

Bachelorproef voedings -en dieetkunde

Het metabolisme van cardiochirurgische patiënten.

Hoeveel kcal kost een hartoperatie?

Naam student: Gule Dedobbeleer

Naam promotor: dokter Elisabeth De Waele

Opleiding: bachelor in de voedings- en dieetkunde

Departement Gezondheidszorg en Landschapsarchitectuur

Bachelorproef voedings -en dieetkunde

Het metabolisme van cardiochirurgische patienten.

Hoeveel kcal kost een hartoperatie?

Naam student: Gule Dedobbeleer

Naam promotor: dokter Elisabeth De Waele

Opleiding: bachelor in de voedings- en dieetkunde

Departement Gezondheidszorg en Landschapsarchitectuur

Abstract Nederlands

SAMENVATTING

Het metabolisme van cardiochirurgische patiënten. Hoeveel kcal kost een hartoperatie?

Achtergrond informatie: Er is aangetoond dat ondervoeding en langdurig vasten, voor en tijdens de operatie van cardiochirurgische patiënten, de prognose negatief beïnvloedt. Ondanks deze kennis is het niet mogelijk om cardiochirurgische patiënten zomaar te beginnen voeden tijdens een operatie aangezien hier heel wat factoren bij komen kijken. Zowel ondervoeding als overvoeding beïnvloeden de klinische resultaten negatief. Men weet tot vandaag nog steeds niet zeker of zo een operatie, een grote ingreep waarbij heel wat lichaamsweefsel beschadigd wordt, de energiebehoefte verhoogt of verlaagt. Het is dus zeer belangrijk om de exacte energiebehoefte te bepalen. Er is aangetoond dat dit enkel mogelijk is via metingen met indirecte calorimetrie (IC).

Onderwerp: In deze studie gaan wij na of het mogelijk is om de exacte energiebehoefte van cardio chirurgische patiënten te meten tijdens de operatie in het operatiekwartier met IC. Aan de hand van deze metingen zullen we ook proberen na te gaan of het metabolisme van cardiochirurgische patiënten verhoogd of verlaagd is en wat de invloed van extracorporele circulatie (ECMO) is op het metabolisme. We zullen ook het verschil tussen de gemeten en berekende (Harris-Benedict-formule) energiebehoefte bepalen.

Studie ontwerp: Deze interventionele Cohort studie is uitgevoerd bij patiënten die een coronary artery bypass graft (CABG) of een klepvervangende ondergaan. Preoperatief hebben wij verschillende parameters van de patiënt verzameld, en een bio-elektrische impedantie meting (BIA) en IC meting uitgevoerd. De operatie verdelen we in drie fasen. Fase één: de patiënt is geventileerd. Fase twee: On-pomp, ECMO. Fase drie: de patiënt is terug geventileerd. Tijdens deze drie fasen gaan we de IC meting doen en de energiebehoefte berekenen met de Harris-Benedict formule. Postoperatief: twee fasen. Fase één: de patiënt is geventileerd. Fase twee: de patiënt ademt spontaan. Tijdens deze twee fasen wordt de energiebehoefte gemeten met IC. Tijdens de laatste fase van het onderzoek is de patiënt op zaal, en ademt hij spontaan. Dan gaan we opnieuw de parameters van de patiënt verzamelen en een BIA- en IC meting uitvoeren.

Resultaten: Tijdens fase één van de operatie bekomen we een energiebehoefte van 1727,06 kcal per dag. Tijdens fase twee zijn dit 1521,25 kcal per dag en tijdens fase drie: 1522,41 kcal per dag. De energiebehoefte, berekend met Harris-Benedict-formule, resulteert in een energiebehoefte van 1574,63 kcal per dag voor fase één en drie en 1740,38 kcal per dag voor fase twee.

Conclusie: De energiebehoefte van cardiochirurgische patiënten is verlaagd. Het uitvoeren van een IC-meting tijdens de operatie is mogelijk. Het energieverbruik tijdens een cardiochirurgische ingreep in deze testopstelling en met gebruik van de aangepaste Weir formule is 1600,97 kcal per dag. Tussen de gemeten en berekende (Harris-Benedict-formule) energiebehoefte is er een verschil van 26,16 kcal per dag voor fase één en drie en van 139,59 kcal voor fase twee.

Abstract Frans

RESUME DE LETUDE

Le métabolisme de patients cardiologiques Combien de calorie coutent une opération au coeur?

Contexte: Il a été montré que la dénutrition et le jeûne prolongé avant et pendant l'opération de patients cardiologiques exercent une influence négative sur le pronostic. Malgré cette connaissance il est impossible de simplement commencer à nourrir des patients cardiologiques pendant une opération vu que beaucoup de facteurs doivent être pris en considération. Tant la dénutrition comme la suralimentation ont un impact négatif sur les résultats cliniques. Jusqu'à présent il n'est pas sûr qu'une opération, une grande intervention avec laquelle beaucoup de tissus corporels sont endommagés, le besoin d'énergie augmente ou diminue. Il est donc primordial de déterminer le besoin énergétique exact, ce qui est seulement possible par des mesures avec calorimétrie indirecte (IC).

Sujet: Dans cette étude on vérifie s'il est possible de mesurer avec IC le besoin énergétique exact des patients cardiologiques pendant l'opération dans le quartier opératoire. Au moyen de ces mesures on essaiera également d'évaluer si le métabolisme des patients cardiologiques a été augmenté ou diminué et quelle est l'influence de la circulation extracorporelle (ECMO) sur le métabolisme. Par la même occasion on déterminera la différence entre le besoin énergétique calculé (Harris-Benedict) et mesuré.

Sujet d'étude: Cette étude d'intervention Cohort a été exécutée chez des patients qui ont subi un coronary artery bypass graft (CABG) ou un remplacement valvulaire. En préopératoire on a collecté des paramètres différents du patient et exécuté une mesure bioélectrique de l'impédance (BIA) ainsi qu'une IC. On partage l'opération en trois phases. Phase 1: le patient est ventilé. Phase deux: On-pomp, ECMO. Phase trois: le patient est à nouveau ventilé. Pendant ces trois phases on fait une mesure IC et on calcule le besoin énergétique avec la formule Harris-Benedict. Postopératoire: deux phases. Phase un: le patient est ventilé. Phase deux: le patient respire spontanément. Pendant cette deuxième phase, le besoin énergétique est mesuré avec IC. Pendant la dernière phase de l'étude le patient est dans la salle et il respire spontanément. Après on collecte à nouveau les paramètres du patient et on exécute une mesure BIA et IC.

Résultats: Pendant la première phase de l'opération on obtient un besoin énergétique de 1727,06 kcal par jour. Pendant la phase deux on arrive à 1521,25 kcal par jour et pendant la phase 3 à 1522,41 kcal par jour. Le besoin énergétique mesuré avec la formule Harris-Benedict résulte en un besoin énergétique de 1574,63 kcal par jour pour phase un et trois et 1740,38 kcal par jour pour phase deux.

Conclusion: Le besoin énergétique des patients cardiologiques s'est diminué. L'exécution d'une mesure IC pendant l'opération est possible. Les dépenses énergétiques pendant une intervention cardiologique dans cet environnement de test et à l'aide de la formule Weir adaptée comporte 1600,97 kcal par jour. Entre le besoin énergétique mesuré et calculé (formule Harris Benedict) il y a une différence de 26,16 kcal par jour pour phase un et trois et de 139,59 kcal pour phase deux.

Abstract Engels

STUDY SUMMARY

The metabolism of cardio surgical patients. How many calories does a heart operation cost?

Introduction: Various study's have shown that under nutrition and prolong fasting, before, during and after surgery affected the result of the cardiac surgery negatively. Despite this knowledge is it not possible to unthoughtfully start feeding patients during cardiac surgery because we need to take many subject into account. Both under nutrition and overfeeding influence clinical results negatively. Until today there is no answer to the question if surgery, a major procedure that damages a lot of body tissue, increases or decreases the energetic needs. For this reason it is very important to determine the right energy requirements. Various study's have shown that this is only possible with IC measurement.

Subject: In this study we verify if it is possible to measure the exact energy expenditure (EE) of cardiac surgery patients during the operation in the operation room with IC. Based on these results we are going to determine whether the metabolism of cardiac surgery patients increases or decreases and what the influence of ECMO is on metabolism. We will also detemine what the difference between measured en calculated (Harris-Benedict-Formula) EE is.

Methods: This interventional cohort study is examined in patients undergoing a CABG and a cardiac valve replacement. Before surgery we have collected different parameters of the patient, and a BIA- IC measurement was performed. We divide the operation in three phases. Phase one: the patient is ventilated. Phase two: ECMO. Phase three: the patient is ventilated. During this three phases we measure energy expenditure (EE) by IC and calculated energy expenditure with the Harris-Benedict formula. After surgery there are two phases. Phase one: the patient is ventilated. Phase two: the patient is breading spontaneous. During this two phases EE is measured by IC. During the last phase of this research we perform a IC-and BIA measurement while the patient is on the ward and breading spontaneous, we also collect the parameters again.

Results: During phase one of the operation we obtain a measured energy requirement of 1727,06 kcal for one day. During phase two 1521,25 kcal and phase three 1522,41 kcal. The energy requirement calculated with the Harris-Benedict formula results in a energy requirement of 1574,63 kcal/day for phase one and three and 1740,38 kcal/day for phase two.

Conclusion: The energy requirement of cardio surgical patient is decreased. Measuring energy expenditure during operation is possible. The energy expenditure (EE) of a cardiosurgical patient in this study and using the adapted Weir formula is 1600,97 kcal/day. Between measured and calculated (Harris-Benedict formula) EE is a different of 26,16 kcal/day for phase one and three and of 139,59 kcal for phase two.

Inhoudsopgave

Abstract Nederlands.....	4
Abstract Frans.....	5
Abstract Engels.....	6
Voorwoord.....	9
Lijst met afkortingen.....	10
Inleiding.....	13
Literatuurstudie.....	15
1. Anatomie van het hart.....	15
2. Operaties.....	17
2.1 Algemene Verloop van een hartoperatie.....	17
2.2 Bypassoperatie (CABG).....	17
2.2.1 Extracorporele membraan circulatie (ECMO).....	18
2.3 Vervanging van aortaklep of Mitralisklep.....	18
2.3.1 Verloop van een klep operatie.....	19
3. Voeding tijdens de operatie.....	20
4. Metabolisme.....	22
4.1 Glycolyse.....	22
4.2 Lipolyse.....	23
4.3 De invloed van een chirurgische ingreep op het metabolisme.....	24
5. Manieren om de energiebehoefte te meten.....	26
5.1 BIA.....	26
5.2 Indirecte calorimetrie.....	27
5.2.1 Contra-indicaties.....	29
6. Manieren om de energiebehoefte te berekenen.....	30
6.1 Harris-Benedict:.....	30
6.2 Espen richtlijnen.....	30
7. Via welke weg wordt de energiebehoefte gedekt?.....	32
7.1 Enterale voeding.....	32
7.2 Parenterale voeding (PN).....	33
7.3 Oraal voeden.....	34
7.4 Drinkvoeding.....	34
8. Aandachtspunten bij het voeden van kritiek zieke patiënten.....	36
8.1 Overvoeding.....	36
8.2 Negatieve energiebalans.....	37
8.3 Ondervoeding.....	37

8.4	Obesitas.....	38
8.4.1	Sarcopene obesitas	38
9.	Screeningstools.....	39
9.1	NRS 2002.....	39
9.2	MUST.....	39
	Praktische deel	40
10.	Inleiding	40
11.	Onderzoeksmethode	41
11.1	Studie design.....	41
11.2	Studie populatie.....	42
11.2.1	Inclusie criteria:.....	42
11.2.2	Exclusie criteria:.....	42
11.3	Bijgehouden patiënt gegevens (parameters)/ Data collectie	43
11.4	Metingen van de energiebehoefte en lichaamssamenstelling/ studie materialen.	45
11.4.1	Indirecte calorimetrie	45
11.4.2	BIA	46
11.4.3	Screeningstools risico op ondervoeding.....	48
11.4.4	Harris-Benedict formule	48
11.4.5	Klinisch werkstation.....	48
11.4.6	Database	48
11.4.7	Verwerking gegevens	49
12.	Resultaten.....	50
12.1	Bespreking studiepopulatie.....	50
12.2	Onderzoeksvraag één: is het mogelijk om een IC-meting uit te voeren tijdens een hartoperatie?.....	55
12.3	Onderzoeksvraag twee: Wat is de invloed van een hartoperatie op het metabolisme?.....	55
12.4	Onderzoeksvraag drie: Is het mogelijk om de energiebehoefte tijdens een hartoperatie te baseren op de formule van Harris-Benedict indien een indirecte calorimeter niet beschikbaar is?.....	56
	Conclusie.....	57
	Literatuurlijst.....	59
	Bijlagen.....	64
	Bijlage 1	64
	Bijlage 2	65

Voorwoord

Vooreerst mijn oprechte dank aan mijn promotor dokter Elisabeth De Waele voor haar onvoorwaardelijke steun, motivatie en gedrevenheid om dit eindwerk in goede banen te leiden. Een persoon waar ik ook steeds kon op rekenen voor professionele begeleiding en advies gedurende het volledige jaar is mijn begeleider meneer Jan Baudonck, lector voedings-en dieetkunde. Aan hem wil ik ook mijn oprechte dank en appreciatie betuigen.

Daarnaast wil ik ook diëtiste intensieve zorgen Sabrina Mattens en Aïsha Coenen, study nurse intensieve zorgen, danken om mij te leren werken in het klinisch werkstation van het UZ Brussel en met de indirecte calorimeter. Sabrina Mattens verdient een extra dankbetuiging om steeds klaar te staan met hulp bij het uitvoeren van de IC-metingen en BIA-metingen.

Ook de volledige ploeg cardiochirurgie van het UZ Brussel verdient een woord van dank, voor de hulp tijdens de metingen in het OK en om mij de kans en het vertrouwen te geven dit onderzoek, samen met mijn promotor dokter E. De Waele, uit te voeren in deze zeer specifieke omgeving.

Ook aan de twee personen die deelnamen aan dit onderzoek een woord van dank. Zonder hen was dit eindwerk niet mogelijk geweest.

Tenslotte nog een speciaal woord van dank aan mijn ouders en vriend Jonas voor de steun, motivatie en toeverlaat.

Ik ben dankbaar voor de vele kansen die ik gekregen heb door dit eindwerk. Het meevolgen van een hartoperatie is een bijzondere en onvergetelijke ervaring die heel wat indrukken op mij nagelaten heeft. Ook de voorstelling van ons onderzoek op het Belgian society of intensive care medicine congres belooft een buitengewone ervaring te worden.

Deze bachelorproef heeft mij ook zelfzekerder gemaakt over mijn schrijfvaardigheid. Daarenboven heb ik veel Engels bijgeleerd.

Gule Dedobbeleer
Heikruis, mei 2016

Lijst met afkortingen

a.d.h.v.	Aan de hand van.
ADMA	Asymetrisch dimethylarginine
ADP	adenosine difosfaat
ATP	adenosinetrifosfaat
AZ	Aminozuren.
BCM	Lichaamscelemassa
BCMI	Body cell mass index.
BIA	Bio-elektrische impedantie
BMI	Body mass index.
BMR	Basaal metabolisme ratio
CABG	coronary artery bypass graft
C-atomen	Koolstofatomen
CoA	Co-enzym A
CO ₂	koolstofdioxide
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease
CPB	cardiopulmonaire bypass
CRP	C-reactive protein
CSCN	Canadian clinical guidelines
CVA	Cerebrovasculair accident
Dr.	Dokter
ECMO	Extracorporele circulatie
ECW	Extracellulair water
EE	Energy expenditure
EN	Enteral nutrition
ESPEN	The European society for clinical nutrition and metabolism
FAD	Flavin adenine dinucleotide
FeCO ₂ (%)	Het percentage uitgedemd koolstofdioxide t.o.v. de totale hoeveelheid uitgedemd gas.

