0.32	<0.001* [#]
RR (1/min)	1.00 ± 6.01	0.413	0.10 ± 4.81	0.910	-0.44 ± 5.30	0.682	0.57 ± 3.76	0.416	0.56 ± 6.68	0.679	0.67 ± 4.87	0.459
<i>Spirometrie</i>												
FEV1 (L)	0.23 ± 0.27	<0.001* [†]	0.27 ± 0.30	<0.001* [†]	0.05 ± 0.26	0.360	0.09 ± 0.19	0.0112*	0.28 ± 0.31	<0.001* [†]	0.37 ± 0.34	<0.001* [†]
FVC (L)	0.36 ± 0.44	<0.001* [†]	0.38 ± 0.42	<0.001* [†]	0.07 ± 0.41	0.372	0.22 ± 0.41	0.005* [†]	0.43 ± 0.51	<0.001* [†]	0.60 ± 0.53	<0.001* [†]
FEV/FVC (%)	-1.44 ± 6.87	0.306	-0.39 ± 5.33	0.685	-0.23 ± 6.77	0.471	-1.78 ± 6.43	0.134	-1.66 ± 6.21	0.193	-2.17 ± 6.74	0.083
FEV%	7.52 ± 8.61	<0.001* [†]	9.53 ± 10.16	<0.001* [†]	1.86 ± 9.11	0.319	3.66 ± 6.04	0.002* [†]	9.61 ± 10.75	<0.001* [†]	13.19 ± 11.81	<0.001* [†]
FVC%	8.94 ± 10.64	<0.001* [†]	10.08 ± 11.23	<0.001* [†]	2.49 ± 11.02	0.270	6.27 ± 12.01	0.007* [†]	11.43 ± 13.47	<0.001* [†]	16.35 ± 14.07	<0.001* [†]

Data uitgedrukt in gemiddelde waarde ± standaarddeviatie. *Significant verschil binnenin groep vergeleken met eerdere meting ($P < 0.050$). #Significant verschil binnenin groep vergeleken met eerdere meting na Bonferroni correctie ($P < 0.004$). †Significant verschil binnenin groep vergeleken met eerdere meting na Bonferroni correctie ($P < 0.010$).

Discussie

De inspanningscapaciteit en de longfunctie werden in deze studie retrospectief onderzocht bij endo-CABG patiënten en vergeleken met CABG patiënten. De uitkomsten wijzen erop dat de endo-CABG patiënten bij de tussentijdse evaluatie een grotere progressie maakten in inspanningscapaciteit vergeleken met de CABG patiënten. Specifiek betreft het een vooruitgang in VO_2 en piek fietsweerstand. Wanneer de finale balans werd opgemaakt werd duidelijk dat enkel de vooruitgang in piek fietsweerstand en in ademminuutvolume significant groter waren in het voordeel van de endo-CABG patiënten. Deze finale bevindingen komen gedeeltelijk overeen met de eerder vernoemde hypothese.

De patiëntengroepen waren vergelijkbaar voor alle basiskarakteristieken en konden gematcht worden voor de op voorhand bepaalde parameters. Een uitzondering hierop was de revascularisatie frequentie van van de right coronary artery bij de CABG patiënten, deze kwam significant meer voor in vergelijking met de endo-CABG patiënten. Een duidelijke verklaring werd hier echter niet gevonden, mogelijks berust dit verschil op toeval. In de baselinekarakteristieken is er een significant verschil in de VO_2 op VT2, de VCO_2 op VT2 en de hartslag op zowel VT2 als op de piek. Deze waarden waren allen significant groter voor de endo-CABG groep. Het verschil in hartslag is in deze context niet klinisch relevant. Het verschil in VO_2 en VCO_2 wijst er mogelijks op dat de tweede ventilatoire drempel tussen de groepen wel verschillend is. Dit verschil kan toevalligerwijs zijn ontstaan. Echter dient men hier wel rekening mee te houden bij de verdere interpretatie van de verschillen tussen de groepen naarmate de revalidatie vordert. Hoewel er dus een verschil zichtbaar is tussen groepen op baseline wordt duidelijk dat dit verschil volledig is weggewerkt wanneer de data van post-revalidatie met pre-revalidatie worden vergeleken.

