



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Revalidatiewetenschappen

master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie

Masterthesis

Prevalentie van sarcopene obesitas binnen bariatrische patiënten en de relatie tot behandelsucces

Toon Classen

Arne Motmans

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie, afstudeerrichting revalidatiewetenschappen en kinesitherapie bij musculoskeletale aandoeningen

PROMOTOR :

Prof. dr. Kenneth VERBOVEN



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2022
2023



Faculteit Revalidatiewetenschappen

master in de revalidatiewetenschappen en de kinesietherapie

Masterthesis

Prevalentie van sarcopene obesitas binnen bariatrische patiënten en de relatie tot behandel succes

Toon Claassen

Arne Motmans

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

PROMOTOR :

Prof. dr. Kenneth VERBOVEN

Dankwoord

Graag willen wij, als auteurs van deze masterproef, onze oprechte dank uitspreken aan de patiënten, kinesisten en eerste masterstudenten die hebben bijgedragen aan het verzamelen van alle gegevens voor dit onderzoek. Zonder jullie medewerking en inzet zou dit werk niet mogelijk zijn geweest.

Daarnaast willen we een speciaal woord van dank richten aan onze promotor, Prof. dr. Kenneth Verboven. In de eerste plaats willen we hem bedanken voor de kans die hij ons heeft gegeven om deze masterproef uit te voeren. Zijn begeleiding en ondersteuning gedurende het hele proces zijn van onschatbare waarde geweest. Zijn expertise, inzichten en aanmoediging hebben ons geholpen om dit werk tot een goed einde te brengen.

Situering

Onze masterproef richt zich op het domein van lichaamssamenstelling bij obese personen, met specifieke aandacht voor de spiermassa. Hoewel het overduidelijk is dat obese personen een overmaat aan vetmassa hebben, willen wij ons concentreren op mogelijke tekorten in spiermassa bij deze populatie. Het hoofddoel van deze studie is het onderzoeken van de prevalentie van sarcopenie bij personen die een bariatrische chirurgische ingreep ondergaan. Sarcopenie wordt gedefinieerd als een tekort aan spiermassa in combinatie met verlies van spierkracht. Aangezien sarcopene obesitas (SO) tot voor kort louter beschouwd werd als een geriatrisch fenomeen, bestaat er nog steeds onduidelijkheid over de exacte definitie van sarcopenie binnen onze onderzoekspopulatie. Wij hebben geprobeerd om de prevalentie hiervan in kaart te brengen, rekening houdend met de huidige richtlijnen binnen het domein. Daarnaast hebben we onderzocht of het tekort aan spiermassa ook invloed kan hebben op het behandelingsucces van de bariatrische ingreep.

Onze studie is een retrospectieve analyse die gebaseerd is op gegevens uit patiëntendossiers afkomstig van het obesitascentrum van het Ziekenhuis Oost-Limburg (ZOL) in Genk. Het dient als een vooronderzoek voor een lopende experimentele studie uitgevoerd in opdracht van de Universiteit Hasselt, onder leiding van de lokale hoofdonderzoeker Prof. dr. Kenneth Verboven. Deze studie onderzoekt onder andere de validiteit van een eerste screeningsinstrument voor sarcopenie, de SARC-F-vragenlijst, bestaande uit 5 vragen. Indien deze vragenlijst valide blijkt te zijn, kan deze efficiënte korte screening mogelijk worden toegepast door artsen om samen met een klinisch vermoeden een indicatie van sarcopenie te stellen. In onze studie presenteren we slechts de eerste resultaten van een uitgebreide longitudinale studie. Momenteel worden screenings, krachttesten en dual-energy X-ray absorptiometrie (DEXA) scans afgenomen in de hoop meer duidelijkheid te krijgen over de prevalentie, risicofactoren en gevolgen van pre-operatieve sarcopenie bij bariatrische patiënten.

De onderzoeksvraag is door studenten Toon Claassen en Arne Motmans (beiden 2e master studenten Revalidatiewetenschappen en Kinesitherapie met als afstudeervariant MSK Sport) opgesteld in overleg met de promotor, Prof. dr. Kenneth Verboven. Aanvankelijk was het de

bedoeling om deze masterproef te baseren op de resultaten van de validiteitsstudie van de SARC-F-vragenlijst. Aangezien deze resultaten niet tijdig beschikbaar waren, hebben we besloten om deze masterproef ter inleiding van de validiteitsstudie te schrijven. Dit lijkt ons klinisch relevant gezien de huidige onduidelijkheid omtrent de exacte parameters en definities van SO.

Deze masterproef is het resultaat van de samenwerking tussen Toon Claassen en Arne Motmans. Toon heeft voornamelijk bijgedragen aan de inleiding, resultaten, discussie en layout, terwijl Arne voornamelijk verantwoordelijk was voor de situering, methode, statistiek en referentielijst.

1. Abstract

Achtergrond: Sarcopene obesitas (SO) is de aanwezigheid van obesitas, gecombineerd met een tekort aan spiermassa en -kracht. In ernstige gevallen van obesitas kan geopteerd worden voor bariatrische chirurgie. Dit is een operatie aan het maag-darmkanaal waarbij zowel vet- als spiermassaverlies optreedt. Over zowel de aanwezigheid als de gevolgen van SO bij bariatrische patiënten is slechts beperkte evidentie beschikbaar.

Doelstellingen: Het doel van deze studie was de prevalentie, geassocieerde factoren en de gevolgen te onderzoeken van sarcopenie bij bariatrische patiënten.

Methoden: In deze retrospectieve studie werd bij 84 volwassenen (66 vrouwen, 18 mannen) van 42 ± 14 jaar met een BMI van 41.17 ± 3.37 kg/m² de lichaamssamenstelling preoperatief gemeten met dual-energy X-ray absorptiometrie (DEXA). Parameters waren lichaamsgewicht, lengte, appendicular lean mass (ALM), totaal vetpercentage, androïde en gynoïde vetpercentage, buikomtrek, T-score en Z-score. Na 6 en 12 maanden werden de deelnemers opnieuw gewogen op een weegschaal.

Resultaten: De prevalentie van SO was 41.7%, 91.7% of 100%, afhankelijk van de gebruikte parameter. Significante SO-gerelateerde factoren waren geslacht, rokersstatus, BMI, lichaamsgewicht en buikomtrek (alle P-waardes < 0.05). Gewichtsreductie na 6 en 12 maanden verschilde niet significant tussen SO (-26.03% en 32.37%) en niet-SO (-26.09% en -35.49%).

