



Centro Universitário Augusto Motta

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação

Associação entre Composição Corporal, Fadiga Muscular Localizada de Membros  
Inferiores e Autonomia Funcional na Terceira Idade

Bruno Lucas Gonçalves

Rio de Janeiro

Dezembro, 2011

Associação entre Composição Corporal, Fadiga Muscular Localizada de Membros  
Inferiores e Autonomia Funcional na Terceira Idade

Bruno Lucas Gonçalves

Orientação: Professora Míriam Raquel Meira Mainenti

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências  
da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Rio de Janeiro

Dezembro, 2011

Bruno Lucas Gonçalves

Associação entre Composição Corporal, Fadiga Muscular Localizada de Membros  
Inferiores e Autonomia Funcional na Terceira Idade

Orientação: Professora Míriam Raquel Meira Mainenti

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências  
da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Aprovada por:

---

Professor Dr. Arthur de Sá Ferreira (UNISUAM)

---

Professor Dr. Fernando Guimarães (UNISUAM)

---

Professora Dra. Daniele Mendonça Ferreira (UFF)

Rio de Janeiro, 12 de dezembro de 2011.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais que sempre foram exemplos de vida para mim e me educaram com muita dedicação e carinho.

À minha esposa que soube compreender minhas abdicções e sempre me incentivou desde o início desta trajetória.

## **AGRADECIMENTOS**

À orientadora e excelente profissional Míriam Mainenti. Obrigado pela amizade, pelas horas dedicadas a este trabalho e por todos os conhecimentos transmitidos.

Ao professor Fernando Guimarães, pelo profissionalismo e pelos ensinamentos que foram fundamentais para a realização deste estudo.

Ao professor Arthur de Sá Ferreira, pelo apoio estatístico e pela ajuda no laboratório.

Ao amigo Marcel Lessa, pela dedicação e companheirismo no desenvolvimento deste trabalho.

À minha querida avó Inah, que sem exitar, sempre atendeu minhas solicitações para participar dos pilotos deste estudo.

Aos colegas de Mestrado, pelo convívio e pela troca de experiências.

Às idosas da UNATI da UNISUAM, pela importante participação e pela alegria transmitida durante os testes.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** A análise da proporção idoso/criança mostra que a população de idosos vem crescendo mais rapidamente que a população de crianças. Devido ao declínio gradativo da taxa de mortalidade infantil e de fecundidade, a expectativa de vida se torna aumentada, contribuindo para o envelhecimento populacional. Com isso, desperta-se grande preocupação com a qualidade de vida que os idosos terão no futuro, pois com o envelhecimento ocorrem importantes alterações morfológicas e funcionais. A redução da massa muscular e o aumento da gordura corporal são alterações típicas do envelhecimento. O declínio de força e de resistência à fadiga pode levar o idoso à diminuição da autonomia funcional. O presente estudo teve como objetivo verificar a existência de relação entre a composição corporal, força muscular, fadiga de membros inferiores e autonomia funcional em idosas ativas.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** A amostra foi constituída de 29 idosas com idade média de 68,2 ( $\pm$  7,3) anos. Foram analisadas a composição corporal, pela bioimpedância total e segmentar, e a fadiga muscular, através da eletromiografia de superfície (pelos valores de frequência mediana e da raiz quadrática média em um teste de um minuto a 50% da contração isométrica voluntária máxima). A autonomia funcional foi avaliada pelo protocolo do Grupo de Desenvolvimento Latino-Americano para a Maturidade (GDLAM). Para a análise foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, no programa SPSS, versão 13.0 ( $p < 0,05$ ). **RESULTADOS:** Foram observadas correlações significativas entre estatura e força ( $r = 0,49$ ;  $p = 0,007$ ), idade e massa magra ( $r = -0,42$ ;  $p = 0,027$ ), percentual de gordura (%G) e testes do GDLAM ( $r$  de 0,39 a 0,41;  $p$  de 0,020 a 0,049). A massa magra se correlacionou positivamente com a força ( $r = 0,55$ ;  $p = 0,003$ ), mas não com o resultado do teste de resistência à fadiga. **CONCLUSÃO:** As idosas avaliadas que apresentaram maior massa magra associaram-se ao melhor desempenho no teste de força máxima, mas não no de resistência à fadiga, sugerindo que esses dois parâmetros (força e fadiga) são independentes em seus comportamentos. As idosas com maior %G tiveram um pior desempenho no GDLAM, mostrando que indivíduos idosos com maiores níveis de adiposidade corporal apresentam maiores limitações relacionadas à autonomia funcional.

**Palavras-chaves:** Envelhecimento, Músculo Quadríceps, Adiposidade, Sistema Musculoesquelético, Aptidão Física.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** The analysis of the proportion elderly/children shows that the elderly population is growing faster than the population of children. Due to the gradual decline in the rate of infant mortality and fertility, life expectancy becomes increased, contributing to the aging of the population. This fact leads to an important worry about the quality of life that older people will have in the future, because aging is associated to important morphological and functional changes. The reduction in muscle mass and the increase in body fat are typical of aging. The decline of strength and resistance to fatigue may lead the elderly to decreased functional autonomy. This study aimed to verify the existence of a relationship among body composition, muscle strength, fatigue of the lower limbs and functional autonomy in active elderly. **MATERIALS AND METHODS:** The sample consisted of 29 elderly women with a mean age of 68.2 ( $\pm$  7.3) years. We analyzed body composition by total and segmental bioelectrical impedance and muscle fatigue using surface electromyography (by the values of median frequency and root mean square in a one-minute test to 50% of maximum voluntary isometric contraction). Functional autonomy was assessed by the Group of Latin American Development to Maturity (GDLAM) protocol. The Pearson correlation coefficient was used for data analysis, in SPSS software, version 13.0 ( $p < 0.05$ ) **RESULTS:** There were significant correlations between height and strength ( $r = 0.49$ ;  $p = 0.007$ ), age and lean mass ( $r = -0.42$ ;  $p = 0.027$ ), fat percentage (% F) and GDLAM tests ( $r = 0.39$  to  $0.41$ ;  $p = 0.020$  to  $0.049$ ). Lean mass was positively correlated with strength ( $r = 0.55$ ;  $p = 0.003$ ) but not with the resistance to fatigue. **CONCLUSION:** The evaluated elderly with greater fat free mass were associated with better performance in the maximum force, but not in the resistance to fatigue test, suggesting that these two parameters (strength and fatigue) are independent. The elderly with high %F showed worse performance in GDLAM, showing that older adults with higher levels of body fat have higher functional limitations related to autonomy.

**Keywords:** Aging, Quadriceps Muscle, Adiposity, Musculoskeletal System, Physical Fitness.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	05
2.1. <i>Geral</i> .....	05
2.2. <i>Específicos</i> .....	05
3. HIPÓTESE .....	06
4. JUSTIFICATIVA.....	07
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	09
5.1. <i>Força muscular e envelhecimento</i> .....	09
5.2. <i>Avaliação da fadiga muscular</i> .....	11
5.2.1. <i>Eletromiografia</i> .....	13
5.3. <i>Avaliação da composição corporal</i> .....	16
5.3.1 <i>Bioimpedância elétrica</i> .....	18
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
6.1. <i>Seleção da Amostra</i> .....	23
6.2. <i>Critérios de inclusão</i> .....	23
6.3. <i>Critérios de exclusão</i> .....	23
6.4. <i>Procedimentos</i> .....	24
6.5. <i>Questões Éticas</i> .....	28
6.6. <i>Análise Estatística</i> .....	28
7. MANUSCRITO SUBMETIDO.....	30
8. CONCLUSÃO .....	49
REFERÊNCIAS.....	50
ANEXO 1 – FICHA DE AVALIAÇÃO.....	54
ANEXO 2 – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA .....	56
ANEXO 3 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	57
ANEXO 4 – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO MANUSCRITO.....	58

## 1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento da população é uma realidade mundial. No Brasil, o declínio gradativo da taxa de mortalidade infantil e de fecundidade aumentam a expectativa de vida, contribuindo para o envelhecimento populacional (AGUIAR e ASSIS, 2009).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a previsão para os próximos 30 anos indicam que a população idosa no Brasil poderá ultrapassar 30 milhões, chegando a representar quase 13% da população. A análise da proporção idoso/criança mostra que a proporção de idosos vem crescendo mais rapidamente que a população de crianças. Em 1980, existiam cerca de 16 idosos para cada 100 crianças, em 2000 essa relação praticamente dobrou para quase 30 idosos por cada 100 crianças. Atualmente, uma a cada dez pessoas tem 60 anos de idade ou mais e as estimativas para 2050 apontam para a relação de um para cinco no mundo em seu conjunto e de um para três no mundo desenvolvido. Na população idosa o segmento que mais cresceu foi aquele das pessoas de 75 anos ou mais. Pela razão da maior longevidade das mulheres em relação aos homens (em média oito anos a mais), ocorre a feminização da população idosa. Entre 1991 e 2000 as mulheres idosas passaram a corresponder de 54% para 55,1% da população (IBGE, 2002).

O último censo do IBGE realizado em 2010, demonstra que todas as faixas etárias abaixo de 25 anos possuem uma representatividade menor que a observada em 2000, ao mesmo tempo que os grupos etários superiores aumentaram sua participação na última década. O grupo de crianças de 0 a 4 anos em 1991, representavam 11,2% da população total (5,7% - sexo masculino; 5,5% - sexo feminino). Em 2000, estes percentuais caíram para 9,6% (4,9% - sexo masculino;

4,7% - sexo feminino), chegando a 7,3% (3,7% sexo masculino; 3,6% - sexo feminino) em 2010. Simultaneamente, pode ser observado o crescimento da população com 65 anos ou mais, que era de 4,8% em 1991, passando a 5,9% em 2000 e chegando a 7,4% em 2010. Nos últimos 10 anos o crescimento absoluto da população do Brasil destacou-se pelo aumento da participação da população idosa (IBGE, 2010).

A expectativa de vida aumentada acarreta grande preocupação com a qualidade de vida que a população idosa terá nos seus últimos anos, pois associam-se ao envelhecimento importantes alterações na composição corporal, como a redução da massa muscular (sarcopenia) e o aumento da gordura corporal, levando a um alto índice de prevalência de doenças crônicas e incapacidades funcionais. Estas alterações da composição corporal são observadas mais rapidamente em idosos fisicamente menos ativos (ARAÚJO s.d.; DEURENBERG et al., 1990; PEREIRA, 2010).

Os programas direcionados à promoção da saúde e treinamento físico-desportivo se beneficiam bastante dos dados referentes à composição corporal, pois permitem: a identificação do risco de saúde associado com níveis excessivamente altos ou baixos de gordura corporal intra-abdominal ou total, monitorização de possíveis alterações da composição corporal associadas a determinadas doenças; acompanhamento do crescimento, desenvolvimento, maturação e alterações de composição corporal relacionadas à idade; formulação de recomendações dietéticas e prescrição de exercícios e avaliação de sua efetividade (RODRIGUES et al., 2001).

Existem diversos métodos para a avaliação da composição corporal, que se diferem em relação às suas bases físicas, custo, acurácia, facilidade de utilização e

de transporte do equipamento. Entre as técnicas mais utilizadas para determinar a composição corporal destacam-se as medidas de dobras cutâneas e os índices relacionados à massa corporal e estatura. Métodos utilizados com menos frequência são a pesagem hidrostática, a tomografia computadorizada e a radioabsorciometria de feixes duplos (DEXA). Estes apresentam grande precisão e acurácia, porém são de difícil execução e custo elevado, sendo utilizados normalmente em ambiente laboratorial (RODRIGUES et al., 2001; COCETTI et al., 2009). Uma técnica que vem ganhando espaço nas últimas décadas é a bioimpedância, que tem como finalidade determinar o fracionamento da composição corporal. Devido ao seu baixo custo e a praticidade, este instrumento tem sido utilizado em diversas pesquisas científicas. Alguns estudos demonstram diferenças significativas e outros não o fazem quando comparam a bioimpedância com a pesagem hidrostática ou o DEXA. Esta variabilidade dos resultados está relacionada às diferentes equações e equipamentos utilizados, diferenças metodológicas quanto às populações analisadas, diferentes metodologias de coleta de dados e influência no estado de hidratação (RODRIGUES et al., 2001; REZENDE et al., 2007).

Uma importante alteração relacionada com o avançar da idade é o declínio da massa muscular. O volume do músculo diminui em média cerca de 30 a 40% durante a vida, sendo mais afetados os membros inferiores do que os membros superiores (PRENTICE e VOIGHT, 2003). O desuso progressivo e a inatividade são alguns dos fatores relacionados com essas alterações, ocasionando declínio na força muscular e na resistência à fadiga, afetando o desempenho físico dos idosos (ARAÚJO, s.d.; KISNER e COLBY, 2009).

A fadiga muscular localizada em idosos tem recebido pouca atenção da literatura, sendo um parâmetro importante da função neuromuscular. A fadiga,

embora conhecida, não é bem definida no âmbito científico, normalmente entendida como diminuição progressiva no rendimento associado com atividade repetitiva ou sustentada (SILVA, 2003; KUMAR, 2006). De acordo com Merletti *et al.* (1991), o conceito de fadiga muscular é aplicado para o monitoramento ou mensuração do desempenho muscular. A diminuição do desempenho é o que os pesquisadores em saúde procuram identificar como ponto falho, em que o músculo não é mais capaz de manter o nível de força desejado.

Longe de ser considerado um método padrão ouro, a eletromiografia de superfície é vista como um método não invasivo confiável para determinação da fadiga muscular localizada, sendo utilizada com frequência nos estudos científicos (SANTOS *et al.*, 2008; KUMAR, 2006; MERLETTI *et al.*, 1991; SILVA, 2003). A fadiga muscular é verificada pela diminuição da frequência mediana e também pelo aumento simultâneo da amplitude do sinal eletromiográfico durante a sustentação constante de carga pelo músculo avaliado (MERLETTI *et al.*, 1991; KUMAR, 2006; SILVA, 2003).

Por existir outros fatores locais que afetam a fadiga muscular, como a perfusão muscular e o seu nível de oxigênio, esta não pode ser expressa adequadamente por um único índice, sendo adequado a aquisição de diversos indicadores de fadiga, tais como: frequência mediana eletromiográfica, desoxigenação muscular, consumo de oxigênio, frequência cardíaca, taxa de percepção do esforço e escala visual analógica (KUMAR, 2006).

## **2. OBJETIVOS**

### *2.1. Objetivo Geral*

Este estudo teve como objetivo verificar a existência de associação entre a composição corporal, fadiga muscular de membros inferiores e autonomia funcional em idosas.

