ALEXANDRE VIEIRA GADDUCCI

**Correlação da força muscular com a composição corporal
segmentar na obesidade grave**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Ciências em Gastroenterologia
Orientador: Prof. Dr. Roberto de Cleva

São Paulo
2015

ALEXANDRE VIEIRA GADDUCCI

**Correlação da força muscular com a composição corporal
segmentar na obesidade grave**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Ciências em Gastroenterologia
Orientador: Prof. Dr. Roberto de Cleva

São Paulo
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Gadducci, Alexandre Vieira

Correlação da força muscular com a composição corporal segmentar na
obesidade grave / Alexandre Vieira Gadducci. -- São Paulo, 2015.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências em Gastroenterologia.

Orientador: Roberto de Cleva.

Descritores: 1.Obesidade mórbida 2.Musculo esquelético 3.Tecido adiposo
4.Força muscular 5.Composição corporal 6.Dinamômetro de força muscular
7.Extremidade inferior

USP/FM/DBD-067/15

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria da Conceição Vieira Gadducci e Claudio Aurélio Gadducci, por todo amor dedicado a minha criação, formação moral, intelectual e espiritual. Sempre fazendo o possível para proporcionar uma vida equilibrada por meio de muito amor, trabalho e honestidade.

Aos meus irmãos, Adriana Vieira Gadducci, Leonardo Vieira Gadducci e Caroline Vieira Gadducci, pelo apoio e ajuda ao longo da minha vida.

A minha noiva e futura esposa, Karen Palma Leão, por todo carinho, apoio e compreensão.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por possuir saúde e capacidade intelectual para realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Roberto de Cleva, pela orientação passo a passo na realização desse trabalho e por acreditar na minha força de vontade.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Santo, pela oportunidade e possibilitar a realização de um sonho.

À Prof (a). Dra. Julia Maria Greve, por acreditar na parceria com o departamento da Gastroenterologia e disponibilizar o laboratório para a avaliação dos pacientes.

À Dra. Marlene Monteiro Silva, pela orientação na busca de novas possibilidades.

À Dra. Adriana Lunardi, por apoiar e compartilhar suas experiências durante todo o estudo.

Aos amigos, Gabriela Faria e Raphael Pabst pela ajuda na coleta dos dados e na troca de informações.

Ao Marcio Augusto Diniz do LEE (Laboratório de Epidemiologia e Estatística) pela paciência e apoio na interpretação dos dados.

À todos os funcionários do Laboratório do Estudo do Movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clinicas pela dedicação na realização das avaliações.

Aos funcionários da Enfermagem do Departamento da Gastroenterologia por me acolherem e ajudarem com os pacientes.

“Tudo que sei é que nada sei”

Sócrates

Normalização Adotada

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referencias: adaptado de International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com List of Journals Indexed in Index Medicus.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE FIGURAS

RESUMO

SUMMARY

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Obesidade	2
1.2 Influencia da obesidade na força muscular	3
1.3 Avaliação da força muscular.....	5
1.4 Avaliação da composição corporal	7
2 OBJETIVO	9
3 MÉTODOS.....	11
3.1 Casuística	12
3.2 Critérios de inclusão	12
3.3 Critérios de exclusão	12
3.4 Avaliação da força muscular.....	13
3.5 Medidas antropométricas e bioimpedância corporal.....	15
3.6 Análise estatística.....	17
4 RESULTADOS.....	18
4.1 Avaliação da composição corporal	19

4.2 Avaliação da força muscular.....	20
4.3 Correlação da força muscular de extensão com a composição corporal	21
4.4 Correlação da força muscular de flexão com a composição corporal..	21
4.5 Análise da composição corporal de acordo com a gravidade de obesidade	22
4.6 Correlação da força muscular de extensão e flexão de acordo com a gravidade da obesidade	24
5 DISCUSSÃO.....	26
6 CONCLUSÃO	32
7 ANEXOS.....	34
8 REFERÊNCIAS	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IMC	índice de massa corpórea
Kg/m ²	quilogramas dividido por altura ao quadrado
OMS	organização mundial de saúde
AVDs	atividades de vida diárias
T	torque
F	força
D	distancia
Nm	newton metro
BIA	bioimpedância elétrica
DEXA	duplo feixe de raios-x
PDA	pletismografia de deslocamento aéreo
kHz	quilohertz
Kg/m ³	quilograma por metro cúbico
TUG	teste timed up and go
Nm/Kg	pico de torque relativo ao peso corporal
Nm/KgMI	pico de torque relativo ao peso do membro inferior
MLG	massa livre de gordura corporal
MG	massa gorda corporal
MLGMI	massa livre de gordura de membros inferiores
MGMI	massa gorda de membros inferiores
EXT.	extensão
FLEX.	flexão

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados das medidas antropométricas e da composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no HCFMUSP (2014)	19
Tabela 2 - Resultados da força muscular absoluta e relativa dos membros inferiores na extensão e flexão dos pacientes com obesidade grave no HCFMUSP (2014).....	20
Tabela 3 - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta, relativa ao peso corporal e ao peso dos membros inferiores dos pacientes com obesidade grave no HCFMUSP (2014)	21
Tabela 4 - Correlação da força de extensão e flexão relativa ao peso corporal e dos membros inferiores com a composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no HCFMUSP (2014)	22
Tabela 5 - Resultados antropométricos e da composição corporal dos pacientes de acordo com a gravidade da obesidade no HCFMUSP (2014).23	
Tabela 6 - Resultados da força muscular do membro inferior dos pacientes de acordo com a gravidade da obesidade no HCFMUSP (2014)	23
Tabela 7- Correlação da força de extensão e flexão relativa ao peso corporal e dos membros inferiores com a composição corporal total e segmentar de acordo com a gravidade da obesidade no HCFMUSP (2014)	25

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 - Evolução de indicadores nutricionais na população de acima de 20 anos de idade, por sexo, no Brasil: períodos 1974-75, 1989, 2002-2003 e 2008-2009, em percentual % 2

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posicionamento adequado do participante para a avaliação da força muscular dos membros inferiores	13
Figura 2 - Curvas de força x distância do movimento de extensão e flexão dos membros inferiores	15
Figura 3 - Posicionamento adequado do participante para a avaliação da composição corporal através da bioimpedância elétrica (BIA)	16

Resumo

Gadducci AV. *Correlação da força muscular com a composição corporal segmentar na obesidade grave* [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2015.

INTRODUÇÃO: A obesidade mórbida é um problema de saúde pública. O aumento da massa gorda contribui para a perda de massa livre de gordura e mudanças na força muscular e resistência dos músculos dos membros inferiores (flexores e extensores), que são responsáveis pela independência, mobilidade e capacidade para realizar com segurança as atividades diárias.

OBJETIVO: Avaliar a correlação entre a força muscular e composição corporal total e segmentar de acordo com o grau de obesidade.

MÉTODO: Foram incluídos no estudo 132 pacientes com obesidade mórbida de ambos os sexos, com idade entre 18 e 60 anos, sendo divididos entre grupo obeso ($\geq 40\text{Kg/m}^2$ e $< 50\text{Kg/m}^2$) e superobeso ($\geq 50\text{Kg/m}^2$ e $< 60\text{Kg/m}^2$). Todos os pacientes realizaram avaliação da composição corporal (bioimpedância elétrica) e da força muscular máxima dos membros inferiores (dinamometria isocinética).