FeO ₂ (%)	Het percentage uitgeademd zuurstof t.o.v. de totale hoeveelheid uitgeademd gas.
FFM	Fat free mass, vetvrije massa.
FiCO ₂ (%)	Het percentage ingeademd koolstofdioxide t.o.v. de totale hoeveelheid ingeademd gas.
FiO ₂ (%)	Het percentage ingeademd zuurstof t.o.v. de totale hoeveelheid ingeademd gas.
FM	Fat mass, vetmassa.
GDP	guanosine difosfaat
GTP	guanosine trifosfaat
H-atoom	Waterstofatoom
H ₂ O	Water
IC	Indirecte calorimetrie
ICU	intensive care unit, intensieve zorgen.
K	Kalium.
Kcal	Kilocalorie.
Kg	Kilogram.
KWS	Klinisch werkstation.
l	liter.
LG	Lichaamsgewicht.
MUST	Malnutrition universal screening tool.
Na	Natrium.
NAD	Nicotinamideadeninedinucleotide
NO	Stikstofoxide
NRS-2002	Nutritional risk screening 2002
Nutric score	Nutrition Risk in Critically ill
OK	Operatie kwartier.
O ₂	zuurstof
PhA	Phase angle
PN	Parenteral nutrition

Post-op	Post-operatieTEE
Pre-op	Pre-operatief
R	resistance
REE	Resting energy expenditure.
RQ	Respiratoiry quotident
Rz	Resistance
SIRS	Systemisch inflammatoir respons syndroom
SO	Sarcopene obesitas.
TBW	Totale hoeveelheid lichaamswater
TEE	Total energy expenditure
t.o.v.	Ten opzichte van
UZ	Universitair ziekenhuis
VCO ₂	volume koolstofdioxide
VE (l/min)	gasflow
VO ₂	volume zuurstof
Vit. K	Vitamine K
Vnml.	Voornameijk
Xc	reactance

Inleiding

Er is al veel kennis over voeding bij kritiek zieke patienten, tot deze groep behoren ook de cardiochirurgische patienten. Een feit bij deze specifieke studiepopulatie is dat de energie-aanbreng exact moet afgestemd worden op de energiebehoefte. Indien dit niet gebeurt zijn de gevolgen nefast voor de prognose van de patiënt. Het is dan ook zeer belangrijk dat bij deze zeer specifieke doelgroep de exact energiebehoefte wordt bepaald. Dit is enkel mogelijk a.d.h.v. indirecte calorimetrie. Ondanks dit feit zijn er in België slechts twee IC-toestellen aanwezig. Bij vele onderzoeken over dit onderwerp wordt de energiebehoefte nog steeds bepaald a.d.h.v. voorspellende formules, welke een slechte correlatie vertonen met de gemeten energiebehoefte door IC. Hierdoor zijn deze onderzoeken moeilijk te interpreteren en niet altijd even betrouwbaar. De vele negatieve gevolgen die toegeschreven worden aan parenterele nutritie zijn hier ook een gevolg van. We kunnen hieruit concluderen dat een kwalitatief voedingsbeleid zeer belangrijk is bij deze doelgroep en een grote invloed heeft op de prognose van de patiënt. Een goede opvolging van dit voedingsbeleid en de invoering van IC uitgevoerd door ervaren paramedici in alle ziekenhuizen met een afdeling intensieve zorgen, is dan ook essentieel. Voor de uitvoering van deze taken is de diëtist de ideale persoon.

Sinds kort worden er onderzoeken gedaan naar welke invloed voeding toedienen, tijdens een hartoperatie, heeft op de prognose van de patiënt en/of de negatieve gevolgen van langdurig vasten hierdoor vermeden kunnen worden. Een probleem bij deze onderzoeken is dat de energiebehoefte van cardiochirurgische patiënten tijdens een openhartoperatie niet gekend is, waardoor deze onderzoeken mogelijks foutieve resultaten opleveren door onbewust de patiënt te overvoeden of mogelijks minder positieve resultaten dan welke verkregen zouden kunnen worden indien de exacte energiebehoefte gekend is. Tijdens zo'n operatie zijn er verscheidene factoren die een invloed hebben op het metabolisme waar voorspellende formules geen rekening mee houden waardoor het onmogelijk is om de energiebehoefte aan de hand van deze formules te berekenen. Daarom is het doel van onze studie, allereerst om na te gaan of het mogelijk is om de energiebehoefte te meten met IC tijdens de verschillende fasen van een openhartoperatie on-pomp, respectievelijk ventilatie, ECMO en ventilatie. Vervolgens bepalen we of de energiebehoefte tijdens een cardiochirurgische ingreep verhoogt of verlaagt in vergelijking met de energiebehoefte van de patiënt de dag voor de operatie. Nadien gaan we na wat het verschil in energiebehoefte is, gemeten door IC en berekend met de Harris-Benedict-formule. Tenslotte proberen we te bepalen wat de invloed van ECMO is op de energiebehoefte van de patiënt.

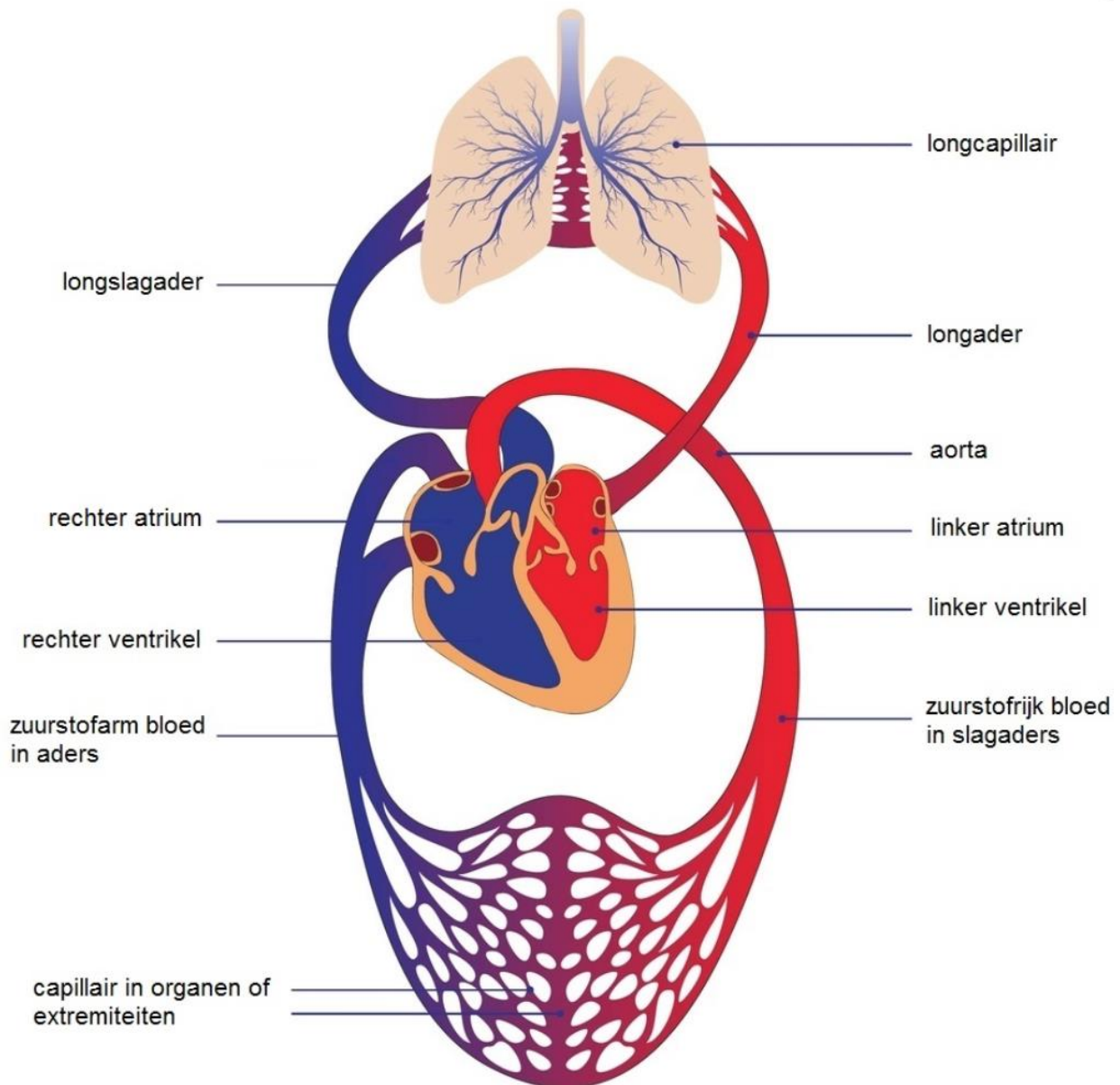
Wanneer ik besliste om "het metabolisme van cardiochirurgische patiënten: hoeveel kcal kost een hartoperatie?" te kiezen als onderwerp voor mijn bachelorproef wist ik niet goed wat ik hiervan moest verwachten. Ik was dan ook zeer benieuwd wat er zo speciaal is aan het metabolisme van cardiochirurgische patienten en waarin dit verschilt van het metabolisme van andere personen. Hart- en vaatziekten zijn de belangrijkste

doodsoorzaak in de westerse wereld, ik was dan ook blij dat ik mij in dit onderwerp verder mocht verdiepen. Gezondheid, de werking van het menselijk lichaam, zowel van zieke als van gezonde personen, heeft mij altijd heel erg geïnteresseerd. Ik hoopte dan ook dat ik tijdens dit onderzoek eens een operatie zou mogen bijwonen om alle delen van het lichaam, die tijdens de lessen anatomie besproken werden, eens in het echt te zien. Ik ben dan ook zeer dankbaar dat ik dit heb mogen meemaken. Tijdens het verwerken van de Engelstalige literatuur die ik heb gelezen voor mijn eindwerk, heb ik ook de kans gekregen om mijn Engels bij te leren en verder te ontwikkelen. De positieve ingesteldheid van mijn promotor, dokter E. De Waele en haar spontane persoonlijkheid was een zeer aangename ervaring, ik heb op dit vlak ook zeer veel van haar geleerd.

De resultaten van deze bachelorproef worden 24 Juni 2016 voorgesteld op het Belgian society of intensive care medicine congres te Brussel met een pooster en een mondelinge presentatie. Daarna zullen de resultaten ook gepubliceerd worden in wetenschappelijk artikel.

Literatuurstudie

1. Anatomie van het hart



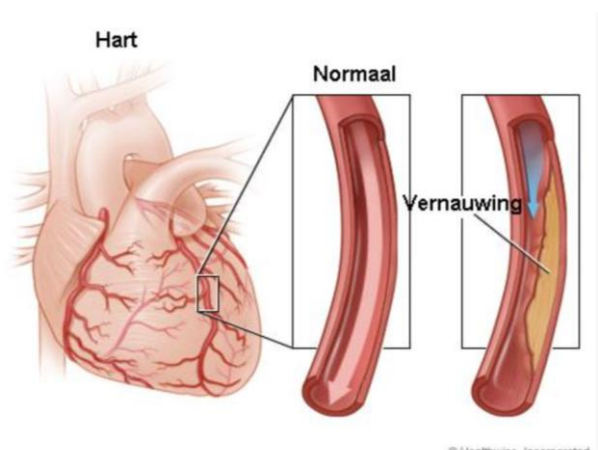
Figuur 1. Grote en kleine bloedsomloop. Herdrukt van Hartchirurgie Middelheim Antwerpen, (afkomstig van <http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/hoe-werkt-een-hart/>)

De hartspier ligt links van het borstbeen. Het hart is verdeeld in vier delen. Er is een linker helft en een rechter helft. Deze twee helften worden verdeeld in het bovenste deel, de voorkamer of atrium, en het onderste deel, de hartkamer of ventrikel. De voorkamers en kamers van het hart worden van elkaar gescheiden door kleppen die ervoor zorgen dat al het bloed vlot in één richting stroomt en niet terugstroomt naar het vorige hartcompartiment. Ook op het einde van de ventrikels zijn kleppen aanwezig

zodat het bloed naar de aders kan. De klep die het linkeratrium en linkerventrikel van elkaar onderscheidt, noemt men de mitralisklep. Het hart pompt voortdurend bloed door het lichaam zodat voedingsstoffen en zuurstof tot bij de organen geraken en afvalstoffen en verbrandingsgassen (vb. CO₂) verwijderd kunnen worden. Dit gaat als volgt: zuurstofarm bloed komt, na circulatie doorheen het lichaam, aan in de rechtervoorkamer, en daar gaat het via de klep naar de rechter kamer. Op het einde van de rechterkamer is het hart verbonden met de longslagader die het zuurstofarm bloed naar de longen brengt, waar CO₂ uit het bloed wordt afgegeven en zuurstof in het bloed wordt opgenomen. Vanuit de longen gaat het zuurstofrijk bloed verder via de longaders naar de linkervoorkamer. Via de mitralisklep gaat het bloed verder tot in de linkerkamer, van daaruit wordt het zuurstofrijk bloed via de aorta (=grote lichaamsslagader) naar het volledige lichaam gepompt (Figuur 1)(La Meir, 2014). De aortaklep is de klep tussen de linker kamer en de aorta (<http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/hoe-werkt-een-hart/#prettyPhoto>). De druk in het linkerdeel van het hart is zeer hoog aangezien dit deel bloed naar het volledige lichaam moet pompen. Hierdoor kunnen er al eens problemen ontstaan aan deze kleppen (Goelen, 2014). Mogelijke problemen zijn:

- een stenose van de klep. Dit is een vernauwing van de klep. Het komt er dus op neer dat de klep onvoldoende bloed doorlaat wanneer ze open gaat (Goelen, 2014);
- klepinsufficiëntie betekent dat de klep niet goed meer sluit en de mogelijkheid bestaat dat de klep nog bloed doorlaat wanneer ze gesloten is (Goelen, 2014), of het bloed terug kan vloeien naar het vorige hartcompartiment (La Meir, 2014).

Om zijn functie goed te kunnen uitvoeren heeft het hart ook zuurstofrijk bloed nodig. Het hart wordt voorzien van zuurstof via de coronaire, ook wel kransslagaders genoemd. Wanneer kransslagaders vernauwen, dichtslibben (Figuur 2) en afgesloten geraken heeft dit ernstige gevolgen voor de hartspier. Pijn op de borst, een hartaanval of infarct kunnen symptomen zijn van vernauwde kransslagaders. Het dichtslibben van de kransslagaders wordt veroorzaakt door onder andere roken, hoge bloeddruk, hoge cholesterol, diabetes, zwaarlijvigheid, te weinig lichaamsbeweging of erfelijke belasting (Bosteels, 2015).



Figuur 2. Normale versus zieke kransslagader. Herdrukt van Hartchirurgie Middelheim Antwerpen, (afkomstig van <http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/hoe-werkt-een-hart/>)

2. Operaties

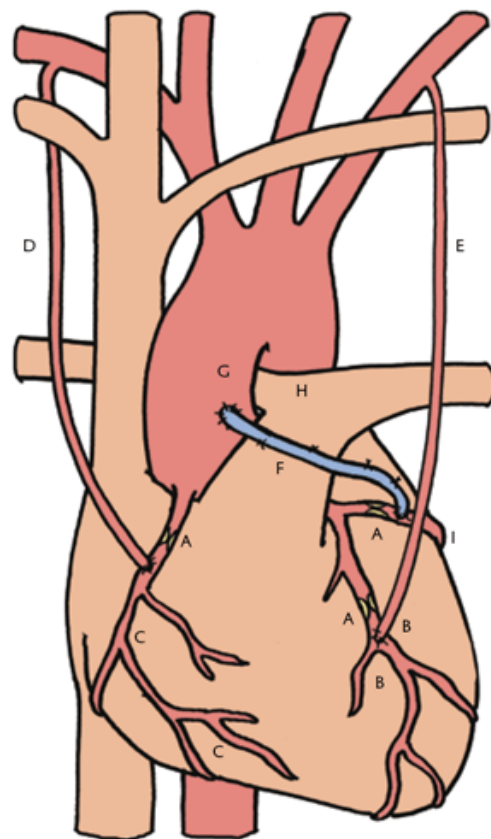
In bepaalde gevallen is het hart beperkt in zijn functioneren. Omwille van een specifieke pathologie is het mogelijk dat het hart niet meer goed functioneert of zijn functie niet meer goed kan uitvoeren. Wanneer dit voorkomt kan een chirurgische ingreep noodzakelijk zijn om de levenskwaliteit en het verder leven te garanderen. Onderstaand een uitgebreide beschrijving van enkele hartchirurgische ingrepen.

2.1 Algemene Verloop van een hartoperatie

Als eerste stap van de operatie wordt de borstkas in de lengte open gesneden (sternotomie). Vervolgens wordt het hart bloot gesteld. Hiervoor moet men de huid, het borstbeen en het hartzakje openen. Vervolgens wordt de pomp (zie 2.2.1) geïnstalleerd. Vanzodra dit gebeurt is kan de openhartoperatie van start gaan. Deze worden uitvoerig besproken in punt 2.2 en punt 2.3. Wanneer de hartoperatie gedaan is wordt de aorta gesloten en de pomp verwijderd. Het hartzakje wordt toegenaaid, het borstbeen wordt gesloten en daarna wordt de huid toegenaaid. (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015).

2.2 Bypassoperatie (CABG)

De hartspier moet, net als alle andere spieren in ons lichaam, van zuurstofrijk bloed voorzien worden om goed te kunnen functioneren (La Meir, 2014). Wanneer de bloedtoevoer naar de hartspier verstoord is doordat er een vernauwing of blockage is in het linker coronair of in drie van de coronairen, ook wel kransslagaders genoemd (Figuur 3 punt A), meestal veroorzaakt door aderverkalking (La Meir, 2014), is het belangrijk om de bloedtoevoer naar de hartspier te herstellen om een hartinfarct te voorkomen. Een chirurgische ingreep die hiervoor in aanmerking komt is de Coronary Artery Bypass Graft. Bij een CABG haalt de chirurg een gezonde, minder belangrijke ader ergens anders uit het lichaam van de patiënt, bijvoorbeeld uit het been, een slagader uit de borstkas of uit de voorarm (Bosteels, 2015; La Meir, 2014). Via deze ader wordt er een nieuwe verbinding gemaakt tussen de aorta (Figuur 3 punt G) en het vernauwde coronair. De ader wordt op het coronair aangesloten na de



Figuur 3. CABG. Herdrukt van E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09 november 2015.

vernauwing (Figuur 3 punt E, D & F) zodat de hartspier terug van bloed wordt voorzien (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015).