De vooruitgang die de CABG patiënten maakten na het revalidatieprogramma in dit onderzoek kan vergeleken worden met eerder, gelijkaardig onderzoek. De methode van de studie van Wu, Lin, Chen & Tsai (2006) benaderde de opbouw van deze studie het dichtst. De baselinekarakteristieken kwamen relatief overeen en de uiteindelijke resultaten in VO_2 piek en piek fietsweerstand na een 12 weken durend revalidatieprogramma waren gelijkaardig aan de geobserveerde waarden in deze studie. De studies van dos Santos et al. (2019) en Boujemaa et al. (2019) onderzochten beiden een groep CABG patiënten na een revalidatieprogramma. Ook hier vond men een significante vooruitgang in VO_2 piek en piek fietsweerstand na de revalidatie vergeleken met de baseline situatie.

Uit het voorgaande kan men de conclusie trekken dat dit onderzoek gelijkaardige resultaten neerzette in lijn met de bevindingen van voorgaand onderzoek.

Zoals eerder aangegeven in de resultatensectie is er een betere vooruitgang zichtbaar voor de relevante parameters (VO_2 op VT_2 , VO_2 piek en piek fietsweerstand) in het voordeel van de endo-CABG groep vergeleken met de CABG groep bij de tussentijdse evaluatie. Dit significant verschil in vooruitgang tussen de groepen ten opzichte van de baseline meting bleef enkel overeind voor de piek fietsweerstand wanneer de situatie op het einde van het revalidatieprogramma werd bekeken. Mogelijke hypothesen voor de snellere vooruitgang van de endo-CABG groep worden hieronder besproken.

Een groot verschil in basiskarakteristieken of baseline waarden kan niet aan de basis liggen voor dit verschil gezien deze waarden vrij vergelijkbaar zijn. Ook een verschil in trainingsmodaliteiten tussen beiden groepen is uitgesloten om dit te verklaren gezien er geen significante verschillen waren in de toepassingsfrequentie van de verschillende trainingsvormen. Echter moet men hier de kanttekening bij maken dat er een gebrek aan standaardisering was in de intensiteitsbepaling van de trainingsmodaliteiten hoewel men niet zou verwachten dat dit zo'n aanzienlijke invloed zou hebben. Men zou bovendien verwachten dat dit zich zou verderzetten naar het einde van de revalidatie toe indien dit aan de oorsprong lag van het verschil bij de tussentijdse meting. Ook een verschil in longfunctie kan dit verschil niet verklaren aangezien er nergens een significant verschil tussen de groepen werd gevonden. Een laatste mogelijke hypothese is een mogelijks verschil in inflammatoire toestand tussen de CABG en endo-CABG patiënten. Een beperktere inflammatoire toestand voor de endo-CABG patiënten zou een fysiologisch voordeel kunnen betekenen voor de fysieke vooruitgang. Om dit te evalueren werd voorgaand onderzoek gezocht dat de concentratie C-reactief proteïne (CRP) in het bloed vroeg postoperatief in kaart bracht voor beide groepen. De CRP waarde van de CABG patiënten in de studie van Hansen et al. (2015) bedroeg 9.6 mg/dl. Een andere recente studie van Yilmaz et al. (2020) bracht dit in kaart voor endo-CABG patiënten en hierbij bedroeg de postoperatieve waarde 4.89 mg/dl. Uit deze resultaten zou men kunnen afleiden dat de inflammatoire toestand groter is in de CABG groep. Het is echter niet geoorloofd om deze conclusie te maken gezien er geen standaardisering is tussen de patiëntengroepen van de twee onderzoeken en tevens werd in de studie van Yilmaz et al. (2020) niet in kaart gebracht wanneer deze bloedparameter postoperatief gemeten werd. De hormonale toestand postoperatief zou ook een invloed kunnen hebben op het besproken verschil. Helaas werden er geen onderzoeken gevonden die dit in kaart brachten voor endo-CABG patiënten.