RESULTADOS: Não houve diferença significativa entre o valor médio da força muscular absoluta de extensão ($156,4 \pm 45 \text{ Nm}$ vs. $156,4 \pm 41 \text{ Nm}$) e flexão ($71,5 \pm 22 \text{ Nm}$ vs. $72,8 \pm 22 \text{ Nm}$) entre o grupo obeso e superobeso. O grupo superobeso apresentou redução da força muscular de extensão e flexão corrigida pelo peso corporal e pelo peso dos membros inferiores em relação ao grupo obeso ($P < 0,05$). A correlação da força muscular com o peso corporal foi fraca ($r = 0,37-0,57$, $P < 0,001$) a moderada, enquanto que observou-se correlação moderada em relação ao peso dos

membros inferiores ($r = 0,46-0,61$, $p < 0,001$). CONCLUSÃO: O grupo superobeso apresentou um valor médio na força absoluta de extensão e de flexão. A força muscular diminuída na obesidade grave está diretamente relacionada com a composição corporal dos membros inferiores.

Descritores: obesidade mórbida; músculo esquelético; tecido adiposo; força muscular; composição corporal; dinamômetro de força muscular, extremidade inferior.

Abstract

Gadducci AV. *Correlation of muscle strength with segmental body composition in severe obesity* [Dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2015.

BACKGROUND: Morbid obesity is a public health problem. The increase in fat mass contributes to loss of fat free mass and changes in strength and endurance of lower limbs muscles (flexors and extensors) that are responsible for independence, mobility and ability to perform daily activities safely.

OBJECTIVE: to evaluate the correlation between the muscle strength and total and segmental body composition according to the obesity grade. **METHODS:**

132 morbidly obese patients were included in the study of both sexes, aged 18 and 60 years, divided between obese group ($\geq 40\text{Kg/m}^2$ e $< 50\text{Kg/m}^2$) and super obese ($\geq 50\text{Kg/m}^2$ e $< 60\text{Kg/m}^2$). All patients performed a body composition evaluation (bioelectrical impedance analysis) and maximum muscle strength of the lower limbs (isokinetic dynamometry).

RESULTS: There was no significant difference between absolute extension (156.4 ± 45 Nm vs. 156.4 ± 41 Nm) and flexion muscle strength (71.5 ± 22 Nm vs. 72.8 ± 22) between the obese and the super obese group. The super obese group presented a reduced extension and flexion muscle strength corrected to body weight and to weight of the lower limbs in compared to obese group ($P < 0.05$).

The correlation of muscle strength relative to body weight was weak to moderate ($r = 0.37 - 0.57$, $P < 0.001$) whereas strength relative to weight of the lower limbs presented a moderate correlation ($r = 0.46 - 0.61$, $P < 0.001$). **CONCLUSIONS:** Super obese group had a mean value in absolute

extension and flexion muscle strength. The decreased muscular strength in severe obesity is directly related to body composition of the lower limbs.

Descriptors: obesity, morbid; muscle, skeletal; adipose tissue; muscle strength; body composition; muscle strength dynamometer; lower extremity.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Obesidade

A etiologia da obesidade é complexa e multifatorial, resultado da predisposição genética associada aos fatores ambientais, como aumento da ingestão de gorduras, sedentarismo e fatores emocionais¹. A obesidade é considerada grave ou mórbida quando o índice de massa corporal (IMC) é maior que 40 Kg/m² ou quando o IMC é superior a 35 Kg/m² na presença de comorbidades².

A obesidade tem alcançado proporções epidêmicas no mundo, sendo que mais de 1,5 bilhão já apresentavam sobrepeso e 500 milhões de adultos eram obesos em 2008². Segundo projeções da OMS, 2,3 bilhões de pessoas estarão com sobrepeso e 700 milhões serão obesas em 2015 (IMC > 30 Kg/m²). Segundo dados do Ministério da Saúde, 13% dos adultos brasileiros eram obesos, com prevalência diferente entre os estados do Brasil³.

Gráfico 1 – Evolução de indicadores nutricionais na população de acima de 20 anos de idade, por sexo, no Brasil: períodos 1974-75, 1989, 2002-2003 e 2008-2009, em percentual %

Fonte: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1699&id_pagina=1.

O desenvolvimento de comorbidades é diretamente proporcional ao IMC, provavelmente devido às características metabólicas e reguladoras do tecido adiposo, considerado atualmente um órgão endócrino que produz hormônios e citocinas que participam na regulação do metabolismo energético e inflamatório⁴. Estas alterações presentes na obesidade contribuem para o desenvolvimento da síndrome metabólica, que se caracteriza pela presença de dislipidemia, diabetes mellitus tipo II, resistência à insulina e hipertensão arterial^{5,6}. Outras doenças associadas à obesidade mórbida são as doenças cardiovasculares e as artropatias^{7,8,9,10}.

O aumento da massa gorda pode contribuir para uma perda do percentual de massa muscular e da capacidade funcional¹¹, além de determinar alterações na força e resistência dos músculos esqueléticos¹². Alguns estudos observaram a relação crescente entre o excesso de peso e problemas musculoesqueléticos como osteoartrose, artrite inflamatória, osteoporose, redução da mobilidade e alterações da marcha, sendo estas alterações mais acentuadas na obesidade mórbida^{13,14,15}.

A capacidade para realizar exercícios pode estar afetada nesta população devido à presença de dor ou sobrecarga de peso nas articulações, afetando tanto o grau de independência nas atividades de vida diárias (AVDs) quanto à qualidade de vida dos obesos¹⁶.

1.2 Influência da obesidade na força muscular

A atividade física preponderante (aeróbica ou de força) exercida pelo indivíduo determina o recrutamento preferencial do tipo de fibra muscular

mais envolvido com a modalidade do exercício e, conseqüentemente, altera a proporção dos diversos tipos de fibra que compõem o músculo estriado esquelético¹⁷. A composição muscular, além da atividade física preponderante, também depende das características genéticas e nutricionais¹⁸. As fibras musculares podem ser classificadas de acordo com o tipo de contração e consumo energético. As fibras de contração lenta ou tipo I utilizam predominantemente o sistema mitocondrial oxidativo, as fibras de contração rápida ou tipo IIa utilizam o sistema glicolítico e oxidativo rápido enquanto que as fibras de contração rápida tipo IIb utilizam apenas o sistema glicolítico¹⁹.

A maioria das atividades de vida diária são eventos de baixa intensidade e repetitivos e, por essa razão, recrutam um maior número de fibras de contração lenta (tipo I)¹⁸. Atividade física de curta duração, alta intensidade e baixa repetição determinam recrutamento das fibras (tipo II)¹⁷. Estudos de composição muscular na obesidade grave demonstram aumento das fibras tipo IIb e diminuição das fibras tipo I em comparação a indivíduos eutróficos²⁰.

Os indivíduos portadores de obesidade apresentam algumas limitações relacionadas ao excesso de massa corporal, como dificuldade para deambular, subir escadas, levantar-se de uma posição sentada e instabilidade postural, aumentando o risco de quedas^{21,22,23,24}. Embora a força muscular absoluta de obesos seja maior do que a de indivíduos eutróficos, observa-se redução da força muscular corrigida pelo peso corporal ou pela massa livre de gordura^{25,26}. Assim, mulheres obesas

apresentam menor força no quadríceps do que mulheres eutróficas da mesma faixa etária¹¹. A perda da força muscular e da resistência à fadiga reduz a capacidade de executar AVDs²⁶. Entretanto, deve-se ressaltar que não existem muitos estudos sobre a associação entre força muscular dos membros inferiores e a composição corporal na obesidade grave, especialmente nos indivíduos superobesos.

A avaliação da composição corporal total e segmentar pode determinar a influência da massa livre de gordura e massa gorda sobre a força muscular de extensão e flexão dos membros inferiores.

1.3 Avaliação da força muscular

A dinamometria isocinética é um método validado para avaliação da função muscular dinâmica devido a confiabilidade, reprodutibilidade do método e a velocidade constante durante o movimento^{27,28,29}.