2.2.1 Extracorporele membraan circulatie (ECMO)

Tijdens de operatie wordt er een darm aangebracht in de rechtersvoorkamer van het hart. Het bloed dat dan terechtkomt in de rechtersvoorkamer wordt opgezogen door de darm en zo naar de cardiopulmonaire bypass (CPB) gebracht, ook ECMO genoemd. De CPB (pomp) voorziet het bloed dan buiten het lichaam van zuurstof (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015) a.d.h.v. een dun gas-permeabel membraan dat de bloed en gasstroom in CPB circuit van elkaar scheidt. Door dit membraan wordt er, door diffusie, zuurstof van de gaskant in het bloed gebracht, terwijl CO₂ vanuit het bloed naar de gaskant gaat (De Waele et al. 2015). Vervolgens wordt het bloed terug op lichaamstemperatuur gebracht. Daarna wordt het zuurstofrijke bloed via een darm terug in de aorta gebracht en van hieruit vervoert naar de rest van het lichaam. De pomp neemt dus eigenlijk de functie van het hart en de longen over (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015). Van zodra het kunsthart (CPB) is aangeschakeld, kan de bloedtoevoer naar het hart onderbroken worden met behulp van een klem en wordt het kloppen van het hart gestopt door middel van een speciale vloeistof (<http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/hartoperatie-algemeen/>). Dit is een voordeel tijdens de operatie omdat het hart dan niet meer samentrekt (het blijft stil liggen) en er een goede toegang tot de coronaire is, waardoor er gemakkelijker aan gewerkt kan worden (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015). Wanneer de overbrugging of klepvervanging is uitgevoerd, wordt de klem gelost en begint het hart te kloppen waarna de CPB terug afgekoppeld wordt (<http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/hartoperatie-algemeen/>). Complicaties die kunnen optreden tijdens of na een CABG on-pomp zijn: afsterven van spierweefsel, CVA, nierinsufficiëntie, bloedingen, hersenschade, SIRS (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015).

2.3 Vervanging van aortaklep of Mitralisklep

De behandeling van een klepstenose of klepinsufficiëntie kan bestaan uit een operatie. Hierbij zal de klep, die niet meer naar behoren functioneert, vervangen worden. Dit kan zowel door een bio klep als door een mechanische klep (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015).

Een mechanische klep gaat levenslang mee, in tegenstelling tot een bio klep. De mechanische klep bestaat uit metaal (lichaamsvreemd materiaal), met als nadeel dat er zich op de klep bloedklonters kunnen vormen waardoor de patiënt levenslang anticoagulantia (= bloedverdunners) zal moeten nemen. De patiënt zal maandelijks zijn bloedwaarden moeten laten controleren om de consistentie van het bloed na te gaan. Een ander nadeel is dat je deze klep bij elke hartslag hoort tikken. Een mechanische klep wordt gegeven aan personen die jonger zijn dan zestig jaar en geen contra-indicatie

hebben voor vitamine K (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015; La Meir, 2014; <http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/welke-hartklep/>).

Een bio klep is gemaakt van varkensmateriaal of rundsmateriaal. Dit heeft als voordeel dat er geen, of slecht tijdens een beperkte periode van enkele maanden, anticoagulantia moet genomen worden. Een nadeel is dan weer dat er bij deze kleppen slijtage optreedt. Men zal voor een bio klep kiezen bij patiënten die ouder zijn dan zeventig jaar omwille van de beperkte levensduur van de kleppen van 15 jaar. Zelden zijn de levensverwachtingen van de patiënt langer dan vijftien jaar waardoor er geen heringreep noodzakelijk is. Bij jonge personen (< 60 jaar) zou de klep maar tien jaar meegaan (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015; <http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/welke-hartklep/>). Niettegenstaande dat sommige bronnen (La Meir, 2014) beweren dat de levensduur van deze kleppen verlengd is. Ook voor patiënten met een contra-indicatie voor anticoagulantia zal er voor een bio klep gekozen worden. Deze contra-indicaties kunnen bijvoorbeeld een allergie aan anticoagulantia zijn, verhoogd bloedingsrisico, antecedenten van trombocytopenie door heparine, ernstige nierinsufficiëntie (niet bij alle anticoagulantia is dit een contra-indicatie), zwangerschap (enkel vit-k antagonisten hebben hierbij een contra-indicatie) (Christiaens T, 2011; E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015; La Meir, 2014).

Bij personen tussen de 60 en 70 jaar zal men de keuze van de klep overwegen, door na te gaan of de patiënt veel andere aandoeningen heeft of niet. De levensverwachting wordt geschat en er wordt tevens rekening gehouden met de voorkeur van de patiënt (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015; La Meir, 2014; <http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/welke-hartklep/>).

2.3.1 Verloop van een klep operatie

Zodra het hart bloot gelegd is wordt de pomp (zie 2.2.1) geïnstalleerd. Dit gebeurt als volgt: er wordt een klem op de aorta geplaatst zodat het bloed ingevoerd door de pomp, niet uit de opening van de ader loopt. Vervolgens wordt de oude klep uitgesneden. Hierna wordt een nieuwe klep vastgenaaid, waarna de borstkas terug kan gesloten kan worden.

De complicaties die kunnen voorkomen tijdens een klepvervanging zijn: ritmestoornissen, embolisatie, bloedingen, harttamponnade, infecties voornamelijk van de longen en endocarditis, paravalvulaire regurgitatie, hemolytische anemie, pericarditis en klep trombose (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015).

3. Voeding tijdens de operatie

Bij een zware chirurgische ingreep wordt aan de patiënten aangeraden om de dag voor de operatie en de dag van de operatie niet te eten. Deze lange tijd van vasten leidt tot inflammatoire reacties, wat de kans op ontstekingen verhoogt. Maar het kan ook dorst, stress, insulineresistentie en voedseltekorten veroorzaken, wat kan leiden tot een verzwakking van het immuunsysteem. Het grootste deel van de chirurgische patiënten zijn al in katabole toestand, waardoor langdurig vasten na de operatie het herstel verlengt (Visser et al., 2014). Awad et al., geciteerd in Soguel et al., 2012 zijn de invloed van twaalf uur vrijwillig vasten nagegaan bij gezonde individuen. Dit onderzoek heeft aangetoond dat dit leidt tot een daling van de glycogeenreserves in de lever, wat een nadelige invloed heeft op de functie van de mitochondriën en de vetconcentratie in de spiercellen verhoogt. Deze factoren verstoren de energievoorziening van de cel. Deze nadelige effecten komen nog meer tot uiting bij kritiek zieke patiënten. Ook de ESPEN richtlijnen (Weimann et al, 2006) raden preoperatief 12 uur vasten of nuchter blijven vanaf middernacht voor de operatie af. Dit alles kan vermeden worden door voedsel toe te dienen vlak voor, tijdens en na de operatie. Recent (Visser et al., 2014) is er voor het eerst voeding toegediend voor, tijdens en na een hartoperatie, met als doel lange periodes van vasten te vermijden. Hieruit is gebleken dat dit de arginine/asymmetrisch dimethylarginine (ADMA) ratio doet stijgen. De arginine/ADMA ratio is een marker voor de hoeveelheid NO (stikstof oxide) die aanwezig is in het hartweefsel en het verhoogt de hoeveelheid vertakte aminozuurketens in het bloedplasma. NO en aminozuren spelen een belangrijke rol bij de inflammatoire respons. Stikstof heeft de volgende functies:

- verbeteren van de cellulaire immuniteit door de verspreiding van lymfocyten en monocytten te verbeteren;
- helpen bij het aanmaken van T-helper cellen;
- activeert de cytotoxiciteit van macrofagen;
- versterkt natural killer cellen;
- verhoogt de fagocytose;
- verbetert de cytokine productie;

Het aminozuur arginine is een Immunomodulerend Nutriënt. Ondanks de positieve en belangrijke invloed van arginine op de immuniteit, kunnen te hoge concentraties arginine leiden tot problemen. Zo zullen te hoge concentraties verantwoordelijk zijn voor de aanmaak van teveel NO, wat leidt tot schadelijke systemische vasodilatatie. Aan de andere kant zorgt een goede concentratie arginine in het bloed voor een goede NO concentratie, wat microvasodilatatie veroorzaakt. Dit is nodig om een goede doorbloeding van de coronaire en andere organen te waarborgen. Hieruit kan men besluiten dat er een perfecte stikstof balans nodig is en het verhogen van de arginine/ADMA ratio en aminozuren door voeding toe te dienen die geen verhoogde concentratie immunomodulerende nutriënten bevat voor, tijdens en na de operatie, een veilige manier kan zijn om de kans op complicaties te verminderen. Ondanks het feit dat

voeding voor, tijdens en na de operatie de arginine/ADMA ratio doet stijgen, heeft het toedienen van EN of PN voor, tijdens en na de operatie geen invloed op de inflammatoire reactie van het myocard in vergelijking tot de controle groep. Hier moet nog meer onderzoek naar gedaan worden. De plasma concentraties vertakte aminozuur-ketens waren wel hoger bij EN en PN dan bij de controle groep, terwijl chirurgische patiënten normaal lage concentraties aminozuren in het bloed hebben, veroorzaakt door de inflammatoire reacties (Visser et al., 2015).

Een stijging van de arginine/ADMA ratio is ook geassocieerd met een hogere kans op levensvatbaarheid van de hartspier (Visser et al., 2014).

4. Metabolisme

Om in leven te blijven hebben onze cellen energie nodig. Deze energie wordt geleverd door stoffen die worden opgenomen uit onze voeding zoals vetten, eiwitten, koolhydraten en alcohol. Onze cellen produceren uit deze stoffen energie door ze af te breken met behulp van zuurstof en ze om te zetten tot water, koolstofdioxide en warmte. De ademhaling dient er voor om de benodigde zuurstof aan te voeren en het geproduceerde koolstofdioxide af te voeren. Ook tijdens een hartoperatie produceert de patiënt op deze manier energie. Het lichaam kan ook anaëroob energie produceren maar hier gaan we in deze bachelorproef niet verder op in. (Goelen, 2014; <http://www.focusopvoeding.nl/wp-content/uploads/2015/06/Factsheet-Indirecte-Calorimetrie.pdf>).

4.1 Glycolyse

Tijdens de glycolyse in het cytoplasma wordt één glucose molecule (6 C-atomen) omgezet tot twee moleculen pyrodruivenzuur (3 C-atomen). Dit levert twee moleculen ATP op. Volgende stoffen zijn hiervoor nodig: glucosemoleculen, de juiste enzymen in het cytoplasma, ATP en ADP (leveren P) en NAD (Co-enzym dat waterstoffen af splits). Voor deze reactie wordt dus geen zuurstof gebruikt (Martini & Bartholomew, 2012).

Als voorbereiding op het toetreden tot het mitochondriën, waar de krebcyclus en dus de meeste productie van energie zal plaatsvinden, wordt pyrodruivenzuur (3 C-atomen) afgebroken tot een acetyl-groep (2 C-atomen) door decarboxylering (verlies van één molecule CO₂ door een substraat). Pyrodruivenzuur ondergaat ook een oxidatie (verliezen van H-atoom). Na elke oxidatie is er een reductie: het H-atoom wordt opgenomen door NAD⁺, dit is een reductie en resulteert in NADH + H⁺. Vervolgens wordt de acetyl-groep verbonden met co-enzym A. Deze verbinding noemt men acetyl co-enzym A (= acetyl CoA). Vanaf dit moment kan acetyl CoA deelnemen aan de krebcyclus. (Nota: De oxidatie van één glucose molecule resulteert in twee moleculen pyrodruivenzuur, dus voor elk molecule glucose worden er twee moleculen CO₂ geproduceerd en 4 NADH + 4H⁺) (Tortora & Grabowski, 1992).

De krebcyclus, ook wel de citroenzuurcyclus genoemd, is een reeks enzymatische (biochemische) reacties die plaatsvinden in de matrix van het mitochondriën. Tijdens deze cyclus wordt de grootste hoeveelheid energie geproduceerd door een opeenvolging van reducties en oxidaties. De chemische energie komt vrij in de vorm van elektronen aan verschillende co-enzymen. De afgeleide van pyrodruivenzuur wordt geoxideerd (verwijderen van waterstof), de co-enzymen worden gereduceerd (toevoegen van waterstof) (Martini & Bartholomew, 2012; Tortora & Grabowski, 1992).

De acetyl groep moet aan Co-enzym A gebonden zijn om de krebcyclus te betreden. Van zodra acetyl CoA de krebcyclus betreden heeft, laat CoA de acetyl-groep los. De acetyl-groep bindt vervolgens aan oxaloacetaatzuur (4 C-atomen). Deze verbinding vormt

citroenzuur (6 C-atomen) Vervolgens gaat de citroenzuurcyclus van start en volgen er een serie decarboxylaties, reducties en oxidaties, elk uitgevoerd door een ander enzym

Citroenzuur ondergaat een decarboxylatie en een oxidatie tot α -ketoglutaarzuur (5 C-atomen). $\text{NADH} + \text{H}^+$ wordt gevormd uit NAD^+ (reductie). Vervolgens wordt α -ketoglutaarzuur gedecarboxyleerd en geoxideerd tot Barnsteen-zuur-CoA (4 C-atomen), $\text{NADH} + \text{H}^+$ wordt gevormd uit NAD^+ . Vervolgens verliest barnsteen-zuur-CoA, de CoA-groep door $\text{GDP} \rightarrow \text{GTP}$ (guanosine trifosfaat). Barnsteen-zuur (4 C-atomen) blijft over en wordt geoxideerd tot fumaarzuur, de twee H-atomen die bij deze reactie vrijkomen worden opgenomen door het co-enzym FAD (Flavin adenine dinucleotide). Dit resulteert in een reductie tot FADH_2 . Malaat wordt dan weer geoxideerd tot oxaloacetaat en dan zijn we terug bij het molucelue waarmee de cyclus start. NAD^+ wordt gereduceerd tot $\text{NADH} + \text{H}^+$

Elk molecule glucose, die wordt afgebroken via de citroenzuurcyclus, vormt zes molecule CO_2 . Deze CO_2 moleculen gaan dan naar het bloed en kunnen worden uitgeademd via de longen.

Elke twee moleculen acetyl-CoA die de krebcyclus betreden resulteren in vier moleculen CO_2 , $6\text{NADH} + 6\text{H}^+$, 2FADH_2 en 2GTP (Dit is een equivalent van ATP). Deze opbrengst gaat naar de elektrontransportketen waar uit de moleculen $6\text{NADH} + 6\text{H}^+$, maximum achttien ATP moleculen geproduceerd worden. Uit de twee FADH_2 worden maximum vier molecule ATP geproduceerd (Tortora & Grabowski, 1992).

4.2 Lipolyse

Tijdens de lipolyse worden triglyceriden in glycerol en vetzuren gesplitst. Glycerol kan door vele cellen in het lichaam afgebroken worden tot glyceraldehyde 3-fosfaat. Dit is een molecule die ook voorkomt in één van de stappen waarbij glucose wordt afgebroken tot pyrodruivenzuur. Wanneer een cel een hogere ATP behoefte heeft dan er uit glucose voorhanden is, zal glyceraldehyde 3-fosfaat afkomstig van glycerol op dezelfde manier als glucose afgebroken worden in de krebcyclus en vervolgens naar de elektrontransportketen gaan en ATP opleveren. Vetzuren, die grote hoeveelheden potentiële energie (ATP) bevatten, kunnen ook deelnemen aan de citroenzuurcyclus bij een tekort aan energie. Hiervoor ondergaan de vetzuren β -oxidatie. Dit is een serie van hydratatie, dehydratatie en splitsingreacties waarbij enzymen de C-atomen één voor één splitsen van de vetzuurketen. De laatste verbinding van twee C-atomen kan dan binden aan co-enzym A, wat resulteert in acetyl-CoA en kan deelnemen aan de krebcyclus en vervolgens aan de elektrontransportketen. Wanneer een vetzuur van zestien C-atomen afgebroken wordt via deze weg, kan dit tot wel 129 ATP molecule opleveren (Tortora & Grabowski, 1992).

4.3 De invloed van een chirurgische ingreep op het metabolisme

Cardiochirurgie veroorzaakt, net zoals elke beschadiging van het lichaam, een hoop reacties om deze beschadiging te herstellen. Zo komen er bijvoorbeeld stresshormonen, stoffen die ontstekingen veroorzaken (vb. cytokines), vrij. Deze vrijlating heeft een grote invloed op het metabolisme. Ze veroorzaakt afbraak (katabolisme) van glycogeen, vetzuren en aminozuren waardoor de concentratie glucose, vetzuren en eiwitten in het bloed stijgt. Bij gezonde patiënten worden deze nutriënten gebruikt voor fysieke activiteit, bij chirurgische patiënten voor het genezingsproces en de immuunrespons (Weimann et al., 2006). Om het genezingsproces (wondgenezing, herstel) goed te laten verlopen moet het lichaam in anabolisme zijn (Weimann et al., 2006). Katabole reacties voorzien het lichaam van de energie die nodig is voor het anabool proces (De Waele, 2015). Volgende maatregelen om stress na een ingreep te beperken door katabolisme te verminderen en anabolisme te stimuleren, waardoor ze sneller en beter herstellen, worden aangeraden: de patiënt voorbereiden op de operatie, voor de operatie al medicatie toedienen, vochtbalans op pijn houden, anesthesie en verdoving toedienen na de operatie, zorgen voor een optimale voedingstoestand en consumeren van koolhydraat rijke dranken twaalf en twee-vier uur voor de operatie en lange periodes van perioperatief vasten vermijden en zo snel mogelijk na de operatie orale of EN voeding terug herinlassen (Weimann et al., 2006).

Cardiochirurgie veroorzaakt SIRS (Systemisch inflammatoir respons syndroom) door het chirurgisch trauma, contact van het bloed met lichaamsvreemd materiaal, opgelopen weefselschade tijdens de operatie, stress, ischemie, reperfusie hypothermie en niet fysiologische situaties. SIRS kan met andere woorden aanzien worden als een uitbreiding van het fysiologische zelfverdedigingsmechanisme. Een studie toont aan dat hoe langer de patiënten aan CPB zijn en hoe langer de aorta geklemd is, hoe langer de tijd dat ze in SIRS zijn. De verlenging van SIRS betekent een achteruitgang van de toestand van de patiënt (Hirai, 2003; American college of chest physicians/Society of critical care medicine geciteerd in Hirai., 2003).

