



Nutritional Assessment Platform

Analyse lichaamssamenstelling m.b.v.
computertomografie scans

Standard Operating Procedures

versie 1

6/23/2020

Authors: dr. Jacqueline Langius, Anneke Droop, Inge Dekker, MSc

Doel:	Bepalen van spier- en vetoppervlakte op basis van computertomografie (CT) scans ter hoogte van de 3 ^e lumbale wervel
Doelgroep:	Volwassenen
Tijdsduur:	15 minuten

Inhoudsopgave

1. Doel van het meetinstrument.....	2
2. Begrippen en bepalingen	2
3. Achtergrondinformatie	2
4. Doelgroep.....	4
4.1 Indicatie.....	4
4.2 Contra indicatie.....	4
5. Veiligheid en Milieu	5
5.1. Veiligheid deelnemer en testuitvoerder.....	5
5.2. Milieu	5
6. Beschrijving van het meetinstrument.....	5
7. Reinigen en Onderhoud	5
7.1. Reinigen	5
7.2. Onderhoud van de apparatuur	5
8. Werkwijze.....	6
8.1. Benodigdheden	6
8.2. Meetprocedure	6
8.2.1. Voorbereiding	6
8.2.2. Uitvoer	6
8.2.3. Criteria voor een gestandaardiseerde meting	7
8.3. Verwerking van de resultaten.....	7
8.3.1. Berekening	7
8.3.2. Registratie	8
8.3.3. Beoordeling.....	8
9. Methodologische kwaliteit	9
9.1. Validiteit.....	9
9.2. Betrouwbaarheid	9
Referenties.....	10
Bijlage 1: Stroomschema meetprocedure	11
Bijlage 2: Voorbeeld testformulier voor analyse spier- en vetoppervlakte op basis van CT scan	12
Bijlage 3: Referentiewaardes	13

1. Doel van het meetinstrument

Bepalen van spier- en vetoppervlakte ter hoogte van de 3^e lumbale wervel (L3) uit abdomen computertomografie (CT) scans die reeds beschikbaar zijn voor medische doeleinden.

2. Begrippen en bepalingen

Deelnemer	persoon bij wie de meting wordt uitgevoerd
CT	Computertomografie. Een <i>tomogram</i> is een doorsnede (dus tweedimensionaal) van een driedimensionaal voorwerp
L3	3 ^e lumbale wervel
Coupe	Doorsnede met tweedimensionale weergave
HU	Hounsfield unit; maat voor de densiteit
kVp	Piek kilovoltage, maat voor de buisspanning
mA	Milliampère, maat voor de buisstroom
mAs	Expositie, buisstroom per seconde
mSv	Millisieverts
SMA	Skeletal Muscle Area (spieroppervlakte)
SMI	Skeletal Muscle Index
IMAT	Intramuscular adipose tissue (intramusculair vet)
VAT	Visceral adipose tissue (visceraal vet)
SAT	Subcutan adipose tissue (subcutaan vet)

3. Achtergrondinformatie

Een CT scan is een afbeelding geproduceerd met gebruik van röntgenstraling. De techniek maakt gebruik van het verschil in doorlaatbaarheid van lichaamsweefsels voor straling. Vanuit een groot aantal hoeken wordt deze doorlaatbaarheid gemeten, waarna de computer de resultaten verwerkt tot een tweedimensionale afbeelding (tomogram). Dit wordt ook wel een coupe of een plak genoemd. Deze coupes kunnen verschillende diktes hebben, meestal is dit tussen de 1 en 5 mm per coupe.

De mate van doorlaatbaarheid van de röntgenstraling bepaalt de lichtheid van het beeld (densiteit). Weefsels met een lage doorlaatbaarheid, zoals metaal of bot, kleuren wit op de scan. Luchtbevattende weefsels zoals delen van de dikke darm, hebben een hoge doorlaatbaarheid en kleuren zwart. Vet- en spierweefsel hebben verschillende mate van doorlaatbaarheid en kleuren daardoor in verschillende grijs tinten. De densiteit kan worden gemeten en wordt uitgedrukt in Hounsfieldunits (HU). Op basis van het verschil in densiteit kunnen de afzonderlijke oppervlaktes worden bepaald van de spieren (SMA) en het vet, bestaande uit het subcutane vet (SAT), het visceraal vet (VAT) en het intramusculaire vet (IMAT).

Een CT scan wordt uitgevoerd in sagittale, transversale (ook wel axiale) of frontale (ook wel coronale) richting. Voor het bepalen van de spier- en vetoppervlak, wordt gebruik gemaakt van de transversaal gemaakte scan.