A força exercida pelos grupos musculares durante o arco de movimento, denominado momento angular de força ou torque, varia devido ao braço da alavanca que se altera conforme a amplitude da contração muscular. O torque (T) representa o resultado da força (F) aplicada num ponto multiplicada pela distância (D) do ponto de aplicação dessa força ao centro de rotação do eixo de movimento [$T = F \times D$, medida em Newton metro (Nm)]. O Pico de Torque representa o torque no ponto de maior desempenho, sendo dado em Nm. O pico de torque está relacionado ao peso corporal do indivíduo e, em valor percentual, permite comparar a força muscular de indivíduos com características antropométricas diversas. O

torque e a velocidade angular de movimento são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor a velocidade angular realizada, maior será o torque e vice-versa³⁰.

O dinamômetro isocinético tem sido utilizado para avaliação da força muscular em vários grupos musculares e articulações^{29,31}. O teste fornece informações sobre a função muscular, como a força máxima, potência e resistência. A potência representa a capacidade de torque em alta velocidade para qual o músculo deve responder num breve limite de tempo em velocidades funcionais com ângulo igual ou superior a 180°. A resistência representa a capacidade realizar um número elevado de repetições por segundo em velocidades muito rápidas (acima de 300° a 400° graus) para que se possa verificar o trabalho total realizado, assim como a perda de desempenho durante o teste³².

A força muscular avaliada em baixas velocidades, como 60 graus por segundo (60°/s), permite o recrutamento de maior número de unidades motoras e melhor representação da força máxima realizada pela musculatura avaliada³².

A avaliação da relação agonista/antagonista dos membros inferiores permite comparar grupos musculares e membros contralaterais. O dinamômetro isocinético é considerado padrão ouro para avaliação quantitativa da força muscular³³.

1.4 Avaliação da composição corporal

A massa corporal total de um indivíduo é formada por diversos componentes (massa livre de gordura, massa gorda, água corporal) sendo sua avaliação fundamental para análise do estado nutricional³⁴.

A determinação da composição corporal total pode ser realizada por diversas metodologias, baseadas em diferentes princípios físicos³⁵. As técnicas mais utilizadas são antropometria, medidas de pregas cutâneas, bioimpedância elétrica (BIA), absorciometria por duplo feixe de raios-x (DEXA), pesagem hidrostática, pletismografia de deslocamento aéreo (PDA), ressonância magnética e tomografia computadorizada³⁶.

Várias técnicas de avaliação da composição corporal baseiam-se no modelo de 2 compartimentos: massa magra (tecido livre de gordura: água, proteínas e minerais) e massa gorda³⁵. A água corporal está predominantemente (70%) contida na massa livre de gordura. O tecido gorduroso é composto por 83% de gordura e 17% de água e proteínas³⁷.

O método de avaliação da composição corporal empregado depende do custo, validação, aplicabilidade, disponibilidade e treinamento do avaliador. A BIA é geralmente um recurso amplamente disponível para estimativa da composição corporal na prática clínica, sendo método simples, praticamente sem riscos, de baixo custo e fácil acesso^{36,38,39,40}. No entanto, sua eficiência depende da quantidade e distribuição da água corporal total, intra e extracelular, assim como da configuração geométrica corporal³⁹.

Os aparelhos convencionais de BIA estimam a composição corporal utilizando a corrente de frequência única de 50 kHz, que é capaz de

atravessar parcialmente a membrana celular e pode prever melhor a água extracelular⁴¹. Entretanto, a BIA tetra polar utiliza um método de eletrodo com 8 pontos táteis, medindo diretamente a impedância de cada segmento corporal em frequências de 20 e 100 kHz, levando a resultados altamente precisos⁴². A composição química da massa livre de gordura é convencionalmente assumida como constante, com uma densidade de 1,1 kg/m³, sob temperatura de 37°C e concentração de água de 73%. A massa livre de gordura das extremidades superiores, tronco e membros inferiores é calculada multiplicando-se o valor de volume de água das extremidades superiores (a soma da direita e esquerda), tronco e membros inferiores (a soma das extremidades direita e esquerda) por 1,37. A BIA tetra polar apresenta alto grau de correlação com o DEXA, padrão ouro de composição corporal⁴².

2 OBJETIVO

Avaliar a correlação entre a força muscular dos membros inferiores com a composição corporal total e segmentar (massa livre de gordura e massa gorda do membro inferior) de acordo com a gravidade da obesidade.

3 MÉTODOS

3.1 Casuística

Foram selecionados 155 pacientes de ambos os sexos, com idade entre 18 e 60 anos, no ambulatório do Serviço de Cirurgia Bariátrica e Metabólica da Divisão de Cirurgia do Aparelho Digestivo do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP).

3.2 Critérios de inclusão:

- a) participantes com IMC entre 40Kg/m² e 60Kg/m² com indicação para tratamento cirúrgico da obesidade.
- b) participantes capazes de executar os procedimentos de avaliação e acompanhar as orientações;
- c) assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido após esclarecimentos sobre os objetivos do estudo (Anexo A).

3.3 Critérios de exclusão:

- a) presença de doenças musculoesqueléticas, cardiorrespiratórias (infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca congestiva, angina pectoris, pneumonia, traqueobronquite, insuficiência respiratória aguda, broncoespasmo e tromboembolismo pulmonar) ou meio auxiliar de marcha que impossibilitasse a avaliação.

- b) Teste Timed Up and Go (TUG) >10 segundos (distúrbios neuromusculares)

3.4 Avaliação da força muscular

A avaliação da força muscular, foi realizada no dinamômetro isocinético, modelo Biodex® Multi-joint System 3 (Biodex Medical Systems Inc, Shirley, NY, USA). O dinamômetro era calibrado trinta minutos antes do início dos testes.

Os participantes foram posicionados para avaliação no modo concêntrico/concêntrico dos movimentos de extensão e flexão da articulação do joelho. Os indivíduos permaneceram sentados com o quadril em 90º de flexão, afixados na cadeira com cintas em X na altura do tórax, uma cinta em torno da cintura pélvica, uma cinta sobre o terço distal da coxa e uma no terço distal da perna avaliada, de forma a deixar livre os movimentos do tornozelo (Figura 1).

Figura 1 – Posicionamento adequado do participante para a avaliação da força muscular dos membros inferiores

Todos os participantes foram orientados a realizar quatro movimentos com força submáxima para familiarização com o equipamento. O teste foi realizado primeiramente no membro dominante e, posteriormente, no membro não dominante. O membro avaliado foi posicionado com o côndilo lateral do fêmur (eixo do movimento da articulação do joelho) alinhado ao eixo mecânico do dinamômetro. O membro que não estava sendo avaliado ficou alinhado com o outro membro. Os voluntários foram então orientados a realizar duas series de 4 repetições ininterruptas de extensão e flexão do joelho com intervalo de 60 segundos. Durante todo o período de execução do teste foram realizados encorajamentos verbais padronizados e constantes para obter dos participantes o máximo de força possível durante as contrações⁴³.

Os testes foram realizados com movimentos concêntricos de flexão e extensão do joelho, partindo de 90° de flexão e atingindo 20° de extensão, com correção da força da gravidade.

A velocidade angular utilizada foi 60 graus por segundo (60°/s).

As variáveis obtidas através da avaliação da força muscular foram:

- Pico de Torque (Nm): é o máximo de força atingida em cada uma das repetições nas quais o teste foi realizado. O pico de torque representa a maior contração muscular no arco do movimento e corresponde ao ponto mais alto da curva força x distância (Figura 2).

Figura 2 – Curvas de força x distância do movimento de extensão (esquerda) e flexão (direita) dos membros inferiores. A curva do membro dominante está representada em vermelho e a do membro não-dominante em azul. As setas representam o ponto máximo de força ou pico de torque durante todo o movimento

- Pico de torque relativo ao peso corporal (Nm/Kg): força máxima corrigida pelo peso corporal, sendo o resultado expresso em percentual newton-quilograma.
- Pico de torque relativo ao peso do membro inferior (Nm/KgMI): força máxima corrigida pelo peso dos membros inferiores (expresso em percentual newton-quilograma membro inferior).