Wanneer de voeding niet optimaal wordt toegediend -wat een zeer belangrijke factor is bij cardio chirurgische patiënten-, kan het substraat dat de hartspier gebruikt veranderen. Met nadelige effecten tot gevolg op het metabolisme van de hartspier. De productie en het gebruik van adenosine trifosfaat (ATP) kan bijvoorbeeld verstoord worden (Neubauer geciteerd in Visser et al., 2011).

Het gebruik van CPB heeft invloed op het metabolisme van de patiënt, maar of dit het metabolisme van de patiënt verhoogt of verlaagt is vandaag nog niet gekend. Dit beklemtoont hoe belangrijk het is om de individuele rust energiebehoefte van de patiënt te bepalen a.d.h.v. IC om gepaste nutritionele therapie te kunnen toepassen en zo over- en ondervoeding te vermijden. Maar deze techniek is nog niet bestudeerd bij volwassenen onder CPB (De Waele et al., 2015). Het is dus ook niet gekend of formules

die de energiebehoefte voorspellen betrouwbaar zijn bij deze specifieke groep van kritiek zieke patiënten (De Waele, 2015).

5. Manieren om de energiebehoefte te meten.

Nutritionele therapie (onder andere het correct dekken van de energiebehoefte) is een essentieel deel van de behandeling bij volwassenen op intensieve zorgen (ICU) (De Waele et al., 2013). Goed toepassen en opvolgen van nutritionele therapie heeft het potentieel om de klinische resultaten te verbeteren maar wanneer het niet goed toegepast wordt heeft het veel nadelige gevolgen (De Waele, 2015). Over de implementatie bestaat nog steeds veel discussie. Het voornaamste kernprobleem hierbij is het correct bepalen van de patiënt zijn energiebehoefte aangezien dit de basis is van een efficiënt nutritieplan. Hiervoor bestaan er veel voorspellende formules, die soms redelijk overeenstemmen met de gemeten energiebehoefte maar meestal de energiebehoefte overschatten, wat dus zowel tot overfeeding als tot ondervoeding kan leiden.

Om het risico op incorrect voeden van kritiek zieke patiënten te verminderen, is indirecte calorimetrie aangeraden als de beste manier om de caloriebehoefte te meten (De Waele et al., 2013).

5.1 BIA

De Bio-elektrische impedantie (BIA) methode maakt gebruik van de hoeveelheid vocht in het lichaam om de vet massa en vetvrije massa, het metabolisch actief weefsel, intracellulair vocht en extracellulair vocht en het totale vochtgehalte te berekenen. Bij BIA wordt er een elektrische stroom door het lichaam gestuurd. Deze elektrische stroom wordt geleid door elektrolyten die aanwezig zijn in het lichaamsvocht. Tussen het lichaamsvocht (geleidende elektrolyten) en de weerstand (impedantie quotiënt = lengte of hoogte²/R) die de elektrische stroom ondervindt, is er een relatie waardoor men in staat is om op basis hiervan het spiergehalte in het lichaam te bepalen. Dit komt omdat men uit ervaring weet dat vetvrije massa (= spierweefsel) uit 73 % water bestaat (Ursula G. Kyle et al., 2004).

In een homogene massa merkt men een constante weerstand op. Op basis hiervan heeft men de impedantie Quotiënt bepaald (lengte²/R). In de praktijk stelt zich het probleem dat het lichaam geen homogene massa is en dus geen constante weerstand vertoont. Deze verschillen in weerstand worden veroorzaakt door de verschillen in vet- en spiermassa tussen de verschillende lichaamsdelen. Om deze reden is het belangrijk om een geschikte coëfficiënt te bepalen die overeenstemt met de geometrie van het lichaam. Deze coëfficiënt hangt af van verschillende factoren, waaronder ook de anatomie van de segmenten die men onderzoekt. Hieruit kan men besluiten dat er zich fouten voordoen als er wijzigingen zijn in de weerstand van het geleidend materiaal. Factoren die zo een verschil kunnen veroorzaken zijn veranderingen in vochtgehalte van de patiënt bijvoorbeeld, wanneer de metingen op verschillende tijdstippen van de dag gebeuren of wanneer de patiënt de dag voor de meting veel alcohol heeft gedronken. Maar ook wanneer hij gewoon minder of meer gedronken heeft dan bij de vorige meting. variaties

in de verhouding van de hoogte tot de geleidende lengte, en variaties in de vorm van het lichaam en de lichaamsdelen kunnen ook een rol spelen. Ook het feit dat lichaamsdelen zich gedragen alsof ze met elkaar in verbinding staan, met korte en dikke delen die minder bijdragen tot de totale R, kunnen de resultaten van de BIA-meting beïnvloeden (Ursula G. Kyle et al., 2004).

5.2 Indirecte calorimetrie

Om de energiebehoefte van gehospitaliseerde patiënten te bepalen is indirecte calorimetrie momenteel aangewezen als de meest betrouwbare methode. Ook in een ICU kan IC zeer succesvol zijn. Het gebruik in de ICU blijft echter beperkt door de hoge kostprijs van de apparaten (De Waele et al., 2015). Bij 50 % van de patiënten op ICU is er een indicatie voor het gebruik van IC maar bij slechts 20% van de patiënten worden de metingen uitgevoerd (De Waele et al., 2013). Punten van kritiek op de indirecte calorimeter zijn de hoge kostprijs, de complexiteit en dat het tijdrovend is. De studie van De Waele et al., 2013 toont aan dat hulpverleners die vertrouwd zijn met het gebruik van IC gemiddeld 35 minuten nodig hebben om alle gegevens te verzamelen. Hieruit besluiten zij dat IC uitvoerbaar, nuttig en niet extreem tijdrovend is op een ICU indien de uitvoering gebaseerd is op strikte criteria en de metingen uitgevoerd worden door een ervaren team.

Zoals eerder vermeld, wordt energie geleverd door voedingsstoffen zoals vetten, eiwitten, koolhydraten en alcohol, die in het lichaam worden omgezet tot CO₂, H₂O en warmte, voor dit proces is er zuurstof nodig. Aangezien het zeer moeilijk is om de warmteproductie te meten, wordt de hoeveelheid O₂ die nodig was om deze warmte te produceren gemeten, dit gebeurt door indirecte calorimetrie (<http://www.focusopvoeding.nl/wp-content/uploads/2015/06/Factsheet-Indirecte-Calorimetrie.pdf>). IC meet de ingeademde en uitgedemde O₂ concentratie, de uitgedemde CO₂ concentratie en het totale volume uitgedemd gas per minuut om het verbruikte volume zuurstof (VO₂ (l/min)) en het geproduceerde volume CO₂ (VCO₂ (l/min)) te berekenen met volgende formules:

- $VCO_2 = (F_eCO_2 \times VE) - (F_iCO_2 \times VE)$
- $VO_2 = (F_iO_2 \times VE) - (F_eO_2 \times VE)$

Vervolgens worden deze waarde gebruikt om het energieverbruik (REE) te berekenen met de Weir's formule:

- $REE = ((3,94 * VO_2) + (1,11 * VCO_2)) * 1440$
(oshima, et al., 2015).

De respiratoiry quotident (RQ) is een ratio tussen het O₂ verbruik en de CO₂ productie tijdens de meting. Deze ratio geeft een indicatie voor welke voedingsstoffen (eiwitten, koolhydraten of vetten) er gebruikt worden om de energie te leveren. Elke voedingsstof heeft een bepaalde waarde voor de RQ. Deze waarden zijn terug te vinden in Tabel 1. (<http://www.focusopvoeding.nl/wp-content/uploads/2015/06/Factsheet-Indirecte-Calorimetrie.pdf>)

Tabel 1:
RQ per voedingsstof.

Één gram	O ₂ (l/g)	CO ₂ (l/g)	RQ
Koolhydraten	0,746	0,746	1,0
Eiwitten	0,966	0,782	0,8
Vetten	2,029	1,430	0,7

Noot. Herdrukt van: "Indirecte Calorimetrie / Resting Energy Expenditure," VUmc, 2013, <http://www.focusopvoeding.nl/wp-content/uploads/2015/06/Factsheet-Indirecte-Calorimetrie.pdf>

Een normale RQ waarde varieert tussen de 0,67 en 1,3. (AARC, 2014) Een te lage RQ waarde kan veroorzaakt worden door een fout in de meting, ketose of hypoventilatie. Een te hoge RQ waarde komt voor bij fouten tijdens de meting, acidose of hyperventilatie (<http://www.focusopvoeding.nl/wp-content/uploads/2015/06/Factsheet-Indirecte-Calorimetrie.pdf>).

De FIO₂ waarde tijdens de meting moet steeds <0,60 zijn aangezien bij hogere waarde de meting onbetrouwbaar is (AARC, 2014).

De energiebehoefte die gemeten wordt door de indirecte calorimeter gedurende 30 minuten is niet volledig representatief voor behoefte van de patiënt gedurende 24 uur (Reid, geciteerd in De Waele et al., 2015). Het ontwikkelen van IC monitors die de energiebehoefte gedurende 24 uur meten zou een grote stap voorwaarts zijn voor een optimaal voedingsbeleid bij kritiek zieke patiënten (Dummler, geciteerd in De Waele et al., 2015). Een andere studie toont aan dat het energieverbruik gemeten door IC, tussen 24 uur en dertig minuten varieert maar dat de metingen die 30 min duurden een goede richtlijn zijn om de energiebehoefte van een dag te bepalen (Smyrnios, Curley & Shaker, 1997).

Gedurende een kritieke toestand is het zeer belangrijk om de energietoediening zoveel mogelijk af te stemmen op de gemeten energiebehoefte door indirecte calorimetrie. Hierdoor kan een negatieve energiebalans vermeden worden. Maar accurate bepaling van de rustenergiebehoefte is niet altijd mogelijk aangezien formules enkel een benadering van de energiebehoefte weergeven en indirecte calorimetrie in vele

ziekenhuizen niet beschikbaar is. Dit ondanks het feit dat de voordelen al herhaaldelijk bewezen zijn, zoals in deze prospectieve studie van Anbar, geciteerd in Singer et al., 2009. Deze studie met 50 personen heeft het verschil in resultaat nagekeken tussen het toedienen van de gemeten rust energiebehoefte aan de hand van indirecte calorimetrie en de berekende energiebehoefte aan de hand van de formule 25kcal/kg/dag. Hieruit is gebleken dat een exacte bepaling van de energiebehoefte en een juiste toediening van deze behoefte het verblijf in het hospitaal en de mortaliteit met 50% doet verminderen. Bij deze studie is zowel EN als PN gebruikt om aan de energiebehoefte te voldoen (Singer et al., 2009). Ook het TICACOS onderzoek, geciteerd in Soguel et al., 2012 tonen betere resultaten aan bij patiënten waarvan de energiebehoefte bepaald is door IC elke twee dagen.

Er is al besproken dat nutritionele therapie een essentieel onderdeel van de behandeling van kritiek zieke patiënten is, hoewel de uitvoering ervan voor discussie vatbaar is (Er wordt veel gediscussieerd over de beste manier om de energie toe te dienen). Het kernprobleem of de uitdaging bij optimale nutritionele therapie is het correct bepalen van de energiebehoefte van de patiënt aangezien zowel overvoeding als ondervoeding een negatieve prognose veroorzaken. IC is de meest accurate en betrouwbare methode om de energiebehoefte te bepalen en zo het risico op incorrect voeden van kritiek zieke patiënten te vermijden en zo de overlevingskansen te laten stijgen. Door de lage correlatie tussen de gemeten BMR en de berekende BMR is het gebruik van formules om de energiebehoefte van kritiek zieke patiënten te bepalen onveilig en is het onmogelijk om de energietoevoer juist te laten afstemmen op de energiebehoefte wanneer deze niet geëvalueerd is met IC (De Waele et al., 2013).

5.2.1 Contra-indicaties

Wanneer er een indicatie is voor het uitvoeren van IC zijn er geen contra-indicaties om deze meting niet uit te voeren. IC is een veilige, non-invasieve manier om de BMR exact te bepalen. Enkel wanneer er door het kortstondig loskoppelen van de ventilator, om deze met de IC te verbinden, een te laag zuurstof gehalte in het bloed is of bradycardie of andere nadelige effecten ontstaan, is het gebruik van IC af te raden (AARC, 2004).

6. Manieren om de energiebehoefte te berekenen

Formules die wijdverspreid gebruikt worden om het basaal metabolisme te berekenen, hebben een slechte correlatie met de waarde die bekomen wordt door het basaal metabolisme te meten met IC. Hieruit kan geconcludeerd worden dat een goed voedingsbeleid, waarin de energiebehoefte zo goed mogelijk gedekt wordt, onmogelijk enkel kan gebaseerd zijn op formules en is het gebruik van IC een basis vereiste voor een adequaat voedingsbeleid (De Waele et al., 2015).

6.1 Harris-Benedict:

- voor mannen: $13,397 \text{ gewicht (kg)} + 4,799 \text{ lengte (cm)} - 5,677 \text{ leeftijd} + 88,362$
- voor vrouwen: $9,247 \text{ gewicht (kg)} + 3,098 \text{ lengte (cm)} - 4,33 \text{ leeftijd} + 477,593$ (De Waele et al., 2012).

De Harris-Benedict-formule van 1984 geeft een te lage energiebehoefte weer in vergelijking met IC en heeft slechts een correlatie van $R^2 = 0,44$ (De Waele et al., 2015). Een andere studie geeft slechts een correlatie van $R^2 = 0,19$ tussen de gemeten BMR met IC en de berekende BMR met De Harris-Benedict-formule van 1984 (De Waele et al., 2013). Bij het gebruik van de Harris-Benedict-formule wordt de energiebehoefte vaak overschat

(<http://www.nutritionalassessment.azm.nl/algorithmena/onderzoek/energiegebruik/berekenen.htm>). De Espen-richtlijnen raden aan om voor obese patiënten de energiebehoefte te berekenen a.d.h.v. het ideaal lichaamsgewicht wanneer de Harris-Benedict-formule wordt gebruikt om overvoeding te vermijden (Singer et al., 2009).

6.2 Espen richtlijnen

De ESPEN-richtlijnen raden aan om tijdens de acute-en beginnende fase van de kritiek zieke toestand maximum 20-25 kcal/kg/dag toe te dienen. Tijdens de herstel fase kan een energie aanbreng van 25-30 kcal/kg LG/dag aangeraden worden omdat dan extra energie nodig is voor de anabole reconstructies (Kreyman et al., 2006). Soguel et al., 2012 raden aan om medische patiënten maximum 25 kcal/kg/dag te geven, chirurgische patiënten 30 kcal/kg/dag en patiënten die ouders zijn dan 70 jaar 20-25 kcal/kg/dag. Voor obese patiënten raden zij aan om het ideaal kg lichaamsgewicht te gebruiken om de energiebehoefte te berekenen om overvoeding te vermijden indien het gebruik van IC niet mogelijk is. De Waele et al., 2015 bekomen een gemiddelde energiebehoefte van 20,8 kcal/kg/dag voor de post-acute fase van kritiek zieke patiënten gemeten met IC. Kirshman, geciteerd in Singer et al., 2009 tonen aan dat patiënten die 9-18 kcal/kg/dag kregen betere klinische resultaten bekomen dan deze die een hogere energieaanbreng toegediend kregen.

Deze formule kan in vraag gesteld worden aangezien ons lichaamsgewicht niets zegt over de samenstelling van ons lichaam. Niet enkel ons lichaamsgewicht maar ook de

samenstelling van het lichaam zijn bepalend voor het metabolisme en de energiebehoefte (D. Laforge, persoonlijke communicatie, november 2014). Zo beïnvloedt vetweefsel de rust energiebehoefte nauwelijks (Zauner, geciteerd in doktoraat dokter E. De Waele). Iemand met een hoger spiergehalte zal dus ook een hoger metabolisme hebben en dus een hogere energiebehoefte. Vb. Iemand die 80 kg weegt, maar waarbij deze massa voornamelijk bestaat uit spiermassa, zal een hoger metabolisme hebben dan iemand die 80 kg weegt en meer vetmassa heeft (D. Laforge, persoonlijke communicatie, november 2014; Visser et al., 2013). Daarom is volgens mij de formule 25-30 kcal/kg LG/dag niet echt betrouwbaar. Er zijn nog heel wat andere formules om de energiebehoefte van patiënten te bepalen maar ook hiervan kan de betrouwbaarheid in vraag gesteld worden (De Waele et al., 2013, 2015). Er zijn ook geen richtlijnen voor het gebruik van deze formules bij cardio chirurgische patiënten. Men veronderstelt wel dat de energiebehoefte verhoogd is bij deze patiënten maar zeker weet men het nog niet (E. De Waele, persoonlijke communicatie, 09/11/2015).

7. Via welke weg wordt de energiebehoefte gedekt?

7.1 Enterale voeding

Het gebruik van Enterale nutritie krijgt de voorkeur als voedingstechniek, maar is enkel te gebruiken wanneer dit door de patiënt verdragen wordt (Soguel et al., 2012).

Enterale voeding wordt aangeraden bij:

- alle patiënten waarvan verwacht wordt dat ze hun energiebehoefte niet bereiken via orale weg drie dagen na hun operatie (Kreymann et al., 2006);
- patiënten die niet ondervoed zijn maar gedurende zeven dagen niet in staat zullen zijn te eten (Weimann et al., 2006);
- wanneer de patiënt langer dan tien dagen minder dan 60 % van zijn energiebehoefte opneemt (Weimann et al., 2006).