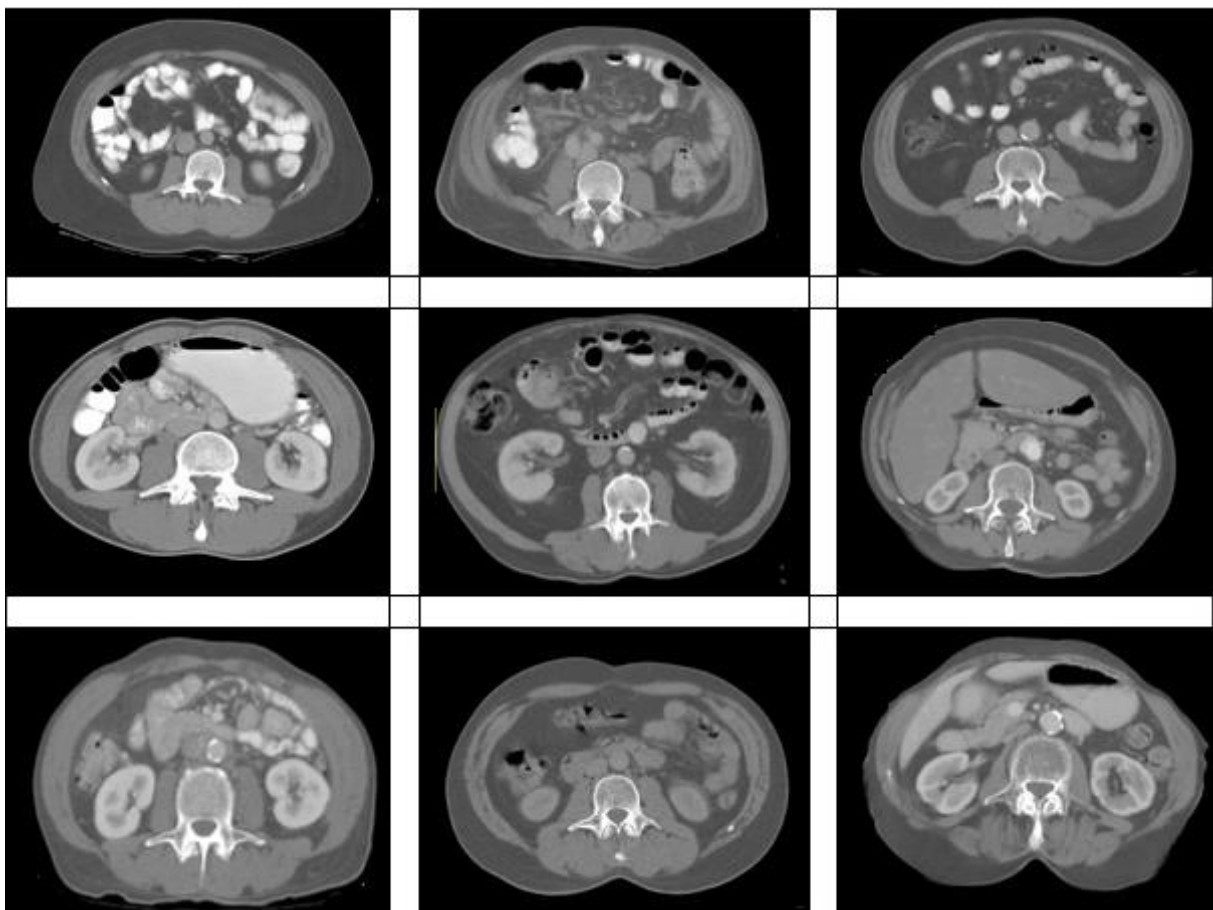
De wervelkolom bestaat uit 3 verschillende soorten wervels, elk met hun eigen kenmerken

1. Cervicale wervels
2. Thoracale wervels
3. Lumbale wervels

Bij de thoracale wervels zijn de ribben zichtbaar en de lumbale wervels kenmerken zich door de dwarsuitsteeksels (processie transversi) die zich meer horizontaal bevinden.

Shen en collega's (2004) hebben onderzocht op welke hoogte spier- en vetmassa het best gemeten kan worden. Spier- en vetmassa werd bepaald met een whole body MRI en vervolgens werd op 6 verschillende hoogtes gemeten welke single coupes totale vet- of spiermassa konden voorspellen.

Uit dit onderzoek is gebleken dat de coupe 5 cm boven de 4^e-5^e lumbale wervel (L4-L5) het beste correleert met de skeletspiermassa (R^2 0.92). Dit komt overeen met de hoogte van L3. Voor het bepalen van de vetmassa is de correlatie op L4 niveau iets hoger (R^2 0.94) dan die op L3 niveau (R^2 0.89). De L3 bevindt zich onder de ribben en boven het heupbeen en is op een abdomen scan zichtbaar. De anatomie ter hoogte van L3 kan tussen personen verschillen, zie figuur 1 voor verschillende coupes ter hoogte van L3. Qua anatomie zijn de lever en nieren meestal zichtbaar en de ribben en de crista iliaca (darmbeenkam) zijn meestal niet zichtbaar.