3.5 Medidas antropométricas e bioimpedância corporal

Os participantes foram pesados com vestimentas leves, em posição ortostática, com os membros inferiores paralelos, sem calçado, olhar ao horizonte, com os membros superiores ao lado do corpo e sem se movimentar no centro da balança microeletrônica com capacidade de 250kg, com intervalos de 100g, instalada em superfície lisa para evitar oscilações nas medidas (InBody 230®; GE Healthcare, EUA). A medida da estatura foi realizada no milímetro mais próximo, com os pés e calcanhares paralelos,

ombros e glúteos encostados no estadiômetro fixo. O IMC (kg/m^2) foi obtido pela divisão da massa corporal do paciente (kg) pelo quadrado de sua altura (m^2). A seguir foram realizadas as medidas de composição corporal (Figura 3) através de bioimpedância elétrica (BIA), onde os participantes foram posicionados em posição ortostática, sem se movimentar ou dialogar, sobre uma plataforma (InBody 230®; GE Healthcare, EUA) que possui 2 apoios especiais (2 eletrodos inferiores) para os pés descalços, com os membros superiores estendidos segurando com as mãos dois apoios (2 eletrodos superiores).

Figura 3 – Posicionamento adequado do participante para a avaliação da composição corporal através da bioimpedância elétrica (BIA)

A partir destes eletrodos, sinais elétricos são emitidos e, ao percorrerem o corpo, atravessam com maior facilidade os tecidos musculares e os demais tecidos corporais, mas encontram maior resistência ao atravessar tecidos gordurosos, uma vez que este contém pouca água.

Foram obtidos os seguintes dados: massa livre de gordura corporal (MLG), massa gorda corporal (MG), massa livre de gordura (MLGMI) e massa gorda (MGMI) de membros inferiores. Os valores percentuais da MLGMI e MGMI foram calculados pela equação (massa do membro inferior direito+esquerdo/peso corporal x 100).

3.6 Análise estatística

O cálculo de amostra foi realizado com um tamanho de efeito esperado de 10% entre a relação da massa livre de gordura e a força da musculatura extensora e flexora de joelho, considerando um nível de significância de 5% e um poder de 95%, sendo que o tamanho da amostra estimado foi de 132 sujeitos. Os resultados foram submetidos à análise descritiva e os resultados expressos em média $\pm$ desvio padrão. As comparações entre os grupos foram realizadas através do teste T-Student ou Mann-Whitney. As associações entre as variáveis estudadas foram avaliadas pela correlação de Pearson ou Spearman.

4 RESULTADOS

Foram selecionados inicialmente 155 pacientes obesos graves, sendo que 23 foram excluídos: 5 apresentavam IMC < 40 kg/m², 7 apresentavam IMC > 60 kg/m² e 11 doenças musculoesqueléticas (7 apresentavam artrose avançada e 4 utilizavam meio auxiliar de marcha). Foram então incluídos no estudo 132 pacientes, sendo divididos em grupo obeso ($\geq 40\text{Kg/m}^2$ e < 50Kg/m²) e superobeso ($\geq 50\text{Kg/m}^2$ e < 60Kg/m²).

4.1 Avaliação da composição corporal

Os resultados das medidas antropométricas e composição corporal obtida através da BIA estão na Tabela 1. O percentual médio de massa gorda e de massa livre de gordura foi de $50,7 \pm 4,2\%$ e $49,3 \pm 4,2\%$, respectivamente. A média da massa livre de gordura nos membros inferiores (MLGMI) foi de $50,7 \pm 5,5\%$ e da massa gorda dos membros inferiores (MGMI) foi de $49,3 \pm 5,5\%$.

Tabela 1 - Resultados das medidas antropométricas e da composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no HCFMUSP (2014)

Total de Pacientes	n=132
Idade (anos)	$40,5 \pm 9,8$
Estatura (cm)	$162 \pm 0,1$
Peso (kg)	126 ± 20
IMC (kg/m ²)	$47,6 \pm 5$
MLG%	$49,3 \pm 4,2$
MG%	$50,7 \pm 4,2$
MLGMI%	$50,7 \pm 5,5$
MGMI%	$49,3 \pm 5,5$

Legenda: IMC = índice de massa corpórea; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; MLGMI = massa livre de gordura dos membros inferiores; MGMI = massa gorda dos membros inferiores

4.2 Avaliação da força muscular

A força muscular (Nm) de extensão e flexão entre o membro dominante e o não-dominante foi similar. Não houve diferença significativa entre ambos (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultados da força muscular absoluta e relativa dos membros inferiores na extensão e flexão dos pacientes com obesidade grave no HCFMUSP (2014)

Total de Pacientes (n=132)	M.I.D	M.I.E	P
Extensão (Nm)	156,76 ± 43,67	156,15 ± 46,2	0,992
Extensão (Nm/Kg)	123,76 ± 29,47	123,3 ± 31,78	0,901
Flexão (Nm)	72,52 ± 23,56	71,45 ± 21,6	0,929
Flexão (Nm/Kg)	57,34 ± 16,83	56,57 ± 15,56	0,703

Legenda: M.I.D = membro inferior direito; M.I.E = membro inferior esquerdo; Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal

Recomenda-se para padronização da avaliação em diferentes populações, a correção pelo peso corporal através da divisão da força em newtons pelo peso em quilogramas x 100 (newton-metro (Nm)/peso corporal (Kg) x100). Da mesma forma, o valor da força foi normalizado pelo peso dos membros inferiores (newton-metro(Nm)/peso dos membros inferiores (KgMI) x 100). Os resultados da força muscular de extensão e flexão relativa ao peso corporal e ao peso dos membros inferiores na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta, relativa ao peso corporal e ao peso dos membros inferiores dos pacientes com obesidade grave no HCFMUSP (2014)

Total de Pacientes	(n=132)
Ext. (Nm)	156,4 ± 43,6
Ext. (Nm/Kg)	123,5 ± 29,4
Ext. (Nm/KgMI)	439 ± 107
Flex. (Nm)	72 ± 22
Flex. (Nm/Kg)	57 ± 15,7
Flex. (Nm/KgMI)	202 ± 55,5

Legenda: Ext = extensão; Flex = flexão; Nm = newton-metro, Nm/Kg = newton-metro/peso corporal, Nm/KgMI = newton-metro/peso dos membros inferiores

4.3 Correlação da força muscular de extensão com a composição corporal

Os resultados das correlações entre a força muscular de extensão com a composição corporal total e do membro inferior estão na Tabela 4. Observou-se correlação positiva entre a Ext.(Nm/Kg) e a MLG e MLGMI ($p < 0,001$) e entre a Ext.(Nm/KgMI) e a MLGMI ($p < 0,001$). Houve correlação negativa entre a Ext.(Nm/Kg) e a MG e MGMI ($p < 0,001$) e entre Ext.(Nm/KgMI) e a MGMI ($p < 0,001$).

4.4 Correlação da força muscular de flexão com a composição corporal

Os resultados das correlações entre a força muscular de extensão com a composição corporal total e do membro inferior estão na Tabela 4. Observou-se correlação positiva entre a Flex.(Nm/Kg) e a MLG e a MLGMI ($p < 0,001$) e entre a Flex.(Nm/KgMI) e a MLGMI ($p < 0,001$). Houve correlação negativa entre a Flex.(Nm/Kg) e a MG e a MGMI ($p < 0,001$) e entre a Flex.(Nm/KgMI) e a MGMI ($p < 0,001$).