### *2.2. Objetivos Específicos*

- Avaliar a composição corporal de idosas através da bioimpedância elétrica;
- Investigar possíveis associações da composição do membro inferior com a fadiga do músculo vasto medial medida pelo comportamento da frequência mediana e do RMS (*Root Mean Square*), obtidos através de eletromiografia de superfície em idosas;
- Analisar o comportamento dos parâmetros de bioimpedância segmentar durante um teste de fadiga em idosas;
- Identificar possíveis associações da composição corporal total e do membro inferior com o desempenho em teste específico de autonomia funcional em idosas.

### **3. HIPÓTESE**

Com o envelhecimento, ocorrem importantes alterações da composição corporal, como o aumento da gordura corporal e a diminuição da massa muscular (sarcopenia). Portanto, se tem como hipótese que quanto mais idoso e mais obeso for o indivíduo, maiores serão as limitações para a autonomia funcional devido à diminuição da força e aumento da fadiga muscular.

### **4. JUSTIFICATIVA**

Com o envelhecimento, ocorre um declínio gradual da saúde que pode estar parcialmente relacionado à capacidade de reservas fisiológicas reduzidas. Durante a juventude e o início da fase adulta, o organismo humano saudável tem uma grande capacidade de reserva fisiológica, permitindo adaptações às provocações físicas e lesões sem perdas da funcionalidade. A perda dessas reservas fisiológicas atribuídas ao processo de envelhecimento favorece a mudanças no tecido muscular, tendões, cartilagem articular, discos intervertebrais, ligamentos e cápsulas articulares aumentando a suscetibilidade à lesão devido ao esforço repetitivo ou trauma. Como resultado final destes processos, ocorrem ao longo do tempo, perda da adaptabilidade, desenvolvimento de deficiência, limitação funcional e incapacidade, que juntamente com a reserva fisiológica reduzida leva a um estado definido como fragilidade. Vale ressaltar que o envelhecimento é heterogêneo, variando grandemente entre os indivíduos. Alguns idosos preservam um alto grau de independência e funcionalidade, enquanto outros apresentam limitações que excedem a expectativa da sua idade cronológica (PRENTICE e VOIGHT, 2003).

Os idosos têm uma grande tendência a hipocinética e isso ocasiona um ciclo vicioso de desuso e perda de função. O desuso progressivo e a inatividade tem um impacto muito grande na perda de massa muscular, acarretando diminuição de força e resistência a fadiga. Este declínio da força e da resistência a fadiga ocorre principalmente nos membros inferiores (ARAÚJO, s.d.; PRENTICE e VOIGHT, 2003).

Existe um consenso na literatura sobre a importância da fadiga muscular localizada na função neuromuscular, porém poucos estudos são encontrados com relação a este assunto em idosos (SILVA, 2003; KUMAR, 2006). Sabendo que juntamente com a perda de massa e força muscular, ocorre também aumento da

gordura corporal (ARAÚJO, s.d.), este estudo teve como finalidade responder a seguinte questão: existe correlação entre a composição corporal, fadiga muscular localizada de membro inferior e autonomia funcional em idosos?

## 5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 5.1. *Força muscular e envelhecimento*

O envelhecimento é um processo contínuo e natural resultando na degradação progressiva das funções fisiológicas e de todas as capacidades físicas como força, flexibilidade, velocidade, consumo máximo de oxigênio, massa óssea (osteopenia) e massa muscular (sarcopenia). Um fator extremamente prejudicial, que leva o idoso a condições degenerativas crescentes é a inatividade, uma das principais causadoras de redução de força muscular e resistência à fadiga (KISNER e COLBY, 2009; FILHO et al., 2010). A baixa atividade associada às alterações próprias do envelhecimento intensifica os efeitos deletérios das capacidades físicas e fisiológicas, ocasionando problemas como perda de equilíbrio, comprometimento da marcha e problemas psicológicos como a baixa estima e depressão (WILBELINGER et al., 2009; FILHO et al., 2010). Uma das principais complicações no processo de envelhecimento é a sarcopenia, influenciando de maneira significativa a qualidade de vida dos indivíduos. Esta caracteriza-se pela perda substancial de massa muscular, resultando em perdas consideráveis de força muscular e aumento da gordura subcutânea e intramuscular (LACOURT e MARINI, 2006). Estima-se que os desempenhos máximos, tanto nos eventos de endurance quanto nos de força, diminuem aproximadamente 1% a 2% ao ano, com início em torno dos 20 e 35 anos (FILHO et al., 2010). Durante a vida, um indivíduo atinge seu pico de força por volta dos 30 anos de idade, preservada de forma satisfatória até os 50 anos. No entanto, ocorre de forma progressiva, um decréscimo de força entre os 50 e 60 anos de idade, sendo acentuada consideravelmente após a sexta década. A massa muscular diminui pela metade entre os 20 e os 90 anos e o número de fibras

musculares é 20% menor no idoso do que no adulto jovem. Após os 50 anos, homens e mulheres apresentam padrões semelhantes de decréscimo de força muscular durante o envelhecimento, diminuindo cerca de 8% a 15% por década. Entre todas as formas de expressão de força, a força excêntrica é a menos danificada pelo estado senil (LACOURT E MARINI, 2006; WILBELINGER et al., 2009).

No sistema musculoesquelético, as principais alterações observadas na terceira idade são a diminuição do número de fibras do tipo I e II, redução da área de seção transversa do músculo (em especial as fibras do tipo II), alteração na relação comprimento tensão do músculo relacionada com a perda da flexibilidade e a redução no número de motoneurônios alfa na medula espinhal e deterioração dos axônios dos nervos periféricos (LACOURT E MARINI, 2006; KISNER e COLBY, 2009; ARAÚJO, s.d.). A capacidade de manter um esforço muscular de baixa intensidade por um período de tempo regride, em virtude da redução do suprimento sanguíneo e da densidade capilar do músculo, da diminuição na densidade das mitocôndrias, das alterações no nível de atividade enzimática e da diminuição do transporte de glicose (KISNER e COLBY, 2009).

Estudos referem que os efeitos deletérios no sistema musculoesquelético estão relacionados principalmente com as fibras musculares responsáveis pela potência muscular (tipo II), atribuindo maior importância à potência do que a força muscular para a autonomia dos idosos (ARAÚJO, s.d.; PRENTICE e VOIGHT, 2003). Porém, sabe-se que a fadiga muscular localizada em idosos é um importante parâmetro da função neuromuscular e ainda assim é pouco relatada na literatura (SILVA, 2003; ARAÚJO, 2006).

### *5.2.Avaliação da fadiga muscular*

Classicamente, fadiga muscular é definida como o momento em que o músculo se torna incapaz de gerar ou sustentar uma determinada força (PAULA et al., 2006; RONDELLI et al., 2009). De acordo com os sítios anatomofuncionais envolvidos no processo de fadiga, esta pode ser dividida em central e periférica. A primeira está relacionada com comprometimentos no sistema nervoso central, afetando a contração muscular. Neste caso, a fadiga pode ocorrer por alterações do comando excitatório para os centros motores superiores ou para o neurônio motor inferior, podendo afetar seu grau de excitabilidade, ou ainda a transmissão neuromuscular. A segunda relaciona-se com deficiências a partir da junção neuromuscular, incluindo alterações à excitabilidade do sarcolema, à propagação do potencial de ação pelos túbulos T, à liberação e recaptção de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, à mecanismos contráteis, à oferta de energia e/ou acúmulo de metabólitos (STACKHOUSE et al., 2001; RONDELLI et al., 2009).

O indivíduo no estado senil apresenta uma degradação progressiva de suas funções fisiológicas (FILHO et al., 2010). A diminuição da densidade capilar e do aporte sanguíneo, o comprometimento do transporte de glicose, a menor densidade mitocondrial, a redução da atividade das enzimas oxidativas e os níveis de creatina-fosfato reduzidos atribuem ao idoso menor capacidade de resistência muscular. Este processo colabora com a perda funcional e incapacitação em indivíduos idosos. Para produzir a mesma força que os adultos jovens, os idosos necessitam recrutar um percentual maior de massa muscular, que já se encontra reduzida. Ou seja, em comparação com os mais jovens, os mais velhos precisam desempenhar um maior recrutamento neuromuscular para uma determinada intensidade. Isso caracteriza um

estado de fadiga precoce, resultado de um estresse metabólico aumentado (LACOURT e MARINI, 2006).

De acordo com Kumar (2006), a fadiga do organismo pode ser descrita pela progressiva redução da energia ou pela taxa de consumo. Uma descrição similar de fadiga para os tecidos individuais se torna duvidosa, pois tecidos conjuntivos podem sofrer de fadiga mecânica como resultado de esforço prolongado ou repetitivo e músculos geralmente sofrem fadigas metabólicas. Além dos aspectos fisiológicos, a fadiga muscular também pode estar associada a fatores psicológicos, existindo muitas maneiras de avaliá-la. Subjetivamente, por exemplo, ela pode ser avaliada pela taxa de esforço percebido ou pela escala visual analógica e objetivamente pela eletromiografia, que tem mostrado grande sensibilidade às manifestações fisiológicas de fadiga muscular (KUMAR, 2006). Outros métodos utilizados para avaliação da fadiga muscular periférica incluem as medidas isocinéticas (através da análise do torque isométrico, isocinético e do total de trabalho realizado), análise da contração voluntária máxima com e sem estímulo neural externo (diferencia a fadiga central e periférica, associando a contração voluntária máxima ao estímulo do nervo), potência crítica (capacidade de sustentar o exercício em condições anaeróbicas), contração voluntária máxima (sustentação da contração máxima ou submáxima até o ponto de fadiga), espectroscopia por ressonância magnética com fósforo 31 (é uma mensuração direta e não-invasiva do metabolismo intramuscular, analisando os compostos de alta energia), biópsia (identifica as características microestruturais e bioenergéticas dos músculos), dosagem de lactato e amônia (avaliação da inabilidade da conversão do oxigênio em energia diante de situações ácidas) e o NIRS - *near infrared spectroscopy* - (método não-invasivo que avalia a oferta e utilização de oxigênio, através de seus indicadores, detectando as variações

das concentrações locais de hemoglobina/mioglobina oxigenada e desoxigenada no exercício intenso) (RONDELLI et al., 2009).

Devido às várias possibilidades de fadiga e aos diferentes locais onde ela pode ocorrer, ainda não surgiu um método universalmente válido para mensurá-la (KUMAR, 2006).

### *5.2.1 Eletromiografia*

A eletromiografia de superfície (EMG) é um método não-invasivo utilizado para analisar a condição muscular em repouso ou durante atividades funcionais e tem sido considerada um método confiável para determinar, de forma objetiva e quantitativa, a fadiga muscular localizada. A diminuição da resistência muscular voluntária, ocasionada pela manutenção constante de uma carga, modifica o comportamento do sinal eletromiográfico. Isso ocorre devido aos processos fisiológicos ligado ao maior recrutamento de unidades motoras e à diminuição da condução do potencial de ação ao longo da fibra muscular. A fadiga muscular fisiológica pode ser detectada por dois parâmetros principais gerados pela EMG: 1) pelo aumento nos valores da Raíz Quadrada da Média (Root Mean Square- RMS), que representa a amplitude do sinal eletromiográfico, portanto, seu valor aumentado é resultado de maior ativação muscular e maior ativação de unidades motoras, devido à redução da capacidade de sustentação da contração; e 2) pela diminuição dos valores de Frequência Mediana (FM), caracterizada pela redução da velocidade de condução do potencial de ação das fibras em contração (MERLETTI et al., 1991; KUMAR, 2006; SANTOS et al., 2008; RONDELLI et al.2009; FUKUDA et al., 2010) (Figura 1).

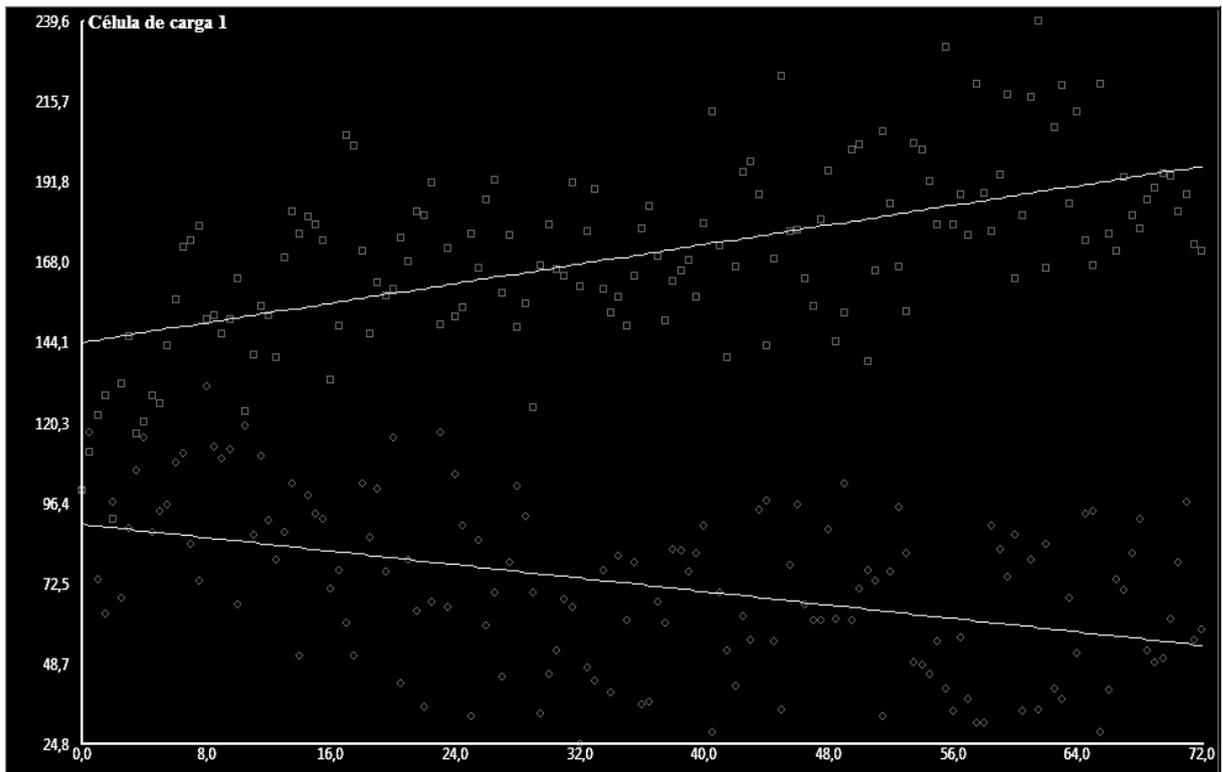


Figura 1- Representação gráfica das retas de regressão linear de FM (reta superior) e RMS (reta inferior).