Figuur 1: Verschillende coupes ter hoogte van L3.

CT scans kunnen zowel zonder contrast (blanco scan) als met contrast gemaakt worden. Door het gebruik van contrast zullen bepaalde delen in de scan extra licht van kleur zijn. Oraal contrast zal zich tijdens het CT-onderzoek in de darm bevinden. Intraveneus contrast wordt toegediend om bijvoorbeeld arteriën en venen goed te kunnen beoordelen, maar ook de doorbloeding van organen kan hierdoor bekeken worden. Het contrast vermengt zich met het bloed en door te scannen op bepaalde tijden na de start van de toediening van het contrast tref je het contrast aan op verschillende plaatsen in het lichaam. Veel voorkomende scanfasen van abdominale CT scans zijn de arteriële en portaal veneuze fase. De arteriële fase is ca. 20-30 seconden na toediening van intraveneus contrast. Het contrast bevindt zich nog in de arteriën en sommige organen beginnen net contrast op te nemen. De portaal veneuze scan wordt ca. 60-80 seconden na toediening van het intraveneus contrast gemaakt. De organen in de buik hebben het contrast opgenomen en 'kleuren aan'.

Het gebruik van contrast kan invloed hebben op de gemeten densiteit en spieroppervlakte. Van der Werf en collega's (2018) vonden een verschil in spieroppervlakte van 2,3 cm² tussen scans zonder en met contrast en een verschil van 6,7 HU in de gemeten gemiddelde spierdensiteit. Bij het gebruik van contrast wordt soms ook gebruik gemaakt van een andere buisspanning, dat ook effect kan hebben op de spieroppervlakte. In het onderzoek was een deel van de scans zonder contrast met een buisspanning van 100 kVp gemaakt. De spieroppervlakte van deze scans was gemiddeld 7,0 cm² lager dan van de scans met contrast en 120 kVp (Van der Werf et al, 2018).

Een PET-CT-scanner is een combinatie van een Positron Emissie Tomografie (PET) PET-scanner en een CT-scanner in één apparaat. Een CT-scanner geeft via röntgenstraling informatie over de structuur van weefsels. Een PET-scan brengt juist de stofwisseling van weefsels in beeld. Bij PET-CT scans wordt gebruik gemaakt van radioactief contrast. Dit kan invloed hebben op de densiteit waardoor de resultaten van een PET-CT niet vergeleken kunnen worden met de nu beschikbare referentiewaarden.

4. Doelgroep

Volwassenen, waarbij een CT scan gemaakt is voor diagnostische doeleinden of onderzoek. De methode is dus met name bruikbaar in de (poli)klinische setting.

4.1 Indicatie

- Als kenmerkend criterium in de diagnostisering van ondervoeding (Cederholm et al, 2019)
- Om sarcopenie te bevestigen danwel ontkrachten (Cederholm et al, 2019)
- Voor het monitoren van veranderingen in spieroppervlakte, vetoppervlakte en spierkwaliteit

4.2 Contra indicatie

Mits de scan gemaakt is voor diagnostische doeleinden of onderzoek, is er geen contra indicatie om de reeds gemaakte scan te gebruiken voor het bepalen van de lichaamssamenstelling.

5. Veiligheid en Milieu

5.1. Veiligheid deelnemer en testuitvoerder

Bij het maken van de CT scans wordt een grote stralingsdosis toegediend. Stralingsdosis wordt uitgedrukt in millisieverts (mSv). De International Commission on Radiological Protection geeft standaarden uit waarin de gemiddeld effectieve stralingsdosis per soort CT-onderzoek vastgesteld wordt. Voor abdominaal CT onderzoek is dit 10,3-11,2 mSv.

Deze straling geeft risico voor deelnemer en testafnemer. Daarom worden alleen scans gebruikt die reeds voor diagnostische doeleinden of onderzoek gemaakt zijn.

5.2. Milieu

n.v.t.

6. Beschrijving van het meetinstrument

Voor het analyseren van de lichaamssamenstelling op basis van CT scans zijn verschillende software programma's beschikbaar. SliceOmatic van Tomovision is specifiek voor dit doel ontwikkeld en tot op heden het meest gebruikt voor het bepalen van vet- en spiermassa. Daarom zal in deze SOP deze software beschreven worden. Andere software pakketten met vergelijkbare resultaten zijn onder andere NIH ImageJ, Analyze, HippoFat en EasyVision.

7. Reinigen en Onderhoud

7.1. Reinigen

n.v.t.