Wanneer de vooruitgang op het einde van het revalidatieprogramma werd vergeleken tussen beide groepen ziet men dat de snellere progressie voor de endo-CABG groep die aanwezig was tussentijds quasi volledig is weggewerkt. Dit kan te wijten zijn aan een relatieve stagnering bij de endo-CABG patiënten of een snellere progressie bij de CABG patiënten. Een mogelijke speculatie hiervoor die weerlegd kan worden is een verdere regressie in CRP-waarde na de tussentijdse evaluatie gezien de studie van Hansen et al. (2015) op 23 dagen postoperatief al een stabilisatie vond voor deze parameter. Alternatief zou de psychosociale toestand bij de endo-CABG patiënten aan de basis kunnen liggen hiervan. Mogelijks neemt de motivatie bij de endo-CABG patiënten af na de tussentijdse evaluatie gezien ze hiervoor sneller tot hun pre-operatieve toestand of beter geraakten.

Er werden geen significante verschillen teruggevonden in de toepassingfrequentie van de verschillende trainingsmodaliteiten in het revalidatieprogramma tussen beide groepen. Dit wijst erop dat beide groepen een gelijkaardig revalidatieprogramma hebben gevolgd. Echter kon men uit mondelinge verklaring opmaken dat de standaardisering in het revalidatieprotocol niet optimaal was. De weerstand van de armfiets, crosstrainer en krachtoefeningen tijdens de revalidatiesessies bleek niet altijd het algemene revalidatie protocol te volgen. Dit zijn vaststellingen die te verwachten zijn gezien het om retrospectieve data gaat. De therapeuten en patiënten waren zich niet bewust van het toekomstige gebruik van de data in onderzoek en standaardisering was dus geen prioriteit. Echter vormt dit wel een mogelijke vorm van 'performance bias' die men in het achterhoofd moet houden bij het interpreteren van deze resultaten. Aangezien alle deelnemers uit hetzelfde ziekenhuis kwamen én uit eenzelfde groep patiënten geselecteerd werden die aan de selectiecriteria voldeden kan dit wijzen op een sampling bias aangezien er een niet-probabilistische steekproeftrekking van het type gelegenheids- of gemakkelijkssteekproef werd gedaan. De patiëntengroepen zijn respectievelijk 31 deelnemers en 25 deelnemers wat ook een minpunt is van de studie aangezien dit maar beperkte aantallen zijn. Een verdere tekortkoming van deze studie is het gebrek aan follow-up data waardoor men geen uitspraken kan doen over evoluties op lange termijn na het revalidatieprogramma. Ook het feit dat de operaties over een spanne van meerdere jaren plaatsvonden en ze door verschillende chirurgen werden uitgevoerd (vier verschillende chirurgen voor de CABG ingrepen en twee verschillende voor de endo-CABG ingrepen) kan mogelijks een impact hebben op de resultaten. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het Jessa Ziekenhuis protocollen vastlegde voor deze ingrepen.

Na het toepassen van de Bonferroni correcties werd duidelijk dat er geen enkel significant verschil meer zichtbaar was tussen de endo-CABG groep en de CABG groep. De kans op een type één fout

wordt met deze correctie beduidend lager maar men moet zich afvragen of deze correctie wel nodig is bij een data-analyse waar zoveel verschillende parameters met elkaar werden vergeleken. Bij beide ventilatoire drempels en bij de piekmeting werden respectievelijk 13 of 14 parameters met elkaar vergeleken waar telkens afzonderlijk op 5% significantieniveau werd getest. Dit maakt dat de kans op een type één fout reeds verkleind is. Het is mogelijk dat een conservatieve Bonferroni test dan overbodig is. De tijd tussen de start van de revalidatie en de afname van de eerste CPET is vergelijkbaar tussen de groepen. Idealiter zou de afname van de eerste baseline CPET gebeuren op de startdag van de revalidatie. Er werd opgemerkt dat dit logistisch gezien niet altijd mogelijk was. Ten laatste moet men concluderen dat er een zeer geringe selectie is van studies over de endo-CABG ingreep. Dit maakte dat er weinig referentie was om de gegevens van deze studie mee te vergelijken. Gezien er slechts geringe evidentie is over endo-CABG patiënten kan dit onderzoek een input bieden voor verder onderzoek.