Afirmando em seu estudo que a fadiga muscular localizada não deve ser verificada por uma única variável, Kumar (2006) analisou a relação da resistência muscular à fadiga nos músculos eretores espinhais, bíceps braquial e quadríceps com as seguintes variáveis: sinal eletromiográfico, frequência mediana, frequência cardíaca, nível de oxigenação, volume de sangue, índice de esforço percebido e da escala visual analógica. Estes procedimentos foram realizados na contração isométrica voluntária máxima e a 40% da mesma. Foi solicitado aos sujeitos (eretores da espinha: 6 homens e 6 mulheres; quadríceps: 10 homens e 10 mulheres; bíceps braquial: 9 homens), todos com idade inferior a 36 anos, que realizassem contração isométrica voluntária máxima, contra uma célula de carga, de

forma progressiva nos primeiros 2 segundos e sustentassem por mais 3 segundos, para quantificar 100% de força. Um *feedback* visual no monitor do computador acoplado ao eletromiógrafo, indicava 40% da contração isométrica voluntária máxima a ser mantida pelos participantes até o ponto de fadiga. Neste experimento, foi possível observar que a amplitude do sinal eletromiográfico, a frequência mediana, o volume e a oxigenação do sangue foram significativamente diferentes entre homens e mulheres, tanto na contração isométrica voluntária máxima quanto à 40% da mesma. Não foram observadas diferenças significativas entre sexos nas avaliações subjetivas, tornando estes métodos ferramentas mais universais para avaliação da fadiga. Em ambos os sexos, nas contrações voluntárias máximas e a 40% destas, a amplitude do sinal eletromiográfico (RMS), de todas as variáveis, mostrou maior correlação com a diminuição da força. O declínio da frequência mediana apresentou pouca correlação com o desempenho (KUMAR, 2006).

Santos *et al.* (2008), realizaram um estudo comparativo entre atletas e sedentários, para avaliar o comportamento da fadiga muscular localizada, no músculo tibial anterior, através de parâmetros de frequência do sinal eletromiográfico. A amostra foi composta por 24 sujeitos, sendo 12 atletas e 12 sedentários. Foi executado um teste máximo para verificação da contração isométrica voluntária máxima, um teste de fadiga, sustentado por 35 segundos a 80% da contração isométrica voluntária máxima e um teste de recuperação (parâmetro utilizado para o cálculo do índice de recuperação muscular), sustentado por 10 segundos a 80% da contração isométrica voluntária máxima. Foram selecionados para a análise os três primeiros e os três últimos segundos do sinal eletromiográfico dos testes de fadiga, constituindo a frequência mediana inicial e frequência mediana final. A frequência mediana dos testes de recuperação foi

calculada a partir do período total de 10 segundos de sinal captado pela eletromiografia. Observou-se que a manutenção por 35 segundos a 80% da contração isométrica voluntária máxima foi suficiente para geração da fadiga muscular localizada no músculo tibial anterior. Esta afirmação é baseada na diminuição dos valores da frequência mediana final em relação à frequência mediana inicial em ambos os grupos. A diferença entre as frequências foi mais acentuada no grupo de sedentários quando comparadas ao grupo de atletas (SANTOS, 2008).

Silva e Gonçalves (2003), analisaram a fadiga muscular localizada dos músculos vasto medial e lateral do membro inferior dominante, através da amplitude do sinal eletromiográfico, em 9 voluntários do sexo feminino com idade variando entre 18 a 22 anos ( $19,7 \pm 1,3$  anos). A extensão isométrica do joelho (90 graus) foi avaliada nos protocolos de exaustão e de 1 minuto nas cargas de 20%, 30%, 40% e 50% da contração isométrica voluntária máxima. Com o estudo, foi concluído que o protocolo de exaustão é viável para a aplicação da eletromiografia de superfície como método de avaliação da fadiga muscular. No protocolo de 1 minuto, as cargas de 20% e 30% não foram suficientes para verificar o processo de fadiga por meio do sinal eletromiográfico, devendo, para este fim, ser utilizadas cargas maiores do que 30% da contração isométrica voluntária máxima. É importante desenvolver protocolos, como por exemplo o de 1 minuto, para minimizar a influência de fatores psicológicos, que podem ocorrer quando é necessário o esforço do sujeito até a exaustão (SILVA e GONÇALVES, 2003).

### *5.3 Avaliação da composição corporal*

O aumento da gordura corporal é um fator importante associado ao processo de envelhecimento, podendo trazer prejuízo à saúde (AGUIAR e ASSIS, 2009; ARAÚJO, s.d.). A composição corporal pode ser avaliada através de diversos métodos, que têm por base diferentes modelos corporais e princípios, oferecendo resultados globais ou de áreas corporais específicas. É possível analisar a composição corporal por meio de métodos simples, como as medidas de dobras cutâneas e a bioimpedância elétrica, ou até métodos mais sofisticados como a pesagem hidrostática ou o DEXA (REZENDE et al, 2007; BARUFALDI, 2009).

A medida de dobras cutâneas tem sido o método mais utilizado, em situações de campo e clínicas, para a avaliação da composição corporal devido ao seu baixo custo e facilidade de utilização, necessita apenas de um compasso de dobras cutâneas e um avaliador treinado para a aquisição dos valores. Existem inúmeras equações para determinação da gordura corporal através deste método, sendo apropriadas apenas nas populações em que foram validadas (RODRIGUES et al, 2001; REZENDE et al, 2007). Apesar de existirem, no Brasil, validações de equações baseadas em medidas de dobras cutâneas (GUEDES, 1985; PETROSKI, 1995), Rezende (2007), ressalta que ainda é predominante a utilização das equações de Jackson & Pollock e Durnin & Wormersley.

A pesagem hidrostática é um método não invasivo para avaliação da composição corporal que apresenta excelente fidedignidade com a dissecação de cadáveres. Através da relação do peso no ar e do peso na água, obtém-se a densidade corporal para a aplicação em modelos matemáticos e, assim, estimar o percentual de gordura corporal. A pesagem na água é realizada em um tanque, onde o indivíduo deve bloquear a respiração e permanecer submerso por alguns

segundos para a estabilização da balança (FONSECA, MARTINS E SILVA, 2007; SANT'ANNA, PRIORE e FRANCESCHINI, 2009).

O DEXA é uma técnica, que nos últimos anos, vem substituindo a pesagem hidrostática na classificação como “padrão-ouro” para avaliação da composição corporal. Esta consiste numa varredura do sítio analisado que registra a potência de feixe duplos de raios-x. Este registro ocorre através de um sensor que capta as atenuações da radiação transmitida e transfere ao computador o valor digital correspondente para aplicação nas equações. O DEXA faz análises transversas de todo o corpo com intervalos de 1 cm, podendo medir massa gorda, massa livre de gordura e massa óssea. Apesar da precisão, este método apresenta um custo bastante elevado, dificultando pesquisas com sua utilização (DEFAVORI e SARRIÉS, 2007; SANT'ANNA, PRIORE e FRANCESCHINI, 2009).

### 5.3.1 Bioimpedância elétrica

Um método bastante prático e de baixo custo para avaliar a composição corporal de idosos é a bioimpedância. Ela avalia a composição corporal através de uma corrente elétrica de baixa intensidade e imperceptível aplicada ao organismo, por meio de eletrodos conectados à pele. A impedância, dada pelos valores de reatância ( $X_c$ ) e resistência ( $R$ ), é baixa no tecido magro, onde estão presentes os líquidos intracelulares e eletrólitos, e alta no tecido adiposo (KYLE *et al.*, 2004; REZENDE *et al.*, 2007; BRITTO e MESQUITA, 2008). Define-se resistência como a capacidade de uma substância se opor à passagem de uma corrente elétrica. A reatância é a medida da contribuição de cada material em atrasar a corrente elétrica e relaciona-se com o balanço hídrico no interior e no exterior das células, estando na dependência da membrana celular. Em baixas frequências ( $\sim 1\text{KHz}$ ), não ocorre a

passagem de corrente elétrica pelas membranas celulares, pois estas atuam como resistores, permitindo apenas a medida do fluido extracelular. Em frequências maiores, a corrente elétrica pode atravessar as membranas celulares, tornando possível as medidas de impedância nos meios intra e extracelulares (BRITTO e MESQUITA, 2008). Os valores de resistência e reatância, não permitem, isoladamente, a avaliação direta da água corporal total, da gordura corporal e da massa livre de gordura. Geralmente, são usadas equações de regressão preditoras para se fazer esta avaliação. Essas equações são validadas a partir de estudos comparativos entre bioimpedância e técnicas de avaliação da composição corporal consideradas “padrão-ouro”, como por exemplo a pesagem hidrostática e o DEXA (DEURENBERG *et al.*, 1990).

A avaliação da composição corporal, por bioimpedância monofrequencial, normalmente utiliza uma frequência de 50KHz com uma corrente de excitação de 500 a 800  $\mu$ Amperes. Esta é conhecida como bioimpedância por frequência única e possibilita estimar a massa livre de gordura e o total de água corporal. Outro tipo de bioimpedância elétrica é a multifrequencial que, além de avaliar a massa livre de gordura e o conteúdo hídrico total, diferencia-se da bioimpedância de frequência única por considerar o conteúdo de água intra e extracelular (KYLE *et al.*, 2004; BARUFALDI, 2009).

A análise por bioimpedância baseia-se no princípio de que o corpo humano é um cilindro perfeito, de área transversal e comprimento uniforme. Isso não é verdade absoluta, pois considera-se o corpo humano constituído por cinco cilindros conectados (BRITTO e MESQUITA, 2008). Desta forma, para superar a inconsistência entre resistência (R) e massa corporal do tronco, tem sido empregada a bioimpedância localizada e segmentar. A primeira, segundo Scharfetter *et al.*

(2001), busca principalmente informações sobre o tecido adiposo na região central do corpo (bioimpedância localizada no abdômem). A segunda consiste na avaliação separada de membros e tronco. Várias combinações de posicionamento dos eletrodos podem ser utilizadas, de acordo com o interesse do avaliador. Os eletrodos podem ser colocados no punho e no pé do lado oposto, no punho e no ombro (sobre o acrômio), na espinha ilíaca ântero superior e tornozelo, na porção proximal do antebraço e distal da perna e sobre o ombro e coxa superiormente (BRACCO et al., 1996; CORNISH et al. 1999; KYLE et al., 2004).

Para que não sejam gerado resultados imprecisos, a análise pelo método de bioimpedância deve ser feita em estado de hidratação adequado. Desta forma, deve-se seguir as seguintes recomendações: 1) O aparelho deve ser calibrado regularmente; 2) Manter os eletrodos em sacos fechados, protegidos do calor; 3) O exame deve ser feito em posição supina; 4) Os pacientes devem estar em jejum por pelo menos 4 horas antes do exame; 5) Bebidas alcoólicas são proibidas por 8 horas antes do exame; 6) Não se deve fazer atividade física ou fazer sauna por 8 horas antes do exame; 7) Deve-se esvaziar a bexiga antes do exame; 8) A temperatura do ambiente deve ser adequada (por volta de 22°); 9) A pele deve ser limpa com álcool e não deve conter lesões; 10) Observar uma distância mínima entre os eletrodos de 5 cm; 11) Os braços devem estar separados do tronco em um ângulo de 30° e pernas a 45° (em obesos, usar material isolante entre as pernas, como toalhas); 12) O paciente não pode ter contato com superfície metálica; 13) Em estudos longitudinais, realizar o exame no mesmo horário; 14) Observar a fase do ciclo menstrual; 15) Não deve ser realizado em indivíduos portadores de marca-passo; 16) Em pacientes com insuficiência cardíaca, as medições poderão ser realizadas

somente em pacientes estáveis, pois alterações de volume podem interferir nos resultados (BRITTO e MESQUITA, 2008).

A bioimpedância pode ser aplicada de forma bipolar ou tetrapolar. A literatura é bastante controversa em relação aos estudos envolvendo bioimpedância. Isso ocorre devido à variabilidade das equações e dos equipamentos utilizados e a utilização de diferentes protocolos e frequências. Muitos estudos têm apresentado valores de composição corporal significativamente diferentes em relação à pesagem hidrostática e o DEXA. Porém, a bioimpedância tetrapolar produz resultados mais confiáveis quando comparada às equações antropométricas (REZENDE *et al.*, 2007).

Com relação à bioimpedância bipolar, a maioria dos estudos demonstra resultados favoráveis (REZENDE *et al.*, 2007). Em um estudo realizado com 51 mulheres com idade entre 18 e 62 anos e com peso corporal variando entre 48,6 e 131,2 kg, foi observada uma correlação significativa da massa livre de gordura verificada pela bioimpedância segmentar quando comparada com a massa livre de gordura analisada pelo DEXA (BRACCO *et al.*, 1996).

Deurenberg *et al.* (1990) analisaram a composição corporal por bioimpedância em idosos entre 60 e 83 anos, totalizando 35 homens e 37 mulheres. Foi observado que as equações de predição descritas na literatura geralmente são direcionadas para populações jovens, superestimando a massa livre de gordura em sujeitos idosos por até 6 Kg, não sendo adequada para esta população. As melhores equações de predição encontradas para determinar a massa livre de gordura por impedância corporal, quando comparadas com os métodos de dobras cutâneas e pesagem hidrostática, foram: 1)  $(0,671 \times 10^4 \times H^2/R) + 3,1S + 3,9$ , onde H é altura (m), R é resistência e S é o sexo (homem= 1; mulher= 0) ( $r = 0,94$ ; SEE = 3,1 kg); e

2)  $(0,360 \times 10^4 \times H^2/R) + 0,359BW + 4,5S - 20T + 7,0$ , onde BW é peso corporal (Kg) e T é circunferência de coxa (m) ( $r = 0,96$ ;  $SEE = 2,5$  kg).

Rech *et al.* (2008), desenvolveram uma pesquisa transversal com o objetivo de analisar a validação cruzada de equações de bioimpedância para a estimativa da massa livre de gordura em idosos brasileiros. A amostra foi constituída por 60 homens e 120 mulheres na faixa etária entre 60 e 81 anos. Foi estimada a massa livre de gordura através da antropometria e da bioimpedância. Como teste padrão ouro para validação cruzada foi utilizado o DEXA. Neste estudo, foram verificadas duas equações válidas para a estimativa da massa livre de gordura em idosos brasileiros. Uma é a descrita por Dey *et al.* (2003),  $FFM = 11,78 + 0,499 (H^2/R) + 0,134 (BW) + 3,449 (G)$  ( $SEE = 2,35$ ), e a outra por Kyle *et al.* (2001):  $FFM = - 4,104 + 0,518 (H^2/R) + 0,231 (BW) + 0,130 (Xc) + 4,229 (G)$ , onde: FFM = massa livre de gordura; H = estatura; G = gênero (feminino = 0 e masculino = 1) ( $SEE = 2,57$ ); BW = peso corporal; e Xc = reactância. A equação analisada por Dey *et al.* (2003), se originou de um estudo avaliando idosos de 70 e 75 anos. Por outro lado, Kyle *et al.* (2001) selecionaram uma faixa etária mais ampla, de 18 a 94 anos.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho, caracterizado como um estudo transversal, pretendeu, através de visita única, avaliar a composição corporal, a fadiga muscular localizada do músculo vasto medial e autonomia funcional de idosos com idade a partir de 60 anos. O estudo foi realizado no laboratório de Análise do Movimento Humano (LAMH) do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), no período entre setembro de 2010 e agosto de 2011.

