



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ALINE GONÇALVES NELLESSEN

**ANÁLISE DE DIFERENTES FÓRMULAS DE PREDIÇÃO DE
FORÇA MUSCULAR DE QUADRÍCEPS FEMORAL EM
PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA
CRÔNICA**

ALINE GONÇALVES NELLESSEN

**ANÁLISE DE DIFERENTES FÓRMULAS DE PREDIÇÃO DE
FORÇA MUSCULAR DE QUADRÍCEPS FEMORAL EM
PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA
CRÔNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina [UEL] e Universidade Norte do Paraná [UNOPAR]), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Pitta

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

N421a Nellessen, Aline Gonçalves.
Análise de diferentes fórmulas de predição de força muscular de quadríceps femoral em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica / Aline Gonçalves Nellessen. – Londrina, 2014.
58 f. : il.

Orientador: Fábio de Oliveira Pitta.
Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, 2014.
Inclui bibliografia.

1. Pulmões – Doenças obstrutivas – Capacidade muscular – Teses. 2. Aptidão e idade – Teses. 3. Valores de referência (Medicina) – Teses. 4. Contração muscular – Teses. I. Pitta, Fábio de Oliveira. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação. III. Universidade Norte do Paraná. IV. Título.

CDU 615.8:616.24

ALINE GONÇALVES NELLESSEN

**ANÁLISE DE DIFERENTES FÓRMULAS DE PREDIÇÃO DE FORÇA
MUSCULAR DE QUADRÍCEPS FEMORAL EM PACIENTES COM
DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina [UEL] e Universidade Norte do Paraná [UNOPAR]), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Fabio de Oliveira Pitta
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Christiane de S. Guerino Macedo
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Laryssa Milenkovich Bellinetti
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 29 de Janeiro de 2015.

**Dedico este trabalho a todos os meus
familiares e amigos que acreditaram e
apoiaram grandemente a realização desse
sonho**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser o meu tudo, minha fortaleza, meu refúgio e meu abrigo. Por me proporcionar o dom da vida e me permitir viver intensamente cada momento. Obrigada por me proporcionar o convívio com pessoas especiais. Fico grata por me agraciar todos os dias com as suas bênçãos e por me fortalecer nos meus momentos de fraquezas e indecisões.

Aos meus pais Nadir (in memoriam) e Alberto, por serem meu exemplo de família, doação e humildade. Por me oferecerem a oportunidade de estudar e estarem sempre presente nessa fase de crescimento. Por todo sacrifício, abraço, apoio, amizade, carinho, incentivo. Gostaria de agradecer por serem exemplos de vida, pois me ensinaram a lutar pelos meus objetivos, a esperar em Deus e a acreditar que meus planos devem ser sonhados, mas que Deus é maior inclusive em seus planos. Obrigada por cada momento vivido ao lado de vocês, por todo amor doado sem limites e sem exigências. Hoje sou quem sou, pois vocês me formaram e me incentivaram a ser melhor em todos os sentidos, como pessoa, como filha e como profissional. Sou muito Feliz por isso!

Ao meu esposo Rodrigo, por ser o melhor de mim. Por estar o tempo todo ao meu lado, incondicionalmente. Por me fazer acreditar que sou mais capaz do que às vezes eu mesma acredito. Por ter apoiado as minhas decisões, e incentivado desde o início o meu crescimento profissional. Por todas as noites passadas ao meu lado, mesmo que para fazer companhia. Por toda paciência e compreensão nessa fase de muito estudo e dedicação. Sou grata por cada gesto de carinho, cada sorriso e cada abraço. Por seu meu porto seguro, consolo, amigo, esposo, além de ser meu exemplo de calma, sabedoria, segurança e paciência. Este período nos mostrou a verdade sobre nosso relacionamento, de que realmente somos uma família!

Aos meus irmãos Junior, Mauricio e Alex, por serem exemplos de vida, por serem irmãos, mesmo que ao mesmo tempo sejam tão pais. Por se fazerem tão presente em todos os momentos, por celebrarem comigo as minhas conquistas e por me apoiarem sem limites nos momentos de dificuldades. Obrigada por todo crédito e confiança nos meus planos. Por serem todo apoio e amizade.

Às minhas cunhadas Márcia, Lilian e Denise, por serem mais que

cunhadas, mas serem irmãs de coração. Obrigada por todo encorajamento, estímulo e apoio em todo o período de formação profissional e pessoal.