7.2. Onderhoud van de apparatuur

Softwareleveranciers hebben regelmatig updates van het programma. Het is aan te raden om de laatste update te downloaden.

8. Werkwijze

8.1. Benodigdheden

- Programma SliceOMatic van Tomovision
- Computer met USB poort en bij voorkeur met aparte muis, beeld van minimaal 15 inch en + en – knop

8.2. Meetprocedure

Zie bijlage 1 voor een stroomschema van de meetprocedure.

8.2.1. Voorbereiding

Zorg voor de laatste licentie van SliceOMatic en installeer SliceOMatic.

Controleer of er een abdomen CT scan is gemaakt in axiale richting en of de hoogte van L3 op de scan te zien is. De L3 bevindt zich onder de ribben en boven het heupbeen. Je kunt vanaf de wervel met de laatste rib naar beneden tellen. Als het heupbeen zichtbaar is, zit je mogelijk op L4, dan dien je dit opnieuw te controleren.

Als je de hoogte van L3 hebt gevonden, kies je de coupe waarop beide dwarsuitsteeksels duidelijk zichtbaar zijn. Dit is in het midden van de L3. Bij twijfel en/of indien je structuren ziet die je niet verwacht, controleer je de scan opnieuw of kun je de sagittale of frontale scan erbij pakken.

Check op artefacten zoals oneffenheden, wazig beeld, drains op L3 niveau, littekenbreuk, slecht afgrensbare weefsel, een metalen pen die straling geeft in de L3, afwijkende anatomie van de spier, vochtcollectie in de buikwand, et cetera en controleer de kwaliteit van de scan. Importeer de gekozen coupe anoniem volgens de richtlijn en methode binnen jouw organisatie.

8.2.2. Uitvoer

Steek eerst de dongel in de computer en start daarna SliceOMatic op, anders ziet het programma de licentie niet en start er een demo versie, waardoor je geen gebruik maken van alle functies.

Stel het kleurpallet in, volgens de vaste afspraken, zie '8.2.3 Criteria voor een gestandaardiseerde meting'. Hiermee geef je aan welke HU range binnen die kleur meegenomen dient te worden in de analyse.

Open binnen SliceOMatic de geselecteerde coupe en analyseer de coupe.

Belangrijke punten om op te letten bij de analyse:

- Fascie is bijzonder bindweefsel dat ligt rond spieren, botten en gewrichten en ondersteuning en bescherming geeft aan die lichaamsdelen. Daarnaast geeft het structuur aan het lichaam. Het dient niet te worden gekleurd als spier
- Let erop dat je orgaan niet als spier kleurt
- Analyseer IMAT op plekken waar je spier verwacht, maar wat niet kleurt als spier
- VAT is het vet *tussen* de organen, niet het vet *in* de organen (denk aan vetten in darmen en nieren). Kleur het vet in de organen niet; let oa op de randen bij de darmen
- SAT is het onderhuids vet, niet de huid. Let er dus op dat je de huid niet meekleurt

NB: Bij SliceOMatic en andere softwareprogramma's is het mogelijk om automatisch de spier- en vetoppervlakte te kleuren. Het nadeel hiervan is dat vaak ook delen worden gekleurd die anatomisch geen spier zijn, zoals bijvoorbeeld de organen. Het verwijderen van deze oneigenlijke kleuring is arbeidsintensief.

8.2.3. Criteria voor een gestandaardiseerde meting

Vanuit het Nutritional Assessment Platform is gekozen om een vast kleurenpalet te kiezen om consistente beelden te verkrijgen. De kleur en densiteit voor spier- en vetweefsel wordt ingesteld volgens tabel 1.

Tabel 1: Kleur en densiteit voor spier- en vetweefsel

Kleur	Weefsel	Lower Limit (HU)	Upper Limit (HU)
1	Skeletspier	-29	+150
2	Intramusculair vet	-190	-30
5	Visceraal vet	-150	-50
7	Subcutaan vet	-190	-30

Voor een goede analyse van de lichaamssamenstelling op basis van CT scans is het belangrijk om altijd hetzelfde type scan te gebruiken, zowel bij vergelijking tussen verschillende scans van dezelfde persoon, bij vergelijking van scans tussen personen onderling als bij vergelijking met referentiewaardes. De scans dienen overeen te komen ten aanzien van de buisspanning, wel of geen contrast, het gebruikte contrastmiddel, contrastfase en de dikte van de coupes. Gebruik bij voorkeur alleen scans zonder contrast of scans met IV contrast in de portaal veneuze fase.