### 6.1. Seleção da amostra

Trata-se de uma amostra de conveniência constituída por 29 idosas residentes na cidade do Rio de Janeiro que frequentam a Universidade Aberta à Terceira Idade (UNATI) do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM). Os idosos foram convidados a participar da pesquisa por meio de comunicação verbal.

### 6.2. Critérios de inclusão

Os sujeitos devem ter 60 anos ou mais; praticantes de atividade física sistemática (pelo menos 2x/semana); sexo feminino; aceitar participar voluntariamente da pesquisa.

### 6.3. Critérios de exclusão

Apresentar lesões osteomioarticulares que possam prejudicar o desempenho nos testes de isometria; estar fazendo uso de medicamentos que possam afetar o balanço hídrico; apresentar marca-passo; portar insuficiência cardíaca instável; ser hipertenso grave; apresentar edema e retenção líquida.

#### 6.4. Procedimentos

Ao primeiro contato, pré-agendado, com o pesquisador, os indivíduos passaram por uma entrevista, onde foram questionados sobre seus dados pessoais e suas condições de saúde (Anexo 1), sendo também informados sobre os procedimentos da pesquisa. Ao término, foram registrados o peso em balança mecânica antropométrica com precisão de 0,1 kg (R110, Welmy, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brasil), a altura (verificada de costas para a régua antropométrica da balança sustentando uma inspiração profunda durante o registro), o comprimento do membro inferior (distância da espinha ilíaca antero-superior-EIAS- até o maléolo medial) e a circunferência da coxa (metade da distância entre a EIAS e a borda supra patelar) de cada sujeito participante da pesquisa.

A bioimpedância foi analisada de duas maneiras pelo aparelho monofrequencial *Bioimpedance Analyzer BIA 310e* (*Biodynamics* - Seattle, Washington, USA): 1ª) corpo inteiro; e 2ª) segmentar, ambas aplicadas no lado dominante. Na primeira, o sujeito avaliado permaneceu deitado em decúbito dorsal, por 5 minutos, com abdução dos braços a 30° e abdução de quadris a 45°. As superfícies da pele, onde foram aplicados os eletrodos descartáveis com tratamento de Ag/AgCl com poliéster siliconado (3M, São Paulo, Brasil), foram limpas com álcool etílico hidratado 92,8%. Os eletrodos foram aplicados na mão e punho e tornozelo e pé do lado dominante, respeitando uma distância de 5 cm entre eles. Após um descanso de 5 minutos na posição e a preparação do sujeito, foram anotados os valores de reatância e resistência. Para o cálculo da massa livre de gordura foi utilizada a equação de Kyle *et al.* (2001), uma vez que compreende uma ampla faixa de idade em sua validação (até 94 anos).

A bioimpedância segmentar foi verificada pelo mesmo aparelho, com a mesma preparação da pele e distância entre os eletrodos, que foram fixados na espinha íliaca antero superior e maléolo medial do membro inferior dominante. Para a estimativa da massa magra segmentar foi utilizada a razão entre o quadrado do comprimento e a resistência ( $\text{Compr}^2/\text{Resistência}$ ) (Bracco et al., 1996). O sujeito foi avaliado em dois momentos, para obtenção das informações de reatância e resistência. No primeiro, ele ficou em decúbito dorsal, posicionado da mesma forma descrita para medida de corpo inteiro. No segundo, permaneceu sentado no aparelho Kenkorp – 1500, com os joelhos fletidos a  $90^\circ$  e o tronco totalmente apoiado no encosto, mantendo os braços cruzados com ambas as mãos apoiadas na região anterior dos ombros contralaterais. Os valores de reatância e resistência foram registrados antes e durante o teste isométrico de extensão de joelho (após 30 e 60 segundos de execução) a 50% da contração isométrica voluntária máxima, mantido por 60 segundos.

Juntamente com a bioimpedância segmentar na posição sentada, os sujeitos foram conectados ao eletromiógrafo de superfície da marca EMG system do Brasil LTDA modelo EMG-810. Os eletrodos foram posicionados no músculo vasto medial do membro inferior dominante (para a avaliação da lateralidade foi questionado à avaliada que perna ela utiliza para chutar uma bola), respeitando uma distância de 20 mm entre eles. O eletrodo de referência foi fixado no maléolo medial contralateral. O teste de contração isométrica voluntária máxima para extensão de joelho foi realizado solicitando ao sujeito que fizesse força máxima contra a alça acoplada a célula de carga (dinamômetro de tração modelo DIN\_TRO), sensível às forças de tração, presa anteriormente ao tornozelo do indivíduo. Foi considerada a contração isométrica voluntária máxima, a maior força registrada num total de três

contrações mantidas por 5 segundos com intervalo de 30 segundos de descanso entre elas.

A fadiga do músculo vasto medial foi avaliada pelo comportamento da frequência mediana e do RMS (*Root Mean Square*), durante a contração isométrica sustentada por um minuto, para extensão de joelho (90°), à 50% da contração isométrica voluntária máxima. Para que fosse mantida a contração muscular dentro do parâmetro de 50%, foi utilizado um feed back visual projetado no monitor do computador para facilitar o desempenho do sujeito (SILVA e GONÇALVES, 2003). O software utilizado para a aquisição e processamento dos sinais eletromiográficos foi o Suíte MYO.

Para aquisição do sinal eletromiográfico durante o teste de contração isométrica voluntária máxima foi utilizado o seguinte roteiro: Teste de Força Máxima (CIVM 100%) com Célula de Carga em EMG; Filtro Passa-Baixa (1Hz) Butterworth, 4ª ordem, zero-lag; Detecção da contração em um limiar de amplitude de 50%; CIVM máxima em 3 repetições, com 30 segundos de intervalo entre elas.

O roteiro utilizado para processamento do sinal de contração isométrica voluntária máxima foi: Remover nível médio; Filtro Passa-Baixa (450Hz) Butterworth, 4ª ordem, zero-lag; Filtro Rejeita Banda (59 – 61Hz) e harmônicos, 4ª ordem zero-lag; Detecção da contração (célula de carga em EMG), limiar de amplitude de 50% e limiar de duração de 60 segundos.

Para o processamento do sinal eletromiográfico foi utilizado o roteiro: Analisar a duração das épocas – Raiz Quadrática Média (RMS) e Frequência Mediana (FM) em 0,5 segundos sem sobreposição; Normalização pelo valor inicial de RMS e FM em 100%; Ajuste de reta para RMS e FM; Analisar Inclinação (slope) e Intercepto.

A autonomia funcional das idosas foi avaliada através dos quatro testes que constituem o protocolo do Grupo de Desenvolvimento Latino-Americano para a Maturidade (GDLAM). São eles: 1) caminhar 10 metros (C10m) – que tem como propósito avaliar o tempo que o indivíduo leva para percorrer uma distância de 10 metros; 2) levantar-se da posição sentada (LPS) – tendo como objetivo a avaliar a capacidade funcional dos membros inferiores. O teste verifica o tempo que o indivíduo leva para sentar e levantar cinco vezes consecutivas de uma cadeira com assento a uma distância de 50 cm do solo; 3) levantar-se da posição de decúbito ventral (LPDV) – que tem a finalidade de avaliar a habilidade do indivíduo em levantar-se do chão. Partindo da posição inicial de decúbito ventral, com os braços ao longo do corpo, o teste consiste em verificar o tempo que o indivíduo leva para ficar de pé após o comando do avaliador; e 4) levantar-se da cadeira e locomover-se pela casa (LCLC) – O propósito deste teste é avaliar o equilíbrio e a agilidade do indivíduo idoso nas situações da vida. Com uma cadeira fixa no solo, devem-se demarcar dois cones diagonalmente à cadeira, a uma distância de quatro metros para trás e três metros para os lados direito e esquerdo da mesma. Iniciando o teste sentado na cadeira, o indivíduo, após o sinal de “já”, deverá levantar para o lado direito e caminhando circular o cone e voltar para sentar na cadeira retirando ambos os pés do chão. Sem hesitar faz o mesmo procedimento para a esquerda. Este percurso é realizado duas vezes seguidas sem interrupção enquanto o tempo é cronometrado (DANTAS E VALE, 2004).

As idosas realizaram todos os testes do protocolo GDLAM duas vezes e foram orientadas a caminhar o mais rápido possível em cada um deles. O tempo foi aferido em segundos através de um cronômetro manual digital (Oregon), sendo registrado o melhor desempenho das duas execuções. Os dados coletados foram

analisados isoladamente e através de um índice geral de autonomia (índice GDLAM - IG), conforme os tempos alcançados para a realização dos testes. O IG foi calculado dando pesos diferentes aos quatro testes de autonomia, para estimar um valor em escores de acordo com a equação (DANTAS E VALE, 2004):

$$IG = \frac{[(C10m + LPS + LPDV) \times 2] + LCLC}{3}$$

### 6.5. Questões Éticas

O protocolo foi submetido e aprovado (Anexo 2) pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Augusto Motta, sob o número 019/10 (CAAE 0007.0.307.000-10), com base na resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 3).

### 6.6. Análise Estatística

Considerando como desfecho principal a associação entre as variáveis de função muscular e GDLAM, foi estimada uma amostra de 28 voluntárias para obter uma associação mínima de 0,41 com  $\alpha=5\%$  e  $\beta=70\%$ .

Para verificar a presença de associação entre a fadiga muscular e a composição corporal (total e segmentar) foram realizadas análises de correlação. Para eleger entre a análise de correlação de Pearson (para dados paramétricos) e de Spearman (para dados não-paramétricos), foi feita uma verificação prévia da normalidade da distribuição dos dados através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar os valores de resistência e reatância durante o teste de fadiga, foi aplicada uma análise de variância (ANOVA) para análises repetidas. Foi utilizado o

programa estatístico *SPSS 13.0 for Windows*, considerando um nível de significância de 5%.

Ao término da pesquisa, o manuscrito foi submetido à *Revista Fisioterapia em Movimento* para fins de publicação (Anexo 4).

## 7. MANUSCRITO SUBMETIDO

### ASSOCIAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO CORPORAL, DESEMPENHO MUSCULAR E AUTONOMIA FUNCIONAL NA TERCEIRA IDADE

*Association among body composition, muscle performance and functional autonomy in older adults*

**Bruno Lucas Gonçalves<sup>[a]</sup>, Marcel Lima Lessa de Souza<sup>[b]</sup>, Fernando Silva Guimarães<sup>[c]</sup>, Arthur de Sá Ferreira<sup>[d]</sup>, Míriam Raquel Meira Mainenti<sup>[e]</sup>**

<sup>[a]</sup>Mestrando em Ciências da Reabilitação pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Professor da Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: [blgfsio@gmail.com](mailto:blgfsio@gmail.com)

<sup>[b]</sup>Mestrando em Ciências da Reabilitação pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Professor do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: [marcellimalessa@yahoo.com.br](mailto:marcellimalessa@yahoo.com.br)

<sup>[c]</sup> Doutor em Clínica Médica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Professor do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: [fguimaraes\\_pg@yahoo.com.br](mailto:fguimaraes_pg@yahoo.com.br)

<sup>[d]</sup> Doutor em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Professor do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) e da Universidade Salgado de Oliveira (UNIVERSO), Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: [arthur\\_sf@ig.com.br](mailto:arthur_sf@ig.com.br)

<sup>[e]</sup> Doutora em Ciências Médicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Professora do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: [miriam.mainenti@hotmail.com](mailto:miriam.mainenti@hotmail.com)

#### Resumo

**INTRODUÇÃO:** A diminuição da massa muscular e o aumento da gordura corporal são alterações marcantes do envelhecimento. O declínio de força e de resistência à fadiga pode levar o idoso à diminuição da autonomia funcional. O presente estudo teve como objetivo verificar a existência de relação entre a composição corporal, força muscular, fadiga de membros inferiores e autonomia funcional em idosas ativas. **MATERIAIS E MÉTODOS:** A amostra foi constituída de 29 idosas com idade média de 68,2 ( $\pm$  7,3) anos. Foram analisadas a composição corporal pela bioimpedância total e segmentar e a fadiga muscular através da eletromiografia pelos valores de frequência mediana e da raiz quadrática média em um teste de um minuto a 50% da contração voluntária máxima. A autonomia funcional foi avaliada pelo protocolo do Grupo de Desenvolvimento Latino-Americano para a Maturidade (GDLAM). **RESULTADOS:** Foram observadas correlações significativas entre estatura e força ( $r= 0,49$ ;  $p= 0,007$ ), idade e massa magra ( $r= -0,42$ ;  $p= 0,027$ ), percentual de gordura (%G) e testes do GDLAM ( $r$  de 0,39 a 0,41;  $p$  de 0,020 a 0,049). A massa magra se correlacionou positivamente com a força ( $r=0,55$ ;  $p = 0,003$ ), mas não com o resultado do teste de resistência à fadiga. **CONCLUSÃO:** A massa magra das idosas avaliadas está associada ao desempenho no teste de força máxima, mas não no de resistência à fadiga, mostrando que esses dois parâmetros (força e fadiga) se comportam de maneira independente. As idosas com maior %G tiveram um pior desempenho no GDLAM, mostrando que indivíduos idosos com maiores níveis de adiposidade corporal apresentam maiores limitações relacionadas à autonomia funcional.

**Palavras-chaves:** Envelhecimento, Músculo Quadríceps, Adiposidade, Sistema Musculoesquelético, Aptidão Física.

## Abstract

**INTRODUCTION:** Decrease in muscle mass and increase in body fat are important changes that occur with aging. Strength decline and a worse resistance to fatigue can lead the elderly to decreased functional autonomy. The present study aimed to verify the existence of a relationship between body composition, muscle strength, lower limbs fatigue and functional autonomy in elderly active women. **MATERIALS AND METHODS:** The sample consisted of 29 elderly women with a mean age of 68.2 ( $\pm$  7.3) years. Body composition was analyzed by total and segmental bioelectrical impedance and muscle fatigue by median frequency and root mean square values, calculated by the electromyography signal during one minute test to 50% of maximum voluntary contraction. Functional autonomy was assessed by the Group of Latin American Development to Maturity (GDLAM) protocol. **RESULTS:** There were significant correlations between stature and strength ( $r= 0.49$ ;  $p= 0.007$ ), age and lean body mass ( $r= -0.42$ ;  $p= 0.027$ ), body fat percentage (%BF) and GDLAM tests ( $r$  from 0.39 to 0.41;  $p$  0.020 to 0.049). The lean body mass was positively correlated with strength ( $r=0.55$ ;  $p = 0.003$ ), but not with resistance to fatigue. **CONCLUSION:** The lean body mass of the analyzed sample is associated to the force test performance, but not to the resistance to fatigue performance, showing that these parameters (force and fatigue) seem to be independent. The women with higher values of %BF showed worse performance during GDLAM tests, showing that people with high adiposity levels tend to present more functional autonomy limitation.