Ao meu orientador Fabio Pitta, por ser mais que um excelente orientador e mestre, mas também um amigo. Obrigada por mostrar a função da pesquisa que é de produzir novos conhecimentos e por me ensinar a pensar criticamente. Fico grata por ter acreditado em mim, mesmo nas vezes em que nem eu mesma acreditava. Obrigada por me fazer querer ser cada dia melhor, como fisioterapeuta, uma futura professora, aluna e amiga. Obrigada por ser exemplo de sabedoria e humildade!

Aos docentes da Banca, Professora Christiane e Professora Laryssa, pois fizeram parte do meu crescimento acadêmico e por serem duas professoras incentivadoras, obrigada pelo exemplo e também por toda contribuição para o presente estudo.

Gostaria de agradecer aos meus colegas do laboratório por me proporcionarem um convívio diário de muito aprendizado e evolução. Fico grata por poder compartilhar o meu crescimento científico em um laboratório (LFIP) em que o espírito de grupo é presente e forte. Gostaria de agradecer principalmente a Leila, Thaís, Karina, Gianna, Nidia e Andrea, por serem amigas de estudo, trabalho e principalmente da vida. Obrigada por toda experiência compartilhada, por acrescentarem diariamente o meu conhecimento científico. Obrigada por tornarem o meu dia a dia no laboratório mais feliz e divertido. Obrigada por serem exemplo de perseverança, coragem, fé e humildade. Agradeço também a todos os colegas que contribuíram para a coleta de dados e para a evolução científica do presente estudo.

Agradeço aos meus primos, tios e amigos que deixam a minha vida mais feliz e mesmo às vezes sem entender exatamente, contribuem muito para o meu crescimento pessoal, além de ser grata pela torcida e orações pelos meus planos e sonhos. Obrigada por vocês estarem tão presente na minha vida.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os participantes que aceitaram colaborar para a coleta de dados.

**“A todos os que sofrem e estão sós, dai
sempre um sorriso de alegria. Não lhes
proporcione apenas os vossos cuidados,
mas também o vosso coração”**

(Madre Teresa de Calcuta)

NELLESSEN, Aline Gonçalves. **Análise de diferentes fórmulas de predição de força muscular do quadríceps femoral em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica.** 2014. 58 f. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação - Programa Associado entre UEL e UNOPAR) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

Objetivo: Comparar três diferentes fórmulas de predição do pico de força muscular do quadríceps femoral (QF) propostas por Neder et al.(1999), Decramer et al.(1997) e Seymour et al.(2010); investigar a concordância entre elas para identificar fraqueza muscular em pacientes com DPOC; e verificar as diferenças nas características dos pacientes com DPOC classificados como apresentando ou não fraqueza muscular de QF. **Métodos:** Cinquenta e seis pacientes com DPOC foram avaliados quanto ao pico de força muscular periférica do QF por meio de dinamometria (contração isométrica voluntária máxima de extensão de joelho). Os valores preditos foram calculados a partir das três fórmulas propostas. **Resultados:** A proporção de pacientes que apresentavam fraqueza muscular de QF (pico de força <80% predito) pelas fórmulas de Neder et al., Decramer et al. e Seymour et al. foi respectivamente, 59%, 68% e 70%, sem diferença estatisticamente significativa nas proporções. A comparação da porcentagem do predito obtida pelas três fórmulas mostrou a de Neder et al. com maiores valores quando comparada às fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al., e ausência de diferença entre estas. A fórmula de Neder et al. apresentou concordância mediana com as fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al., enquanto estas duas fórmulas apresentaram baixa concordância entre si. **Conclusão:** As três fórmulas foram equivalentes para classificar pacientes com DPOC com presença ou ausência de fraqueza quanto à sua força do quadríceps femoral. Os pacientes classificados com presença de fraqueza pelas fórmulas de Neder et al. e Decramer et al. apresentaram idade mais baixa, e ainda os pacientes considerados com fraqueza pela fórmula de Decramer et al. apresentaram menor massa magra e maior IMC. A fórmula de Neder et al., no entanto, apresentou maior valor do pico de força e melhor concordância com as fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al., que não concordaram entre si.

Palavras-Chave: Doença pulmonar obstrutiva crônica. Força muscular. Valores de referência.