8.3. Verwerking van de resultaten

8.3.1. Berekening

De spieroppervlakte kan overgenomen worden uit SliceOMatic en hoeft niet berekend te worden. De spieroppervlakte wordt gebruikt om de verandering tussen verschillende scans van een individu te volgen in de tijd. In onderzoek wordt de verandering tussen verschillende scans soms teruggerekend naar een verandering in een bepaalde gestandaardiseerde periode (bijvoorbeeld aantal cm² per 3

maanden), omdat de periode tussen CT scans bij verschillende personen niet altijd even lang is en daardoor te veel variatie kan geven.

Om mensen onderling te vergelijken wordt de spieroppervlakte doorberekend naar de skeletal muscle index (SMI): $\text{spieroppervlakte} / \text{lengte}^2$ (in m).

Voor onderzoeksdoeleinden wordt de spieroppervlakte wel eens doorberekend naar spiermassa (Shen et al, 2004) of vetvrije massa (Mourtzakis et al, 2008), doorgaans om te vergelijken met andere meetmethodes die alleen vetvrije massa of spiermassa als uitkomstmaat geven. Aangezien deze berekeningen gebaseerd zijn op regressievergelijkingen bij relatief kleine groepen wordt een extra onnauwkeurigheid ingebouwd en daarom niet aangeraden voor de klinische praktijk (Kilgour et al, 2016).

Voor de berekening van de totale vetoppervlakte worden de oppervlaktes van SAT, IMAT en VAT opgeteld. Doorrekening van de vetoppervlakte naar de vetmassa (Mourtzakis et al, 2008) is net als berekening van vetvrije massa niet aan te raden.

8.3.2. Registratie

Als alle compartimenten gekleurd zijn, worden de oppervlaktes (in cm^2) van de compartimenten en de gemiddelde spierdensiteit (in HU) genoteerd. Tevens worden gegevens opgenomen over de meetomstandigheden van de scan: gebruik van contrast, buisspanning (in kVp), buisstroom (in mA), expositie (in mAs), coupe dikte (in mm). Zie bijlage 2 voor een testformulier spier- en vetoppervlakte op basis van CT scan.

8.3.3. Beoordeling

De spieroppervlakte, de SMI en de spierdensiteit kunnen vergeleken worden met geslachts-, leeftijds- en BMI-specifieke referentiewaardes die verzameld zijn bij gezonde Nederlandse volwassenen (van der Werf et al. 2018). Doorgaans wordt de P5 of de P10 als afkapwaarde gebruikt (zie bijlage 3). Evenals in andere SOP's kiezen we voorlopig om de P10 als afkapwaarde te gebruiken. Tevens kan gebruik gemaakt worden van ziektespecifieke afkappunten. Deze afkappunten zijn doorgaans bepaald op basis van risico op morbiditeit of mortaliteit.

We gebruiken voor de beoordeling de spieroppervlakte en de SMI. Zoals beschreven in 8.3.1 is doorrekenen van de oppervlaktes naar massa af te raden. Om toch een globale indruk te geven van de relatie tussen oppervlakte en massa: een vermindering van 6 cm^2 spieroppervlakte komt ongeveer overeen met 1 kg verlies van spiermassa en een afname van 14 cm^2 vetoppervlakte komt ongeveer overeen met 1 kg verlies van vetmassa (Shen et al, 2004).

9. Methodologische kwaliteit

9.1. Validiteit

Voor een valide analyse van de lichaamssamenstelling op basis van CT scans is het belangrijk om de meting goed te standaardiseren (zie 7.2.3).

Mitsiopoulos et al (1998) hebben onderzocht in hoeverre CT- en MRI technieken geschikt waren om skeletspieren, IMAT en SAT van arm en beenspier te meten. Deze technieken werden vergeleken met kadaveranalyse. Hierbij werden CT's gebruikt met 120 kVp en 220 mA. In deze studie werd geen verschil gevonden tussen waarden gemeten met CT en MRI en beide methoden kenden een zeer sterke overeenkomst met de kadaveranalyse; MRI: ($r = 0,99$, SE van schatting (SEE) $3,9 \text{ cm}^2$, $P < 0,001$; en CT: $r = 0,99$, SEE = $3,8 \text{ cm}^2$, $P < 0,001$).

Bepalen van de spier- en vetoppervlakte op L3 niveau kent een hoge correlatie met de totale skeletspiermassa ($R^2 0,92$) en vetmassa ($R^2 0,89$) (Shen et al, 2004)

9.2. Betrouwbaarheid

Voor de betrouwbaarheid van de meting is het van groot belang dat degene die de spier- en vetmassa met slice-O-matic meet goed getraind is, de anatomie goed kent en de diverse weefseltypen kan onderscheiden. Ditzelfde geldt voor het selecteren van de juiste coupe op L3 niveau. Met een goede training is een interpersoons variatie van maximaal 1,3% toegestaan (Martin et al, 2013). Voor een goede betrouwbaarheid is het belangrijk om minimaal 1 keer per jaar een calibreersessie te hebben, waarbij aan de hand van analyses van dezelfde CT scan eventuele verschillen in uitkomsten besproken worden.