**Keywords:** Aging, Quadriceps Muscle, Adiposity, Musculoskeletal System, Physical Fitness.

## INTRODUÇÃO

O envelhecimento da população é uma realidade mundial. No Brasil, o declínio gradativo da taxa de mortalidade infantil e de fecundidade aumentam a expectativa de vida, contribuindo para o envelhecimento populacional (1). Segundo dados do IBGE, a previsão para os próximos 30 anos indicam que a população idosa no Brasil poderá ultrapassar 30 milhões, chegando a representar quase 13% da população. Pela razão da maior longevidade das mulheres em relação aos homens (em média oito anos a mais), ocorre a feminização da população idosa. Entre 1991 e 2000 as mulheres idosas passaram a corresponder de 54% para 55,1% da população (2).

A expectativa de vida aumentada acarreta grande preocupação com a qualidade de vida que a população idosa terá nos seus últimos anos, pois importantes alterações na composição corporal associam-se ao envelhecimento, como a redução da massa muscular (sarcopenia) e o aumento da gordura corporal, levando a um alto índice de prevalência de doenças crônicas e incapacidades funcionais. Estas alterações da composição corporal são observadas mais rapidamente em idosos fisicamente menos ativos (3,4).

Uma técnica que vem ganhando espaço nas últimas décadas para avaliação da composição corporal é a bioimpedância. Devido ao seu baixo custo e à praticidade, este método tem sido utilizado em diversas pesquisas científicas (5-7). Ela avalia a composição corporal através de uma corrente elétrica de baixa intensidade e imperceptível aplicada ao organismo, por meio de eletrodos conectados à pele. A impedância, dada pelos valores de

reatância ( $X_c$ ) e resistência ( $R$ ), é baixa no tecido magro, onde estão presentes os líquidos intracelulares e eletrólitos, e alta no tecido adiposo (6,8,9).

Durante a vida, o tamanho do músculo diminui em média cerca de 30 a 40%, sendo mais afetados os membros inferiores do que os membros superiores (10). O desuso progressivo e a inatividade são alguns dos fatores relacionados com essas alterações, ocasionando declínio na força muscular e na resistência à fadiga, afetando o desempenho físico dos idosos (2,11). A fadiga, embora conhecida, não é bem definida no âmbito científico. Classicamente, fadiga muscular é definida como o momento em que o músculo se torna incapaz de gerar ou sustentar uma determinada força (12-15). Devido às várias possibilidades de fadiga e aos diferentes locais onde ela pode ocorrer, ainda não surgiu um método universalmente válido para mensurá-la (13). Porém, a eletromiografia de superfície (EMG) é um método não-invasivo que tem sido considerado confiável para determinar de forma objetiva e quantitativa o processo de fadiga muscular localizada, através do comportamento dos parâmetros de frequência mediana (FM) e raiz quadrada da média (RMS) (13,15-19).

Devido à diminuição da autonomia funcional dos idosos associada às alterações da composição corporal pertinentes ao envelhecimento e à pouca atenção que a fadiga muscular localizada na população idosa tem recebido da literatura, o presente estudo teve como objetivo verificar, através da análise da bioimpedância, da eletromiografia de superfície e de testes funcionais, a existência de relação entre a composição corporal, a força muscular, a fadiga muscular localizada de membros inferiores e a autonomia funcional em idosas ativas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Este trabalho trata-se de um estudo transversal, realizado através de visita única no Laboratório de Análise do Movimento Humano (LAMH) do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), onde foi feita a avaliação da composição corporal por bioimpedância, da fadiga muscular localizada no músculo vasto medial pela eletromiografia de superfície (EMG) e da autonomia funcional através do protocolo do Grupo de Desenvolvimento Latino-Americano para a Maturidade (GDLAM).

### **Amostra**

Trata-se de uma amostra de conveniência constituída por 29 idosas ( $68,2 \pm 7,3$  anos) residentes na cidade do Rio de Janeiro que frequentam a Universidade Aberta à Terceira Idade (UNATI) da instituição onde foi realizada a pesquisa. As idosas foram convidadas a participar da pesquisa por meio de comunicação verbal nas atividades semanais as quais participam. Como critério de inclusão, foram selecionados indivíduos com idade igual ou

superior a 60 anos, praticantes de atividade física sistemática por pelo menos duas vezes na semana, do sexo feminino e que aceitassem participar voluntariamente da pesquisa. Os critérios de exclusão adotados foram apresentar lesões osteomioarticulares que poderiam prejudicar o desempenho nos testes de isometria, não apresentar valores de FM e RMS compatíveis com a caracterização de fadiga muscular, estar fazendo uso de medicamentos que poderiam afetar o balanço hídrico, uso de marca-passo, portar insuficiência cardíaca instável, ser hipertenso grave, apresentar edema e retenção líquida. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, sendo este estudo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UNISUAM registrado sob o nº 019/10 (CAAE 0007.0.307.000-10) (com base na resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde).

### **Protocolo experimental**

Ao primeiro contato, pré-agendado com o pesquisador, as idosas passaram por uma entrevista, quando foram questionadas sobre seus dados pessoais e suas condições de saúde, sendo também informadas sobre os procedimentos da pesquisa. Ao término, foram registrados o peso em balança mecânica antropométrica com precisão de 0,1 kg (R110, Welmy, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brasil), a estatura (verificada de costas para a régua antropométrica da balança sustentando uma inspiração profunda durante o registro) e o comprimento do membro inferior (distância da espinha ilíaca antero-superior -EIAS- até o maléolo medial) de cada sujeito participante da pesquisa.

A bioimpedância foi analisada de duas maneiras pelo aparelho monofrequencial *Bioimpedance Analyzer BIA 310e (Biodynamics - Seattle, Washington, USA)*: 1ª) corpo inteiro; e 2ª) segmentar, ambas aplicadas no lado dominante. Na avaliação de corpo inteiro, o sujeito avaliado permanecia deitado em decúbito dorsal, por cinco minutos, com abdução dos braços a 30° e abdução de quadris a 45°. As superfícies da pele, onde foram aplicados os eletrodos descartáveis com tratamento de Ag/AgCl com poliéster siliconado (3M, São Paulo, Brasil), foram limpas com álcool etílico hidratado 92,8%. Os eletrodos foram aplicados na mão e punho e tornozelo e pé do lado dominante, respeitando uma distância de cinco centímetros entre eles. Após um descanso de cinco minutos na posição e a preparação do sujeito, a corrente elétrica foi aplicada e foram anotados os valores de reatância e resistência. Para o cálculo da massa livre de gordura foi utilizada a equação de Kyle et al., um vez que compreende uma ampla faixa de idade em sua validação (até 94 anos) (20,21).

A bioimpedância segmentar foi verificada pelo mesmo aparelho, com a mesma preparação da pele e distância entre os eletrodos, que foram fixados na EIAS e maléolo medial do membro inferior dominante. A participante foi avaliada em dois momentos, para

obtenção das informações de reatância e resistência. No primeiro, ela ficou em decúbito dorsal, posicionada da mesma forma descrita para medida de corpo inteiro. Para a estimativa da massa magra segmentar, foi calculada a razão entre o quadrado do comprimento e a resistência ( $\text{Compr}^2/\text{Resistência}$ ), que em estudo anterior apresentou correlação com a massa magra local (22).

No segundo momento, a participante permanecia sentada na estação de musculação (Kenkorp 1500), com os joelhos fletidos a  $90^\circ$  e o tronco totalmente apoiado no encosto, mantendo os braços cruzados com ambas as mãos apoiadas na região anterior dos ombros contralaterais. Os valores de reatância e resistência foram registrados antes e durante o teste isométrico de extensão de joelho (em 30 segundos e 60 segundos de execução) à 50% da contração isométrica voluntária máxima, mantida por 60 segundos.

Juntamente com a bioimpedância segmentar na posição sentada, os sujeitos foram conectados ao eletromiógrafo de superfície (modelo EMG-810; EMG system do Brasil LTDA). Os eletrodos foram posicionados no músculo vasto medial do membro inferior dominante (para a avaliação da lateralidade foi questionado à avaliada que perna ela utiliza para chutar uma bola), respeitando uma distância de 20 mm entre eles de acordo com as recomendações do protocolo SENIAM (23). O eletrodo de referência foi fixado no maléolo medial contralateral. O teste de contração isométrica voluntária máxima para extensão de joelho foi realizado solicitando ao sujeito que fizesse força máxima contra a alça acoplada a célula de carga (dinamômetro de tração modelo DIN\_TRO), sensível às forças de tração, presa anteriormente ao tornozelo do indivíduo. A contração isométrica voluntária máxima foi considerada como a maior força registrada de um total de três contrações mantidas por cinco segundos com intervalo de 30 segundos de descanso entre elas.

A fadiga do músculo vasto medial foi avaliada pelo comportamento da FM e da RMS durante a contração isométrica sustentada por 60 segundos, para extensão de joelho, a 50% da contração isométrica voluntária máxima (CIVM), medida previamente. Para que fosse mantida a contração muscular dentro do parâmetro de 50%, foi utilizado um *feedback* visual projetado no monitor do computador para facilitar o desempenho do sujeito. A quantificação da fadiga se deu pela verificação do coeficiente angular da reta de regressão linear da FM (Slope FM) e do RMS (Slope RMS). O software utilizado para a aquisição e processamento dos sinais eletromiográfico foi o SuiteMYO (PhD<sup>2</sup> Consultoria e Sistemas Ltda, RJ, Brasil).

A autonomia funcional das idosas foi avaliada através dos quatro testes que constituem o protocolo do Grupo de Desenvolvimento Latino-Americano para a Maturidade (GDLAM). São eles: 1) caminhar 10 metros (C10m) – que tem como propósito avaliar o tempo que o

indivíduo leva para percorrer uma distância de 10 metros; 2) levantar-se da posição sentada (LPS) – tendo como objetivo avaliar a capacidade funcional dos membros inferiores. O teste verifica o tempo que o indivíduo leva para sentar e levantar cinco vezes consecutivas de uma cadeira com assento a uma distância de 50 cm do solo; 3) levantar-se da posição de decúbito ventral (LPDV) – que tem a finalidade de avaliar a habilidade do indivíduo em levantar-se do chão. Partindo da posição inicial de decúbito ventral, com os braços ao longo do corpo, o teste consiste em verificar o tempo que o indivíduo leva para ficar de pé após o comando do avaliador; e 4) levantar-se da cadeira e locomover-se pela casa (LCLC) – O propósito deste teste é avaliar o equilíbrio e a agilidade do indivíduo idoso nas situações da vida. Com uma cadeira fixa no solo, são demarcados dois cones diagonalmente à cadeira, a uma distância de quatro metros para trás e três metros para os lados direito e esquerdo da mesma. Iniciando o teste sentado na cadeira, o indivíduo, após o sinal de “já”, deverá levantar para o lado direito e caminhando irá circular o cone e voltar para sentar na cadeira retirando ambos os pés do chão. Sem hesitar faz o mesmo procedimento para a esquerda. Este percurso é realizado duas vezes seguidas sem interrupção enquanto o tempo é cronometrado (24).

As idosas realizaram todos os testes do protocolo GDLAM duas vezes e foram orientadas a caminhar o mais rápido possível em cada um deles. O tempo foi aferido em segundos através de um cronômetro manual digital (Oregon), sendo registrado o melhor desempenho das duas execuções. Os dados coletados foram analisados isoladamente através de um índice geral de autonomia (índice GDLAM - IG), conforme os tempos alcançados para a realização dos testes. O IG foi calculado por um processo de normalização entre os quatro testes de autonomia, para estimar um valor em escores de acordo com a equação (24):

$$IG = \frac{[(C10m + LPS + LPDV) \times 2] + LCLC}{3}$$

Onde, C10m = tempo em segundos para o teste de caminhar 10m, LPS = tempo em segundos para o teste de levantar-se da posição sentada, LPDV = tempo em segundos para o teste de levantar-se da posição de decúbito ventral, LCLC = tempo em segundos para o teste de locomover-se pela casa.

### **Análise estatística**

Considerando como desfecho principal a associação entre as variáveis de função muscular e GDLAM, foi estimada uma amostra de 28 voluntários para obter uma associação mínima de 0,41 com  $\alpha=5\%$  e  $\beta=70\%$ . Para verificar a presença de associação entre a fadiga muscular e a composição corporal (total e segmentar) foram realizadas análises de correlação.

Para eleger entre a análise de correlação de Pearson (para dados paramétricos) e de Spearman (para dados não-paramétricos), foi feita uma verificação prévia da normalidade da distribuição dos dados através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar os valores de resistência e reatância durante o teste de fadiga, foi aplicada uma análise de variância (ANOVA) *one way*. Foi utilizado o programa estatístico *SPSS 13.0 for Windows*, considerando um nível de significância de 5%.

## **RESULTADOS**

O teste Kolmogorov-Smirnov mostrou que as variáveis analisadas apresentavam uma distribuição normal. Assim, foram eleitos testes estatísticos e estratégias de apresentação dos resultados (média±desvio padrão) para dados paramétricos. A tabela 1 apresenta as características da amostra e os resultados das avaliações da composição corporal total, da CIVM e fadiga muscular localizada. Para FM e RMS, as 29 participantes do estudo foram avaliadas, porém apenas 21 idosas obtiveram valores compatíveis com a caracterização de fadiga (Slope RMS positivo e Slope FM negativo). Assim, apenas os dados dessas idosas foram analisados nas associações que envolviam os valores de Slope.

Tabela 1. Características da Amostra e Resultados dos Testes de BIA, Força Máxima e Resistência à Fadiga

	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média ± DP</b>
<b>Idade (anos)</b>	60	85	67,8 ± 7,6
<b>Peso (kg)</b>	55,1	96,6	68,5 ± 10,2
<b>Estatura (m)</b>	143	164	153,8 ± 5,5
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	23,9	37,3	28,9 ± 3,5
<b>% de Gordura BIA</b>	31,8	51,9	40,7 ± 4,9
<b>Massa Magra BIA (kg)</b>	34,4	51,5	40,3 ± 4,5
<b>Massa Gorda BIA (kg)</b>	19,0	50,1	28,1 ± 7,2
<b>Compr<sup>2</sup>/Resistência</b>	18,6	26,9	22,5 ± 2,4
<b>CIVM (kg.f)</b>	7,9	47,6	29,0 ± 10,1
<b>Slope RMS</b>	0,137	1,118	0,552 ± 0,304
<b>Slope FM</b>	-1,724	-0,151	-0,505 ± 0,340

BIA = bioimpedância corporal; IMC = Índice de Massa Corporal; CIVM = contração isométrica voluntária máxima do quadríceps; Slope RMS = ângulo da reta de regressão linear obtida com os valores de raiz quadrática média do sinal eletromiográfico durante o teste de resistência a fadiga; Slope MF = ângulo da reta de regressão linear obtida com os valores de frequência mediana do sinal eletromiográfico durante o teste de resistência a fadiga; Compr<sup>2</sup>/Resistência = razão entre o quadrado do comprimento inferior e a resistência da análise de bioimpedância segmentar.