NELLESSEN, Aline Gonçalves. **Análise de diferentes fórmulas de predição de força muscular do quadríceps femoral em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica**. 2014. 58p. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação - Programa Associado entre UEL e UNOPAR) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

Objective: To compare three different equations which predict peak muscle force of quadriceps femoris (QF) as proposed by Neder et al. (1999), Decramer et al. (1997) and Seymour et al. (2010); to investigate the agreement among these equations to identify QF weakness in patients with COPD; and to verify differences in the characteristics of patients with COPD classified with presence or absence of QF muscle weakness. Furthermore. **Methods:** Fifty-six patients with COPD underwent assessments of QF peak force by dynamometry (maximal voluntary isometric contraction of knee extension). Predicted values were calculated from the three proposed equations. **Results:** The proportion of patients who presented QF weakness (peak force <80% of predicted value) by the equations of Neder et al., Decramer et al. and Seymour et al. were respectively 59%, 68% and 70%, and there was no significant difference among them. The comparison of the percentage of predicted value obtained by the three equations showed the equation of Neder et al. with higher value when compared to the equations by Decramer et al. and Seymour et al. The equation by Neder et al. presented moderate agreement with the equations by Decramer et al. and Seymour et al., whereas these two equations showed weak agreement between themselves. **Conclusion:** The three equations did not present differences when classifying patients with COPD with presence or absence of weakness based on the quadriceps femoris peak force. Patients classified with presence of weakness by the three different formulas had lower age, and patients with weakness according to the equation by Decramer et al. had lower BMI and lean mass. The equation by Neder et al. presented higher peak force and better agreement with the equations by Decramer et al. and Seymour et al., which did not agree well with each other.

Key words: Muscle force. Quadriceps femoris. COPD. Reference equations. Reference values.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Avaliação do pico de força do músculo quadríceps femoral por meio da técnica de contração isométrica voluntária máxima da extensão de joelho (dinamômetro portátil Microfet2 fixado ao braço do banco extensor de joelho do aparelho multiestação e posicionado superiormente à articulação do tornozelo do membro dominante do paciente).....43
- Figura 2** – Comparação do número de pacientes que apresentaram ou não fraqueza de quadríceps femoral de acordo com as três fórmulas de predição do estudo44
- Figura 3** – Comparação do pico de força em porcentagem dos valores preditos obtido pelas três fórmulas de predição45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características gerais da amostra.....	41
Tabela 2 – Comparação entre as características dos pacientes classificados como tendo ou não fraqueza muscular de quadríceps femoral pelas três fórmulas.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CVF	Capacidade Vital Forçada
DEXA	Dual-Energy X-ray Absorptiometry
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
GOLD	Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease
IMC	Índice de Massa Corporal
MMII	Membros Inferiores
Nm	Newton metro
QF	Quadríceps Femoral
TC6min	Teste de Caminhada de Seis Minutos
VEF ₁	Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo
VVM	Ventilação Voluntária Máxima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO	15
2.1	DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA.....	15
2.2	DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA E DISFUNÇÃO MUSCULAR PERIFÉRICA.....	16
2.3	DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA E A AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR.....	17
2.4	FÓRMULAS DE PREDIÇÃO DE FORÇA MUSCULAR DE QUADRÍCEPS FEMORAL.....	19
3	ARTIGO	21
4	CONCLUSÃO GERAL	46
	REFERÊNCIAS	47
	ANEXOS	52
	ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.....	52
	ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	53
	ANEXO C – Fórmulas de Predição.	56
	ANEXO D – Normas de Formatação do Periódico Jornal Brasileiro de Pneumologia.....	57

1 INTRODUÇÃO

Em 1990 a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) era a sexta causa de morte no mundo, e há uma previsão de que em 2030 ela seja a terceira¹. Atualmente a DPOC já se destaca negativamente como a quarta maior causa de morte em países desenvolvidos, com aproximadamente três milhões de mortes por ano². O tabagismo é o maior fator de risco para o desenvolvimento da doença, e em torno de 10% a 15% dos fumantes serão diagnosticados com DPOC³. Contudo, a DPOC ainda é subdiagnosticada¹, mesmo com um maior esclarecimento da população em geral^{4, 5}. A DPOC é caracterizada por comprometimento pulmonar causado pela obstrução crônica ao fluxo aéreo, e apresenta também características multissistêmicas importantes como inflamação sistêmica e estresse oxidativo aumentados, alterações nutricionais como a perda de peso e a caquexia, e disfunção generalizada dos músculos esqueléticos^{6, 7}.