Deze studie toont aan dat endo-CABG patiënten, net zoals patiënten die andere minimaal invasieve alternatieven ondergingen, evenveel nood hebben aan een revalidatieprogramma. Tot op heden zijn de trainingsprotocollen voor CABG en endo-CABG patiënten na operatie echter gelijkaardig. In de resultaten is zichtbaar dat de endo-CABG groep een relatief beperkt voordeel heeft ten opzichte van de CABG groep postoperatief wanneer er naar de inspanningsparameters wordt gekeken. Dit kan impliceren dat er mogelijks nood is aan trainingsprotocollen die een onderscheid maken in specifieke chirurgische techniek. Het is aangewezen om in de toekomst verdere studies over dit onderwerp op te starten die zich meer gaan focussen op de lange termijneffecten van een revalidatieprogramma tussen beide groepen door verdere follow-up data te verzamelen.

De conclusie van dit onderzoek is dat de endo-CABG groep en CABG groep beiden significante vooruitgang boeken op de cardiopulmonaire parameters na een revalidatieprogramma van 12 weken. De endo-CABG patiënten leken tussentijds een grotere vooruitgang te maken in vergelijking met de CABG patiënten voor enkele parameters. Wanneer de finale balans werd opgemaakt werd duidelijk dat enkel de vooruitgang in piek fietsweerstand en in het ademminuutvolume significant groter waren in het voordeel van de endo-CABG patiënten.

Belangenvermenging

Er was geen belangenvermenging bij deze studie.

Referentielijst

Boujemaa, H., Verboven, K., Hendriks, M., Rummens, J., Frederix, I., & Eijnde, B. et al. (2019). Muscle wasting after coronary artery bypass graft surgery: impact on post-operative clinical status and effect of exercise-based rehabilitation. *Acta Cardiologica*, 75(5), 406-410. doi: 10.1080/00015385.2019.1598035

Cardio chirurgie. (2015). Retrieved 10 Februari 2021, from <http://www.cardiothoracalechirurgie.be/>

dos Santos, T., Pereira, S., Portela, L., Cardoso, D., Lago, P., & dos Santos Guarda, N. et al. (2019). Moderate-to-high intensity inspiratory muscle training improves the effects of combined training on exercise capacity in patients after coronary artery bypass graft surgery: A randomized clinical trial. *International Journal Of Cardiology*, 279, 40-46. doi: 10.1016/j.ijcard.2018.12.013

Fairbairn, M., Blackie, S., McElvaney, N., Wiggs, B., Paré, P., & Pardy, R. (1994). Prediction of Heart Rate and Oxygen Uptake During Incremental and Maximal Exercise in Healthy Adults. *Chest*, 105(5), 1365-1369. doi: 10.1378/chest.105.5.1365

Hansen, D., Abreu, A., Ambrosetti, M., Cornelissen, V., Gevaerts, A., & Kemps, H. (2021). Exercise intensity assessment and prescription in cardiovascular rehabilitation and beyond: why and how. A position statement from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of the European Association of Preventive Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*.

Hansen, D., Linsen, L., Verboven, K., Hendriks, M., Rummens, J., & van Erum, M. et al. (2015). Magnitude of muscle wasting early after on-pump coronary artery bypass graft surgery and exploration of aetiology. *Experimental Physiology*, 100(7), 818-828. doi: 10.1113/ep085053

Hansen, D., Roijackers, R., Jackmaert, L., Robic, B., Hendriks, M., & Yilmaz, A. et al. (2017). Compromised Cardiopulmonary Exercise Capacity in Patients Early After Endoscopic Atraumatic Coronary Artery Bypass Graft. *American Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation*, 96(2), 84-92. doi: 10.1097/phm.0000000000000544

Jackmaert, L., & Roijackers, R. (2015). Geen verschil in inspanningscapaciteit tussen Endo-ACAB patiënten versus klassieke CABG patiënten. Retrieved 10 February 2021, from <https://documentserver.uhasselt.be//handle/1942/19594>

Lapierre, H., Chan, V., Sohmer, B., Mesana, T., & Ruel, M. (2011). Minimally invasive coronary artery bypass grafting via a small thoracotomy versus off-pump: a case-matched study. *Eur J Cardiothorac Surg*, 40(4), 804-10. doi:10.1016/j.ejcts.2011.01.066