Conclusie: Sarcopenie is zeer prevalent onder preoperatieve bariatrische patiënten. Hierbij gaat een groter lichaamsgewicht gepaard met een hogere incidentie van SO. Desondanks heeft het preoperatieve tekort aan spiermassa geen invloed op het postoperatief gewichtsverlies na 6 en 12 maanden.

Sleutelwoorden: sarcopene obesitas; bariatrische chirurgie; lichaamssamenstelling; volwassenen

2. Inleiding

Obesitas, gedefinieerd door een body mass index (BMI) van 30kg/m^2 of hoger, is een prevalentie, complexe aandoening en gaat gepaard met een verhoogd risico op vele comorbiditeiten. De globale prevalentie van obesitas is sinds 1975 wereldwijd verdrievoudigd (Donini et al., 2022). In België kampt momenteel 49,3% van de volwassenen met overgewicht ($\text{BMI} \geq 25\text{ kg/m}^2$) en 15,9% van de bevolking is zwaarlijvig of obees ($\text{BMI} \geq 30\text{ kg/m}^2$) (Cijfers, z.d.-a). Dit zijn alarmerende cijfers gezien overgewicht en obesitas beiden risicofactoren zijn voor het ontwikkelen van hart- en vaatziekten, type 2 diabetes mellitus, beroertes, bepaalde vormen van kanker, longziekten en chronische musculoskeletale pijn alsook psychologische problemen, zoals depressie, stress en angst (Fruh, 2017). Uiteraard brengen deze problemen ook een grote maatschappelijke kost met zich mee (Hecker et al., 2022), in België goed voor een jaarlijkse kost (som van directe en indirecte kosten) van 4,5 miljard euro (Gorasso et al., 2022). Primaire en secundaire preventie, gecombineerd met betere behandelingsstrategieën, zijn essentieel om deze hoge cijfers terug te dringen. Een uitdaging die zich hierbij stelt is de grote heterogeniteit die de populatie van personen met obesitas vertoont. Vanuit wetenschappelijk en klinisch oogpunt is er steeds meer evidentie dat behandelingsstrategieën op maat bepalend zijn voor het behandelingsucces, waarbij het fenotype van de persoon met obesitas een belangrijke rol speelt (Verboven & Hansen, 2021).

Een van deze fenotypes is sarcopene obesitas (SO). In 2022 zijn de European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) en de European Association for the Study of Obesity (EASO) tot een consensus gekomen inzake de diagnostisering van SO. In het uitgewerkte model staat dat zowel spierzwakte als verlaagde spiermassa en een verhoogde vetmassa aanwezig moeten zijn. Voor de lichaamssamenstelling wordt een dual-energy X-ray absorptiometrie (DEXA) scan of bio-elektrische impedantie analyse (BIA) gebruikt. Hier worden met name de parameters 'appendicular lean mass per body weight' (ALM/W) en 'percentage fat mass' (%FM) gebruikt om een relatief spiermassaverlies te detecteren. Desalniettemin zijn volgens de consensus studies nodig die deze waarde vergelijken met twee van zijn alternatieven. Het eerste alternatief is 'ALM per height squared' (ALM/Ht^2). Het tweede alternatief is 'skeletal muscle mass per body weight' (SMM/W). Deze laatste wordt afgeleid uit een BIA (Donini et al., 2022). Lang werd gedacht dat SO louter voorkwam in de geriatrische populaties (Roubenoff, 2004).

Volgens recente studies blijkt dat dit ook al regelmatig voorkomt bij volwassenen (Prado et al., 2014).

Wanneer een conservatieve behandeling onvoldoende effect heeft, kan geopteerd worden voor bariatrische chirurgie. Dit is een operatie aan het gastro-intestinale stelsel dat gewichtsreductie bevordert. Dit kan op verschillende chirurgische manieren benaderd worden (Rogers, 2020). De gouden standaard is de gastric bypass, ook wel Roux-en-Y gastric bypass genoemd (Buwen et al., 2015). Enkel morbide obese personen ($\text{BMI} \geq 40 \text{ kg/m}^2$ of $\text{BMI} \geq 35 \text{ kg/m}^2$ in aanwezigheid van comorbiditeiten zoals levensbedreigende cardiopulmonale aandoeningen, ernstige diabetes mellitus en fysieke gevolgen die de kwaliteit van leven (QOL) verstoren) komen hiervoor in aanmerking ("Gastrointestinal surgery for severe obesity: National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement," 1992). De gastric bypass-operatie zorgt na twee jaar gemiddeld voor een gewichtsreductie van 32% ten opzichte van het pre-operatieve gewicht (Sjöström, 2013). Deze gewichtsreductie valt helaas niet louter te verklaren door een reductie in vetmassa, maar ook door een afname in spiermassa. Zo is voor vrouwen en mannen respectievelijk 26,5% en 32,5% van het totale gewichtsverlies te wijten aan spiermassaverlies (Davidson et al., 2018). Bijgevolg hebben zij een verhoogd risico op SO (Sacks et al., 2018), wat kan leiden tot versnelde functionele en cardiometabole achteruitgang, een beperkte kwaliteit van leven en een verhoogde mortaliteit (Kim et al., 2015; Roh & Choi, 2020; Schaap et al., 2013).

Gezien de recentelijke herdefiniëring van SO zijn prevalentiecijfers hiervan nog schaars. Daarom werd in deze retrospectieve studie de prevalentie van sarcopenie bij volwassenen met obesitas die in aanmerking komen voor bariatrische chirurgie onderzocht op basis van lichaamssamenstelling. Verder werden enkele mogelijke verbanden tussen SO en leeftijd, geslacht, lengte, BMI, buikomtrek, botdensiteit en rokersstatus binnen deze populatie in kaart gebracht. Tot slot werd de impact van pre-operatieve sarcopenie op postoperatieve gewichtsreductie bestudeerd.