Enterale voeding verkiest de voorkeur, behalve in volgende situaties:

- een obstructieve in het gastro-intestinaal stelsel;
- hevige shock;
- intestinale ischemie (Weimann et al. 2006).

Een standaard enterale voeding met verhoogde eiwitaanbreng moet opgestart worden binnen de 24-48 uur na de operatie (Kreymann et al. 2006) om het risico op het ontwikkelen van sepsis en multipel orgaanfalen tegen te gaan (Weimann et al., 2006). Chirurgische patiënten hebben een hogere behoefte aan aminozuren (AZ) aangezien chirurgie inflammatoire reacties veroorzaakt met als doel het beschadigde weefsel te herstellen. Dit verklaart de hogere behoefte aan AZ. Een nadeel aan deze inflammatoire reactie is dat de patiënt ook vatbaarder is voor het ontwikkelen van een ontsteking (De Visser et al., 2015). Er is geen klinisch voordeel gevonden voor het gebruik van een formule met peptiden in plaats van volledige eiwitten. Er is geen algemene hoeveelheid EN die aangeraden kan worden aangezien dit moet aangepast zijn aan de vooruitgang of het verloop van de ziekte en hoeveel er door de darm van de patiënt verdragen wordt (Kreymann et al. 2006). Het tekort aan energie kan dan opgevangen worden door PN.

Bij de start van sondevoeding zal men moeten beginnen met een lage hoeveelheid en deze verhogen met 10 – max. 20 ml/uur. De tijd die nodig is om de sondevoeding op te bouwen en zo de volledige energiebehoefte hiermee te dekken kan vijf tot zeven dagen duren. Dit wordt niet gezien als een probleem omdat dit geen schadelijke effecten als gevolg van ondervonden veroorzaakt (Weimann et al.,2006).

7.2 Parenterale voeding (PN)

Parenterale voeding moet behouden worden als een reservetool (Kreymann et al., 2006) en enkel gebruikt worden wanneer de patiënt zijn energieopname kleiner is dan 60% van zijn energiebehoefte en het niet mogelijk is om zijn energiebehoefte te bereiken via enterale voeding (Weimann et al., 2006).

Er is al veel onderzoek gedaan naar het juiste moment om te starten met PN maar hier is nog geen consensus over. De ESPEN en CSCN (Canadian clinical guidelines) raden aan om EN op te starten binnen de 24-48 uur na de opname op ICU. Zij raden aan om deze richtlijn ook te volgen voor PN indien er een indicatie is voor PN aangezien er aangetoond is dat dit de mortaliteit niet verhoogt in vergelijking met EN (Singer et al., 2009).

Indicatie voor PN:

- indien men verwacht dat de patiënt niet binnen de 48 uur in staat zal zijn om normaal te eten en er contra-indicaties zijn voor EN of EN niet verdragen wordt door de patiënt (Heyland's, geciteerd in Singet et al., 2009);
- indien er niet binnen de 24 uur kan gestart worden met EN nadat de patiënt is opgenomen op ICU (Simpson & Doig, geciteerd in Singet et al., 2009).

In een meta-analyse (Heyland's, geciteerd in Singer et al., 2009) zijn er geen significante verschillen gevonden in klinische resultaten (clinical outcome) tussen het toedienen van EN en PN aan ICU-patiënten. Een andere meta-analyse (Gramlich, geciteerd in Singer et al., 2009) toont aan dat infecties significant minder voorkomen bij EN maar dat er geen verschil is in mortaliteit of de lengte van het verblijf in het hospitaal tussen het gebruik van EN en PN. PN is wel geassocieerd met meer voorkomen van hyperglycemie. De meta-analyse van Braunschweig, geciteerd in Singer et al., 2009 toont ook aan dat er een hoger risico op infecties is bij het gebruik van PN. Dit kan gedeeltelijk verklaard worden doordat hyperglycemie meer voorkomt bij deze populatie. Het ontwikkelen van insuline resistentie is een normale reactie van het lichaam op de operatie. Nutritionele therapie is een zeer belangrijke factor bij kritiek zieke patiënten maar het is onmogelijk om chirurgische patiënten met insulineresistentie voeding toe te dienen zonder dat er zich een hyperglycemie ontwikkelt. Daarom is insuline één van de belangrijkste componenten om het metabolisme te regelen na een operatie (Weimann et al., 2006). Een meta-analyse (Van den Berghe et al, geciteerd in Weimann et al., 2006) toont aan dat wanneer de glycemie postoperatief onder controle gehouden wordt (om hyperglycemie te vermijden) door insuline toe te dienen aan patiënten op een ICU, er 50% minder morbiditeit en mortaliteit voorkomt. Deze studie toont aan dat een goede metabole controle zeer belangrijk is om het aantal complicaties te verminderen na een operatie.

De ESPEN-richtlijnen over parenterale nutritie: intensieve zorgen (Singer et al., 2009) raden aan dat alle patiënten, die na twee dagen niet hun vooropgestelde hoeveelheid EN

toegediend krijgen, supplementair PN krijgen om het verschil op te vangen. Een studie (Bauer, geciteerd in Singer et al., 2009; Kreymann et al., 2006) heeft de voordelen onderzocht van het samen toedienen van EN en PN in een groep van 60 personen. Deze werden in twee groepen verdeeld. Eén groep kreeg samen EN en PN. De controlegroep kreeg enkel EN en een placebo. De energietoediening werd dagelijks gecontroleerd. Dus beide groepen kregen hun energiebehoefte, berekend met de formule van 25kcal/kg/dag. Na zeven dagen waren de pre-albumine waarden en de retinol binding proteïne significant verbeterd. Er was geen verschil in de hoeveelheid mortaliteit na 90 dagen of in het voorkomen van infecties en de lengte van het hospitaal verblijf was significant verminderd. Ook de studie van Soguel et al., 2012 bevestigt dat het samen toedienen van PN en EN de energiebalans positief beïnvloedt en men raadt gecombineerd toedienen van EN en PN aan omdat dit volgens hen de enige manier is om de energieaanbreng te optimaliseren bij kritiek zieke patiënten. Maar men benadrukt wel dat het gebruik van PN of gecombineerd PN en EN nauwkeurig moet opgevolgd worden om overvoeding te vermijden.

7.3 Oraal voeden

Het oraal voeden van patiënten op een kritische afdeling verhoogt in sterke mate het risico op malnutritie. Enkel met orale voeding is de energieaanbreng in 97% van de ligdagen onvoldoende. Het is dus zeer belangrijk dat de energieaanbreng nauwkeurig wordt opgevolgd wanneer patiënten enkel oraal gevoed worden, zonder aanvullend EN of PN toe te dienen. Om deze reden wordt er in veel situaties gekozen om de patiënt te voeden met een combinatie van orale, enterale en/of parenterale voeding. Uit meerdere studies blijken deze combinaties het risico op complicaties en malnutritie te verminderen, (dit onderwerp is al uitvoerig besproken in punt 7.2)(Soguel et al., 2012). Dit wil niet zeggen dat oraal voeden moet onderbroken of vermeden worden indien de patiënt dit verdraagt (Weimann et al, 2006).

7.4 Drinkvoeding

Bij colorectale patiënten en patiënten die een heuptransplantatie ondergaan hebben, is gebleken dat wanneer de patiënt de avond voor de operatie (12 uur voor de operatie) 800 ml koolhydraatrijke drank drinkt en twee tot vier uur voor de operatie 400 ml drinkt, de massa skeletspieren behouden blijft na de operatie en dat de spiersterkte verbeterd was, één maand na de operatie (Weimann, 2006). Dit is belangrijk voor onze doelgroep patiënten aangezien zij meestal sedentaire patiënten zijn met een laag spiergehalte. Een studie (Ljungqvist, Nygren & Thorell, geciteerd in Weimann, 2006) vergelijkt patiënten die preoperatief nuchter zijn met patiënten die preoperatief koolhydraten toegediend krijgen. Hieruit is gebleken dat er minder hyperglycemie voorkomt na de operatie bij de groep die preoperatief koolhydraten hebben geconsumeerd. Er zijn geen andere nadelen gevonden van het toedienen van koolhydraatrijke dranken voor de operatie. Zo is er geen verhoogd risico op

misselijkheid en braken na de operatie noch op reflux. De patiënt mag geen vertraagde maaglediging hebben. Ook de morbiditeit en mortaliteit is niet toegenomen (Weimann et al., 2006).

Personen met een risico op ondervoeding, die een ernstige operatie moeten ondergaan, hebben er baat bij om preoperatief nutritionele supplementen, vb. drinkvoeding, te krijgen gedurende 10-14 dagen, ook al moet de operatie hiervoor uitgesteld worden. Dit kan thuis gebeuren. Preoperatief toedienen van drinkvoedingen die immunomodulerende bestanddelen bevatten zoals arginine, omega 3 en nucleotiden hebben bij patiënten, die een ernstige operatie moesten ondergaan omwille van abdominale kanker, aangetoond dat het verblijf in het hospitaal en de kans op morbiditeit en complicaties hierdoor verminderen. Het is aan te raden deze immunomodulerende middelen ook vijf tot zeven dagen na een operatie zonder complicaties toe te dienen, omdat dit het verblijf in het hospitaal en de kans op morbiditeit en complicaties vermindert. Er komen ook minder problemen voor met het genezen van wonden en problemen met hechtingen en infecties, zowel bij goed gevoede als bij ondervoede patiënten (Weimann et al., 2006). De Visser et al., 2015 spreken dit tegen. Volgens hen zouden immunomodulerende nutriënten de prognose van de patiënt negatief beïnvloeden aangezien de stimulerende werking van deze nutriënten teveel verspreiding van immuuncellen en overmatige NO-productie veroorzaakt wat resulteert in overdreven inflammatoire reacties met ontstekingen en ernstige vasodilatatie tot gevolg (De Visser et al., 2015).

8. Aandachtspunten bij het voeden van kritiek zieke patiënten

8.1 Overvoeding

Het is zeer belangrijk dat een kritiek zieke patiënt zijn energiebehoefte behaalt maar ook “overfeeding”, de energiebehoefte van de patiënt overschrijden, is negatief voor de prognose van de patiënt (Soguel et al., 2012). Overvoeding is geassocieerd met hyperglycemie, meer lipogenese, leverproblemen. Overvoeding beïnvloedt ook negatief de beademing en het genezingsproces, aangezien koolhydraten de CO₂ productie verhogen. Vetten verhogen het zuurstof verbruik en ook het risico op mortaliteit (De Waele et al., 2015; Soguel et al., 2012).

Er is een algemene overeenstemming dat overfeeding vermeden moet worden bij kritiek zieke patiënten. Zelfs de algemene richtlijnen van 20-25 kcal/kg LG/dag voor vrouwen en, 25-30 kcal/kg LG/dag voor mannen kan teveel zijn tijdens de eerste 72-96 uur van kritieke ziekte. (Kreymann et al., 2006). Uit een studie (Krishnan et al., geciteerd in Kreymann et al., 2006) is gebleken dat patiënten die slecht 33-66% van hun energiebehoefte innamen, betere vooruitzichten hadden om het ziekenhuis levend te verlaten dan patiënten die aan 66-100 % van hun energiebehoefte voldeden. Deze resultaten zijn moeilijk te interpreteren aangezien de ernst van de medische toestand, de incidentie van ondervoeding en de lengte van het verblijf in vergelijking tot het level van de calorie aanbrenge niet gegeven zijn. Maar er is nog een studie (Ibrahim et al., geciteerd in Kreyman et al., 2006) die ook de stelling ondersteunt dat “overfeeding” voor slechtere vooruitzichten zorgt. Hoe dan ook zal er nog onderzoek moeten gedaan worden of een hypo-calorisch dieet nu wel of niet nadelig is tijdens de eerste fase van het verblijf op intensieve zorgen. Vooral voorzichtigheid is aangeraden bij patiënten met beginnende ondervoeding (Kreymann et al., 2006).

Een recente studie (Villet et al., geciteerd in Kreymann et al., 2006) heeft de nadruk gelegd op de relatie tussen opstapelend energietekort en de stijging van complicaties. Vanaf 10000 kcal opgestapeld energietekort komen er meer complicaties voor (infecties, wondgenezing). Barlett et al., geciteerd in Singer et al., 2009 toont via een retrospectieve studie aan dat chirurgische ICU patiënten die gedurende hun volledig verblijf op ICU een totale energiebalans lager dan 10000 kcal hebben 85 % meer kans hebben op mortaliteit. Misschien kan men hieruit besluiten dat een zeer lichte vorm van te weinig energieaanbrenge betere resultaten oplevert voor de prognose van de patiënt dan overvoeding, als de grens van 10000 kcal opstapelend energie tekort niet overschreven wordt (Kreymann et al., 2006).

8.2 Negatieve energiebalans

Problemen die optreden bij een negatieve energiebalans:

- wanneer de inname minder dan 25 % van de behoefte is, komt bacteriëmie significant meer voor (Rubinson, geciteerd in Singer et al., 2009);
- een negatieve energiebalans is geassocieerd met meer infectieuze complicaties na een open hartoperatie (Villet, geciteerd in Singer et al., 2009);
- meer voorkomen van mortaliteit (Petros, geciteerd in Singer et al., 2009);
- meer voorkomen van alle complicaties bij ICU patiënten (Dvir, geciteerd in Singer et al., 2009);
- minder glycogeen reserves in de lever en een verhoogde afbraak van de spiermassa (Soguel et al., 2012).

8.3 Ondervoeding

Malnutritie is geassocieerd met een slechte uitkomst voor cardio-chirurgische patiënten en een preoperatieve co-morbiditeit waar vaak niet aan gedacht wordt. Bij cardio-chirurgische patiënten komt ondervoeding zeer vaak voor, 10-25% is ondervoed (Visser et al., 2011, 2013). Kritiek zieke patiënten hebben ook een hoger risico op het ontwikkelen van ondervoeding (Soguel et al., 2012). Malnutritie verhoogt het risico op complicaties, zo blijkt dat malnutritie vele psychologische lichaamsprocessen beïnvloedt en veroorzaakt significant mentale, musculaire, cardiovasculaire, renale, respiratoire en gastro-intestinale dysfuncties. Het vertraagt de wondgenezing, beïnvloedt het immuunsysteem waardoor het risico op infecties vergroot, verlengt het verblijf op ICU en in het hospitaal, verhoogt de hospitaal kosten, verhoogt de kans op mortaliteit, is nadelig voor het comfort van de patiënt, samengevat ondervoeding is nefast voor de prognose van de patiënt (De Waele et al., 2015; Visser et al., 2011, 2013; Soguel et al., 2012).

Onvoldoende voedingsondersteuning blijft een groot probleem bij kritiek zieke patiënten ondanks de vele richtlijnen hieromtrent gepubliceerd. Er is aangetoond dat enkel het opmaken van een voedingsprotocol en het invoeren onvoldoende resultaat boekt. Wanneer er voltijds een diëtiste op de ICU aanwezig is heeft dit een positieve invloed op de energiebalans van de patiënten, de energie-aanbreng stijgt met 36 %. Haar taken bestaan erin om de patiënten te screenen op ondervoeding, regelmatig bepalen en herbepalen van de energiebehoefte van de patiënt en deze vergelijken met zijn energie-aanbreng om zo de energie-balans te berekenen en de energie-aanbreng te verbeteren. Andere taken zijn: de beste manier bepalen om de patiënten te voeden (EN, PN of een combinatie van deze twee), ervoor zorgen dat de het protocol dagelijks juist wordt toegepast en de artsen en paramedici bijscholen over voeding, aangezien de leerstof hierover beperkt is in hun opleiding (Soguel et al., 2012).

8.4 Obesitas

Obesitas is bij cardio-chirurgische patiënten geassocieerd met wondinfecties, postoperatieve complicaties, longontstekingen, mortaliteit en een langer verblijf in het hospitaal (Visser et al., 2013)

8.4.1 Sarcopene obesitas

Sarcopene obesitas (SO) wordt gedefinieerd als het gelijktijdig voorkomen van een lage vetvrije massa (FFMI < 14,5 kg m⁻² voor vrouwen en <16,7 kg m m⁻² voor mannen) en een hoge vet massa (FMI >11,8 kg m⁻² voor vrouwen en > 8,3 kg m⁻² voor mannen) door Visser et al., 2013. Een hoge FM is niet geassocieerd met het risico op postoperatieve infecties na cardiochirurgie maar een lage FFM wel. Wanneer deze twee factoren gelijktijdig voorkomen (SO) ontstaat er een extra hoog risico dat er zich bij cardio chirurgische patiënten postoperatief infecties ontwikkelen, met een verlengd verblijf op ICU tot gevolg. In hun studie raden Visser et al., 2013 ook aan om de lichaamssamenstelling te bepalen van cardio chirurgische patiënten zodat ondervoeding gediagnosticeerd en behandeld kan worden. Zeker wanneer de patiënten obees zijn.

Mensen met SO hebben een hogere risico om aandoeningen aan de coronairen te ontwikkelen. Patiënten met SO zijn vnl. vrouwen met een lage FFMI en een lage handgreepsterkte.

9. Screeningstools

9.1 NRS 2002

Om te bepalen of een patiënt ondervoed is en intensieve nutritionele therapie nodig heeft wordt er gebruik gemaakt van screeningstools. Uit onderzoek (Heyland et al., 2011) is gebleken dat de NRS 2002 niet geschikt is om te bepalen of patiënten op een ICU risico op ondervoeding hebben aangezien bijna iedere patiënt hier een minimum score van drie behaalt en dus geclassificeerd wordt als risico op ondervoeding. Zij raden voor screenings op een ICU de NUTRIC score aan om na te gaan of de patiënten intensieve nutritionele therapie nodig hebben. De NRS 2002 maakt onder andere gebruik van de BMI om het risico op ondervoeding in te schatten. De BMI geeft geen exacte samenstelling van het lichaamsgewicht. Dit kan in twee onderdelen verdeeld worden: de metabool actieve vetvrije massa en de vet massa. Zo zou voornamelijk de lage FFM van een lage BMI verantwoordelijk zijn voor de negatieve gevolgen (Visser et al., 2013).