Tabela 4 - Correlação da força de extensão e flexão relativa ao peso corporal e dos membros inferiores com a composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no HCFMUSP (2014)

Extensão	r (IC 95%)	P	Flexão	r (IC 95%)	P
(Nm/Kg)			(Nm/Kg)		
MLG%	0,54 (0,43; 0,68)	<0,001	MLG%	0,52 (0,40; 0,65)	<0,001
MLGMI%	0,57 (0,46; 0,72)	<0,001	MLGMI%	0,47 (0,34; 0,63)	<0,001
MG%	-0,54 (-0,68; -0,44)	<0,001	MG%	-0,52 (-0,65; -0,4)	<0,001
MGMI%	-0,57 (-0,71; -0,47)	<0,001	MGMI%	-0,47 (-0,63; -0,34)	<0,001
(Nm/KgMI)			(Nm/KgMI)		
MLGMI%	0,56 (0,45; 0,68)	<0,001	MLGMI%	0,47 (0,32; 0,63)	<0,001
MGMI%	-0,56 (-0,68; -0,45)	<0,001	MGMI%	-0,47 (-0,63; -0,33)	<0,001

Legenda: Nm/Kg = newton-metro/peso corporal; Nm/KgMI = newton-metro/peso dos membros inferiores; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; MLGMI = massa livre de gordura do membro inferior; MGMI = massa gorda do membro inferior

4.5 Análise da composição corporal de acordo com a gravidade de obesidade

Os resultados das medidas antropométricas e da composição corporal de acordo com a gravidade da obesidade estão na tabela 5. Não houve diferença significativa na idade e estatura entre os grupos ($p>0,05$). Observou-se diferença significativa ($p<0,001$) no peso, IMC e em todas as variáveis da composição corporal.

Tabela 5 - Resultados antropométricos e da composição corporal dos pacientes de acordo com a gravidade da obesidade no HCFMUSP (2014)

	Obeso (n=87)	Superobeso (n=45)	P
Idade (anos)	41,8 ± 9,2	38 ± 10,4	>0,05
Estatura (cm)	163 ± 0,1	162 ± 0,1	>0,05
Peso (kg)	119 ± 15,8	140 ± 18,6	< 0,001
IMC Kg/m ²	44,7 ± 2,8	53,3 ± 2,3	< 0,001
MLG%	50,6 ± 4,3	46,6 ± 2,3	< 0,001
MG%	49,4 ± 4,3	53,4 ± 2,3	< 0,001
MLGMI%	52,5 ± 5	47,2 ± 4,6	< 0,001
MGMI%	47,5 ± 5	52,8 ± 4,6	< 0,001

Legenda: IMC = índice de massa corpórea; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; MLGMI = massa livre de gordura dos membros inferiores; MGMI = massa gorda dos membros inferiores

Os resultados da avaliação da força muscular de extensão e flexão de acordo com a gravidade da obesidade estão na Tabela 6. Não houve diferença significativa na força de extensão e flexão (Nm) entre os grupos observando-se um valor máximo no superobeso ($p>0,05$). Observou-se redução significativa ($p<0,05$) da força do membro inferior relativo ao peso corporal e ao peso dos membros inferiores do grupo superobeso em relação ao obeso.

Tabela 6 - Resultados da força muscular do membro inferior dos pacientes de acordo com a gravidade da obesidade no HCFMUSP (2014)

	Obeso (n=87)	Superobeso (n=45)	P
Ext. (Nm)	156,4 ± 45	156,4 ± 41	>0,05
Ext. (Nm/Kg)	130 ± 30,7	111 ± 22,2	<0,001
Ext. (Nm/KgMI)	460 ± 108,4	398 ± 92,4	<0,001
Flex (Nm)	71,5 ± 22	72,8 ± 22	>0,05
Flex (Nm/Kg)	59,6 ± 16	51,7 ± 13,5	<0,01
Flex. (Nm/KgMI)	210,6 ± 55,5	185,3 ± 52	<0,05

Legenda: Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal; Nm/KgMI = newton-metro/peso dos membros inferiores.

4.6 Correlação da força muscular de extensão e flexão de acordo com a gravidade da obesidade

Os resultados das análises de correlação da força de extensão e flexão com a composição corporal total e do membro inferior de acordo com a gravidade da obesidade estão na Tabela 7.

Grupo obeso: Apresentou correlação positiva entre a Ext.(Nm/Kg) e a MLG e a MLGMI e entre a Ext.(Nm/KgMI) e a MLGMI ($p<0,001$). Observou-se correlação negativa entre a Ext.(Nm/Kg) e a MG e MGMI ($p<0,001$) e entre a Ext.(Nm/KgMI) e a MGMI ($p<0,001$). O grupo obeso apresentou correlação positiva entre a Flex.(Nm/Kg) e a MLG e MLGMI ($p<0,001$) e entre a Flex.(Nm/KgMI) e a MLGMI ($p<0,001$). Observou-se correlação negativa entre a Flex.(Nm/Kg) e a MG e MLGMI ($p<0,001$) e entre a Flex.(Nm/KgMI) e a MGMI ($p<0,001$).

Grupo Superobeso: Apresentou correlação positiva entre a Ext.(Nm/Kg) e a MLG ($p<0,05$) e entre a Ext. (Nm/KgMI) e a MLGMI ($p<0,001$). Observou-se correlação negativa entre a Ext.(Nm/Kg) e a MG ($p<0,05$) e MGMI e entre a Ext.(Nm/KgMI) e a MGMI ($p<0,001$). O grupo superobeso apresentou correlação positiva entre a Flex.(Nm/Kg) e a MLG e MLGMI ($p<0,05$) e entre a Flex.(Nm/KgMI) e a MLGMI ($p<0,001$). Observou-se correlação negativa entre a Flex.(Nm/Kg) e a MG e MLGMI ($p<0,05$) e entre a Flex.(Nm/KgMI) e a MGMI ($p<0,001$).

Tabela 7- Correlação da força de extensão e flexão relativa ao peso corporal e dos membros inferiores com a composição corporal total e segmentar de acordo com a gravidade da obesidade no HCFMUSP (2014)

Extensão	Obeso r (IC 95%)	P	Superobeso r (IC 95%)	P
(Nm/Kg)				
MLG%	0,53 (0,4; 0,72)	<0,001	0,37 (0,04; 0,63)	<0,05
MLGMI%	0,51 (0,34; 0,76)	<0,001	0,55 (0,26; 0,75)	<0,001
MG%	-0,53 (-0,73; -0,39)	<0,001	-0,37 (-0,63; 0,04)	<0,05
MGMI%	-0,51 (-0,73; -0,35)	<0,001	-0,55 (-0,75; -0,26)	<0,001
(Nm/KgMI)				
MLGMI%	0,46 (0,26; 0,66)	<0,001	0,61 (0,34; 0,78)	<0,001
MGMI%	-0,46 (-0,68; -0,28)	<0,001	-0,61 (-0,78; -0,34)	<0,001
Flexão				
(Nm/Kg)				
MLG%	0,51 (0,34; 0,72)	<0,001	0,39 (0,06; 0,64)	<0,01
MLGMI%	0,44 (0,24; 0,69)	<0,001	0,39 (0,07; 0,65)	<0,01
MG%	-0,51 (-0,72; -0,36)	<0,001	-0,39 (-0,64; -0,06)	<0,01
MGMI%	-0,44 (-0,67; -0,24)	<0,001	-0,39 (-0,65; -0,07)	<0,01
(Nm/KgMI)				
MLGMI%	0,41 (0,21; 0,66)	<0,001	0,48 (0,17; 0,7)	<0,001
MGMI%	-0,41 (-0,65; -0,21)	<0,001	-0,48 (-0,7; -0,17)	<0,001

Legenda: Nm/Kg = newton-metro/peso corporal; Nm/KgMI = newton-metro/peso dos membros inferiores; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; MLGMI = massa livre de gordura dos membros inferiores; MGMI = massa gorda dos membros inferiores

5 DISCUSSÃO

A obesidade mórbida está associada a desordens musculoesqueléticas como problemas articulares, baixo condicionamento físico e dor osteomuscular^{44,45}.