Referenties

Cederholm T, Jensen G, Correia M, et al. GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition: a consensus report from the global clinical nutrition community. *Clin Nutr*. 2019 Feb;38(1):1-9.

Kilgour RD, Cardiff K, Rosenthal L, Lucar E, Trutschnigg B, Vigano A. Use of prediction equations to determine the accuracy of whole-body fat and fat-free mass and appendicular skeletal muscle mass measurements from a single abdominal image using computed tomography in advanced cancer patients. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016 Jan;41(1):70-5.

Martin L, Birdsell L, Macdonald N, Reiman T, Clandinin MT, McCargar LJ, Murphy R, Ghosh S, Sawyer MB, Baracos VE. Cancer cachexia in the age of obesity: skeletal muscle depletion is a powerful prognostic factor, independent of body mass index. *J Clin Oncol*. 2013 Apr 20;31(12):1539-47.

Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lyons W, Gallagher D, Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol* (1985). 1998 Jul;85(1):115-22.

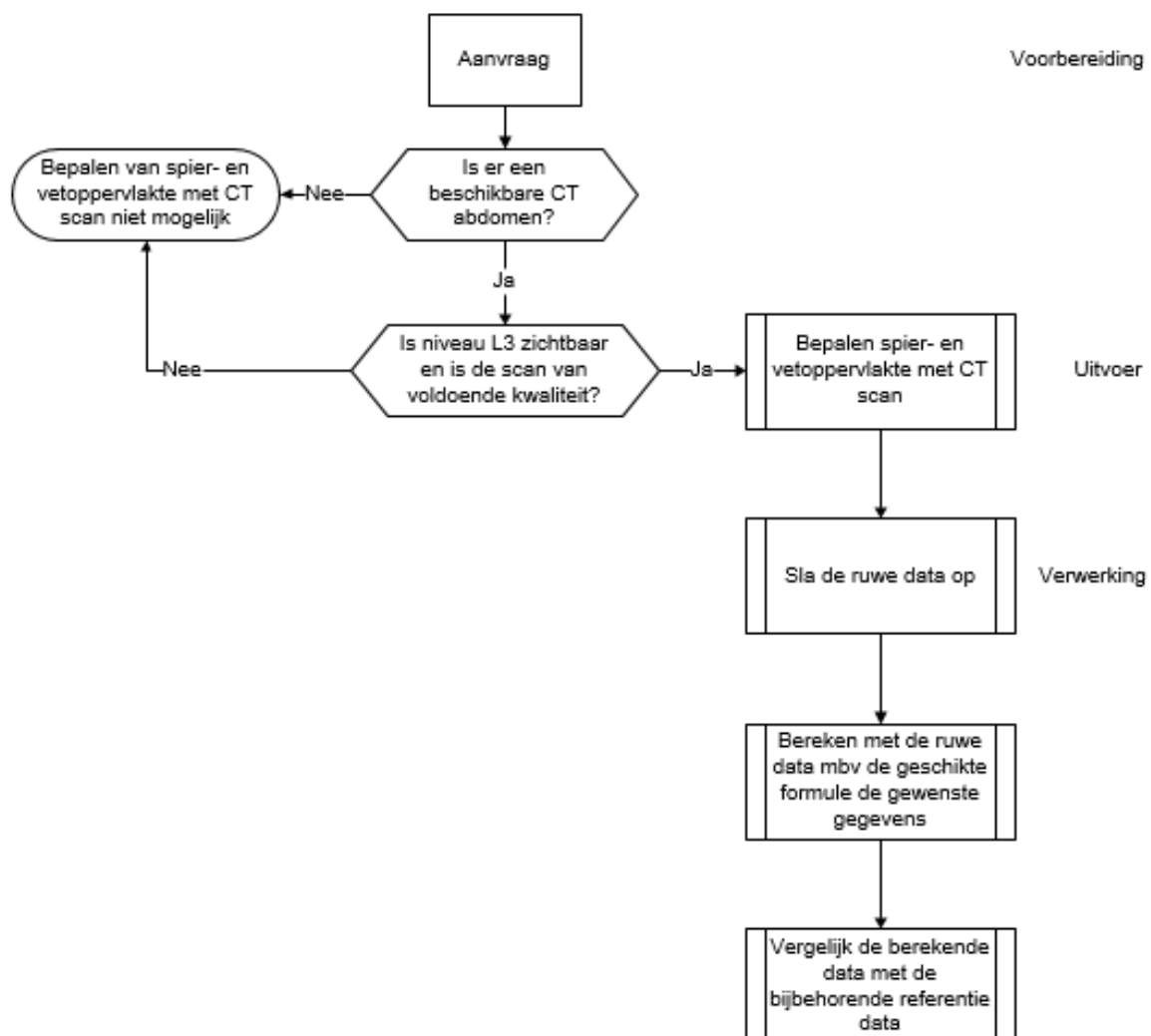
Mourtzakis M, Prado CM, Lieffers JR, Reiman T, McCargar LJ, Baracos VE. A practical and precise approach to quantification of body composition in cancer patients using computed tomography images acquired during routine care. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008 Oct;33(5):997-1006.

Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge MP, Albu J, Heymsfield SB, Heshka S. Total body skeletal muscle and adipose tissue volumes: estimation from a single abdominal cross-sectional image. *J Appl Physiol* (1985). 2004 Dec;97(6):2333-8.

Van der Werf A, Dekker IM, Meijerink MR, Wierdsma NJ, de van der Schueren MAE, Langius JAE. Skeletal muscle analyses: agreement between non-contrast and contrast CT scan measurements of skeletal muscle area and mean muscle attenuation. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2018 May;38(3):366-372.

Van der Werf A, Langius JAE, de van der Schueren MAE, Nurmohamed SA, van der Pant KAMI, Blauwhoff-Buskermolen S, Wierdsma NJ. Percentiles for skeletal muscle index, area and radiation attenuation based on computed tomography imaging in a healthy Caucasian population. *Eur J Clin Nutr*. 2018 Feb;72(2):288-296.

Bijlage 1: Stroomschema meetprocedure



Bijlage 2: Voorbeeld testformulier voor analyse spier- en vetoppervlakte op basis van CT scan

Algemene gegevens

Proefpersoon-/patiëntnummer:	Scandatum:
Naam:	Geslacht: man / vrouw
Geboortedatum:	Leeftijd:

Antropometrie

Lengte:	m
Gewicht:	kg

Technische gegevens

Soort scan	Blanco / contrast
Buisspanning	kVp
Buisstroom	mA
Expositie	mAs
Coupe dikte	mm

Uitslagen metingen

SMA	cm ²
Gemiddelde densiteit SMA	HU
IMAT	cm ²
Gemiddelde densiteit IMAT	HU
VAT	cm ²
Gemiddelde densiteit IMAT	HU
SAT	cm ²
Gemiddelde densiteit SAT	HU

Bijlage 3: Referentiewaardes

Predicted **p5** values for skeletal muscle parameters for different age- and BMI categories in men and women (Van der Werf et al, 2018)

SMI (cm ² /m ²)										
	Men					Women				
	BMI (kg/m ²)	17-20	20-25	25-30	30-35	BMI (kg/m ²)	17-20	20-25	25-30	30-35
Age (years)	All BMIs					All BMIs				
All ages		32.8	37.9	44.0	50.1		28.6	31.3	34.5	37.5
20-29	44.9	37.4	42.5	48.7	54.8	36.7	28.5	33.7	39.6	45.1
30-39	43.4	35.9	41.0	47.2	53.3	35.3	28.7	32.8	37.6	42.2
40-49	41.8	34.3	39.4	45.6	51.7	33.9	28.8	31.8	35.6	39.2
50-59	40.2	32.7	37.7	43.9	50.0	32.3	28.7	30.9	33.5	36.1
60-69	38.6	31.0	36.1	42.3	48.4	30.7	28.5	29.9	31.4	32.9
70-79	36.9	29.3	34.4	40.6	46.7	28.9	28.2	28.8	29.3	29.5
SMA (cm ²)										
	Men					Women				
	BMI (kg/m ²)	17-20	20-25	25-30	30-35	BMI (kg/m ²)	17-20	20-25	25-30	30-35
Age (years)	All BMIs					All BMIs				
All ages		109.8	123.7	140.8	157.3		83.6	90.5	98.5	105.9
20-29	153.0	131.4	145.4	162.6	179.3	111.2	88.2	102.7	119.4	134.7
30-39	146.1	124.3	138.3	155.5	172.2	104.9	86.8	97.9	111.2	123.7
40-49	139.0	117.1	131.2	148.3	165.0	98.3	85.1	93.1	102.9	112.3
50-59	131.8	109.8	123.8	141.0	157.7	91.5	83.0	88.2	94.4	100.6
60-69	124.5	102.3	116.4	133.6	150.3	84.5	80.7	83.1	85.9	88.4
70-79	116.9	94.8	108.8	126.0	142.7	77.3	78.0	78.0	77.3	75.9
MRA (HU)										
	Men					Women				
	BMI (kg/m ²)	17-20	20-25	25-30	30-35	BMI (kg/m ²)	17-20	20-25	25-30	30-35
Age (years)	All BMIs					All BMIs				
All ages		33.1	31.3	28.9	26.3		27.9	25.1	21.5	17.9
20-29	35.5	39.4	37.6	35.2	32.7	34.6	38.6	36.3	33.4	30.4
30-39	33.5	37.4	35.6	33.2	30.7	31.1	35.3	33.0	30.1	27.1
40-49	31.4	35.4	33.6	31.2	28.7	27.5	31.9	29.7	26.8	23.8
50-59	29.4	33.3	31.5	29.1	26.7	23.9	28.6	26.3	23.4	20.4
60-69	27.3	31.2	29.4	27.0	24.6	20.2	25.2	22.9	20.0	17.1
70-79	25.1	29.1	27.3	24.9	22.5	16.6	21.7	19.5	16.6	13.7