NRS-2002 (nutritional risk screening) wordt aangeraden als eerste keuze screeningstool bij gehospitaliseerde patiënten door het nutritioneel voedings-en gezondheidsplan.

Screeningstool zie bijlage 1.

9.2 MUST

De MUST (malnutrition universal screening tool) heeft als doel om ondervoeding te detecteren op basis van de kennis over de associatie tussen een verslechterde voedingsstoestand en een verslechterde gezondheidstoestand. (Kondrup et al., 2003). Deze screeningstool wordt door het nutritioneel voedings-en gezondheidsplan aangeraden als tweede keuze voor gehospitaliseerde patiënten. De MUST screeningstool houdt rekening met de BMI, de aan-of afwezigheid van een acute aandoening en het percentage ongepland gewichtsverlies. De MUST-screening is het makkelijkst in gebruik ([http://www.vdito.be/documenten%20nodig%20voor%20website/NVGP-B_Screen_808_15174542_nl\[1\].pdf](http://www.vdito.be/documenten%20nodig%20voor%20website/NVGP-B_Screen_808_15174542_nl[1].pdf)).

Screeningstool zie bijlage 2.

Praktische deel

10. Inleiding

Er is al meermaals aangetoond dat ondervoeding en langdurig vasten, voor en tijdens de operatie, van chirurgische patiënten de prognose negatief beïnvloedt (Awad et al., geciteerd in Soguel et al., 2012; Visser et al., 2014; Weiman et al., 2006). Ondanks deze kennis is het niet mogelijk om cardio chirurgische patiënten zomaar beginnen te voeden tijdens een operatie aangezien hier heel wat factoren bij komen kijken. Zowel ondervoeding als overvoeding beïnvloeden de klinische resultaten negatief (De Waele et al., 2015; Visser et al., 2011, 2013; Soguel et al., 2012).

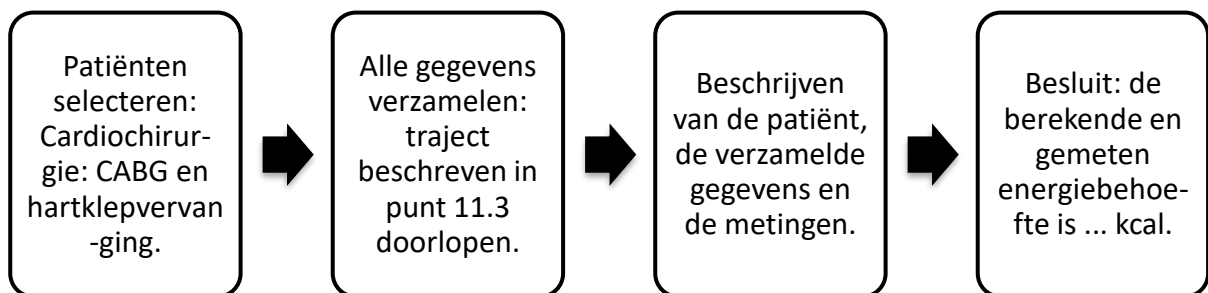
Tijdens de hartoperatie is de patiënt in een kunstmatige slaap. Toch kan men de energiebehoefte van cardiochirurgische patiënten niet zomaar vergelijken met een persoon die slaapt. 's Nachts ontwikkelt een gezond persoon immers geen insuline resistentie. Tevens weet men tot vandaag nog steeds niet zeker of zo een operatie, een grote ingreep waarbij heel wat lichaamsweefsel beschadigd wordt, de energiebehoefte verhoogt of verlaagt. Ook wat de invloed van extracorporele circulatie is op het metabolisme van de cardio chirurgische patiënt is nog onbekend (De Waele et al., 2015). ECMO neemt immers heel wat lichaamsfuncties van de patiënt over, wat de energiebehoefte kan verlagen. Een andere factor die de energiebehoefte tijdens een hartoperatie kan beïnvloeden is de hypothermie. Maar zo een operatie veroorzaakt ook heel wat immunologische reacties in het lichaam, die de energiebehoefte kunnen verhogen.

Door al deze onzekerheden is het dus zeer belangrijk om de exacte energiebehoefte van cardio chirurgische patiënten te bepalen zodat, indien er in volgende stadia tijdens de operatie voeding toegediend zou worden, de negatieve gevolgen van ondervoeding en overvoeding vermeden kunnen worden. Er is aangetoond dat dit enkel mogelijk is via metingen met indirecte calorimetrie (De Waele et al., 2013). Vooruitgang van de medische wetenschap om de impact van medisch behandelingen te reduceren is belangrijk om het leed van de patiënten te verminderen en de overlevingskansen te doen stijgen aangezien nog steeds 5% van de patiënten die een cardiochirurgische ingreep ondergaan overlijden.

11. Onderzoeksmethode

Via een interventionele cohortstudie bij cardio chirurgische patiënten die een CABG of een klepvervanging (aorta- en/of mitralisklep) ondergaan, zijn we nagegaan of het mogelijk is om de exacte energiebehoefte van patiënten te meten a.d.h.v. IC tijdens een hartoperatie in het operatiekwartier (OK). Ons doel was om op deze manier na te gaan hoeveel kcal (energie) zo'n operatie kost, of de energiebehoefte van de patiënt tijdens de operatie toeneemt of daalt, en wat de invloed van ECMO is op het metabolisme. Ook gaan we na of de berekende (met de Harris-Benedict formule) en gemeten energiebehoefte met elkaar overeenstemmen. Onze studie is goedgekeurd door het ethisch comité van het UZ Brussel.

11.1 Studie design



11.2 Studie populatie

De studiepopulatie van het onderzoek omvat patiënten die een geplande hartoperatie ondergaan in het UZ Jette tijdens de maanden februari tot mei 2016.

De patiënten werden geselecteerd door dokter E. De Waele. De onderzoeken vragen een aangepaste testomgeving. Zo zullen enkel de patiënten die als eerste van de dag geopereerd worden, overwogen worden als testpersoon. Dit om de meest conforme metabole situatie te evalueren. Patiënten die op maandag of vrijdag geopereerd worden, kunnen om logistieke redenen (uitvoer pre-en postoperatieve onderzoeken) niet geïncludeerd worden.

De verantwoordelijke cardiochirurg en cardio-anesthesist dienen akkoord te gaan met de testsetting bij de geselecteerde patiënt.

Tenslotte moet ook de patiënt schriftelijk zijn toestemming geven om metingen te mogen uitvoeren. Dit gebeurt a.d.h.v. een toestemmingsformulier (informed consent) dat we later aan het ethisch comité moeten afgeven.

Onze studie telt twee personen, één man van 65 jaar en één vrouw van 72 jaar.

11.2.1 Inclusie criteria:

- cardio chirurgische patiënten die een coronair artery bypass graft of hartklepvervangning ondergaan;
- de patiënt moet minimum 18 jaar zijn.

11.2.2 Exclusie criteria:

- patiënten met complicaties;
- patiënten met zware pneumologische aandoeningen (COPD, zuurstofbehandeling thuis);
- patiënten met metabole aandoeningen of lever-of nierfalen.

11.3 Bijgehouden patiënt gegevens (parameters)/ Data collectie

Alle gegevens werden bijgehouden in een zelf opgemaakte database met behulp van mijn promotor, Dr. E. De Waele en de diëtiste van intensieve zorgen UZ Brussel Sabrina Mattens. Per fase van het onderzoek werden de volgende gegevens verzameld en metingen uitgevoerd:

Preoperatief:

- Volgende Parameters werden verzameld:
 - algemeen: gewicht, lengte, leeftijd, geslacht;
 - nutritie screeningstools: NRS en MUST;
 - labowaarde: Hemoglobine, CRP, Bloedplaatsjes, Albumine, ureum, creatine K, Na, Cholesterol.
- BIA
- Indirecte calorimetrie.

Operatie:

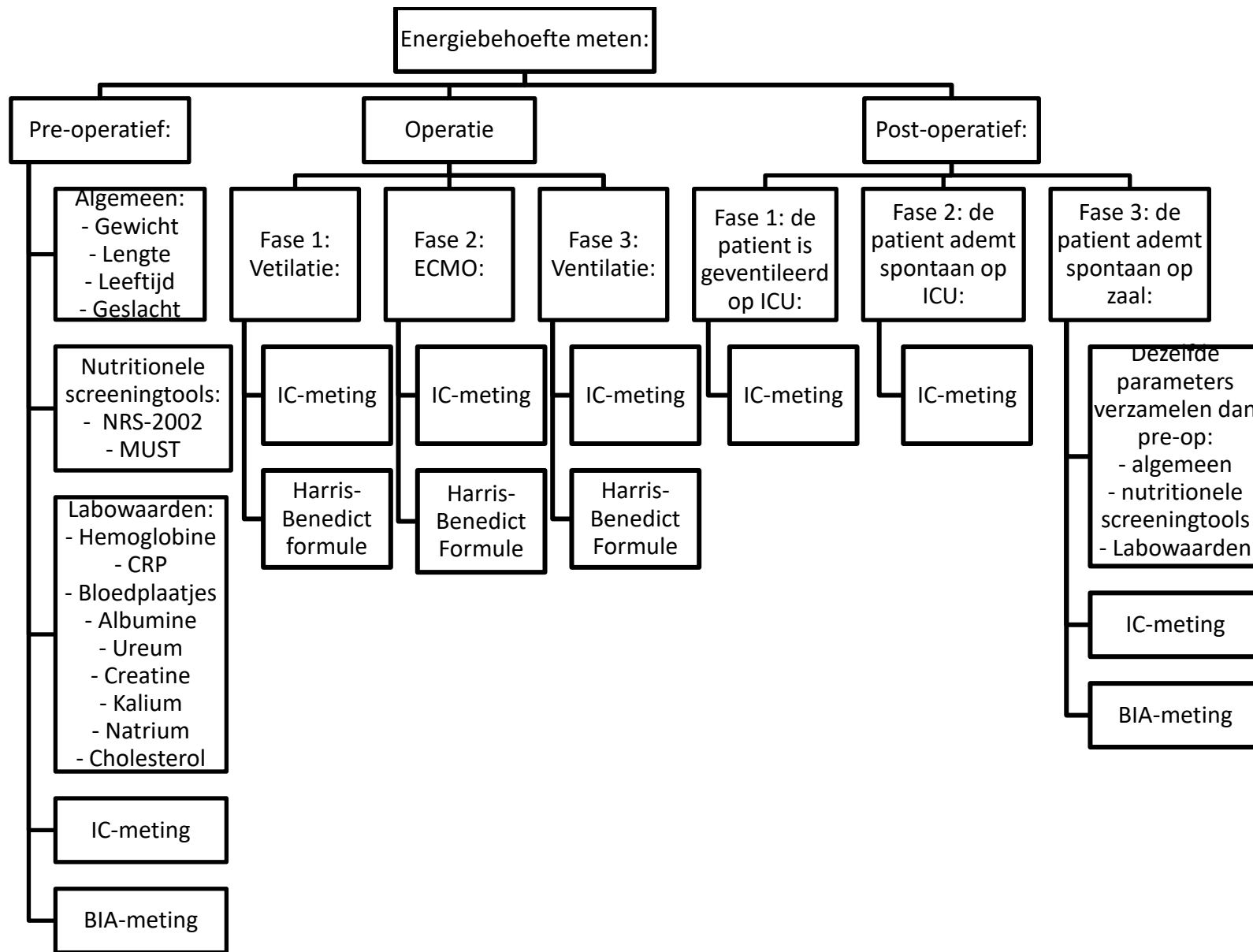
Tijdens de drie stadia van de operatie (respectievelijk ventilatie, on pomp = ECMO, ventilatie) is het energieverbruik gemeten met indirecte calorimetrie en berekend met de formule Harris-Benedict.

Postoperatief:

- Fase één: de patiënt is geventileerd op de dienst intensieve zorgen. Het energieverbruik werd meten met indirecte calorimetrie.
- Fase twee: de patiënt ademt spontaan op de dienst intensieve zorgen. Het energieverbruik werd gemeten met indirecte calorimetrie.
- Fase drie: patiënt ademt spontaan op zaal:
 - volgende parameters werden verzameld:
 - algemeen: gewicht, lengte, leeftijd, geslacht;
 - nutritie screeningstools: NRS en MUST;
 - labowaarde: hemoglobine, CRP, bloedplaatsjes, albumine, ureum, creatine K, Na, cholesterol
 - BIA
 - Indirecte calorimetrie.

Op de volgende pagina (pg. 40) vindt u een schematische voorstelling van het onderzoekstraject.

De parameters -zoals leeftijd, gewicht, lengte, geslacht, bloedwaarden- werden verzameld uit het klinische werkstation van het universitair ziekenhuis in Brussel. Wanneer het volledige traject doorlopen was, alle gegevens verzameld en metingen uitgevoerd, werden de berekeningen gemaakt om het gemeten energieverbruik te bepalen.



11.4 Metingen van de energiebehoefte en lichaamssamenstelling/ studie materialen

11.4.1 Indirecte calorimetrie

Voor ons onderzoek hebben we gebruik gemaakt van de indirecte calorimeter: Vmax TM Encore 29n. Er is bewezen dat dit het meest betrouwbare instrument is, vergeleken met de klassieke indirecte calorimeter van Deltatrac Metabolic Monitor, die momenteel niet meer verkrijgbaar is, om de BMR en de uitwisseling van gassen te beoordelen (De Waele et al., 2013).

Voor iedere meting hebben wij de indirecte calorimeter gekalibreerd op de plaats waar de meting zou plaats vinden. Omdat gedurende fase twee, drie en vier van het onderzoek (dit zijn de metingen uitgevoerd tijdens de operatie) de indirecte calorimeter niet losgekoppeld is van de ventilator, hebben we de indirecte calorimeter enkel gekalibreerd bij de start van fase twee. Bij de Canopy meting is kalibratie nodig om de concentratie gassen in de koepel te vergelijken met de concentratie gassen buiten de koepel (<http://www.focusopvoeding.nl/wp-content/uploads/2015/06/Factsheet-Indirecte-Calorimetrie.pdf>).

Tijdens fase één, zes en zeven van ons onderzoek hebben wij IC toegepast op niet geventileerde patiënten. Om de energiebehoefte dan te meten hebben we gebruik gemaakt van de Canopy. Dit is een doorzichtige koepel in plastic die over het hoofd en de nek van de patiënt wordt gelegd. De luchtstroom wordt door de koepel geleid. Bovenaan de koepel is er een opening waardoor er buitenlucht wordt opgezogen. Onderaan de koepel wordt de uitgedemde lucht van de patiënt opgevangen en geanalyseerd. Door het volume lucht dat door de koepel stroomt te bepalen, en door de concentratie O₂ en CO₂ in de in- en uitgedemde lucht te bepalen, kan het energieverbruik in rust gemeten worden. Het volume van de koepel is 30l. Bij volwassenen licht de luchtstroom tussen 25-50l per minuut afhankelijk van de grootte. Indien nodig, vb. wanneer de CO₂ concentratie te hoog is in de koepel, kan de stroomsnelheid van lucht aangepast worden. Tijdens deze meting is het de bedoeling dat de patiënt neerligt op een bed en rustig doorademt. Een stabiele meting duurt ongeveer 30 minuten (<http://www.nutritionalassessment.azm.nl/algorithmena/onderzoek/energiegebruik/8e127831-0224-4a70-8f1ca03221385730,3da68fcc-2833-4612-bf3c-d4c6b3ef2190,frameless.htm>).

De indirecte calorimeter meet elke minuut de waarde voor: REE (kcal), VO₂ (l/min), VCO₂ (l/min), VE (l/min), FiO₂ (%), FeO₂ (%), FiCO₂ (%), FeCO₂ (%).

11.4.2 BIA

De BIA die gebruikt is tijdens de meting is de BIA 101 new edition van de firma Akern BIA devices. Dit is een toestel dat werkt met sticker elektrodes, één op het rechter hand, één op de rechter pols, één op de rechter voet en één op de rechter enkel van de patiënt (Figuur 4). Wanneer de waarden (R_z resistance en X_c reactance) die tevoorschijn komen op het meetinstrument (Figuur 5) 5 maal hetzelfde zijn, is de meting geslaagd. Deze waarden worden achteraf ingevoerd in de software Body Gram Pro, (deze software is speciaal ontworpen voor de firma Akern BIA) die op basis van deze gegevens de lichaamssamenstelling bepaald. De software Body gram pro houdt rekening met de leeftijd, het geslacht, gewicht, lengte, R_z (bioelectrical values), X_c (Resistance) en PhA (Phase Angle) om de lichaamssamenstelling te bepalen (http://www.akern.com/images/DP_101_NE_ENG_Rev0.pdf).