3. Methode

3.1. Deelnemers

Deze retrospectieve studie is gebaseerd op basis van data onttrokken uit patiëntendossiers afkomstig uit het obesitascentrum van het ZOL te Genk. Dankzij het retrospectieve karakter dient er niet noodzakelijk een geïnformeerde toestemming te zijn van de proefpersonen gezien de studie niet valt onder de wet van 07/05/2004. Voor dit onderzoek werden de gegevens verzameld van 84 personen die in 2021 geopereerd werden in dat centrum. Deze gegevens zijn op basis van beschikbare informatie van een lopend onderzoek. De deelnemers waren tussen de 20 en 69 jaar oud. Van de 84 deelnemers waren 62 vrouwelijk en 22 mannelijk. Alle deelnemers ondergingen bariatrische chirurgie en voldeden dus aan morbide obesitas ($\text{BMI} \geq 40 \text{ kg/m}^2$ of $\text{BMI} \geq 35 \text{ kg/m}^2$ in aanwezigheid van comorbiditeiten zoals levensbedreigende cardiopulmonale aandoeningen, ernstige diabetes mellitus en fysieke gevolgen die de kwaliteit van leven (QOL) verstoren).

3.2. Meetinstrumenten

De deelnemers werden gewogen en hun lengte werd gemeten om de BMI te kunnen bepalen. Ook de buikomtrek werd gemeten met een lintmeter. Om de lichaamssamenstelling gedetailleerd te meten werd er gebruik gemaakt van een DEXA-scan. Uit deze scan werden volgende parameters opgenomen: T-score, Z-score, vetpercentage van armen, vetpercentage van benen, vetpercentage romp, androïde vetmassa, genoïde vetmassa en appendiculaire spiermassa. Huidige rookstatus werd ook onttrokken uit de medische dossiers. Om het gewichtsverlies te monitoren werden de deelnemers op 6 maanden en 12 maanden na operatie opnieuw gewogen.

3.3. Definitie van sarcopene obesitas

Sarcopene obesitas wordt gedefinieerd als een combinatie van lage spiermassa en te hoge vetmassa met daarbovenop een gedaalde spierkracht (Donini et al., 2022) . In deze studie werd enkel gekeken naar lichaamssamenstelling en niet naar spierkracht omdat deze parameters niet beschikbaar zijn. Er bestaan verscheidene parameters om een tekort aan spiermassa te definiëren. Volgens de expert consensus van de European Society for Clinical

Nutrition and Metabolism (ESPEN) en de European Association for the Study of Obesity (EASO) dient men hiervoor gebruik te maken van appendiculaire spiermassa gecorrigeerd voor gewicht (ALM/W) wanneer men werkt met resultaten van een DEXA-scan. Als afkapwaarde geldt hier <25,7% voor mannen en <19,4% voor vrouwen wanneer we kijken naar een populatie met gemengde etniciteit. (Donini et al., 2022) Deze studie geeft aan dat er ook andere parameters gebruikt kunnen worden en dat hier verder onderzoek nodig is naar de meest correcte afkapwaarden (Batsis et al., 2013; Poggiogalle et al., 2016; Baumgartner et al., 1998)

3.4. Data-analyse

De deelnemers in deze studie worden volgens de huidige richtlijn ingedeeld in sarcopeen of niet-sarcopeen op basis van lichaamssamenstelling. De indeling is gebeurd op basis van drie verschillende parameters: twee keer ALM/W met een afkapwaarde voor Kaukasische etniciteit en een afkapwaarde voor gemengde etniciteit. Eén keer ALM gecorrigeerd voor lengte in kwadraat. Alle verdere analyses zijn op basis van de indeling volgens de expert consensus (ALM/W voor gemengde etniciteit). Vervolgens wordt er gekeken of er een verschil is voor gewicht, lengte, leeftijd, geslacht, vetmassa, spiermassa, rookgedrag, buikomtrek en botdensiteit. Daarna kijken we of er een verschil is tussen de 2 groepen in gewichtsverlies na bariatrische chirurgie op 6 en op 12 maanden.

3.5. Statistiek

Verdeling van de variabelen werd geëvalueerd via de Shapiro-Wilk test. Varianties zijn getest via de Levene's test en werden gelijk bevonden. De normaal verdeelde continue variabelen zijn voorgesteld als 'gemiddelde' en 'standaarddeviatie'. Alle continue gegevens werden geanalyseerd via een 2-steekproeven t-test, om te onderzoeken of er een significant verschil was tussen de 2 groepen, de 2 zijdige P-waarde werd bekeken. De categorische gegevens werden via de Fisher's exact test geanalyseerd. Er werd ook gebruikgemaakt van een repeated measures ANOVA omdat we zowel doorheen de tijd, als tussen twee groepen vergeleken. Er werd niet voldaan aan de voorwaarde van sphericiteit, als gevolg werd er gebruikgemaakt van de Huynh-Feldt test. Statistische significantieniveau werd voor alle testen gezet op 0,05. Alle statistische analyses werden uitgevoerd via IBM SPSS Statistics voor Mac, versie 28.0.1.1.

4. Resultaten

4.1. Klinische karakteristieken van de patiënt populatie

Een totaal van 84 patiënten die in aanmerking kwamen voor een bariatrische operatie werden in de studie geïncludeerd. De deelnemersgroep bestond uit verschillende etniciteiten. De gemiddelde leeftijd (SD) van de deelnemers was 41.9 ± 13.8 jaar. Alle participanten hadden een BMI van 35 kg/m^2 of hoger, met een gemiddelde van $41.17 \pm 3.37 \text{ kg/m}^2$. De participanten hadden gemiddeld een totaal lichaamsgewicht van $115.9 \pm 16.3 \text{ kg}$, waarvan gemiddeld $21.6 \pm 3.1\%$ ALM en $50.6 \pm 5.8\%$ vetmassa. De buikomtrek was gemiddeld $126.4 \pm 10.2 \text{ cm}$. Onder de deelnemers waren 12 (14.8%) huidige rokers. Demografische data is samengevat in Tabel 1.

Tabel 1 Demografische data van alle deelnemers

Variabele	N = 84
Leeftijd, m \pm SD (jaar)	42 ± 14
Geslacht, (M:V)	22:62
Huidige roker, n (%)	12 (14.8%)
BMI, m \pm SD (kg/m^2)	41.17 ± 3.37
Totaal lichaamsgewicht, m \pm SD (kg)	115.9 ± 16.3
Lichaamslengte, m \pm SD (m)	1.68 ± 0.11
Buikomtrek, m \pm SD (cm)	126.4 ± 10.2
Vetmassa, m \pm SD (%)	50.6 ± 5.8
Android vet, m \pm SD (%)	58.1 ± 4.9
Gynoid vet, m \pm SD (%)	51.1 ± 7.7
ALM, m \pm SD (kg)	25.1 ± 6.0
ALM/W, m \pm SD (%)	21.6 ± 3.1
ALM/Ht ² , m \pm SD (kg/m^2)	8.80 ± 1.26
T-score, m \pm SD	1.39 ± 1.14
Z-score, m \pm SD	0.29 ± 1.16

Afkortingen: ALM = appendicular lean mass; ALM/Ht² = appendicular lean mass per height squared; ALM/W = appendicular lean mass per bodyweight; BMI = body mass index; M = man; m = gemiddelde; SD = standaard deviatie; V = vrouw.