Os músculos dos membros inferiores (flexores e extensores) são responsáveis pela independência, mobilidade e capacidade de executar tarefas diárias com segurança e eficiência⁴⁶. O excesso de massa gorda presente na obesidade determina maior prevalência de dor nas articulações dos membros inferiores (joelho), lombalgias, apnéia do sono e hiperuricemia⁴⁷

Alguns estudos que avaliaram a força muscular dos membros inferiores em obesos utilizaram diferentes velocidades (60°/s, 180°/s e 300°/s)^{11,25,26}. No entanto, recomenda-se que, para adequada avaliação da força máxima, sejam utilizadas baixas velocidades, como 60 graus por segundo (°/s)⁴⁸. A avaliação nesta velocidade permite recrutamento de maior número de unidades motoras e representa o trabalho máximo realizado pela musculatura avaliada³⁰. Dessa forma, a velocidade angular (60°/s) utilizada é o melhor parâmetro para avaliar a força máxima. Além disso, os obesos graves apresentam maior quantidade de fibras musculares do tipo IIb²⁰, relacionadas a atividades de curta duração, alta intensidade e baixa repetição e são melhor avaliadas em baixas velocidades angulares.

Estudos prévios demonstraram que a força absoluta dos obesos é maior que a força absoluta de indivíduos eutróficos, atribuindo este aumento

da força a massa corpórea elevada^{25,26}. Entretanto, nossos pacientes não apresentam aumento da força absoluta de extensão e flexão do membro inferior de acordo com o grau de obesidade.

O aumento progressivo do peso deveria ser também acompanhado de aumento progressivo da força absoluta de extensão e flexão de membros inferiores. Entretanto, os superobesos apresentaram um valor médio limite na força absoluta de extensão e flexão, sugerindo que um valor máximo (platô) tenha sido atingido. O valor médio máximo de força absoluta alcançada (156 Nm e 72 Nm) sugere que a alteração da composição segmentar do membro inferior determina limite máximo de força nestes indivíduos. Deve-se ressaltar que um valor máximo de força absoluta em superobesos não havia sido descrito, anteriormente, provavelmente porque não havia número suficiente de superobesos (IMC>50), população com características específicas encontrada apenas em centros de referência da obesidade.

A correção da força muscular com o peso corporal é bem estabelecida, permitindo a comparação da força muscular entre indivíduos com massa corporal diferente e uma avaliação mais objetiva da capacidade funcional em obesidade grave²⁶.

A força muscular diminuída em relação à massa corporal elevada pode determinar fadiga muscular precoce e comprometer a realização de atividades vitais para independência nas atividades de na vida diária⁴⁹.

Embora a correção da força muscular pelo peso corpóreo esteja bem estabelecida, alguns autores propõem outras formas de correção da força

muscular^{50,51}.

Em alguns estudos a força muscular foi corrigida pela massa livre de gordura total, a fim de representar o suporte de cargas que a massa magra é submetida na obesidade^{11,25,26}. Embora a correção pela massa livre de gordura na população geral seja lógica, uma vez que quanto maior a massa livre de gordura maior a força relativa, na obesidade grave não há diferença na correção pelo peso ou pela massa livre de gordura uma vez que as proporções da composição corporal (massa gorda e massa livre de gordura) são semelhantes (ao redor de 50%), ao contrário do observado na população geral, que apresenta maior proporção de massa magra.

Estudos prévios demonstraram que, quanto maior o excesso de peso, menor a massa livre de gordura de membros inferiores^{11,25,26}. A redução da massa livre de gordura pode ser explicada pelo desuso, condição na qual o indivíduo, embora suportando excesso de carga pelo peso excessivo, passa a apresentar atrofia muscular, alterações posturais e limitações funcionais devido a inatividade física^{52,53}. Esta alteração na composição corporal segmentar pode explicar a redução da força absoluta observada nos nossos pacientes. Entretanto, deve-se ressaltar que há poucos estudos associando o baixo percentual de massa livre de gordura dos membros inferiores à perda de capacidade funcional na obesidade grave.

A correção da força muscular pelo peso dos membros inferiores demonstra diminuição progressiva da força, mais acentuada nos superobesos^{54,55}.

A correção da força por área específica responsável pela realização

da caminhada não havia sido estudada na obesidade grave e na superobesidade.

O déficit da massa livre de gordura do membro inferior observada em casuística limita o incremento linear e progressivo da força muscular. Assim sendo, apenas o aumento do peso sustentado não é capaz de promover o aumento da massa livre de gordura dos membros inferiores e da força muscular absoluta em pacientes com obesidade grave.

Em nosso estudo identificamos diminuição significativa da massa livre de gordura (%) dos membros inferiores do grupo obeso em relação ao grupo superobeso. Esta alteração na composição corporal é um dos principais determinantes da redução mais acentuada da força muscular do quadríceps no grupo superobeso.

A função muscular do quadríceps, responsável pelo amortecimento, estabilização da articulação do joelho e ações que exigem altos níveis de força concêntrica em movimentos repetitivos, como a caminhada, encontra-se diminuída. O músculo quadríceps necessita suportar sobrecarga estimada de três vezes o peso corporal durante uma caminhada, e de seis vezes o peso corporal ao subir escadas, o que contribui para a redução da capacidade funcional de indivíduos com obesidade grave^{56,57,58}.

Assim sendo, embora haja aumento do peso sustentado com sobrecarga dos membros inferiores (que poderia determinar aumento da força e da massa livre de gordura) observamos redução linear e progressiva da força de flexão e extensão de acordo com a gravidade da obesidade (mais acentuada no superobeso). A redução acentuada da força muscular

do membro inferior pode ser explicada pela diminuição progressiva da massa livre de gordura corporal devido ao baixo recrutamento muscular nas atividades diárias, ocasionando alterações na marcha e no centro de gravidade, sendo mais acentuadas quanto maior a gravidade da obesidade⁵⁶.

Em estudos anteriores com mulheres obesas houve uma relação fraca a moderada ($r = 0,29-0,49$) entre a força dos membros inferiores com MLG e correlação negativa fraca com MG ($r = 0,21-0,39$)^{25,59}. Nossos pacientes apresentaram uma fraca a moderada correlação da força muscular em relação ao peso corporal, com MLG ($r = 0,37-0,57$, $p < 0,001$) e uma correlação moderada da força muscular em relação ao peso dos membros inferiores com MLGMI ($r = 0,46-0,61$, $p < 0,001$). A correlação entre a força dos membros inferiores com MLGMI na obesidade grave não tinha sido previamente estudada. Nosso estudo sugere que a força muscular reduzida na obesidade grave está diretamente relacionada com a composição corporal dos membros inferiores, um fator decisivo para limitação funcional, inatividade física e surgimento de comorbidades^{25,26,59}.

Exercícios físicos planejados para pacientes obesos graves podem ajudar a reduzir a perda de força muscular, contribuir para a perda de peso e poderia ser considerada pré-requisito essencial aos que necessitam da intervenção de perda de peso⁶⁰.

6 CONCLUSÃO

1 Os superobesos apresentaram um valor médio (platô) na força absoluta de extensão e flexão.

2 A massa livre de gordura total e dos membros inferiores está associada ao aumento da força muscular de extensão e flexão relativa na obesidade grave.

3 A massa livre de gordura dos membros inferiores apresenta moderada correlação com a força de extensão e flexão relativa na obesidade grave.

Anexo A – Termo de consentimento livre e esclarecido**HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL**

1. NOME:.....
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº :..... SEXO : .M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO: ...../...../.....
ENDEREÇO:..... Nº ..... APTO: .....
BAIRRO:.....CIDADE.....
CEP:.....TELEFONE: DDD (.....) .....
2. RESPONSÁVEL LEGAL .....
NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.) .....
DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO: ...../...../.....
ENDEREÇO: ..... Nº ..... APTO: .....
BAIRRO: ..... CIDADE: .....
CEP: ..... TELEFONE: DDD (.....).....