- Moholdt, T., Amundsen, B., Rustad, L., Wahba, A., Løvø, K., & Gullikstad, L. et al. (2009). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: A randomized study of cardiovascular effects and quality of life. *American Heart Journal*, *158*(6), 1031-1037. doi: 10.1016/j.ahj.2009.10.003
- Neumann, F., Sousa-Uva, M., Ahlsson, A., Alfonso, F., Banning, A., & Benedetto, U. et al. (2018). 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *European Heart Journal*, *40*(2), 87-165. doi: 10.1093/eurheartj/ehy394
- Poston, R. S., Tran, R., Collins, M., Reynolds, M., Connerney, I., Reicher, B., Zimrin, D., Griffith, B. P., & Bartlett, S. T. (2008). Comparison of economic and patient outcomes with minimally invasive versus traditional off-pump coronary artery bypass grafting techniques. *Annals of surgery*, *248*(4), 638–646. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31818a15b5>
- Spiroski, D., Andjić, M., Stojanović, O., Lazović, M., Dikić, A., & Ostojić, M. et al. (2017). Very short/short-term benefit of inpatient/outpatient cardiac rehabilitation programs after coronary artery bypass grafting surgery. *Clinical Cardiology*, *40*(5), 281-286. doi: 10.1002/clc.22656
- Wu, S., Lin, Y., Chen, C., & Tsai, S. (2006). Cardiac Rehabilitation vs. Home Exercise After Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *American Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation*, *85*(9), 711-717. doi: 10.1097/01.phm.0000228597.64057.66
- Yilmaz, A., Robic, B., Starinieri, P., Polus, F., Stinkens, R., & Stessel, B. (2020). A new viewpoint on endoscopic CABG: technique description and clinical experience. *Journal Of Cardiology*, *75*(6), 614-620. doi: 10.1016/j.jjcc.2019.11.007

Addendum

Tabel 5
Ergospirometrie data vergeleken tussen de groepen op VT1

	Baseline			Tussentijds - Baseline			Finaal - Tussentijds			Finaal - Baseline		
	CABG	endo-CABG	P	CABG	endo-CABG	P	CABG	endo-CABG	P	CABG	endo-CABG	P
<i>VT1</i>												