4.2. Prevalentie van sarcopenie obesitas

Conform de richtlijnen van ESPEN en EASO in 2022 werd een prevalentiestudie gedaan, weergegeven in Tabel 2. In deze studie werd de prevalentie van sarcopenie geschat op basis van vetpercentage en spiermassa. Deze laatste werd gebaseerd op verschillende parameters met bijbehorende afkapwaarden volgens de richtlijnen van 2022. Alle proefpersonen hadden

een totaal vetpercentage dat boven de afkapwaarde ligt, namelijk $\geq 30\%$ voor mannen en $\geq 40\%$ voor vrouwen (Woolcott et al., 2020). Op basis van ALM/W met afkapwaarden van gemixte etniciteit was 41.7% sarcopenie. Wanneer voor dezelfde ALM/W de afkapwaarden voor Kaukasiërs gebruikt worden blijkt 91.7% sarcopenie te hebben. Tot slot is 100.0% van de deelnemers sarcopenie op basis van ALM/Ht².

Tabel 2 Prevalentie van sarcopenie op basis van lichaamssamenstelling gebaseerd op verschillende criteria

Parameter	Afkapwaarde		Sarcopenie obesitas		Geen sarcopenie obesitas		Etniciteit	Referentie
	Man	Vrouw	N	%	N	%		
ALM/W (%)	< 25.7	< 19.4	35	41.7	49	58.3	Gemixt	Batsis et al., 2013
ALM/W (%)	< 28.27	< 23.47	77	91.7	7	8.3	Kaukasisch	Poggiogalle et al., 2016
ALM/Ht ² (kg/m ²)	< 7.27	< 5.46	84	100	0	0	Spaans	Baumgartner et al., 1998

Afkortingen: ALM/W = appendicular lean mass per body weight; ALM/Ht² = appendicular lean mass per height squared.

4.3. Determinanten van sarcopenie obesitas

Potentiële risicofactoren van pre-operatieve sarcopenie zijn weergegeven in Tabel 3. Geslacht was een significante risicofactor van SO ($p < 0.05$). Een mannelijk persoon met ernstige obesitas heeft bijgevolg significant meer kans op sarcopenie dan een vrouw met dezelfde aandoening. Bijkomend waren ook BMI ($p < 0.05$) en totale lichaamsgewicht ($p < 0.01$) significant verschillend tussen beide groepen. Een hogere BMI betekent gemiddeld gezien een groter risico op sarcopenie. Hetzelfde geldt voor het totale lichaamsgewicht. Verder kwam een grotere buikomtrek overeen met een significant verhoogd risico op SO ($p < 0.01$). Gezien ALM/W de bepalende factor was voor sarcopenie correleert deze met het al dan niet hebben van SO ($p < 0.01$). Bovendien bleek ook ALM/Ht² significant geassocieerd te zijn met sarcopenie ($p < 0.05$). Leeftijd bleek echter geen risicofactor te zijn van sarcopenie binnen deze patiëntenpopulatie ($p = 0.489$).

Tabel 3 Factoren geassocieerd met preoperatieve sarcopene obesitas gebaseerd op ALM/W met afkapwaarden van gemixte etniciteiten

Variabele	Sarcopene obesitas (N = 35)	Geen sarcopene obesitas (N = 49)	Statistische test	
			t	Twee-zijdige p-waarde
Leeftijd, m ± SD (jaar)	39.6 ± 14.0	41.8 ± 13.7	0.695	0.489
Geslacht, (M:V)	14:21	8:41		0.015*
Huidige roker, n (%)	8 (25%)	4 (8.2%)		0.037*
BMI, m ± SD (kg/m ²)	41.87 ± 3.38	40.31 ± 2.99	-2.233	0.028*
Totaal lichaamsgewicht, m ± SD (kg)	122.2 ± 16.8	110.7 ± 15.0	-3.033	0.003**
Lichaamslengte, m ± SD (m)	1.71 ± 0.12	1.66 ± 0.10	-1.828	0.071
Buikomtrek, m ± SD (cm)	131.1 ± 9.1	123.4 ± 9.8	-3.237	0.002**
Vetmassa, m ± SD (%)	51.2 ± 6.1	50.2 ± 5.7	-0.790	0.432
Android vet, m ± SD (%)	58.8 ± 4.9	57.6 ± 4.9	-1.142	0.257
Gynoid vet, m ± SD (%)	50.9 ± 8.7	51.2 ± 7.0	0.194	0.846
ALM, m ± SD (kg)	24.9 ± 6.5	25.3 ± 5.7	0.316	0.753
ALM/W, m ± SD (%)	20.2 ± 3.1	22.6 ± 2.8	3.707	< 0.001**
ALM/Ht ² , m ± SD (kg/m ²)	8.41 ± 1.28	9.08 ± 1.18	2.476	0.015*
T-score, m ± SD	1.47 ± 1.27	1.42 ± 1.09	-0.188	0.852
Z-score, m ± SD	0.37 ± 1.33	0.30 ± 1.07	-0.234	0.815

*p-waarde ≤ .05; **p-waarde ≤ .01

Afkortingen: ALM = appendicular lean mass; ALM/Ht² = appendicular lean mass per height squared; ALM/W = appendicular lean mass per bodyweight; BMI = body mass index; M = man; m = gemiddelde; SD = standaarddeviatie; V = vrouw.

4.4. Effect van sarcopene obesitas op gewichtsverlies

Zoals verwacht hadden beide groepen zowel na zes als na 12 maanden een significante gewichtsreductie ($p < 0.001$). Niet-sarcopene patiënten verloren na een half jaar gemiddeld 26.03% en na één jaar gemiddeld 35.49% van hun totale lichaamsgewicht. Patiënten die op basis van lichaamssamenstelling SO vertonen, verloren na 6 maanden gemiddeld 26.09% en na 12 maanden gemiddeld 34.37% van hun totale lichaamsgewicht. De percentages van beide groepen waren echter niet significant verschillend van elkaar ($p = 0.285$) (Tabel 4). Bijgevolg had sarcopenie geen significante impact op de postoperatieve gewichtsreductie. De gemiddelde evolutie is grafisch weergegeven in Fig.1.