Os valores obtidos no protocolo GDLAM estão apresentados na tabela 2, em segundos, bem como o Índice Geral, que considera o desempenho nos quatro testes realizados nesse protocolo para avaliação da autonomia funcional.

Tabela 2. Resultados do protocolo GDLAM

<b>GDLAM</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média ± DP</b>
C10m (s)	4,6	7,8	6,0 ± 0,8
LPS (s)	6,1	10,5	8,3 ± 1,3
LPDV (s)	2,1	12,5	4,4 ± 2,7
LCLC (s)	32,2	53,9	40,0 ± 5,9
IG	19,5	38,4	25,8 ± 4,6

C10m = teste de caminhar 10m; LPS = teste de levantar-se da posição sentada; LCLC = teste de levantar-se da cadeira e locomover-se pela casa; LPDV = teste de levantar-se da posição de decúbito ventral; IG = índice geral de autonomia.

A tabela 3 mostra os coeficientes de correlação de Pearson e o p-valor entre as variáveis que apresentaram correlação significativa. Por esta análise foi observada uma correlação negativa: quanto maior a idade, menor a massa magra. Além dessa, também foram identificadas correlações positivas: quanto maior a estatura, maior a força muscular na CIVM; quanto maior a massa magra, maior a força; quanto maior o percentual de gordura, pior o desempenho nos testes do LPS, LPDV e no índice geral do protocolo GDLAM. Apesar da presença de correlação positiva e significativa entre massa magra e força, não houve correlação similar entre massa magra e resistência à fadiga. Comportamento similar foi observado para Compr<sup>2</sup>/Resistência e os parâmetros de força e resistência à fadiga (Figura 1).

Tabela 3. Associações significativas encontradas no estudo

<b>Variáveis</b>	<b>Pearson</b>	<b>P-valor</b>
Idade e Massa Magra	-0,42	0,027
Estatura e CIVM	0,49	0,007
Massa Magra e CIVM	0,55	0,003
Compr <sup>2</sup> /Resistência e CIVM	0,40	0,050
% Gordura e LPS	0,41	0,035
% Gordura e LPDV	0,45	0,020
% Gordura e IG	0,39	0,049

CIVM = contração isométrica voluntária máxima do quadríceps; LPDV = teste de levantar-se da posição de decúbito ventral; LPS = levantar-se da posição sentada; IG = índice geral de autonomia.

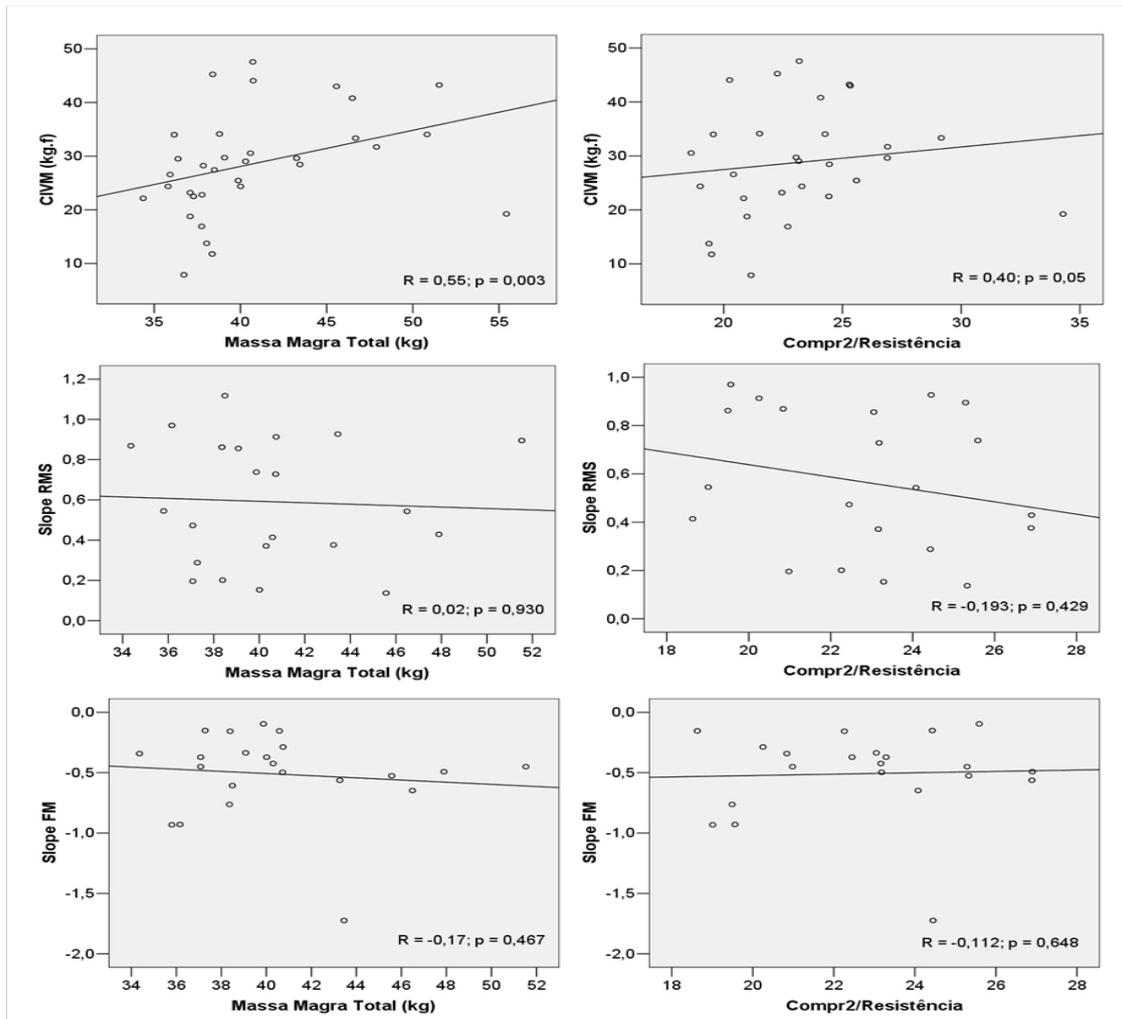


Figura 1. Gráficos de dispersão de pontos apresentando relações das medidas de força e resistência à fadiga (CIVM – 1ª linha, Slope RMS – 2ª linha e Slope FM – 3ª linha) com as medidas de massa magra total e Compr<sup>2</sup>/Resistência. CIVM = contração isométrica voluntária máxima do quadríceps; Slope RMS = ângulo da reta de regressão linear obtida com os valores de raiz quadrática média do sinal eletromiográfico durante o teste de resistência a fadiga; Slope FM ângulo da reta de regressão linear obtida com os valores de frequência mediana do sinal eletromiográfico durante o teste de resistência a fadiga; Compr<sup>2</sup>/Resistência = razão entre o quadrado do comprimento inferior e a resistência da análise de bioimpedância segmentar.

Os valores de resistência e reatância durante o teste de fadiga não variaram de forma significativa. A resistência apresentou os seguintes valores para pré-teste, 30s e 60s:  $262,54 \pm 37,17$ ;  $258,74 \pm 32,16$  e  $259,38 \pm 30,87 \Omega$  ( $p = 0,99$ ). Para a reatância, foram verificados valores de:  $22,62 \pm 16,31$ ;  $26,96 \pm 18,56$  e  $27,19 \pm 19,19 \Omega$  ( $p = 0,67$ ), respectivamente.

## DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou que a massa magra está associada com força máxima, mas não com resistência à fadiga nas idosas avaliadas. Outro achado interessante desses dados é a relação entre o percentual de gordura e o desempenho nos testes de autonomia funcional.

Os indivíduos com maior massa magra produziram maior força muscular para extensão de joelho no teste de CIVM. Provavelmente estes indivíduos apresentam menores efeitos deletérios no sistema muscular e por isso conseguem produzir níveis maiores de força em comparação aos que possuem maior quantidade de massa gorda. Esta relação já era esperada, pois a força muscular está relacionada diretamente com o tamanho do músculo (10,24), o que pode explicar também a relação positiva entre estatura e CIVM, encontrada nos resultados.

Está muito bem documentado na literatura que o tamanho do músculo diminui consideravelmente durante o envelhecimento, ocasionando declínio da força muscular e do desempenho físico dos idosos (2,10,11). Os resultados encontrados no presente estudo apóiam esta relação de idade e diminuição da massa magra. Assim, idade e massa magra são fatores que influenciam a força isométrica máxima dos idosos. A idade, com uma relação inversa: quanto mais idoso, menor a força alcançada. A massa magra, com uma relação direta: quanto maior a massa magra, maior a força máxima alcançada.

Embora existam várias causas de fadiga e diferentes locais onde ela possa ocorrer (13), a EMG vem sendo utilizada com frequência em pesquisas científicas para determinar de forma quantitativa a fadiga muscular localizada. O aumento nos valores de RMS e/ou diminuição nos valores de FM caracterizam a fadiga muscular (13,15-18). Silva e Gonçalves analisaram a fadiga muscular localizada nos músculos vasto medial e lateral, através dos valores de RMS, em nove voluntárias do sexo feminino com idades entre 18 e 22 anos. Foi realizado o protocolo de um minuto de isometria em extensão de joelho (90°) nas cargas de

20%, 30%, 40% e 50% da CIVM. Eles verificaram que os valores de 20% e 30% foram insuficientes para serem caracterizados como fadiga muscular, devendo, para este fim, serem utilizadas cargas maiores do que 30% da CIVM. Eles relatam a importância da utilização de protocolos de um minuto para minimizar a influência de fatores psicológicos, que podem ocorrer quando é necessário o esforço do sujeito até a exaustão (12). No protocolo utilizado no presente estudo foi escolhida uma carga de 50% da CIVM em virtude dos achados previamente citados, buscando garantir a ocorrência da fadiga na amostra avaliada. As alterações próprias do envelhecimento como a sarcopenia, níveis de creatina-fosfato reduzidos, menor densidade mitocondrial e diminuição da densidade capilar e do aporte sanguíneo (25-27) influenciam na resistência à fadiga. A literatura pesquisada é unânime em afirmar que a inatividade do idoso é um dos principais fatores responsáveis pelos efeitos deletérios que ocorrem com o envelhecimento e a que a prática de atividade física regular pode retardar significativamente este processo (10,11,14,27-29).

Curiosamente, as idosas com maior massa magra, embora tenham obtido maior força muscular, não apresentaram menor fadiga muscular localizada pela análise de RMS e FM. Isso demonstra que força muscular e resistência a fadiga se comportaram de forma independente. Estes resultados estão de acordo com os de Lacourt e Marini, que relataram que a diminuição da área de seção transversa do músculo se dá principalmente por redução das fibras de contração rápida, do tipo II (25). A fadiga muscular localizada em idosos é um importante parâmetro da função neuromuscular e ainda assim é pouco relatada na literatura (12). Esperava-se que indivíduos com maior massa magra tivessem maior resistência à fadiga. Indivíduos com maior massa gorda, como observado na amostra estudada, oferecem resistência constante ao sistema muscular devido ao maior peso corporal. Essa questão somada às tendências dos efeitos deletérios ocorrerem em maior proporção nas fibras do tipo

II (potência) que nas fibras do tipo I (resistência) podem explicar esse comportamento nos parâmetros de resistência à fadiga e massa magra.

O aumento da gordura corporal é um fator importante associado ao processo de envelhecimento, podendo trazer prejuízo à saúde (1). A composição corporal pode ser avaliada através de diversos métodos, que tem por base diferentes modelos corporais e princípios, oferecendo resultados globais ou de áreas corporais específicas. É possível analisar a composição corporal por meio de métodos simples, como as medidas de dobras cutâneas e a bioimpedância elétrica, ou através de métodos mais sofisticados, como a pesagem hidrostática ou o DEXA (radioabsorciometria de feixes duplos) (6,30). Devido ao baixo custo e à praticidade, a bioimpedância vem sendo utilizada com frequência em pesquisas científicas (3,31). Os valores de resistência e reatância, não permitem, isoladamente, a avaliação direta da água corporal total, da gordura corporal e da massa livre de gordura. Geralmente, são usadas equações de regressão preditoras para se fazer esta avaliação. Essas equações são validadas a partir de estudos comparativos entre bioimpedância e técnicas de avaliação da composição corporal consideradas “padrão-ouro”, como por exemplo a pesagem hidrostática e o DEXA (3).

A variabilidade dos resultados descritos na literatura está relacionada às diferentes equações e equipamentos utilizados, diferenças metodológicas quanto às populações analisadas, diferentes metodologias de coleta de dados e influência no estado de hidratação (5, 6). Dey e colaboradores afirmam que a bioimpedância é conveniente para avaliar a composição corporal, em estudos epidemiológicos, apenas para população específica que as equações preditivas foram testadas. Na literatura existem várias equações preditivas, geralmente desenvolvidas a partir de populações mais jovens que utilizadas em idosos não apresentam boa acurácia (31). Existem poucas equações de predição desenvolvidas para a

população idosa, sendo as principais pesquisas realizadas por Deurenberg et al (3), Kyle et al (20), Rech et al (21), Baumgartner et al (32), Svendsen et al (33) e Roubenoff et al (34).

Alguns autores (9,30,35) citam um importante parâmetro do método de bioimpedância, conhecido como ângulo de fase ( $\Phi$ ), para avaliar o estado de hidratação e a integridade dos tecidos. Este possui a vantagem de não depender de equações de regressão ou do peso corporal e é definido como o ângulo formado entre a resistência (R) e a reatância ( $X_c$ ), que varia entre 5° e 15°, sendo calculado pela fórmula:  $\Phi = \arctan(X_c/R)$  (9). O  $\Phi$  tem grande dependência do comportamento capacitivo dos tecidos, que está associado com a celularidade do tecido e tamanho das células, e seu comportamento resistivo, relacionados com a hidratação dos tecidos. Desta forma, de acordo com o sexo e a idade, algumas mudanças são observadas. Há uma tendência de diminuição do  $\Phi$  com o envelhecimento (35). O  $\Phi$  alto está associado com estado de saúde adequado, apresentando uma  $X_c$  alta. O  $\Phi$  baixo está associado com a existência ou agravamento da doença. Neste caso, a  $X_c$  se apresenta baixa, podendo indicar morte celular (9). Este pode ser um importante recurso para verificar se existe correlação entre o estado de hidratação e fadiga muscular e suas repercussões na autonomia funcional de idosos. Britto e Mesquita relatam que a principal fonte de erro de medidas está relacionada a fatores que podem alterar o estado de hidratação do paciente. Por isso devem ser consideradas as recomendações da Sociedade Européia de Nutrição Enteral e Parenteral (ESPEN), que foram citadas na metodologia do presente estudo (9).