VO ₂ (ml/min)	863.4 ± 169.54	931.19 ± 205.97	0.191	94.88 ± 165.22	186.47 ± 172.96	0.115	95.64 ± 161.35	46.20 ± 219.11	0.354	190.52 ± 173.44	214.67 ± 205.51	0.644
% VO ₂ piek	73.02 ± 11.07	69.07 ± 8.82	0.142	-2.91 ± 13.86	-2.92 ± 10.42	0.997	0.29 ± 12.37	-2.01 ± 12.10	0.490	-2.62 ± 11.22	-4.93 ± 12.77	0.483
VCO ₂ (ml/min)	809 ± 180	876.65 ± 207.41	0.204	83.56 ± 183.20	127.57 ± 175.88	0.193	84.00 ± 188.90	43.33 ± 273.20	0.532	167.56 ± 202.24	170.9 ± 232.73	0.955
RER	0.93 ± 0.08	0.94 ± 0.07	0.924	0.00 ± 0.08	-0.02 ± 0.07	0.347	-0.01 ± 0.07	-0.01 ± 0.08	0.813	-0.02 ± 0.09	-0.03 ± 0.08	0.529
VE/VCO ₂	33.56 ± 5.20	32.91 ± 4.98	0.993	-1.78 ± 3.83	-1.79 ± 2.72	0.583	-1.17 ± 2.71	-0.71 ± 2.04	0.488	-2.95 ± 4.22	-2.50 ± 3.09	0.565
VE/VO ₂	31.65 ± 5.13	30.75 ± 4.6	0.495	-1.80 ± 4.16	-2.38 ± 3.04	0.642	-1.67 ± 3.79	-0.81 ± 2.77	0.336	-3.46 ± 4.11	-3.19 ± 2.88	0.770
Fietsweerstand (W)	58.88 ± 16.11	63.29 ± 19.57	0.369	8.00 ± 15.47	11.40 ± 14.96	0.412	6.96 ± 14.44	5.43 ± 18.50	0.606	14.96 ± 19.76	16.83 ± 20.14	0.730
PETO ₂ (mmHg)	113.05 ± 5.38	112.28 ± 4.80	0.574	-1.89 ± 4.23	-2.94 ± 4.06	0.353	-1.30 ± 3.60	-0.17 ± 4.27	0.299	-3.20 ± 4.98	-3.12 ± 3.90	0.946
PETCO ₂ (mmHg)	33.36 ± 4.48	34.54 ± 4.34	0.324	2.37 ± 3.57	1.96 ± 2.63	0.625	1.06 ± 3.03	0.05 ± 2.53	0.183	3.43 ± 3.95	2.01 ± 2.71	0.163
hartslag (1/min)	83.08 ± 12.85	88.68 ± 13.28	0.086	1.48 ± 12.52	1.13 ± 10.55	0.852	4.76 ± 10.31	3.27 ± 10.66	0.397	6.24 ± 14.03	4.4 ± 13.46	0.623
zuurstofpols (ml)	10.05 ± 2.33	10.15 ± 2.38	0.871	1.20 ± 1.47	1.39 ± 2.09	0.695	0.44 ± 1.95	0.47 ± 1.39	0.956	1.65 ± 2.79	1.87 ± 1.83	0.736
VE (L/min)	28.72 ± 7.19	29.97 ± 6.23	0.490	0.76 ± 6.70	2.43 ± 4.80	0.286	1.48 ± 7.32	0.50 ± 7.44	0.537	2.24 ± 7.32	2.93 ± 6.71	0.716
VT (L)	1.49 ± 0.47	1.46 ± 0.33	0.799	0.07 ± 0.35	0.18 ± 0.29	0.202	0.12 ± 0.37	-0.05 ± 0.33	0.091	0.18 ± 0.50	0.13 ± 0.36	0.657
RR (1/min)	20.52 ± 6.36	21.48 ± 6.92	0.785	-0.36 ± 4.06	-0.83 ± 3.34	0.637	-0.68 ± 4.57	0.73 ± 3.68	0.209	-1.04 ± 5.44	-0.1 ± 4.48	0.485