A disfunção muscular esquelética é uma característica sistêmica considerável na população acometida pela DPOC⁸. A disfunção muscular tem etiologia multifatorial, e dentre estes fatores destacam-se a hipercapnia e/ou hipóxia, a depleção nutricional, o uso continuado de corticoesteróides, o aumento do estresse oxidativo e a inatividade física^{9, 10}. Outros fatores podem estar relacionados à etiologia da disfunção muscular periférica em pacientes com DPOC, como a herança genética, o uso de tabaco, a idade, a presença de comorbidades, a inflamação sistêmica, a exacerbações, a anormalidades nutricionais e de trocas gasosas, o desequilíbrio nos hormônios anabólicos e catabólicos, e efeitos de alguns medicamentos, especialmente o uso crônico de corticosteróides^{8, 11, 12}. Estes fatores acarretam mudanças celulares, enzimáticas e na fibra muscular que se associam com a redução na força e *endurance* muscular nesses pacientes^{13, 14}. Este comprometimento de força e *endurance* musculares prejudicam a tolerância do paciente ao exercício e limitam sua qualidade de vida, criando-se assim um ciclo vicioso da doença que pode, eventualmente, resultar em debilidade generalizada e imobilidade^{13, 15}.

Algumas fórmulas de predição do pico de força do quadríceps

femoral (QF) foram propostas no intuito de identificar valores de normalidade para a avaliação da força muscular periférica¹⁶⁻¹⁸. No geral essas fórmulas se baseiam em variáveis antropométricas para corrigir a predição para diferenças corporais entre os indivíduos. Porém, diferem entre si em outras características, como por exemplo a faixa etária e o número de indivíduos avaliados, resultando em diferentes coeficientes de determinação. A escolha da fórmula de predição deve ser baseada no fato da fórmula ter sido, originalmente, desenvolvida em indivíduos com características semelhantes e de preferência na mesma nacionalidade da população a ser estudada.

Tendo em vista que os pacientes com DPOC comumente apresentam disfunção muscular e, conseqüentemente fraqueza muscular periférica, destaca-se a necessidade em identificar adequadamente a presença de fraqueza muscular nessa população. Dessa forma, realizou-se uma busca na literatura por estudos que constatassem qual a melhor fórmula de predição para uso como referência em um grupo de pacientes brasileiros com DPOC, não tendo sido encontrada essa melhor fórmula. Portanto, na literatura científica atual, não se localizou estudo que comparasse as fórmulas de predição de força de QF e a concordância entre elas para a população brasileira. Devido à relevância desse tema, considerou-se estudar as diferenças entre as fórmulas de predição existentes para predição da força de QF.

Com base nesses fatos, o objetivo desse estudo foi comparar as três diferentes fórmulas disponíveis de predição do pico de força muscular, conforme propostas por Neder et al. (1999)¹⁷, Decramer et al. (1997)¹⁶ e Seymour et al. (2010)¹⁸. Objetivou-se também verificar as diferenças nas características dos pacientes com DPOC classificados como apresentando ou não fraqueza muscular de QF (pico de força < 80% do predito ou ≥ 80% do predito, respectivamente) de acordo com as três fórmulas¹⁹. Por fim, o terceiro objetivo deste estudo foi verificar a concordância entre estas fórmulas para identificar a presença de fraqueza de QF em pacientes com DPOC.

2 REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA

A DPOC é uma doença que cursa com obstrução permanente e progressiva do fluxo aéreo, está associada a uma resposta inflamatória crônica nas vias aéreas de pequeno calibre e a destruição do parênquima pulmonar. Essa resposta inflamatória decorre da presença de partículas em suspensão e gases nocivos. A exacerbação e as comorbidades contribuem de modo independente para a severidade da doença⁶.