Figuur 4. De vier electrodes van de BIA 101 new edition. Herdrukt van Akern a steap ahead in Body composition, afkomstig van http://www.akern.com/images/DP_101_NE_ENG_Rev0.pdf



Figuur 5. Het meetapparaat van de BIA 101 new edition. Herdrukt van Akern a steap ahead in Body composition, afkomstig van http://www.akern.com/images/DP_101_NE_ENG_Rev0.pdf

Deze BIA levert ons de volgende gegevens op:

- body mass index (BMI);
- phase angle (Pha): Drukt de verhouding uit tussen de intra-en extracellulaire ruimtes. Bij een gezond persoon varieert de waarde van de fasehoek tussen de 5-7°;
- body cell mass index, lichaamscelmassa index (BCMI);
- basaal metabolisme Ratio (BMR);
- body cell mass, lichaamscelmassa (BCM): Dit drukt het metabool actief weefsel uit waarin alle metabole processen plaats vinden (verbruik van zuurstof, glucose oxidatie, eiwitsynthese,...);
- fat free mass, vetvrije massa (FFM): de vetvrij massa bestaat uit: het skelet, spieren, huid, organen en gemiddeld 73% van de lichaamsvloeistoffen. Bij een gezond persoon moet dit 77-85% van zijn lichaamsgewicht zijn, afhankelijk van de leeftijd en het geslacht;
- fat mass, vetmassa (FM): Dit is de energiereserve, opgeslagen als triglyceriden. Deze waarde moet tussen de 15-23% van het lichaamsgewicht bedragen, afhankelijk van het geslacht en de leeftijd van de persoon;
- de totale hoeveelheid lichaamswater (TBW): uitgedrukt als percentage t.o.v. van het lichaamsgewicht. Wanneer de FFM daalt, zal ook de TBW dalen. Dit gebeurt bijvoorbeeld tijdens het ouder worden;
- extracellulair water (ECW): Deze waarde vertegenwoordigt de lichaamsvloeistoffen die aanwezig zijn buiten de cellen. Deze komen voor in interstitiële ruimte tussen de cellen, aan de binnenzijde van de bloedvaten, lymfeweefsel en ruggenmergvloeistof.

11.4.3 Screeningtools risico op ondervoeding

Voor iedere patiënt die deelnam aan de studie werd het risico op ondervoeding bepaald a.d.h.v. de NRS-2002 en MUST. Deze twee screeningtools en de negatieve gevolgen van ondervoeding bij kritiek zieke patiënten werden eerder in de literatuurstudie besproken.

11.4.4 Harris-Benedict formule

Voor fase twee, drie en vier van het onderzoek, -die overeen komen met de drie fases tijdens de operatie- werd de Harris-Benedict-formule gebruikt om na te gaan of de berekende energiebehoefte overeenkomt met de gemeten energiebehoefte. Aangezien een foute toediening van de energie bij deze zeer gevoelige populatie ernstige nadelige gevolgen kan veroorzaken. Dit is eerder in de literatuurstudie al uitgebreid besproken. Voor obese patiënten is de energiebehoefte berekend op basis van het ideaal lichaamsgewicht, met een BMI van 25 zoals er aangeraden is door de Espen-richtlijnen over parenterale voeding op intensieve zorgen (Singer et al., 2009).

11.4.5 Klinisch werkstation

Het klinische werkstation (KWS) is het computersysteem van het UZ Brussel waarin alle patiëntendossiers bewaard worden. Hierin werd de leeftijd, geboortedatum, ontslagdatum, opnamedatum, operatiedatum, gewicht, lengte en de labowaarden zoals hemoglobine, CRP, bloedplaatjes, albumine, ureum, creatine K, Na, cholesterol opgezocht voor de patiënten die deelnamen aan het onderzoek.

11.4.6 Database

In kader van het onderzoek heb ik, met behulp van mijn promotor dokter E. De Waele en diëtist op intensieve zorgen Sabrina Mattens, twee databases opgemaakt. Hiervoor is gebruik gemaakt van Excel office.

Eén database werd gebruikt om per fase de waarde die de indirecte calorimeter elke minuut gemeten had in te verzamelen en vervolgens de berekeningen in te maken.

In de andere database werden alle patiëntengegevens, BIA-resultaten en resultaten van de berekeningen van de indirecte calorimeter, verzameld.

11.4.7 Verwerking gegevens

De gegevens zijn verwerkt in het berekeningsprogramma Excel office. Gemiddelde waarden werden gemaakt via de Excel berekeningsmodulen. Er werden geen statistische analyses uitgevoerd.

Voor de berekening van de REE voor elke fase van het onderzoek zijn wij als volgt te werk gegaan. Voor het berekenen van de REE hebben wij geen gebruik gemaakt van de gemeten VCO_2 en VO_2 waarde maar we hebben deze zelf berekend. We zijn als volgt te werk gegaan: de gemeten percentages FiO_2 , FeO_2 , $FiCO_2$, $FeCO_2$ per minuut werden gedeeld door 100. We hebben volgende formules gebruikt om de VCO_2 en VO_2 te berekenen:

- $VCO_2 = SOM ((FeCO_2 * VE (l/min)) - (FiCO_2 * VE (l/min)))$
- $VO_2 = SOM ((FiO_2 * VE) - (FeO_2 * VE))$

Vervolgens hebben we van alle VCO_2 en VO_2 waarden het gemiddelde gemaakt. Deze gemiddelden werden gebruikt om de gemiddelde REE te berekenen met de Weir formule:

- $SOM (((3,94 * VO_2) + (1,11 * VCO_2)) * 1440)$

Alle $FiO_2\%$ waarde boven 60 hebben we verwijderd uit de meting omdat men uit een $FiO_2\% > 60\%$ kan afleiden dat de waarde onbetrouwbaar is (AARC, 2004).

Tijdens de operatie hebben wij duidelijk opgeschreven wanneer welke fase van de operatie stopte en startte en vanaf welk moment er een stabiele meting waarneembaar was. Voor de ECMO fase, fase drie van het onderzoek en fase twee van de operatie hebben wij de VE waarde gebruikt die ons meegedeeld is door de perfusionist, en niet de gemeten waarde.

12. Resultaten

12.1 Bespreking studiepopulatie

Patiënt één:	
<i>Algemeen:</i>	
Geslacht:	Vrouw
Geboortedatum:	13/02/1944
Leeftijd:	72
Datum van de operatie:	3/03/2016
Antropometrische gegevens:	
Lengte:	1,68
Gewicht pre-op:	47 kg
Gewicht post-op:	51,6
BMI pre-op:	16,7
BMI post-op:	18,3
NRS-score pre-op:	7
NRS- score post-op:	5
Must-score pre-op:	2
Must-score post-op:	2
Bloedwaarde pre-op:	
Hemoglobine (g/dl)	14
CRP (mg/l)	1,3
Bloedplaatsjes (x10³/mm³)	221
Albumine (g/l)	62,1
Cholesterol:	-
GFR	> 60
Ureum (mg/dl):	29
Creatine (mg/dl):	0,86

K (mmol/l):	3,5
Na (mmol/l):	143
<i>BIA- meting pre-op:</i>	
BMR:	1199,7 kcal
BCM:	15,5 kg
BCM (%/FFM):	38,1 %
FFM:	40,7 kg
FFM (%/kg gewicht):	86,6 %
FM:	6,3 kg
FM (%/kg gewicht):	13,4 %
TBW:	32 l
TBW (%/kg gewicht):	68,2%
ECW:	19,4 l
ECW (%/TBW)	60,5 %
<i>Bloedwaarde post-op:</i>	
Hemoglobine (g/dl)	10,2 (te weinig)
CRP (mg/l)	27,7 (te veel)
Bloedplaatsjes (x10³/mm³)	286
Albumine (g/l)	37
Cholesterol:	-
GFR	-
Ureum (mg/dl):	36
Creatine (mg/dl):	0,75
K (mmol/l):	3,9
Na (mmol/l):	142
<i>BIA- meting pre-op:</i>	

BMR:	1290,7 kcal
BCM:	18,6 kg
BCM (%/FFM):	41,6 %
FFM:	44,8 kg
FFM (%/kg gewicht):	86,8 %
FM:	6,8 kg
FM (%/kg gewicht):	13,2 %
TBW:	36 l
TBW (%/kg gewicht):	69,8 %
ECW:	20,6 l
ECW (%/TBW)	57,2 %

Patiënt 2

Algemeen:

Geslacht:	Man
Geboortedatum:	24/04/1950
Leeftijd:	65
Datum van de operatie:	13/04/2016
<i>Antropometrische gegevens:</i>	
Lengte:	1,795
Gewicht pre-op:	113,5 kg
Gewicht post-op:	-
BMI pre-op:	35,23
BMI post-op:	-
NRS-score pre-op:	4
NRS- score post-op:	-
Must-score pre-op:	0

Must-score post-op:	-
<i>Bloedwaarde pre-op:</i>	
Hemoglobine (g/dl)	-
CRP (mg/l)	2,5
Bloedplaatsjes (x10³/mm³)	278
Albumine (g/l)	40,8
Cholesterol:	-
GFR	-
Ureum (mg/dl):	32
Creatine (mg/dl):	0,73
K (mmol/l):	4
Na (mmol/l):	141
<i>BIA- meting pre-op:</i>	
BMR:	1637,7 kcal
BCM:	30,6 kg
BCM (%/FFM):	44,6 %
FFM:	68,6 kg
FFM (%/kg gewicht):	60,7 %
FM:	44,4 kg
FM (%/kg gewicht):	39,3 %
TBW:	53,4 l
TBW (%/kg gewicht):	47,3 %
ECW:	29 l
ECW (%/TBW)	54,3%
<i>Bloedwaarde post-op:</i>	
Hemoglobine (g/dl)	-
CRP (mg/l)	63,3

Bloedplaatsjes (x10³/mm³)	369
Albumine (g/l)	33
Cholesterol:	-
GFR	>60
Ureum (mg/dl):	37
Creatine (mg/dl):	0,68
K (mmol/l):	3,1
Na (mmol/l):	141
<i>BIA- meting post-op:</i>	
BMR:	-
BCM:	-
BCM (%/FFM):	-
FFM:	-
FFM (%/kg gewicht):	-
FM:	-
FM (%/kg gewicht):	-
TBW:	-
TBW (%/kg gewicht):	-
ECW:	-
ECW (%/TBW)	-

12.2 Onderzoeksvraag één: is het mogelijk om een IC-meting uit te voeren tijdens een hartoperatie?

Ja, indirecte calorimetrie tijdens de opeenvolgende fasen van een open hartoperatie is technisch mogelijk.

De inflow van de calorimeter past op de ventilator. Het outflow-gedeelte van de calorimeter past er niet op. Dit hebben we opgelost door een flexibel rubberen tussenstuk tussen de outflow en de ventilator te plaatsen. We hebben dit afgedekt met vaseline en plakband om verlies van gassen te voorkomen en een stabiele meting te verkrijgen. De beste resultaten werden verkregen met *micropore fome* plakband.

Voor de metingen tijdens fase twee van de operatie, respectievelijk fase drie van het onderzoek (ECMO), is er zowel bij de in- als outflow een tussenstuk gebruikt en was het nodig om een deel van de indirecte calorimeter te verwijderen (ijzeren rooster in de inflow). Tijdens de IC gedurende het ECMO- gedeelte is het belangrijk om te vermijden dat er zich condens voordoet op de outflow meter aangezien dit de waarde beïnvloedt. Wanneer er zich condens voordeed hebben we de IC even ontkoppeld en deze verwijderd.

12.3 Onderzoeksvraag twee: Wat is de invloed van een hartoperatie op het metabolisme?

Tijdens de fase één, twee en drie is er een energiebehoefte gemeten van respectievelijk: 1727,06 kcal, 1521,25 kcal en 1522,4 kcal per dag. Fase één heeft 1u26 min geduurd, fase twee 1u38min en fase drie 39 min. Voor deze tijden is er een EE gemeten van respectievelijk 103,14 kcal, 103,53 kcal en 41,23 kcal. De volledige operatie heeft dus 3u43 min geduurd, tijdens deze periode had studiepatiënt twee een EE van 247,9 kcal. Dit resulteert in een TEE van 1600,79 kcal per dag.

Pre-operatief heeft studie patiënt twee een energiebehoefte gemeten met IC van 2739,02 kcal. De energiebehoefte van een cardiochirurgische patiënt is dus verlaagd tijdens de operatie. Het EE van de patiënt was 1138,23 kcal minder tijdens de operatie dan het EE gemeten pre-operatief. Dit is een daling van 41,6 %

Gedurende ECMO fase is het EE lager dan tijdens de andere fasen van de operatie.

12.4 Onderzoeksvraag drie: Is het mogelijk om de energiebehoefte tijdens een hartoperatie te baseren op de formule van Harris-Benedict indien een indirecte calorimeter niet beschikbaar is?

Het verschil tussen de gemeten waarde en de berekende waarde tijdens fase één en drie van de operatie bij de tweede patiënt is 26,16 kcal. Tijdens fase twee van de operatie is er een verschil van 139,59 kcal. Verder onderzoek zal uitwijzen welke correlatie er bestaat tussen de berekende en de gemeten energiebehoefte tijdens een openhartoperatie.

Tijdens fase één en drie van de operatie respectievelijk fase twee en vier van het onderzoek heeft patiënt twee een BMR berekend met de Harris-Benedict-formule van 1657,51 kcal per dag. Deze BMR is gebaseerd op het ideaal lichaamsgewicht (80,55, BMI=25) zoals aangeraden bij obese personen door de Espen-richtlijnen over parenterale voeding op intensieve zorgen (Singer et al., 2009). We hebben de toeslagfactoren vasten (-15%), beademing (-10%), sedatie (-10%) en ernstige metabole stress (+30%), gebruikt. De toeslagfactor vasten hebben we gebruikt omdat de patiënt sinds 12u 's nachts geen voeding meer krijgt tot de dag na de operatie. Tijdens de operatie is de patiënt beademd en onder verdoving (sedatie), vandaar deze toeslagfactoren. Een operatie veroorzaakt ernstige metabole stress, dit is uitvoerig besproken in punt 4.1 eerder in deze bachelorproef. Nadat al deze toeslagfactoren verrekend zijn, bekomt de patiënt een totaal energieverbruik (TEE) van 1574,63 kcal/dag.

Tijdens fase twee van de operatie, respectievelijk fase drie van het onderzoek heeft de patiënt een BMR van 1657,51 kcal per dag berekend met de Harris-Benedict-formule. We hebben dezelfde toeslagfactoren gebruikt als in fase twee en vier van het onderzoek, enkel beademing (-10%) hebben we weggelaten omdat de patiënt dan zuurstof krijgt via de ECMO en niet meer via de ventilator. Vervolgens bekwamen we een TEE van 1740,38 kcal per dag.

Conclusie

Resultaten:

Het gebruik van indirecte calorimetrie bleek mogelijk tijdens een openhartoperatie. De energiebehoefte bedroeg 247,9 kcal voor één operatie. Wat overeenkomt met 1600,79 kcal per dag. Het metabolisme van de studiepatiënt was niet extreem hoog noch laag. Toch is de energiebehoefte heel wat lager tijdens de operatie in vergelijking met de energiebehoefte de dag voor de operatie. Pre-operatief heeft de tweede studiepatiënt een energiebehoefte van 2739,02 kcal per dag. Dit is een verschil van 1139,23 kcal/per dag vergeleken met de energiebehoefte tijdens de operatie.

Bedenkingen:

De resultaten van de eerste patiënt zijn onvolledig aangezien er tijdens de operatie werd beslist naast een CABG ook een hartklep te vervangen. Tijdens deze operatie is er CO₂ ter hoogte van het operatieveld verneveld. Dit kan onze metingen verstoren. Deze resultaten werden daarom niet in detail uitgewerkt. De klinische ervaring heeft er wel voor gezorgd dat de test-procedure geperfectioneerd werd. Een hartklepvervanging is ook mogelijk zonder verneveling van CO₂ boven het operatieveld. Zonder deze verneveling is het wel mogelijk om het EE van de patiënt te meten a.d.h.v. IC tijdens de operatie.

De resultaten hebben een klinisch accuraat voorkomen: tijdens de eerste fase van de operatie is de patiënt in een kunstmatige slaap en zien we een stabiel metabolisme. Deze waarden kunnen overeenkomen met het metabolisme van een liggend persoon zonder fysieke activiteit noch adrenerge stimulatie (prikkeling van het lichaam met stijging van pols, hartslag, bloeddruk en dus metabolisme tot gevolg). Er is eveneens een milde hypothermie (afkoelen van het lichaam) aanwezig, wat leidt tot een afname van het metabolisme. Dit fenomeen zet zich verder tijdens de tweede fase, waar de longen van de patiënt niet meer gebruikt worden en de volledige gasuitwisseling over de extracorporele circulatie gebeurt. Hierbij is de patiënt onder zeer diepe narcose en is het metabolisme laag. In de derde fase worden opnieuw de longen gebruikt en stabiliseert de patiënt. Ook hier vinden we aanneembare waarden van metabolisme. De FiO₂% waarden van de meting tijdens fase drie zijn voortdurend boven 60%. Dit is niet conform de AARC-richtlijnen.

Verder onderzoek is nodig om de correlatie tussen de berekende en de gemeten energiebehoefte tijdens een openhartoperatie te bepalen. Aangezien ons onderzoek geen grote studiepoulatie heeft kunnen we hier geen besluit uit trekken.

De meting op de ICU is conform de resultaten bij deze populatie en aangezien de meting in deze setting gevalideerd is, kunnen we deze als exact zijnde beschouwen.

Globaal gezien zijn deze eerste resultaten zeer positief:

- wij hebben als eerste in de wereld aangetoond dat indirecte calorimetrie tijdens een hartoperatie mogelijk is;
- wij hebben een verbruik van 247,9 kilocalorieën tijdens de operatie vastgesteld. Wat overeenkomt met een energiebehoefte van 1600,79 kcal per dag. Deze resultaten spreken een uitgesproken verhoging van het metabolisme tijdens een openhartoperatie tegenspreekt;

wij hebben de eerste stap gezet naar een grotere evaluatie van het metabool verbruik tijdens cardiochirurgische ingrepen.