Tabel 4 Vergelijking van postoperatief gewichtsverlies tussen sarcopene obesitas en niet-sarcopene obesitas

Variabele	Sarcopene obesitas (N = 35)	Geen sarcopene obesitas (N = 49)	P-waarde
	N (%)	N (%)	
Gewicht (kg)			
Baseline	122.2	110.7	0.285
6 Maanden	90.4 (-26.03%)	81.8 (-26.09%)	
12 Maanden	82.8 (-8.34%)	74.1 (-9.40%)	

*p-waarde ≤ .05; **p-waarde ≤ .01

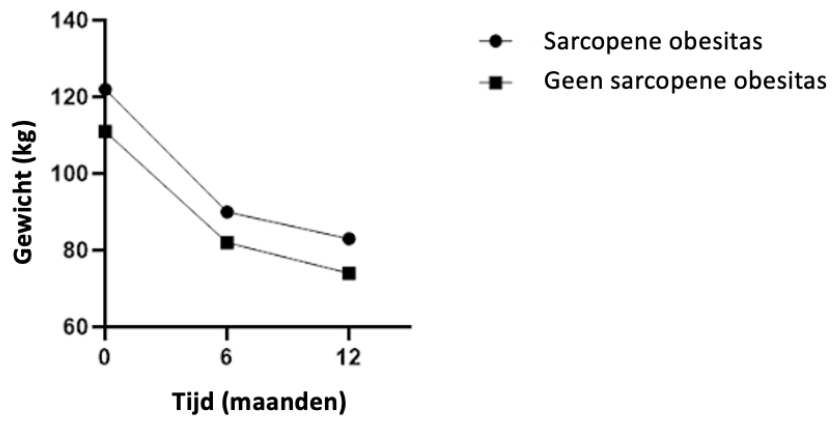


Fig.1 Grafische weergave van de postoperatieve evolutie van het gemiddelde totale lichaamsgewicht van patiënten met sarcopenie versus patiënten zonder sarcopenie

5. Discussie

In deze retrospectieve studie onderzochten we de prevalentie en geassocieerde factoren van SO op basis van lichaamssamenstelling binnen de morbide obese patiënten. Verder werd ook het effect van SO op postoperatief gewichtsverlies bestudeerd.

Uit de resultaten bleek dat 41.6% van de deelnemers op basis van de lichaamssamenstelling SO had. Voor de afkapwaarden van ALM/W met Kaukasische etniciteit en ALM/Ht² was de prevalentie 91.7% en 100.0%, respectievelijk (Tabel 2). Deze overschatting suggereert dat deze afkapwaarden mogelijk te streng zijn en herzien moeten worden voor de morbide obese patiënten. In een voorgaande studie op morbide obese patiënten lag de prevalentie van SO tussen 11.1% en 13.9% (Silva & Mulder, 2021), wat beduidend minder is dan de prevalentie in deze studie. Het verschil is mogelijks te verklaren door het feit dat de studie zich op zowel spierkwaliteit als -kwantiteit baseerde. Bovendien baseerde de studie zich op de Europese consensus van 2019 (Cruz-Jentoft et al., 2019), die momenteel reeds gedateerd is.

Zoals eerder vermeld zijn betrouwbare gegevens over de prevalentie van SO bij volwassenen beperkt. Dit komt mede door de recente wijziging van diagnostische criteria in 2022 en het feit dat sarcopenie bij volwassenen nog maar zeer recentelijk in beeld gebracht wordt (Barazzoni et al., 2018). Daar waar data over algemene SO aan het uitbreiden is, blijft data over specifieke subgroepen momenteel nog achterwege (Wagenaar et al., 2021). Na een bariatrische operatie is oefentherapie aangewezen (Bellichia et al., 2021). Voor het behoud van spiermassa en -kracht is ook spierkrachttraining, bovenop aerobe training, aangewezen in deze populatie (Hansen et al., 2017). Ook voor sarcopenie is het aangeraden om aan spierkrachttraining te doen (Hurst et al., 2022). Bijgevolg zijn volwassen personen die in aanmerking komen voor bariatrische chirurgie een belangrijke subgroep waarbij meer aandacht voor SO nodig is.

Een persoon met obesitas vertoont niet noodzakelijk spierzwakte. Sterker nog: gewichtsdragende spieren (eg. mm. quadriceps femoris) blijken vaak zelfs bovengemiddeld krachtig en volumineus te zijn (Tanner et al., 2002; Yoo et al., 2022; Yu et al., 2014). Desalniettemin zijn er ook obese personen waarbij wél spierzwakte aanwezig is, vaak ten

gevolge van langdurige inactiviteit en/of chronische ziekte (Biolo et al., 2014; Prado et al., 2012). Zo toonde een Italiaanse studie aan dat obese patiënten met een verlaagde vetvrije massa gemiddeld een hogere BMI hadden dan obese patiënten met voldoende vetvrije massa (El Ghoch et al., 2018). Uit deze studie bleek ook dat een hogere BMI geassocieerd was met een hogere incidentie van SO. Opmerkelijk hierbij is dat BMI een beschermende factor lijkt te zijn voor SO wanneer de BMI tussen 25 en 35 kg/m² ligt, terwijl het omgekeerde blijkt bij een BMI hoger dan 35 kg/m². Dit suggereert voor een U-vormige verhouding tussen BMI en sarcopenie met een optimale BMI in functie van de incidentie van sarcopenie. Verder onderzoek is nodig om dit uit te klaren.

Hoewel SO ook veelvuldig aanwezig was in de volwassen populatie, toonden eerdere studies reeds aan dat leeftijd een onafhankelijke risicofactor is voor zowel sarcopenie als SO (Cruz-Jentoft et al., 2010; Ji et al., 2022; Molero et al., 2020). In onze studie daarentegen, was leeftijd niet geassocieerd met SO. Het is belangrijk om hierbij te vermelden dat de deelnemers in deze studie tussen de 18 en 65 jaar zijn. Leeftijds-geïnduceerde SO zal dus mogelijk pas optreden vanaf geriatrische leeftijd.