Outro resultado significativo foi a correlação existente entre o percentual de gordura e os testes LPS e LPDV e o IG do protocolo GDLAM. As idosas que obtiveram maior percentual de gordura apresentaram pior desempenho nos testes e conseqüentemente pior IG. Com isso, evidencia-se a importância da massa magra e da força muscular para a melhora da capacidade funcional durante o envelhecimento, sendo estes resultados apoiados por diversos autores (36,37).

Podem ser citadas como limitações do presente estudo a não utilização do ângulo de fase, a amostra ser constituída de idosas fisicamente ativas e ser apenas do sexo feminino e não ter utilizado uma escala de percepção de esforço para saber se os valores de FM e RMS condiziam com o esforço realizado pelas idosas.

Sugere-se para estudos futuros uma análise comparativa entre a fadiga muscular localizada de idosos inativos e fisicamente ativos, com cargas iguais ou superiores a 50% da CIVM, para esclarecer se os achados de resistência à fadiga do presente estudo foram influenciados pela característica da amostra, que era composta por idosas ativas. Além disso, protocolos que comparem o comportamento de idosos de ambos os sexos também acrescentariam conhecimento importante nessa área de estudo.

## **CONCLUSÃO**

O presente estudo mostrou que idosas fisicamente ativas com maior quantidade de massa magra apresentaram maior força muscular, mas não foi encontrada relação entre massa magra e resistência à fadiga. Foi possível também evidenciar que os idosos mais velhos apresentaram menor massa magra. Em relação ao pior desempenho nos testes LPS e LPDV e no IG do protocolo GDLAM para as idosas com maior percentual de gordura, pode-se dizer que indivíduos idosos com maiores níveis de adiposidade corporal apresentam maiores limitações relacionadas à autonomia funcional.

## **REFERÊNCIAS**

1. Aguiar CF, Assis M. Perfil das mulheres idosas segundo a ocorrência de quedas: estudo de demanda no Núcleo de Atenção ao Idoso da UnATI/UERJ. Rev Bras Geriatr Gerontol. 2009; 12(3):391-404.

2. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Perfil dos Idosos Responsáveis pelos Domicílios no Brasil 2000. Estudos & Pesquisas – Informação Demográfica e Socioeconômica 2002; 9.
3. Deurenberg P, van der Kooij K, Evers P, Hulshof T. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged > 60 y. Am Soc Clin Nutri 1990; 51:3-6.
4. Pereira RJ, Cotta RMM, Franceschini SCC, Priore SE. Característica da saúde do idoso brasileiro. Rev Med Minas Gerais 2009; 19(1): 44-50.
5. Rodrigues MN, Silva SC, Monteiro WD, Farinatti PTV. Estimativa da gordura corporal através de equipamentos de bioimpedância, dobras cutâneas e pesagem hidrostática. Rev Bras Med Esporte. 2001; 7(4):125-31.
6. Rezende F, Rosado L, Franceschini S, Rosado G, Ribeiro R, Marins JCB. Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos. Arch Latinoamer Nut. 2007; 57(4):327-34.
7. Mainenti MRM, Rodrigues EC, Oliveira JF, Ferreira AS, Dias CM, Silva ALS. Adiposity and postural balance control: Correlations between bioelectrical impedance and stabilometric signals in elderly Brazilian women. Clinics. 2011; 66(9): 1513-18.
8. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM et al. Bioelectrical impedance analysis part I: review of principles and methods. Clin Nutr. 2004; 23, 1226-43.
9. Britto EP, Mesquita ET. Bioimpedância Elétrica Aplicada à Insuficiência Cardíaca. Rev. SOCERJ. 2008; 21(3):178-183.
10. Prentice WE, Voight ML. Técnicas em Reabilitação Musculoesquelética. Porto Alegre (RS): Artmed; 2003.
11. Kisner C, Colby LA. Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas. São Paulo(SP):Manole; 2009.
12. Silva SRD, Gonçalves M. Análise da fadiga muscular pela amplitude do sinal eletromiográfico. R. bras. Ci e Mov. 2003; 11(3):15-20.
13. Kumar S. Localized muscle fatigue: review of three experiment. Revista Brasileira de Fisioterapia. 2006; 10(1): 9-28.
14. Paula RH, Vale RGS, Dantas EHM. Relação entre o nível de autonomia funcional de adultos idosos com o grau de fadiga muscular aguda periférica verificado pela eletromiografia. Fit Perform J. 2006; 5(2): 95-100.
15. Rondelli RR, Dal Corso S, Simões A, Malaguti C. Métodos de avaliação da fadigabilidade muscular periférica e seus determinantes energéticos-metabólicos na DPOC. J Bras Pneumol. 2009; 35(11):1125-35.

16. Merletti R, Conte LRLO, Orizio C. Indices of muscle fatigue. *J Electromyography Kinesiol.* 1991; 1(1): 20-33.
17. Santos MCA, Semeghini TA, Azevedo FM, Colugnati DB, Negão Filho RF, Alves N et al. Análise da fadiga muscular localizada em atletas e sedentários através de parâmetros de frequência do sinal eletromiográfico. *Rev Bras Med Esporte.* 2008; 14(6): 509-12.
18. Fukuda TY, Echeimberg JO, Pompeu JE, Lucareli PRG, Garbelotti S, Gimenes RO et al. Root Mean Square Value of the Electromyographic Signal in the Isometric Torque of the Quadriceps, Hamstrings and Brachial Biceps Muscle in Female Subjects. *The J Appl Res.* 2010; 10(1):32-39.
19. Ferreira AS, Guimarães FS, Silva JG. Aspectos Metodológicos da Eletromiografia de Superfície: Considerações sobre os sinais e processamentos para estudo da função neuromuscular. *Rev Bras Cienc Esporte.* 2010; 31(2): 11-30.
20. Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20–94 years. *Nutrition.* 2001; 17:248-53.
21. Rech CR, Cordeiro BA, Petroski EL, Vasconcelos FAG. Validation of Bioelectrical Impedance for the Prediction of Fat-free Mass in Brazilian Elderly Subjects. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2008; 52(7):1163-71.
22. Bracco D, Thiébaud D, Chioléro RL, Landry M, Burckhardt P, Schutz AY. Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans. *J Appl Physiol.* 1996; 81:2580-87.
23. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G et al. European Recommendations for Surface Electromyography. Results of the SENIAM project. 2nd edition, 1999.
24. Dantas EHM, Vale RGS. Protocolo GDLAM de avaliação da autonomia funcional. *Fit Perform J.* 2004; 3:175-82.
25. Lacourt MX, Marini LL. Decréscimo da função muscular decorrente do envelhecimento e a influência na qualidade de vida do idoso: uma revisão de literatura. *RBCEH.* 2006; 114-21.
26. Filho MLM, Zanella AL, Aidar FJ, Silva AMS, Salgueiro RS, Matos DG. Atividade física e envelhecimento humano: a busca pelo envelhecimento saudável. *RBCEH.* 2010; 7(1): 97-106.
27. Picoli TS, Figueiredo LL, Patrzzi LJ. Sarcopenia e envelhecimento. *Fisioter Mov.* 2011; 24(3):455-62.

28. Alencar NA, Júnior JVS, Aragão JCB, Ferreira MA, Dantas E. Nível de atividade física, autonomia funcional e qualidade de vida em idosas ativas e sedentárias. *Fisioter Mov.* 2010; 23(3):473-81.
29. Bonganha V, Santos CF, Rocha J, Chacon-Mikahil MPT, Madruga VA. Força muscular e composição corporal de mulheres na pós-menopausa: efeitos do treinamento concorrente. *RBAFS.* 2008; 13(2): 102-9.
30. Barufaldi LA. Índice de Massa Corporal e Valores de Impedância Bioelétrica de Crianças e Adolescentes Indígenas Kaingang, Rio Grande do Sul Brasil [Dissertação de Mestrado]. Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia- Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2009.
31. Dey DK, Bosaeus I, Lissner L, Steen B. Body composition estimated by bioelectrical impedance in the Swedish elderly. Development of population-based prediction equation and reference values of fat-free mass and body fat for 70- and 75-y olds. *Eur J Clin Nutr.* 2003; 57, 909-16.
32. Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lichtman S, Wang J, Pierson RN Jr. Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr.* 1991; 53, 1345–53.
33. Svendsen OL, Haarbo J, Heitmann BL, Gotfredsen A, Christiansen C. Measurement of body fat in elderly subjects by dual-energy X-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and anthropometry. *Am J Clin Nutr.* 1991; 53:1117–23.
34. Roubenoff R, Baumgartner RN, Harris TB, Dallal GE, Hannan MT, Economos CD et al. Application of bioelectrical impedance analysis to elderly populations. *J Gerontol Med Sci.* 1997; 52A: 129-36.
35. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2005 May; 8(3):311-7.
36. Matsudo SM, Matsudo VKR, Neto TLB. Atividade física e envelhecimento: Aspectos epidemiológicos. *Rev Bras Med Esporte.* 2001; 7(1):2-13.
37. Matsudo SM, Matsudo VKR, Neto TLB. Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. *R. bras. Ci e Mov.* 2000; 8(4):21-32.

## 8. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar a existência de relação entre composição corporal, fadiga muscular de membros inferiores e autonomia funcional em idosas ativas. Os resultados apontaram correlação da massa magra segmentar e total com a força máxima (quanto maior a massa magra, maior a força), mas não com resistência à fadiga. Além disso, o percentual de gordura mostrou associação com os testes de autonomia funcional: quanto maior o percentual de gordura, pior o desempenho nos testes realizados. Os valores de resistência e reatância segmentar durante o teste de resistência à fadiga não apresentaram modificações significativas.

Sugere-se a realização de mais estudos buscando identificar a diferença do comportamento analisado entre homens e mulheres, assim como entre idosos ativos e sedentários, para um melhor esclarecimento em relação aos possíveis fatores que influenciam na associação entre composição corporal, força, resistência à fadiga e autonomia funcional.

## REFERÊNCIAS

Aguiar CF, Assis M. Perfil das mulheres idosas segundo a ocorrência de quedas: estudo de demanda no Núcleo de Atenção ao Idoso da UnATI/UERJ. **Rev Bras Geriatr Gerontol.** 2009; 12(3):391-404.

Araújo, CGS. **Biologia do Envelhecimento e Exercício Físico: Algumas Considerações.** Disponível em: <http://www.clinimex.com.br/novidade/Artigo%20Biologia%20do%20Envelhecimento%20e%20Exerc%C3%ADcio.pdf>. Acesso em: 18/08/2010.

Barufaldi LA. **Índice de Massa Corporal e Valores de Impedância Bioelétrica de Crianças e Adolescentes Indígenas Kaingang, Rio Grande do Sul Brasil.** [Dissertação de Mestrado] Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia-Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2009.

Bracco D Thiébaud D, Chioléro RL, Landry M, Burckhardt P, Schutz AY. Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans. **The American Physiological Society** 1996.

Britto EP, Mesquita ET. Bioimpedância Elétrica Aplicada à Insuficiência Cardíaca. **Rev. SOCERJ.** Maio/Junho, 2008;21(3):178-183.

Cocetti M, Castilho SD, Filho AZB. Dobras cutâneas e bioimpedância elétrica perna-perna na avaliação da composição corporal de crianças. **Rev. Nutr. Campinas,** 22(4):527-536, jul./ago., 2009.

Cornish B H, Jacobs A, Thomas B J, Ward L C. Optimizing electrode sites for segmental bioimpedance measurements. **Physiol. Meas.** 20 (1999) 241–250. Printed in the UK

Dantas EHM, Vale RGS. Protocolo GDLAM de avaliação da autonomia funcional. **Fit Perform J.** 2004; 3:175-82.

Defavori CG, Sarriés GA. A Correlação de Métodos DEXA e CDEXA em Absortimetria Mineral Óssea. **Radiol Bras** 2007;40(3):183–187

Deurenberg *et al.*. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged > 60 y. **American Society for Clinical Nutrition** 1990.

Dey DK, Bosaeus I, Lissner L, Steen B. Body composition estimated by bioelectrical impedance in the Swedish elderly. Development of population-based prediction equation and reference values of fat-free mass and body fat for 70- and 75-y olds. **Eur J Clin Nutr.** 2003;57(9):909-16.

Filho MLM, Zanella AL, Aidar FJ, Silva AMS, Salgueiro RS, Matos DG. Atividade física e envelhecimento humano: a busca pelo envelhecimento saudável. **RBCEH** 7(1): 97-106, 2010.

Fonseca PHS, Martins JCB, Silva AT. Validação de Equações Antropométricas que Estimam a Densidade Corporal em Atletas Profissionais de Futebol. **Rev Bras Med Esporte** Vol. 13, Nº 3 – Mai/Jun, 2007

Fukuda TY *et al.* Root Mean Square Value of the Electromyographic Signal in the Isometric Torque of the Quadriceps, Hamstrings and Brachial Biceps Muscle in Female Subjects. **The Journal of Applied Research.** Vol. 10, Nº1, 2010.

Guedes DP. Estudo da gordura corporal através da mensuração dos valores de densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas em universitários. [Dissertação de Mestrado]. **Santa Maria: UFSM;** 1985.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Perfil dos Idosos Responsáveis pelos Domicílios no Brasil 2000. **Estudos & Pesquisas – Informação Demográfica e Socioeconômica** nº 9, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010. [citado em abril de 2011]. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1866&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1866&id_pagina=1). Acesso em 07/01/2012.

Kisner C, Colby LA. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas.** São Paulo(SP):Manole, 2009.

Kumar S. Localized muscle fatigue: review of three experiment. **Revista Brasileira de Fisioterapia.** Vol 10, No 1. (2006), 9-28.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM *et al.* Bioelectrical impedance analysisFpart I: review of principles and methods. **Clinical Nutrition** (2004) 23, 1226–1243.

Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DD, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. **Nutrition**. 2001;17(3):248-53.

Lacourt MX, Marini LL. Decréscimo da função muscular decorrente do envelhecimento e a influência na qualidade de vida do idoso: uma revisão de literatura. **RBCEH - Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano**, Passo Fundo, 114-121 - jan./jul, 2006.

Merletti R, Conte LRLO, Orizio C. Indices of muscle fatigue. **Journal of electromyography and Kinesiology**. Vol. 1, No. 1, pp 20-33, 1991.

Paula RH, Vale RGS, Dantas EHM. Relação entre o nível de autonomia funcional de adultos idosos com o grau de fadiga muscular aguda periférica verificado pela eletromiografia. **Fitness & Performance Journal** 5(2): 96100, 2006.

Petroski EL. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos. [Tese de Doutorado], **Santa Maria: UFSM**; 1995.

Pereira RJ, Cotta RMM, Franceschini SCC, Priore SE. Característica da saúde do idoso brasileiro. **Rev Med Minas Gerais** 2009; 19(1): 44-50.