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA:
ANÁLISE DAS MODIFICAÇÕES DA MOBILIDADE E DA FUNÇÃO
RESPIRATÓRIA DE PACIENTES NO PRÉ E PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA
BARIÁTRICA
2. PESQUISADORES : Roberto de Cleva / Marco Aurelio Santo
CARGO/FUNÇÃO: Prof. Livre-docente INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 57574
UNIDADE DO HCFMUSP: Serviço de Cirurgia Bariátrica – Dep. Gastroenterologia
3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:
RISCO MÍNIMO ☒ RISCO MÉDIO ☐ RISCO BAIXO ☐
RISCO MAIOR ☐

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

1 - Desenho do estudo e objetivo(s):– Você está sendo convidado a participar de um estudo para avaliar o impacto da obesidade grave sobre a função pulmonar, a musculatura respiratória, o teste de caminhada e força muscular dos membros inferiores antes e após a realização de cirurgia bariátrica.

2 - Descrição dos procedimentos que serão realizados, com seus propósitos e identificação dos que forem experimentais e não rotineiros. Você realizará os procedimentos rotineiros de avaliação clínica que são: peso, altura, circunferência da cintura e do quadril, quantidade de gordura corporal e massa magra. Os procedimentos estão descritos no item 3.

3 - Relação dos procedimentos rotineiros e como são realizados: Para avaliar a quantidade de gordura, musculatura e água do seu corpo serão obtidas algumas medidas como, a circunferência do seu quadril, a circunferência da sua cintura, seu peso e sua altura. A circunferência da cintura e do quadril serão medidas com uma fita métrica, com você em pé. Seu peso será medido em uma balança eletrônica, na qual você deverá subir e sua altura será medida com a haste que a balança possui para esse fim. Além dessas medidas outro exame será realizado, a Impedância Bioelétrica (BIA). Você deitará numa maca e eletrodos (fitas adesivas conectadas a um aparelho por um fio elétrico) serão conectados nos seu pé e mão direitos. Esse exame demora cerca de 5 minutos e é indolor.

4 – A seguir, você irá realizar cinco testes: no primeiro você ficará sentado em uma cadeira, colocarei um clipe no seu nariz para você respirar somente pela boca, e será colocado um bocal na sua boca, onde você irá puxar o ar o mais profundo que puder e soltar o mais profundo que puder, será repetido este teste por três vezes. O segundo teste você estará sentado numa cadeira com apoio nas costas, e quando eu disser para iniciar você irá levantar, caminhar o mais rápido que puder, porém

sem correr, até uma marcação que estará no chão, irá virar-se e caminhar de volta a cadeira e sentar-se. Você poderá parar ou descansar durante o teste, porém não poderá sentar-se até o fim do teste. No terceiro teste você ficará sentado em uma cadeira repousando sem dormir por 10 minutos. A seguir será colocado um prendedor em seu nariz e você irá respirar através de um bocal durante aproximadamente 20 minutos e os gases exalados pelo seu serão analisados para cálculo do seu metabolismo basal. No quarto teste você será colocado em um aparelho para avaliar a sua força muscular. Você permanecerá sentado neste aparelho, seu tronco e suas pernas serão fixadas com uma cinta e você irá dobrar e estender suas pernas e seus joelhos alternadamente contra uma resistência imposta pela máquina. No quinto teste irei colocar no seu terceiro dedo da mão direita um aparelho em forma de dedeira que irá mostrar seus batimentos cardíacos e quantidade de oxigênio que está circulando no seu sangue, depois irei com o aparelho de pressão, medir sua pressão arterial, você também irá receber uma folha com uma escala em forma de régua, onde você irá me dizer numa régua de 0 – 10, o quanto você está cansado e o quanto está difícil para você respirar naquele momento, sendo 0 nenhum cansaço ou nenhuma falta de ar e 10 o máximo de cansaço e o máximo de falta de ar. Após anotar estes dados você ficará de pé com o aparelho em forma de dedeira no terceiro dedo da mão direita, e quando eu disser iniciar, você irá andar o mais rápido que puder, porém sem correr, até o final do corredor e retornar ao ponto inicial quantas vezes conseguir até completar o tempo de seis minutos. Você poderá parar quantas vezes quiser durante o teste, e poderá sentar quantas vezes você quiser, a cada minuto irei te falar quanto tempo falta para acabar o teste. Ao fim dos seis minutos, você irá se sentar e irei medir novamente todos os dados que avaliei antes do teste. Será colhido também uma gota de sangue do dedo da sua mão através de punção com uma pequena agulha para dosagem do lactato. Todos os procedimentos acima serão realizados antes e após (3º e o 6º mês) cirurgia bariátrica.

5 - Benefícios para o participante: Não é esperado qualquer tipo de risco para você ao participar do estudo. Não haverá nenhum benefício do estudo para o seu caso, mas os resultados podem contribuir para o tratamento de outros pacientes com a doença.

6 – Relação de procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar: não existem procedimentos alternativos no presente estudo.

7 - Garantia de acesso: Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Prof. Dr. Roberto de Cleva, que pode ser encontrado no endereço Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 255, 9 andar ICHC, sala 9025, Telefone(s) 2661-6876. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: 2661-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20, FAX: 2661-6442 ramal 26 – E-mail: cappesq@hcnet.usp.br

8 - É garantida a liberdade de retirada do consentimento a qualquer momento e a saída do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.

9 - Direito de confidencialidade: as informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgada a identificação de nenhum paciente.

10 - Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores.

11 - Despesas e compensações: Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.

8 REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica Diretrizes brasileiras de obesidade 2009/2010 / ABESO - Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. - 3.ed. - Itapevi, SP:AC Farmacêutica, 2009.
2. WHO-World Health Organization. Global strategy on diet, physical activity and health. Available from: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/facts/>
3. Portal da Saúde [homepage on the Internet]. Brasília: Ministerio da Saúde [cited 2010 Sep 30]. Reportagens Especiais -13% dos brasileiros adultos sãoobesos.from:http://portal.saude.gov.br/aplicações/reportagensEspeciais/default.cfm?pg=dspDetalhes&id_area=124&co_noticia=10078.
4. Toni R, Malaguti A, Castorina S, Roti E, Lechan RM. New paradigmas in neuroendocrinology: relationship between obesity, systemic inflammation and the neuroendocrine system. J Endocrinol Invest. 2004;27(2): 182-6.
5. Matos AFG, Moreira RO, Guedes EP. Aspectos Neuroendócrinos da Síndrome Metabólica. Arq Bras Endocrinol Metab. 2003;47(4): 410-420.
6. Santos CRB, Portella ES, Avila SS, Soares EA. Fatores dietéticos na prevenção e tratamento de comorbidades associadas à síndrome metabólica. Rev. Nutr. 2006;19(3): 389-401.
7. Faintuch J, Marques PC, Bortolotto LA, Faintuch JJ, Cecconello I. Systemic inflammation and cardiovascular risk factors: are morbidly obese subjects different? Obes Surg. 2008;18(7):854-62.
8. Zulet MA, Puchau B, Navarro C, Marte A, Martinez JA, Inflammatory biomarkers the link between obesity and associated pathologies. Nutr Hosp. 2007;22(5):511-527.
9. Lemieux I, Pascot A, Prud'homme D, Almeras N, Bogaty P, Nadeau A, et al. Elevated C reactive protein another componente of atherothrombotic profile of abdominal obesity. Artrioscler Thromb Vasc Biol. 2001;21(6):961-967.