Nog in deze studie kwam SO significant meer voor bij mannen dan bij vrouwen (Table 3). Deze resultaten komen overeen met een recente Koreaanse studie uit 2023 (Hwang & Park, 2023). Uit andere studies bleek dat vrouwen wel een hoger risico hebben op SO dan mannen (Molero et al., 2020; Kim et al., 2012). Ook een grotere buikomtrek is geassocieerd met de incidentie van SO. Het is hierbij belangrijk te vermelden dat vetdistributie grotendeels geslachtsafhankelijk is. Zo hebben mannen relatief meer abdominale vetstapeling terwijl vrouwen eerder gluteofemorale vetstapeling vertonen (Frank et al., 2019). Bijgevolg is het geslacht waarschijnlijk een confounder van buikomtrek. Dit suggereert dat een studie op grotere schaal nodig is om deze risicofactoren met meer zekerheid te kunnen benoemen.

De European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) en de European Association for the Study of Obesity (EASO) concludeerden dat prospectieve studies nodig zijn om de impact van SO op de revalidatie en het effect op lange termijn na bariatrische chirurgie te achterhalen (Donini et al. 2022). Daarom werden de deelnemers in deze studie na zes maanden en na 12 maanden opnieuw gewogen. Het behandelingsucces van bariatrische

chirurgie wordt bepaald door de mate van postoperatief gewichtsverlies. Hierbij is het belangrijk dat met name de vetmassa afneemt, waarbij spiermassa dient behouden te worden (de Aquino et al., 2012). Uit deze studie bleek het al dan niet hebben van preoperatieve sarcopenie geen impact te hebben op postoperatief gewichtsverlies. Belangrijk is om te vermelden dat dit slechts op totaal lichaamsgewicht is gebaseerd. Helaas zijn er nog geen longitudinale data beschikbaar over de lichaamssamenstelling, die mogelijk wel zouden kunnen verschillen tussen beide groepen. Dit zullen toekomstige studies moeten uitwijzen.

Wat deze studie uniek maakt, is de specificiteit van de doelgroep. Bovendien baseert deze studie zich op de nieuwste inzichten. Zo is dit de eerste studie die de impact van sarcopenie op het behandel succes van bariatrische chirurgie bestudeert sinds de nieuwe richtlijnen van 2022. Desondanks heeft deze studie ook enkele limitaties. De belangrijkste beperking is dat er tot nu toe nog geen data van de spierkracht beschikbaar waren. Dit is een essentiële waarde die nodig is voor de diagnose van SO. Hierdoor is de diagnose SO mogelijk minder correct en is verlaagde spiermassa een beter passende term. Bijgevolg mogen de prevalentiecijfers van deze studie niet geïnterpreteerd worden als zijnde SO. De tweede beperking is dat de patiënten slechts uit één ziekenhuis gerekruteerd zijn. Hierdoor zijn resultaten afhankelijk van de operatietechniek en het revalidatieprotocol van dit ziekenhuis. Bijgevolg is er sprake van selectiebias, waarbij resultaten mogelijk niet representatief zijn voor de gehele populatie. De derde beperking is dat slechts 22 van de 84 participanten mannen waren. Hierdoor moeten generaliserende conclusies uit deze studie met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. De vierde limitatie is het feit dat patiënten die in aanmerking komen voor bariatrische chirurgie normaal gezien al een conservatieve behandeling, waaronder een trainingsprogramma, ondergaan hebben (Colquitt et al., 2014). Hierdoor is mogelijk al voldoende spiermassa en -kracht opgebouwd, die er voorheen niet was. Hierdoor ligt de prevalentie van SO mogelijk nog hoger in de totale populatie morbide obesen. Een vijfde limitatie is dat enkel naar de huidige rokersstatus gevraagd werd. Correcter zou zijn als ook de rokersgeschiedenis en het aantal pakjaren bevraagd werd, gezien dit ook een grote impact kan hebben op het gezondheidsprofiel van de patiënt (Pleasant et al., 2020).

Deze studie benadrukt het belang van SO in de klinische praktijk. Zo wordt aangetoond dat spiermassaverlies niet enkel beschouwd mag worden als een geriatrisch fenomeen, maar ook

onder morbide obese volwassenen een veelvoorkomend probleem is. Toekomstige studies zullen nog meer duidelijkheid moeten geven over de prevalentie en het belang van SO in morbide obese patiënten. Zo zal in de toekomst ook 12 maanden na de operatie een tweede DEXA-scan afgenomen worden, zodat het effect van sarcopenie op postoperatieve lichaamssamenstelling bestudeerd kan worden. Ook worden kracht- en functionele testen zowel pre- als postoperatief gedocumenteerd, zodat alle criteria gebruikt kunnen worden in de diagnose van SO. Tot slot worden er momenteel ook meer proefpersonen gerekruteerd om zo een sterkere power te hebben over de toekomstige resultaten.

6. Conclusie

Een groot deel van de morbide obese patiënten, die in aanmerking komen voor een bariatrische operatie, heeft preoperatief een te lage spiermassa. De exacte prevalentie is grotendeels afhankelijk van de gebruikte parameters en afkapwaarden voor de lichaamssamenstelling. Hierbij heeft een groter lichaamsgewicht een negatieve impact op de spiermassa. Het preoperatieve tekort aan spiermassa heeft geen nadelig effect op het postoperatief gewichtsverlies na 6 en 12 maanden.

7. Referenties

- Barazzoni, R., Bischoff, S., Boirie, Y., Busetto, L., Cederholm, T., Dicker, D., Toplak, H., Van Gossum, A., Yumuk, V., & Vettor, R. (2018). Sarcopenic Obesity: Time to Meet the Challenge. *Obes Facts*, *11*(4), 294-305. <https://doi.org/10.1159/000490361>
- Batsis, J. A., Barre, L. K., Mackenzie, T. A., Pratt, S. I., Lopez-Jimenez, F., & Bartels, S. J. (2013, Jun). Variation in the prevalence of sarcopenia and sarcopenic obesity in older adults associated with different research definitions: dual-energy X-ray absorptiometry data from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004. *J Am Geriatr Soc*, *61*(6), 974-980. <https://doi.org/10.1111/jgs.12260>
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., Garry, P. J., & Lindeman, R. D. (1998, Apr 15). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*, *147*(8), 755-763. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009520>
- Bellicha, A., van Baak, M. A., Battista, F., Beaulieu, K., Blundell, J. E., Busetto, L., Carraça, E. V., Dicker, D., Encantado, J., Ermolao, A., Farpour-Lambert, N., Pramono, A., Woodward, E., & Oppert, J. M. (2021, Jul). Effect of exercise training before and after bariatric surgery: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*, *22* Suppl 4(Suppl 4), e13296. <https://doi.org/10.1111/obr.13296>
- Biolo, G., Cederholm, T., & Muscaritoli, M. (2014, Oct). Muscle contractile and metabolic dysfunction is a common feature of sarcopenia of aging and chronic diseases: from sarcopenic obesity to cachexia. *Clin Nutr*, *33*(5), 737-748. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.03.007>
- Buwen, J. P., Kammerer, M. R., Beekley, A. C., & Tichansky, D. S. (2015, Nov-Dec). Laparoscopic sleeve gastrectomy: The rightful gold standard weight loss

surgery procedure. *Surg Obes Relat Dis*, 11(6), 1383-1385.
<https://doi.org/10.1016/j.soard.2015.06.013>