Prentice WE, Voight ML. **Técnicas em Reabilitação Musculoesquelética**. Porto Alegre (RS): Artmed, 2003.

Rech CR, Cordeiro BA, Petroski EL, Vasconcelos FAG. Validation of Bioelectrical Impedance for the Prediction of Fat-free Mass in Brazilian Elderly Subjects. **Arq Bras Endocrinol Metab** 2008;52/7.

Rezende F et al.. Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion** Vol. 57 N° 4, 2007.

Rodrigues MN, Silva SC, Monteiro WD, Farinatti PTV. Estimativa da gordura corporal através de equipamentos de bioimpedância, dobras cutâneas e pesagem hidrostática. **Rev Bras Med Esporte** \_ Vol. 7, N° 4 – Jul/Ago, 2001.

Rondelli RR, Dal Corso S, Simões A, Malaguti C. Métodos de avaliação da fadigabilidade muscular periférica e seus determinantes energéticos-metabólicos na DPOC. **J Bras Pneumol**. 35(11):1125-1135; 2009

Sant'anna MSL, Priore SE, Franceschini SCC. Métodos de Avaliação da Composição Corporal em Crianças. **Rev Paul Pediatr** 2009;27(3):315-21.

Santos MCA et al. Análise da fadiga muscular localizada em atletas e sedentários através de parâmetros de frequência do sinal eletromiográfico. **Rev Bras Med Esporte** – Vol. 14, No 6 – Nov/Dez, 2008.

Scharfetter H, Schlager T, Stollberger R, Felsberger R, Hutten H, Hinghofer-Szalkay H. Assessing abdominal fatness with local bioimpedance analysis: basics and experimental findings. **International Journal of Obesity** (2001) 25, 502-511

Silva SRD, Gonçalves M. Análise da fadiga muscular pela amplitude do sinal eletromiográfico. **R. bras. Ci e Mov.**2003; 11(3): 15-20.

Stackhouse SK, Stevens JE, Lee SCK, Pearce KM, Snyder-Mackler L, Binder-Macleod S. Maximum Voluntary Activation in Nonfatigued and Fatigued Muscle of Young and Elderly Individuals. **Physical Therapy**. Volume 81. Number 5. May 2001

Wibelinger LM, Schneider RH, Tonial A, Oliveira G, Klein B, Capitânio D. Avaliação da força muscular de flexores e extensores de joelho em indivíduos idosos socialmente ativos. **RBCEH**, Passo Fundo, v. 6, n. 2, p. 284-292, maio/ago. 2009

**ANEXO 1 – FICHA DE AVALIAÇÃO**

**INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS DO PROJETO ASSOCIAÇÃO  
ENTRE COMPOSIÇÃO CORPORAL E FADIGA MUSCULAR LOCALIZADA DE  
MEMBROS INFERIORES NA TERCEIRA IDADE**

**Data de Inclusão:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_ **Avaliador:** \_\_\_\_\_

**Escolaridade:** Alfabetizado ( ) Sim ( ) Não

**Grau de Instrução:**

- ( ) Ensino Fundamental Completo  
 ( ) Ensino Fundamental Incompleto  
 ( ) Ensino Médio Completo  
 ( ) Ensino Médio Incompleto  
 ( ) Superior Completo  
 ( ) Superior Incompleto

**IDENTIFICAÇÃO**

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Idade:** \_\_\_\_\_

**Data de Nascimento:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_

**Profissão:** \_\_\_\_\_

**Naturalidade:** \_\_\_\_\_ **Telefone para contato:** \_\_\_\_\_

**Estado Civil:** ( ) Solteiro(a) ( ) Casado(a) ( ) Divorciado(a) ( ) Viúvo(a)  
 ( ) União Consensual

**Cor / Etnia:** ( ) Branco ( ) Negro ( ) Pardo ( ) Amarelo ( ) Indígena

**DADOS CLÍNICOS**

**Medicamentos em uso:**

---



---



---

### ANEXO 1 – FICHA DE AVALIAÇÃO (continuação)

**Cardiopatia:** ( ) Sim ( ) Não Qual? \_\_\_\_\_

**Marca-passo:**( )Sim ( )Não **Arritmia:**( )Sim ( )Não **Aneurisma de Aorta:**( )Sim ( )Não

**IAM ou angina instável recente:** ( ) Sim ( ) Não **Transplante Cardíaco:** ( ) Sim ( ) Não

**Pneumopatia:** ( ) Sim ( ) Não Qual? \_\_\_\_\_

**Câncer:** ( ) Sim ( ) Não **Onde?**\_\_\_\_\_ **A quanto tempo?**\_\_\_\_\_

**Faz uso de bebidas alcoólicas?** ( ) Sim ( ) Não **Qual a frequência?**\_\_\_\_\_

**Dor ou lesão grave:**( ) Sim ( ) Não **Onde?**\_\_\_\_\_ **Último episódio:** \_\_/\_\_/\_\_

**Doença reumatológica:** ( ) Sim ( ) Não **Qual?** \_\_\_\_\_

**Pratica atividade física?** ( ) Sim ( ) Não **Qual?** \_\_\_\_\_ **Frequência:** \_\_\_\_\_

#### PARA O AVALIADOR

**Peso:** \_\_\_\_\_ Kg **Altura:** \_\_\_\_\_ m **Circunferência de Coxa:** \_\_\_\_\_ cm

**PA:** \_\_\_\_\_ mmHg **FC:** \_\_\_\_\_ Bpm

#### BIA total em Decúbito Dorsal

**Reatância:** \_\_\_\_\_ **Resistência:** \_\_\_\_\_

#### BIA segmentar em Decúbito Dorsal

**Reatância:** \_\_\_\_\_ **Resistência:** \_\_\_\_\_

#### Sentado no Aparelho Kenkorp – 1500

**Reatância:** \_\_\_\_\_ (antes); \_\_\_\_\_ (após 15 segundos); \_\_\_\_\_ (após 30 segundos)

**Resistência:** \_\_\_\_\_ (antes); \_\_\_\_\_ (após 15 segundos); \_\_\_\_\_ (após 30 segundos)

**Borg:** \_\_\_\_\_ (após 15 segundos); \_\_\_\_\_ (após 30 segundos); \_\_\_\_\_ (após 60 segundos)

#### EMG

**Força Máxima Registrada:** \_\_\_\_\_

## ANEXO 2 – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA



Sociedade Unificada de Ensino Augusto Motta  
Centro Universitário Augusto Motta

A (o) Sr. (a) Bruno Lucas Gonçalves  
Pesquisador Principal

Registro CEP no. 019/10  
Título do Projeto: Associação entre Composição Corporal e Fadiga Muscular Localizada de Membros Inferiores na Terceira Idade

Sr (a ) Pesquisador (a)

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa da UNISUAM, em reunião realizada em 09/12/2010, avaliou o projeto “Associação entre Composição Corporal e Fadiga Muscular Localizada de Membros Inferiores na Terceira Idade”, o qual foi considerado “**APROVADO**”, conforme parecer cuja cópia encaminho em anexo.

Estamos encaminhando a documentação pertinente para o CONEP, com vistas a registro e arquivamento.

Atenciosamente,

*Amanda Sales*  
Amanda Sales

Secretária do CEP/UNISUAM  
Dr. Júlio Guilherme Silva  
Coordenador do Comitê de Ética em pesquisa  
CEP - UNISUAM



### ANEXO 3 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Centro Universitário Augusto Motta  
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação

CONSENTIMENTO FORMAL DE PARTICIPAÇÃO NO PROJETO DE PESQUISA: Associação entre Composição Corporal e Fadiga Muscular Localizada de Membro Inferiores na Terceira Idade. Pesquisadores Responsáveis: Bruno Gonçalves, Marcel Lessa, Míriam Mainenti e Fernando Guimarães.

Eu, \_\_\_\_\_, RG. \_\_\_\_\_, residente à \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_, Bairro \_\_\_\_\_, na cidade de \_\_\_\_\_, estado \_\_\_\_\_, concordo em participar como voluntário no projeto de pesquisa: Associação entre Composição Corporal e Fadiga Muscular Localizada na Terceira Idade proposto pelos pesquisadores Bruno Gonçalves, Marcel Lessa, Míriam Mainenti e Fernando Guimarães.

Este trabalho tem como objetivo investigar, através da análise por bioimpedância (total e segmentar), eletromiografia de superfície (EMG) e testes funcionais, a existência de relação entre a composição corporal, a fadiga muscular de membros inferiores e o desempenho funcional. Assim, contribuirá: na compreensão do processo de envelhecimento, fadiga muscular, composição corporal e autonomia funcional, ajudando aos profissionais da área de saúde na elaboração de propostas de acompanhamento e tratamento; e na verificação da relação entre os três âmbitos analisados: a fadiga muscular localizada (cansaço do músculo à um esforço prolongado), a composição corporal (quantidade de gordura, músculo e outros elementos no corpo) e atividades funcionais (exercícios dentro de funções específicas). A pesquisa consistirá de avaliações focadas em:

Análise por bioimpedância – Será avaliada a quantidade de gordura e músculo que o corpo possui, através de um pequeno aparelho, conectado ao seu pé, cintura e mão. O teste será realizado em dois momentos: 1) deitado (barriga para cima) em repouso; 2) sentado, fazendo força com os músculos da coxa, para esticar os joelhos, contra a resistência de uma carga aplicada ao tornozelo. Deverá ser feito o máximo de força possível por 3 vezes de 5 segundos e depois a metade dessa força mantida pelo tempo de um minuto.

Análise por EMG – Durante o segundo momento descrito acima, a força máxima e a metade da força máxima serão registradas por um aparelho ligado ao seu joelho e ao computador.

Atividades funcionais – serão realizadas atividades simples de movimentos cotidianos (sentar, levantar, agachar, etc) para avaliar o nível de desempenho.

Além disso, os indivíduos também serão submetidos a medidas corporais como peso, altura, perímetro de cintura e a questionários que analisam as condições globais de saúde. Vale ressaltar que os devidos critérios de exclusão serão aplicados, de acordo com cada teste, para resguardar a integridade de cada participante.

Os dados obtidos durante este trabalho serão mantidos em sigilo e não poderão ser consultados por outras pessoas sem minha autorização por escrito. Por outro lado, poderão ser utilizados para fins científicos, resguardando, no entanto, a minha privacidade. Estou ciente da não obrigatoriedade de participação e da desistência facultativa em qualquer momento do projeto. Eu li e entendi as informações contidas neste documento, e declaro estar de acordo com os procedimentos da pesquisa.

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Nome do Participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura

\_\_\_\_\_  
Nome do Pesquisador

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Caso surjam demais dúvidas, entrar em contato com os responsáveis pelo experimento:

Bruno Gonçalves: (21) 9957-2019 / Marcel Lessa: (21) 8157-0272

## ANEXO 4 – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO MANUSCRITO



Instruções.

Titulo do manuscrito

**ASSOCIAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO CORPORAL, DESEMPENHO MUSCULAR E AUTONOMIA FUNCIONAL NA TERCEIRA IDADE**

Resumo (Idioma original)

**INTRODUÇÃO:** A diminuição da massa muscular e o aumento da gordura corporal são alterações marcantes do envelhecimento. O declínio de força e de resistência à fadiga pode levar o idoso à diminuição da autonomia funcional. O presente estudo teve como objetivo verificar a existência de relação entre a composição corporal, força muscular, fadiga de membros inferiores e autonomia funcional em idosas ativas. **MATERIAIS E MÉTODOS:** A amostra foi constituída de 29 idosas com idade média de 68,2 ( $\pm$  7,3) anos. Foram analisadas a composição corporal pela bioimpedância total e segmentar e a fadiga muscular através da eletromiografia pelos valores de frequência mediana e da raiz quadrática média em um teste de um minuto a 50% da contração voluntária máxima. A autonomia funcional foi avaliada pelo protocolo do Grupo de Desenvolvimento Latino-Americano para a Maturidade (GDLAM). **RESULTADOS:** Foram observadas correlações significativas entre estatura e força ( $r=0,49$ ), idade e massa magra ( $r=-0,42$ ), percentual de gordura (%G) e testes do GDLAM ( $r$  de 0,39 a 0,41). A massa magra se correlacionou positivamente com a força ( $r=0,55$ ), mas não com o resultado do teste de resistência à fadiga. **CONCLUSÃO:** A massa magra das idosas avaliadas está associada ao desempenho no teste de força máxima, mas não no de resistência à fadiga, mostrando que esses dois parâmetros (força e fadiga) se comportam de maneira independente. As idosas com maior %G tiveram um pior desempenho no GDLAM, mostrando que indivíduos idosos com maiores níveis de adiposidade corporal apresentam maiores limitações relacionadas à autonomia funcional.

Palavras-chave no Idioma principal

Envelhecimento. Músculo Quadríceps. Adiposidade. Sistema Musculoesquelético. Aptidão Física.

Titulo do manuscrito em inglês

Association among body composition, muscle performance and functional autonomy in older adults

Abstract

**INTRODUCTION:** Decrease in muscle mass and increase in body fat are important changes that occur with aging. Strength decline and a worse resistance to fatigue can lead the elderly to decreased functional autonomy.

The present study aimed to verify the existence of a relationship between body composition, muscle strength, lower limbs fatigue and functional autonomy in elderly active women. **MATERIALS AND METHODS:** The sample consisted of 29 elderly women with a mean age of 68.2 ( $\pm$  7.3) years. Body composition was analyzed by total and segmental bioelectrical impedance and muscle fatigue by median frequency and root mean square values, calculated by the electromyography signal during one minute test to 50% of maximum voluntary contraction. Functional autonomy was assessed by the Group of Latin American Development to Maturity (GDLAM) protocol. **RESULTS:** There were significant correlations between stature and strength ( $r=0.49$ ), age and lean body mass ( $r=-0.42$ ), body fat percentage (%BF) and GDLAM tests ( $r$  from 0.39 to 0.41). The lean body mass was positively correlated with strength ( $r=0.55$ ), but not with resistance to fatigue. **CONCLUSION:** The lean body mass of the analyzed sample is associated to the force test performance, but not to the resistance to fatigue performance, showing that these parameters (force and fatigue) seem to be independent. The women with higher values of %BF showed worse performance during GDLAM tests, showing that people with high adiposity levels tend to present more functional autonomy limitation.

Keywords

Aging. Quadriceps Muscle. Adiposity. Musculoskeletal System. Physical Fitness.

Autor(es) do manuscrito

Bruno Lucas Gonçalves

Marcel Lima Lessa de Souza

Fernando Silva Guimarães

Arthur de Sá Ferreira

Míriam Raquel Meira Mainenti

Submissão on-line: Journal RFM

[http://www2.pucpr.br/reol/submissao/submit\\_projetos\\_ver.php?dd0=0002838](http://www2.pucpr.br/reol/submissao/submit_projetos_ver.php?dd0=0002838)

22/11/2011