Uiteraard is er nog verder onderzoek nodig om onze resultaten te bevestigen.

Goed toepassen en opvolgen van nutritionele therapie heeft het potentieel om de klinische resultaten te verbeteren maar wanneer het niet goed toegepast wordt heeft het veel nadelige gevolgen (De Waele, 2015). Over de implementatie is nog steeds veel discussie. Het voornaamste kernprobleem hierbij is het correct bepalen van de patiënt zijn energiebehoefte, aangezien dit de basis is van een efficiënt nuttieplan. Onze studie toont aan dat dit perfect mogelijk is tijdens het volledige traject dat een cardiochirurgische patiënt doorloopt, indien het juiste materiaal en ervaren paramedici aanwezig zijn.

Literatuurlijst

Academische ziekenhuis Maastricht, (2016). Het meten van het energiegebruik. Geraadpleegd op 8 april 2016 via <http://www.nutritionalassessment.azm.nl/algorithmena/onderzoek/energiegebruik/8e127831-0224-4a70-8f1c-a03221385730,3da68fcc-2833-4612-bf3c-d4c6b3ef2190.frameless.htm>

American Association for Respiratory Care. (2004, September). AARC Clinical practice guideline. Metabolic measurement using indirect calorimetry during mechanical ventilation-2004 revision & update. *Respiratory Care*, 49, nr. 9, pp. 1073-1079. Geraadpleegd op 31 maart 2016 via <http://www.rcjournal.com/cpgs/pdf/09.04.1073.pdf>

Anker SD, John M, Pedersen PU, Raguso C, Cicoira M, Dardai E, Laviano A, Ponikowski P, Schols AM, Becker HF, Böhm M, Brunkhorst FM & Vogelmeier C. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Cardiology and pulmonology. *Clinical Nutrition*, 2006, pp. 311-318. Geraadpleegd op 19 oktober 2015 via <http://espen.info>.

Bosteels, J. (2015, September-oktober-november). Hulp bij hartproblemen stent of bypass. *UZ-magazine*, 31, nr. 3, pp. 8-11.

Christiaens T, De Loof G, Maloteaux J.M., Antoine M.H., Beuken G, Bogaert M, Bouffieux M.L., Delmée E, De Paepe P, Fierens N, Froyman F, Laekeman G, Latour I, Roisin T, Van Campen J, Vander Stichele R, Van Ermen A, Vansnick L & Vantieghem K. (2011). *Gecommantarieerd geneesmiddelen repertorium 2011*. (24 ste druk). Gent: Maloteaux J.M.

Daniels, A. (2015). Aortaklep vervanging. [powerpoint, slide 5,6,10,11].

De Muynck, K. (2015). Coronary artery bypass graft (CABG). [powerpoint, slide 3,5,6,9,10,11].

De Waele, E., Spapen, H., Honoré, P.M., Mattens, S., Rose, T., Huyghens, L. Bedside calculation of energy expenditure does not guarantee adequate caloric prescription in longterm mechanically ventilated critically ill patients: a quality control study. *Scientific world journal*, 2012. Geraadpleegd op 5 mei 2016 via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3362016/>

De Waele, E. (2015). *Energy expenditure and nutritional therapy in critically ill patients* (Proefschrift tot het bekomen van de graad van doctor in de medische wetenschappen). Brussel: VUBPRESS Brussels University Press.

De Waele E, Spapen H, Honoré PM, Mattens S, Van Gorp V, Diltoer M & Huyghens L. Introducing a new generation indirect calorimeter for estimating energy requirements in adult intensive care unit patients: feasibility, practical considerations, and comparison

with a mathematical equation. *Journal of Critical care*, 2013, pp. 884-890. Geraadpleegd op 30 maart 2016 via <https://www.researchgate.net/publication/236126683> Introducing a new generation in direct calorimeter for estimating energy requirements in adult intensive care unit patients Feasibility practical considerations and comparison with a mathematical equat

De Waele E, Opsomer T, Honoré PM, Diltoer M, Mattens S, Huyghens L & Spapen H. Measured versus calculated resting energy expenditure in critically ill adult patients. Do mathematics match the gold standard? *Minerva Anestesiologica*, 2014, nr 3, pp. 272-282. Geraadpleegd op 2 November 2015 via <https://www.researchgate.net/publication/264394332> Measured versus calculated resting energy expenditure in critically ill adult patients Do mathematics match the gold standard

De Waele E, van Zwam K, Mattens S, Staessens K, Diltoer M, Honoré PM, Czaplá J, Nijs J, La Meir M, Huyghens L & Spapen H. Measuring resting energy expenditure during extracorporeal membrane oxygenation: preliminary clinical experience with a proposed theoretical model. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 2015, pp. 1296-1302. Geraadpleegd op 17 februari 2016 via <https://www.researchgate.net/publication/277777995> Measuring resting energy expenditure during extracorporeal membrane oxygenation Preliminary clinical experience with a proposed theoretical model

Goelen, G. (2014). Pathologie 1. Geraadpleegd op 11 november 2015 via [http://desiderius.ehb.be/index.php?go=CourseViewer&application=Chamilo%5CApplication%5CWebcms&course=11033&tool=Document&browser=Table&tool action=Viewer&publication=144506](http://desiderius.ehb.be/index.php?go=CourseViewer&application=Chamilo%5CApplication%5CWebcms&course=11033&tool=Document&browser=Table&tool%20action=Viewer&publication=144506)

Hirai, S. Systemic inflammatory response syndrome after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass. *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2003, nr. 6, pp. 365-370. Geraadpleegd op 15 november 2015 via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003097>

Hoe werkt een hart? Geraadpleegd op 1 april 2016 via <http://www.hartchirurgie-antwerpen.be/hoe-werkt-een-hart/#prettyPhoto>.

Kondrup, J., Allison, S.P., Elia, M., Vellas, B. & Plauth, M. (2003). ESPEN guidelines for nutrition screening 2002. *Clinical nutrition journal*, 2003, pp. 415-421. Geraadpleegd op 6 april 2016 via [http://www.clinicalnutritionjournal.com/article/S0261-5614\(03\)00098-0/fulltext](http://www.clinicalnutritionjournal.com/article/S0261-5614(03)00098-0/fulltext).

Kreymann KG, Berger MM, Deutz NE, Hiesmayr M, Jolliet P, Kazandjiev G, Nitenberg G, van den Berghe G, Wernerman J, Ebner C, Hartl W, Heymann C & Spies C. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensive care. *Clinical Nutrition*, 2006, pp. 210-223. Geraadpleegd op 18 oktober 2015 via <http://espen.info>.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AM & Pichard C. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 2004, pp. 1226-1243. Geraadpleegd op 7 november 2015 via <http://espen.info>.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gómez J, Lilienthal Heitmann B, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, M W J Schols A & Pichard C. ESPEN. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 2004, pp. 1430-1453. Geraadpleegd op 11 november 2015 via <http://espen.info>.

La Meir, M. (2014). Informatie voor de patiënt, een hartoperatie ondergaan. Geraadpleegd op 2 november 2015 via <http://patinfo.uzbrussel.be/folder/cardiovasc/hartoperatie.pdf>.

Laforge, D. (2014). *Dieetleer & casuïstiek 1: obesitas* [powerpoint 1, slide 9]. Herdrukt van [http://desiderius.ehb.be/index.php?go=CourseViewer&application=Chamilo%5CApplication%5CWebcms&course=8792&tool=Document&publication category=16579&browser=Table&tool action=Viewer&publication=156416](http://desiderius.ehb.be/index.php?go=CourseViewer&application=Chamilo%5CApplication%5CWebcms&course=8792&tool=Document&publication%20category=16579&browser=Table&tool%20action=Viewer&publication=156416)

Leen Pollefliet. (2012). *Schrijven van verslag tot eindwerk: do's en don'ts*. (5^{de} druk). Gent: academia press.

Martini, F.H. & Bartholomew, E.F. (2012). *Anatomie en fysiologie: een inleiding*. Amsterdam: Pearson Benelux BV.

Nutritional Assessment team azM. Geraadpleegd op 7 april 2016 via <http://www.nutritionalassessment.azm.nl/algoritme+na/onderzoek/energiegebruik/berekenen.htm>

Singer P, Berger MM, Van den Berghe G, Biolo G, Calder P, Forbes A, Griffiths R, Kreyman G, Leverve X & Pichard C. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: intensive care. *Clinical Nutrition*, 2009, pp. 387-400. Geraadpleegd op 29 maart 2015 via <http://espen.info>

Smyrniotis NA, Curley FJ & Shaker KG. Accuracy of 30-minute indirect calorimetry studies in predicting 24-hour energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Journal of Parenteral and enteral nutrition*, 1997, nr. 21, pp. 168-174. Geraadpleegd op 31 maart 2016 via <http://pen.sagepub.com/content/21/3/168.abstract>

Soguel L, Revelly JP, Schaller MD, Longchamp C. & Berger MM. Energy deficit and length of hospital stay can be reduced by a two-step quality improvement of nutrition therapy: the intensive care unit dietitian can make the difference. *Critical Care Medicine*, 2012, nr.

1, pp. 412-421. Geraadpleegd op 1 november 2015 via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21926572>

Tortora, G.J. & Grabowski, S.R. (1992). Principles of anatomy and physiology. (7 de editie). New York: HarperCollins College Publishers.

Visser, M., Davids, M., Verberne, H.J., Kok, W.E.M., Tepaske, R., Cocchieri, R., Kemper, E.M., Teerlink, T., Jonker, M.A., Wisselink, W., De Mol; B.A.J.M., Van Leeuwen, P.A.M. Nutrition before, during and after surgery increases the arginine:asymmetric dimethylarginine ratio and relates to improved myocardial glucose metabolism: a randomized controlled trial. *American society for nutrition*, 2014, nr. 6, pp. 1440-1449. Geraadpleegd op 4 april 2016 via <http://ajcn.nutrition.org/content/99/6/1440.full>

Visser M, Niessen HW, Kok WE, Cocchieri R, Wisselink W, van Leeuwen PA & de Mol BA. Nutrition before and during Surgery and the Inflammatory Response of the Heart: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2015. Geraadpleegd op 21 oktober 2015 via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26294967>

Visser M, Davids M, Verberne HJ, Kok WE, Niessen HW, van Venrooij LM, Cocchieri R, Wisselink W, de Mol BA & van Leeuwen PA. Rationale and design of a proof-of-concept trial investigating the effect of uninterrupted perioperative (par)enteral nutrition on amino acid profile, cardiomyocytes structure, and cardiac perfusion and metabolism of patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, 2011. Geraadpleegd op 5 april 2016 via <http://cardiothoracicsurgery.biomedcentral.com/articles/10.1186/1749-8090-6-36>

Visser M, van Venrooij LM, Vulperhorst L, de Vos R, Wisselink W, van Leeuwen PA & de Mol BA. Sarcopenic obesity is associated with adverse clinical outcome after cardiac surgery. *Nutrition, Metabolism & Cardiovasculaire Diseases*, 2013, pp. 511-518. Geraadpleegd op 15 November 2015 via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22397879>

VUmc. (2013). Indirecte calorimetrie: resting energy expenditure. Geraadpleegd op: 12 april 2016 via <http://www.focusopvoeding.nl/wp-content/uploads/2015/06/Factsheet-Indirecte-Calorimetrie.pdf>

Weimann A, Braga M, Harsanyi L, Laviano A, Ljungqvist O, Soeters P; DGEM, Jauch KW, Kemen M, Hiesmayr JM, Horbach T, Kuse ER & Vestweber KH. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Surgery including organ transplantation. *Clinical Nutrition*, 2006, pp.224-244. Geraadpleegd op 2 november 2015 via <http://espen.info>.

Oshima T, Berger M.M., De Waele E, Guttormsen B, Heidegger C.P., Hiesmayr M, Singer P, Wernerman J & Pichard C. Calorimetry and nutrition. Submitted for publication. Geraadpleegd op 4 november 2016.

Nationaal voedings- en gezondheidsplan. Advies van de wetenschappelijke expertengroep: ondervoeding van het nationaal voedings-en gezondheidsplan voor België: screening op ondervoeding en evaluatie van de voedingstoestand (nutritional assessment). Geraadpleegd op 12 april 2016 via [http://www.vdito.be/documenten%20nodig%20voor%20website/NVGP-B Screen 808 15174542 nl\[1\].pdf](http://www.vdito.be/documenten%20nodig%20voor%20website/NVGP-B%20Screen%20808%2015174542%20nl[1].pdf)

100% reliability BIA 101 new edition. geraadpleegd op 30 mei 2016 via [http://www.akern.com/images/DP 101 NE ENG Rev0.pdf](http://www.akern.com/images/DP%20101%20NE%20ENG%20Rev0.pdf)

Bijlagen

Bijlage 1

Nutritional Risk Screening (NRS 2002)

Table 1 Initial screening			
1	Is BMI <20.5?	Yes	No
2	Has the patient lost weight within the last 3 months?		
3	Has the patient had a reduced dietary intake in the last week?		
4	Is the patient severely ill ? (e.g. in intensive therapy)		

Yes: If the answer is 'Yes' to any question, the screening in Table 2 is performed.
No: If the answer is 'No' to all questions, the patient is re-screened at weekly intervals. If the patient e.g. is scheduled for a major operation, a preventive nutritional care plan is considered to avoid the associated risk status.

Table 2 Final screening			
Impaired nutritional status		Severity of disease (≈ increase in requirements)	
Absent Score 0	Normal nutritional status	Absent Score 0	Normal nutritional requirements
Mild Score 1	Wt loss > 5% in 3 mths or Food intake below 50–75% of normal requirement in preceding week	Mild Score 1	Hip fracture* Chronic patients, in particular with acute complications: cirrhosis*, COPD*. <i>Chronic hemodialysis, diabetes, oncology</i>
Moderate Score 2	Wt loss > 5% in 2 mths or BMI 18.5 – 20.5 + impaired general condition or Food intake 25–60% of normal requirement in preceding week	Moderate Score 2	Major abdominal surgery* Stroke* <i>Severe pneumonia, hematologic malignancy</i>
Severe Score 3	Wt loss > 5% in 1 mth (> 15% in 3 mths) or BMI < 18.5 + impaired general condition or Food intake 0–25% of normal requirement in preceding week in preceding week.	Severe Score 3	Head injury* Bone marrow transplantation* <i>Intensive care patients (APACHE > 10).</i>
Score:	+	Score:	= Total score
Age	if ≥ 70 years: add 1 to total score above		= age-adjusted total score
<p>Score ≥ 3: the patient is nutritionally at-risk and a nutritional care plan is initiated</p> <p>Score < 3: weekly rescreening of the patient. If the patient e.g. is scheduled for a major operation, a preventive nutritional care plan is considered to avoid the associated risk status.</p>			

NRS-2002 is based on an interpretation of available randomized clinical trials. *indicates that a trial directly supports the categorization of patients with that diagnosis. Diagnoses shown in *italics* are based on the prototypes given below.

Nutritional risk is defined by the present **nutritional status** and risk of impairment of present status, due to **increased requirements** caused by stress metabolism of the clinical condition.

A **nutritional care plan** is indicated in all patients who are

(1) severely undernourished (score = 3), or (2) severely ill (score = 3), or (3) moderately undernourished + mildly ill (score 2 + 1), or (4) mildly undernourished + moderately ill (score 1 + 2).

Prototypes for severity of disease
Score = 1: a patient with chronic disease, admitted to hospital due to complications. The patient is weak but out of bed regularly. Protein re-

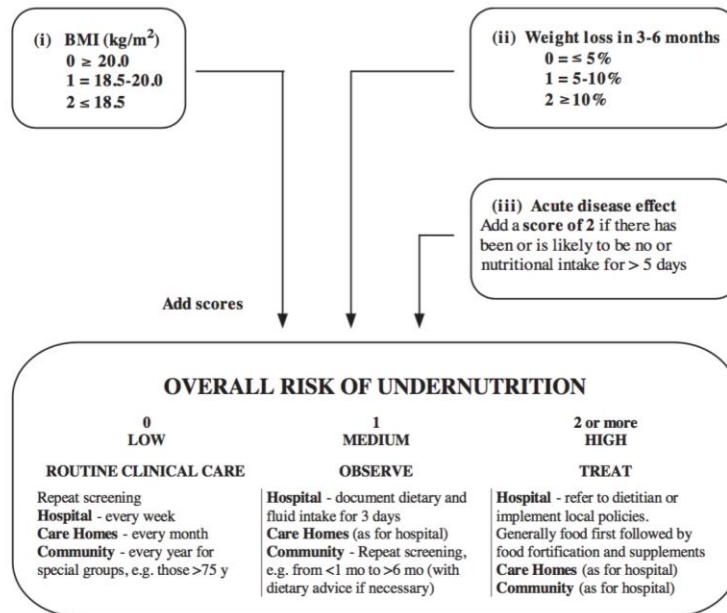
quirement is increased, but can be covered by oral diet or supplements in most cases.

Score = 2: a patient confined to bed due to illness, e.g. following major abdominal surgery. Protein requirement is substantially increased, but can be covered, although artificial feeding is required in many cases.

Score = 3: a patient in intensive care with assisted ventilation etc. Protein requirement is increased and cannot be covered even by artificial feeding. Protein breakdown and nitrogen loss can be significantly attenuated.

Bijlage 2

Malnutrition Universal Screening Tool (MUST) for adults



Can be adapted for special circumstances (e.g. when weight and height cannot be measured or when there are fluid disturbances) using specified alternative measurements including subjective criteria. It also identifies obesity (BMI > 30 kg/m²).