SMI: skeletal muscle index. SMA: skeletal muscle area. MRA: muscle radiation attenuation. HU: Hounsfield Units. BMI: body mass index.

Predicted p5 values for the age- and BMI categories are based on a regression equation, derived from 174 men and 246 women. For each category, the middle value within the category range is used, for instance values for the age category 50-59 years and BMI category 30-35 kg/m² are predicted values of age 55 years and BMI 32.5 kg/m². In women, the regression equation for SMI and SMA included an interaction term for age and BMI, because of interaction between these variables in predicting SMI and SMA.

Predicted **p10** values for skeletal muscle parameters for different age- and BMI categories in men and women (Van der Werf et al, 2018).

	Men					Women				
SMI (cm ² /m ²)										
BMI (kg/m²) Age (years)	All BMIs	17-20	20-25	25-30	30-35	All BMIs	17-20	20-25	25-30	30-35
All ages		35.2	40.2	46.4	52.4		30.3	33.0	36.2	39.2
20-29	47.5	39.7	44.7	50.9	57.0	38.5	30.3	35.4	41.3	46.9
30-39	46.0	38.1	43.2	49.4	55.5	37.0	30.4	34.5	39.3	44.0
40-49	44.5	36.5	41.6	47.8	53.9	35.5	30.5	33.5	37.3	40.9
50-59	42.9	34.9	39.9	46.1	52.2	34.0	30.4	32.5	35.2	37.8
60-69	41.2	33.2	38.3	44.5	50.6	32.4	30.2	31.5	33.1	34.6
70-79	39.6	31.5	36.6	42.8	48.9	30.7	30.0	30.5	31.0	31.2
SMA (cm ²)										
BMI (kg/m²) Age (years)	All BMIs	17-20	20-25	25-30	30-35	All BMIs	17-20	20-25	25-30	30-35
All ages		118.2	132.1	149.1	165.7		88.4	95.1	103.1	110.7
20-29	161.8	139.2	153.2	170.3	187.1	116.1	93.1	107.3	124.1	139.7
30-39	154.8	132.1	146.0	163.2	180.0	109.6	91.6	102.6	115.8	128.5
40-49	147.7	124.8	138.8	156.0	172.7	103.0	89.7	97.7	107.5	117.0
50-59	140.5	117.5	131.5	148.6	165.4	96.2	87.7	92.8	99.0	105.2
60-69	133.1	110.1	124.1	141.2	158.0	89.2	85.3	87.7	90.5	93.1
70-79	125.7	102.6	116.6	133.7	150.5	82.0	82.7	82.6	81.9	80.7
MRA (HU)										
BMI (kg/m²) Age (years)	All BMIs	17-20	20-25	25-30	30-35	All BMIs	17-20	20-25	25-30	30-35
All ages		35.1	33.3	30.9	28.3		30.2	27.4	23.8	20.2
20-29	37.3	41.2	39.4	37.0	34.5	36.6	40.4	38.2	35.2	32.3
30-39	35.3	39.2	37.3	35.0	32.5	33.0	37.1	34.8	31.9	29.0
40-49	33.3	37.2	35.3	32.9	30.5	29.5	33.8	31.5	28.6	25.6
50-59	31.2	35.1	33.3	30.9	28.4	25.8	30.4	28.1	25.2	22.3
60-69	29.1	33.0	31.2	28.8	26.3	22.2	27.0	24.7	21.8	18.9
70-79	27.0	30.9	29.1	26.7	24.2	18.5	23.6	21.3	18.4	15.5

SMI: skeletal muscle index. SMA: skeletal muscle area. MRA: muscle radiation attenuation. HU: Hounsfield Units. BMI: body mass index.

Predicted p10 values for the age- and BMI categories are based on a regression equation, derived from 174 men and 246 women. For each category, the middle value within the category range is used, for instance values for the age category 50-59 years and BMI category 30-35 kg/m² are predicted values of age 55 years and BMI 32.5 kg/m². In women, the regression equation for SMI and SMA included an interaction term for age and BMI, because of interaction between these variables in predicting SMI and SMA.