Colquitt, J. L., Pickett, K., Loveman, E., & Frampton, G. K. (2014, Aug 8). Surgery for weight loss in adults. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014(8), Cd003641.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD003641.pub4>

Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyere, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older, P., & the Extended Group for, E. (2019, Jul 1). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*, 48(4), 601. <https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>

Cruz-Jentoft, A. J., Landi, F., Topinková, E., & Michel, J. P. (2010, Jan). Understanding sarcopenia as a geriatric syndrome. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 13(1), 1-7.
<https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328333c1c1>

Davidson, L. E., Yu, W., Goodpaster, B. H., DeLany, J. P., Widen, E., Lemos, T., Strain, G. W., Pomp, A., Courcoulas, A. P., Lin, S., Janumala, I., Thornton, J. C., & Gallagher, D. (2018, Jul). Fat-Free Mass and Skeletal Muscle Mass Five Years After Bariatric Surgery. *Obesity (Silver Spring)*, 26(7), 1130-1136.
<https://doi.org/10.1002/oby.22190>

de Aquino, L. A., Pereira, S. E., de Souza Silva, J., Sobrinho, C. J., & Ramalho, A. (2012, Feb). Bariatric surgery: impact on body composition after Roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg*, 22(2), 195-200. <https://doi.org/10.1007/s11695-011-0500-4>

Donini, L. M., Busetto, L., Bischoff, S. C., Cederholm, T., Ballesteros-Pomar, M. D., Batsis, J. A., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cruz-Jentoft, A. J., Dicker, D., Frara, S., Frühbeck, G., Genton, L., Gepner, Y., Giustina, A., Gonzalez, M. C., Han, H. S.,

Heymsfield, S. B., Higashiguchi, T., Laviano, A., Lenzi, A., Nyulasi, I., Parrinello, E., Poggiogalle, E., Prado, C. M., Salvador, J., Rolland, Y., Santini, F., Serlie, M. J., Shi, H., Sieber, C. C., Siervo, M., Vettor, R., Villareal, D. T., Volkert, D., Yu, J., Zamboni, M., & Barazzoni, R. (2022). Definition and Diagnostic Criteria for Sarcopenic Obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement. *Obes Facts*, *15*(3), 321-335. <https://doi.org/10.1159/000521241>

El Ghoch, M., Rossi, A. P., Calugi, S., Rubele, S., Soave, F., Zamboni, M., Chignola, E., Mazzali, G., Bazzani, P. V., & Dalle Grave, R. (2018, Sep). Physical performance measures in screening for reduced lean body mass in adult females with obesity. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, *28*(9), 917-921. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2018.06.008>

Frank, A. P., de Souza Santos, R., Palmer, B. F., & Clegg, D. J. (2019, Oct). Determinants of body fat distribution in humans may provide insight about obesity-related health risks. *J Lipid Res*, *60*(10), 1710-1719. <https://doi.org/10.1194/jlr.R086975>

Fruh, S. M. (2017, Oct). Obesity: Risk factors, complications, and strategies for sustainable long-term weight management. *J Am Assoc Nurse Pract*, *29*(S1), S3-S14. <https://doi.org/10.1002/2327-6924.12510>

Gastrointestinal surgery for severe obesity: National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement. (1992, Feb). *Am J Clin Nutr*, *55*(2 Suppl), 615s-619s. <https://doi.org/10.1093/ajcn/55.2.615s>

Gorasso, V., Moyersoan, I., Van der Heyden, J., De Ridder, K., Vandevijvere, S., Vansteelandt, S., De Smedt, D., & Devleeschauwer, B. (2022, Sep 6). Health care costs and lost productivity costs related to excess weight in Belgium. *BMC Public Health*, *22*(1), 1693. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14105-9>

- Hansen, D., Dendale, P., Coninx, K., Vanhees, L., Piepoli, M. F., Niebauer, J., Cornelissen, V., Pedretti, R., Geurts, E., Ruiz, G. R., Corrà, U., Schmid, J. P., Greco, E., Davos, C. H., Edelmann, F., Abreu, A., Rauch, B., Ambrosetti, M., Braga, S. S., Barna, O., Beckers, P., Bussotti, M., Fagard, R., Faggiano, P., Garcia-Porrero, E., Kouidi, E., Lamotte, M., Neunhäuserer, D., Reibis, R., Spruit, M. A., Stettler, C., Takken, T., Tonoli, C., Vigorito, C., Völler, H., & Doherty, P. (2017, Jul). The European Association of Preventive Cardiology Exercise Prescription in Everyday Practice and Rehabilitative Training (EXPERT) tool: A digital training and decision support system for optimized exercise prescription in cardiovascular disease. Concept, definitions and construction methodology. *Eur J Prev Cardiol*, *24*(10), 1017-1031. <https://doi.org/10.1177/2047487317702042>
- Hecker, J., Freijer, K., Hiligsmann, M., & Evers, S. (2022, Jan 7). Burden of disease study of overweight and obesity; the societal impact in terms of cost-of-illness and health-related quality of life. *BMC Public Health*, *22*(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-12449-2>
- Hurst, C., Robinson, S. M., Witham, M. D., Dodds, R. M., Granic, A., Buckland, C., De Biase, S., Finnegan, S., Rochester, L., Skelton, D. A., & Sayer, A. A. (2022, Feb 2). Resistance exercise as a treatment for sarcopenia: prescription and delivery. *Age Ageing*, *51*(2). <https://doi.org/10.1093/ageing/afac003>
- Hwang, J., & Park, S. (2023, Jan 9). Gender-Specific Prevalence and Risk Factors of Sarcopenic Obesity in the Korean Elderly Population: A Nationwide Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*, *20*(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph20021140>
- Ji, T., Li, Y., & Ma, L. (2022, Apr). Sarcopenic Obesity: An Emerging Public Health Problem. *Aging Dis*, *13*(2), 379-388. <https://doi.org/10.14336/ad.2021.1006>