10. Cook DG, Mendall MA, Whincup PH, Carey IM, Ballam L, Morris JE, et al. C reactive protein concentration in children: relationship to adiposity and other cardiovascular risk factor. *Atherosclerosis*. 2000;149(1):139-150.
11. Paolillo FR, Milan JC, Bueno PD, Paolillo AR, Borghi-Silva A, Parizotto NA, et al. Effects of excess body mass on strength and fatigability of quadriceps in postmenopausal women. *Menopause*. 2012;19(5).
12. Koenig SM. Pulmonary Complications of Obesity. *Am J Med Sci*. 2001;321(4):249–279.
13. Okoro C, Hootman J, Strine T, Balluz L, Mokdal A. Disability, arthritis and body weight among adults in Latin- American countries. *Obes Rev*. 2001;2:99-106.
14. Syed IY, Davis BL. Obesity and osteoarthritis of the knee: hypotheses concerning the relationship between ground reaction forces and quadriceps fatigue in long-duration walking. *Medical Hypotheses*. 2000;64(2):182-185.
15. Anandacoomarasamy A, Fransen M, Marcha L. Obesity and the musculoskeletal system. *Curr Opin Rheumatol* 2009;21:71-77.
16. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E. Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13:98-105.
17. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular. Tradução: Maduro CR. 2º ed. Artmed, 1999.
18. Wilmore HJ, Costill LD. Fisiologia do Esporte e do Exercício. Tradução: Ikeda M. 2º ed. Manole. 2001.
19. Simoneau JÁ, Bouchard C. Genetic determination of fiber type proportion in human skeletal muscle. *FASEB J* 1995;9:1091-1095.
20. Tanner CJ, Barakat HA, Lynis Dohm G, Pories WJ, MacDonald KG, Cunningham PRG, Swanson M. S, Houmard J. A. Muscle fiber type is

associated with obesity and weight loss. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002;282:1191-1196.

21. Brown M, Sinacore DR, Host H. The relationship of strength to function in the older adult. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1995;50:55-59.
22. Wolfson L, Judge J, Whipple R, King M. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1995;50:64-67.
23. Moxley Scarborough D, Krebs DE, Harris BA. Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. *Gait Posture.* 1999;10:10-20.
24. Skelton DA, Kennedy J, Rutherford OM. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age Ageing.* 2002;31:119-125.
25. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E, Brumagne S. Study of differences in peripheral muscle strength of lean versus obese women: an allometric approach. *Int J Obes.* 2001;25:676-681.
26. Maffiuletti AN, Jubeau M, Munzinger U, Bizzini M, Agosti F, De Col A, et al. Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101:51-59.
27. Gaines JM, Talbot LA. Isokinetic strength testing in research and practice. *Biol Res Nurs.* 1999;1:57-64.
28. Gleeson NP, Mercer TH. The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. *Sports Med.* 1996;21:18-34.
29. O'Shea K, Kenny P, Donovan J, Condon F, Mcelwain JP. Outcomes following quadriceps tendon ruptures. *Int J Care Injured.* 2002;33:257-60.
30. Terreri ASAP, Greve JMD, Amatuzzi MM. Avaliação isocinética no joelho do paciente. *Rev. Bras. Med. Esporte;*7(5):170-174, set.-out. 2001.

31. Ugrinowitsch C, Barbanti VJ, Gonçalves A, Peres BA. Capacidade dos testes isocinéticos em prever a “performance” no salto vertical em jogadores de voleibol. *Revista Paulista de Educação Física*. 2000;14:172-83.
32. De Ste Croix MBA, Deighan MA, Armstrong N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Med*. 2003;33:727-743.
33. Secchi, LLB. Dinamometria isocinética dos músculos rotadores internos e adutores do ombro em nadadores. Estudo comparativo entre nados de braçadas alternadas e simultâneas [dissertation]. São Paulo: University of São Paulo, Faculdade de Medicina; 2011 [Accessed 2012-04-16]. Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5160/tde-22092011-123945/>.
34. Ricciardi R, Talbot LA. Use of bioelectrical impedance analysis in the evaluation, treatment, and prevention of overweight and obesity. *J Am Acad Nurse Pract*. 2007;19(5):235-41.
35. Wang ZM, Deurenberg P, Guo SS, Pietrobelli A, Wang J, Pierson RN, et al. Six-compartment body composition model: inter-method comparisons of total body fat measurement. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998; 22(4):329-37.
36. Heymsfield SB, Matthews D. Body composition: research and clinical advances -1993 A.S.P.E.N. research workshop. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1994;18(2):91-103.
37. Garrow JS. New approaches to body composition. *Am J Clin Nutr*. 1982;35(5):1152-8.
38. Kyle UG, et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004;23(5):1226-43.
39. Kyle UG, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004;23(6):1430-53.
40. Kyle UG, Piccoli A, Pichard C. Body composition measurements: interpretation finally made easy for clinical use. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2003;6(4):387-93.

41. Das SK. Body composition measurement in severe obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005;8(6):602-6.
42. Karelis AD, Aubertin-Leheudre M, Duval C. Validation of a portable bioelectrical impedance analyzer for the assessment of body composition. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013;38:27-32.
43. Calmels PM, Nellen M, van der Borne I, Jourdin P, Minaire P. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexor extensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78(11): 1224-1230.
44. Wearing SC, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR, Hills AP. Musculoskeletal disorders associated with obesity: a biomechanical perspective. *Obesity Rev*. 2006;7: 239-250.
45. Teasdale N, Hue O, Marcotte J, Berrigan F, Simoneau M, Dore J, et al. Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *International Journal of Obesity* 2007; 31:153-160.
46. Capodaglio P, Vismara L, Menegoni F, Baccalaro G, Galli M, Grugni G. Strength characterization of knee flexor and extensor muscles in Prader-Willi and obese patients. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2009;10:47
47. Fabris SM, Faintuch J, Brienze SL, Brito GB, Sitta IS, Mendes EL, et al. Are knee and foot orthopedic problems more disabling in the superobese? *Obes Surg*. 2013; 23:201-204.
48. Davies, GJA. *Compendium of isokinetics in clinical usage*. La Crosse. S & S Publishers, 2ª edição, 1984.
49. Stenholm S, Alley D, Bandinelli S, Griswold ME, Koskinen S, Rantanen T, et al. The effect of obesity combined with low muscle strength on decline in mobility in older persons: results from the InCHIANTI Study. *Int J Obes*. 2009; 33(6):635-644.
50. Slemenda C, Heilman DK, Brandt KD, Katz BP, Mazucca SA, Braunstein EM, et al. Reduced quadriceps strength relative to body weight. *Arthritis & Rheumatism*. 1998;41(11):1951-1959.

-
51. Neder A, Nery LE, Shinzato GT, Andrade MS, Peres C, Silva AC. Isokinetic strength and power in nonathletic men and women from 20 to 80 years old. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1999;29(2):116-126.
  52. Rolland Y, Cances VL, Pahor M, Fillaux J, Grandjean H, Vellas B. Muscle strength in obese elderly women: effect of recreational physical activity in a cross-sectional study. *Am J Clin Nutr*. 2004;79:552-7.
  53. Oliveira PCB, Back CGN, Mattiello-Sverzut AC. Análise do desempenho funcional para estimar características morfológicas do tecido muscular esquelético de sujeitos adultos. *Medicina (Ribeirão Preto)* 2008; 41 (2):143-52.
  54. Jaric, S. Muscle strength testing: the use of normalization for body size. *Sports Med*. 2002;32(10):615-631.
  55. Jaric S. Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. *Exerc Sport Sci Rev*. 2003;31(1):8-12.
  56. Nocera J, Buford TW, Manini TM, Naugle K, Leeuwenburgh C, Pahor M, et al. The impact of behavioral intervention on obesity mediated declines in mobility function: Implications for longevity. *Journal of Aging Research*. 2011;1-8.
  57. Wakeling JM, Liphardt AM, Nigg BM. Muscle activity reduces soft-tissue resonance at heel-strike during walking. *J Biomech*. 2003;36:1761-1769.
  58. Taylor WR, Heller MO, Bergmann G, Duda GN. Tibiofemoral loading during human gait and stair climbing. *J Orthop Res* 2004;22:625-632.
  59. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E. Assessment of isokinetic muscle strength in women who are obese. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002;32:347-356.
  60. Hue O, Berrigan F, Simoneau M, Marcotte J, Marceau P, Marceau S, et al. Muscle force and force control after weight loss in obese and morbidly obese men. *Obes Surg*. 2008;18:1112-1118.