Data uitgedrukt in gemiddelde waarde ± standaarddeviatie. *Significant verschil tussen CABG en endo-CABG groep ($P < 0.050$). #Significant verschil tussen CABG groep en endo-CABG groep na Bonferroni correctie ($P < 0.004$).

Tabel 6

Ergospirometrie data vergeleken binnenin de groepen op VT1

	Tussentijds - Baseline				Finaal - Tussentijds				Finaal - Baseline			
	CABG	P	endo-CABG	P	CABG	P	endo-CABG	P	CABG	P	endo-CABG	P
<i>VT1</i>												
VO ₂ (ml/min)	94.88 ± 165.22	0.008*	186.47 ± 172.96	<0.001*[#]	95.64 ± 161.35	0.007*	46.20 ± 219.11	0.258	190.52 ± 173.44	<0.001*[#]	214.67 ± 205.51	<0.001*[#]
% VO ₂ piek	-2.91 ± 13.86	0.305	-2.92 ± 10.42	0.136	0.29 ± 12.37	0.909	-2.01 ± 12.10	0.369	-2.62 ± 11.22	0.254	-4.93 ± 12.77	0.043*
VCO ₂ (ml/min)	83.56 ± 183.20	0.075	127.57 ± 175.88	<0.001*[#]	84.00 ± 188.90	0.036*	43.33 ± 273.20	0.392	167.56 ± 202.24	<0.001*[#]	170.9 ± 232.73	<0.001*[#]
RER	0.00 ± 0.08	0.760	-0.02 ± 0.07	0.073	-0.01 ± 0.07	0.479	-0.01 ± 0.08	0.729	-0.02 ± 0.09	0.382	-0.03 ± 0.08	0.046*
VE/VCO ₂	-1.78 ± 3.83	0.003*[#]	-1.79 ± 2.72	0.002*[#]	-1.17 ± 2.71	0.042*	-0.71 ± 2.04	0.189	-2.95 ± 4.22	<0.001*[#]	-2.50 ± 3.09	<0.001*[#]
VE/VO ₂	-1.80 ± 4.16	0.041*	-2.38 ± 3.04	<0.001*[#]	-1.67 ± 3.79	0.038*	-0.81 ± 2.77	0.121	-3.46 ± 4.11	<0.001*[#]	-3.19 ± 2.88	<0.001*[#]
Fietsweerstand (W)	8.00 ± 15.47	0.016*	11.40 ± 14.96	<0.001*[#]	6.96 ± 14.44	0.024*	5.43 ± 18.50	0.200	14.96 ± 19.76	<0.001*[#]	16.83 ± 20.14	<0.001*[#]
PETO ₂ (mmHg)	-1.89 ± 4.23	0.035*	-2.94 ± 4.06	<0.001*[#]	-1.30 ± 3.60	0.083	-0.17 ± 4.27	0.828	-3.20 ± 4.98	0.004*	-3.12 ± 3.90	<0.001*[#]
PETCO ₂ (mmHg)	2.37 ± 3.57	0.002*[#]	1.96 ± 2.63	<0.001*[#]	1.06 ± 3.03	0.093	0.05 ± 2.53	0.920	3.43 ± 3.95	<0.001*[#]	2.01 ± 2.71	<0.001*[#]
hartslag (1/min)	1.48 ± 12.52	0.875	1.13 ± 10.55	0.561	4.76 ± 10.31	0.030*	3.27 ± 10.66	0.347	6.24 ± 14.03	0.036*	4.4 ± 13.46	0.084
zuurstofpols (ml)	1.20 ± 1.47	<0.001*[#]	1.39 ± 2.09	0.001*[#]	0.44 ± 1.95	0.261	0.47 ± 1.39	0.073	1.65 ± 2.79	0.007*	1.87 ± 1.83	<0.001*[#]
VE (L/min)	0.76 ± 6.70	0.576	2.43 ± 4.80	0.001*[#]	1.48 ± 7.32	0.618	0.50 ± 7.44	0.715	2.24 ± 7.32	0.139	2.93 ± 6.71	0.023*
VT (L)	0.07 ± 0.35	0.341	0.18 ± 0.29	0.002*[#]	0.12 ± 0.37	0.132	-0.05 ± 0.33	0.442	0.18 ± 0.50	0.077	0.13 ± 0.36	0.050
RR (1/min)	-0.36 ± 4.06	0.662	-0.83 ± 3.34	0.183	-0.68 ± 4.57	0.464	0.73 ± 3.68	0.284	-1.04 ± 5.44	0.349	-0.1 ± 4.48	0.904

Data uitgedrukt in gemiddelde waarde ± standaarddeviatie. *Significant verschil binnenin groep vergeleken met eerdere meting ($P < 0.050$). [#]Significant verschil binnenin groep vergeleken met eerdere meting na Bonferroni correctie ($P < 0.004$).

Inventarisatieformulier

<p>www.uhasselt.be Campus Hasselt Martelarenlaan 42 BE-3500 Hasselt Campus Diepenbeek Agoralaan gebouw D BE-3590 Diepenbeek T + 32(0)11 26 81 11 E-mail: info@uhasselt.be</p>	
---	---

INVENTARISATIEFORMULIER WETENSCHAPPELIJKE STAGE DEEL 2

DATUM	INHOUD OVERLEG	HANDTEKENINGEN
24/08/2020	Online meeting Opstart masterproef deel 2	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
04/09/2020	Online meeting Overleg aanvraag dossier ethische commissie Jessa ziekenhuis	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
20/10/2020	Online meeting Opstart studie na goedkeuring dossier ethische commissie Jessa ziekenhuis	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
30/10/2020	Bezoek ReGo Uitleg data onderzoek	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
19/11/2020	Online meeting Overleg data onderzoek	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
03/12/2020	Online meeting Overleg wisselen patiëntenpopulatie van endo-ACAB naar endo-CABG + nieuwe aanvraag studie Jessa ziekenhuis	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
11/02/2021	Bezoek ReGo Uitleg correcte interpretatie data van CPET	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
23/03/2021	Online meeting Overleg statistiek	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
22/04/2021	Online meeting Overleg over aanpak discussie	Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____
		Promotor: _____ Copromotor/Begeleider: _____ Student(e): _____ Student(e): _____