- Kim, J. H., Cho, J. J., & Park, Y. S. (2015, Mar). Relationship between sarcopenic obesity and cardiovascular disease risk as estimated by the Framingham risk score. *J Korean Med Sci*, *30*(3), 264-271. <https://doi.org/10.3346/jkms.2015.30.3.264>
- Kim, Y. S., Lee, Y., Chung, Y. S., Lee, D. J., Joo, N. S., Hong, D., Song, G., Kim, H. J., Choi, Y. J., & Kim, K. M. (2012, Oct). Prevalence of sarcopenia and sarcopenic obesity in the Korean population based on the Fourth Korean National Health and Nutritional Examination Surveys. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *67*(10), 1107-1113. <https://doi.org/10.1093/gerona/gls071>
- Molero, J., Moizé, V., Flores, L., De Hollanda, A., Jiménez, A., & Vidal, J. (2020, Jun). The Impact of Age on the Prevalence of Sarcopenic Obesity in Bariatric Surgery Candidates. *Obes Surg*, *30*(6), 2158-2164. <https://doi.org/10.1007/s11695-019-04198-4>
- Pleasant, R. A., Rivera, M. P., Tilley, S. L., & Bhatt, S. P. (2020, Jul). Both Duration and Pack-Years of Tobacco Smoking Should Be Used for Clinical Practice and Research. *Ann Am Thorac Soc*, *17*(7), 804-806. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202002-133VP>
- Poggiogalle, E., Lubrano, C., Sergi, G., Coin, A., Gnessi, L., Mariani, S., Lenzi, A., & Donini, L. M. (2016). Sarcopenic Obesity and Metabolic Syndrome in Adult Caucasian Subjects. *J Nutr Health Aging*, *20*(9), 958-963. <https://doi.org/10.1007/s12603-015-0638-1>
- Prado, C. M., Siervo, M., Mire, E., Heymsfield, S. B., Stephan, B. C., Broyles, S., Smith, S. R., Wells, J. C., & Katzmarzyk, P. T. (2014, Jun). A population-based approach to define body-composition phenotypes. *Am J Clin Nutr*, *99*(6), 1369-1377. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.078576>

- Prado, C. M., Wells, J. C., Smith, S. R., Stephan, B. C., & Siervo, M. (2012, Oct). Sarcopenic obesity: A Critical appraisal of the current evidence. *Clin Nutr*, 31(5), 583-601. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.06.010>
- Rogers, A. M. (2020, Mar). Current State of Bariatric Surgery: Procedures, Data, and Patient Management. *Tech Vasc Interv Radiol*, 23(1), 100654. <https://doi.org/10.1016/j.tvir.2020.100654>
- Roh, E., & Choi, K. M. (2020). Health Consequences of Sarcopenic Obesity: A Narrative Review. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 11, 332. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00332>
- Roubenoff R. (2004). Sarcopenic obesity: the confluence of two epidemics. *Obesity research*, 12(6), 887–888. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.107>
- Sacks, D., Baxter, B., Campbell, B. C. V., Carpenter, J. S., Cognard, C., Dippel, D., Eesa, M., Fischer, U., Hausegger, K., Hirsch, J. A., Shazam Hussain, M., Jansen, O., Jayaraman, M. V., Khalessi, A. A., Kluck, B. W., Lavine, S., Meyers, P. M., Ramee, S., Rüfenacht, D. A., Schirmer, C. M., & Vorwerk, D. (2018, Aug). Multisociety Consensus Quality Improvement Revised Consensus Statement for Endovascular Therapy of Acute Ischemic Stroke. *Int J Stroke*, 13(6), 612-632. <https://doi.org/10.1177/1747493018778713>
- Schaap, L. A., Koster, A., & Visser, M. (2013). Adiposity, muscle mass, and muscle strength in relation to functional decline in older persons. *Epidemiol Rev*, 35, 51-65. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxs006>
- Silva, T. L. D., & Mulder, A. P. (2021, Oct). Sarcopenia and poor muscle quality associated with severe obesity in young adults and middle-aged adults. *Clin Nutr ESPEN*, 45, 299-305. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.07.031>

- Sjöström, L. (2013, Mar). Review of the key results from the Swedish Obese Subjects (SOS) trial - a prospective controlled intervention study of bariatric surgery. *J Intern Med*, 273(3), 219-234. <https://doi.org/10.1111/joim.12012>
- Tanner, C. J., Barakat, H. A., Dohm, G. L., Pories, W. J., MacDonald, K. G., Cunningham, P. R., Swanson, M. S., & Houmard, J. A. (2002, Jun). Muscle fiber type is associated with obesity and weight loss. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 282(6), E1191-1196. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00416.2001>
- Verboven, K., & Hansen, D. (2021, Mar). Critical Reappraisal of the Role and Importance of Exercise Intervention in the Treatment of Obesity in Adults. *Sports Med*, 51(3), 379-389. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01392-8>
- Wagenaar, C. A., Dekker, L. H., & Navis, G. J. (2021, Jun). Prevalence of sarcopenic obesity and sarcopenic overweight in the general population: The lifelines cohort study. *Clin Nutr*, 40(6), 4422-4429. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.01.005>
- Woolcott, O. O., & Bergman, R. N. (2020). Defining cutoffs to diagnose obesity using the relative fat mass (RFM): Association with mortality in NHANES 1999-2014. *International journal of obesity (2005)*, 44(6), 1301-1310. <https://doi.org/10.1038/s41366-019-0516-8>
- Yoo, M. C., Won, C. W., & Soh, Y. (2022, Dec 5). Association of high body mass index, waist circumference, and body fat percentage with sarcopenia in older women. *BMC Geriatr*, 22(1), 937. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03643-x>
- Yu, R., Wong, M., Leung, J., Lee, J., Auyeung, T. W., & Woo, J. (2014, Feb). Incidence, reversibility, risk factors and the protective effect of high body mass index against sarcopenia in community-dwelling older Chinese adults. *Geriatr Gerontol Int*, 14 Suppl 1, 15-28. <https://doi.org/10.1111/ggi.12220>