Mesmo sendo uma doença prevenível e tratável por estar ligada ao hábito do tabagismo, a DPOC é uma causa importante de morbidade e mortalidade, resultando em um problema social e econômico de nível mundial. Em um estudo realizado em cinco países da América Latina (estudo PLATINO)⁵, observou-se que a prevalência da DPOC variou de 7,8% (95% CI 5,9–9,7) a 19,7% (17,2–22,2) e foi maior em homens, mais idosos e aqueles com maior exposição ao tabagismo. A incidência dessa doença tem aumentado progressivamente, pois além do envelhecimento e do aumento da sobrevivência da população mundial, a exposição ao tabaco e a poluição de grandes centros têm aumentando nas últimas décadas^{5, 6}.

A patofisiologia da doença está relacionada com alterações funcionais das vias aéreas e também do parênquima pulmonar como o aumento crônico da resposta inflamatória do trato respiratório, aumento de células inflamatórias em todo o tecido pulmonar e alteração estrutural que está relacionada com o processo de injúria e reparação⁷. Os sintomas característicos da DPOC são dispnéia progressiva, tosse e produção de secreção pulmonar. Esses sintomas são capazes de limitar a capacidade de exercício desses pacientes^{6, 20}. Além das alterações pulmonares, são também relatadas alterações de caráter sistêmico, como o descondicionamento físico, fraqueza muscular, inflamação sistêmica, estresse oxidativo aumentado, perda de peso, desnutrição (em alguns casos podendo evoluir para a caquexia), ansiedade, depressão e isolamento social^{21, 22}. Todos esses fatores contribuem para a piora do estado de saúde dos pacientes com DPOC. Um importante

exemplo dos efeitos sistêmicos da doença é a disfunção muscular periférica^{7, 8}, conforme se descreve abaixo.

2.2 DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA E DISFUNÇÃO MUSCULAR PERIFÉRICA

Os músculos dos membros inferiores (MMII) são considerados essenciais para manter a capacidade de movimentar o corpo humano durante as atividades de vida diária e exercícios físicos. A quantidade de força gerada pelos músculos é determinada pela velocidade de encurtamento das fibras musculares e do tipo de contração realizada, como também é influenciada pelo número, tamanho e tipo de unidade motora recrutada⁸. Mudanças estruturais nos músculos de MMII de pacientes com DPOC são comumente relatadas na literatura. A maioria dessas alterações foram verificadas no músculo quadríceps femoral, embora algumas dessas modificações também foram relatadas em músculos mais distais dos MMII, como por exemplo os músculos gastrocnêmio e tibial anterior⁸.

Uma das alterações às quais os pacientes com DPOC estão vulneráveis é a atrofia muscular. A magnitude de perda da massa muscular da coxa é maior em relação ao peso corporal total, mostrando uma perda preferencial dos tecidos musculares²³⁻²⁵. A literatura indica a importância em avaliar a composição corporal de pacientes com DPOC para acompanhar com precisão a atrofia muscular, pois 26% dos pacientes com DPOC com IMC normal também apresentam redução da massa magra²⁶. Outra importante alteração da função muscular na qual os pacientes com DPOC em estado mais avançado estão suscetíveis é a mudança na distribuição do tipo de fibra do músculo quadríceps, com diminuição dos números de fibras do tipo I e aumento das fibras do tipo II^{24, 27}. Também ocorrem nessa população mudanças na capilarização, sendo as mais evidenciadas a redução da densidade capilar e a diminuição no número de capilares por fibra muscular²⁸. Além de todas as alterações citadas previamente, ocorre a alteração da função mitocondrial muscular, e, portanto, a capacidade oxidativa dos músculos locomotores torna-se reduzida⁸.

A disfunção muscular afeta os grupos musculares de formas

distintas, e, por conseguinte, a fraqueza muscular não é homoganeamente distribuída entre os grupos musculares. Embora a fraqueza muscular também possa ser encontrada em membros superiores, a força desses músculos é menos prejudicada do que a de músculos dos MMII, além dos músculos de MMII apresentarem maior comprometimento estrutural e funcional dos que os músculos de MMSS^{11, 23, 25}. O *endurance* muscular dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial e deltóide posterior é relativamente preservado em pacientes com DPOC^{29, 30}. O comprometimento funcional dos músculos dos MMII é comum em pacientes com DPOC, sendo responsável por consequências clínicas importantes para essa população, uma vez que está associada com baixa tolerância ao exercício³¹, redução na qualidade de vida³², maior utilização dos recursos de saúde¹⁶ e maior risco de mortalidade³³.

2.3 DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA E A AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR

A capacidade dos músculos locomotores em gerar força e resistência muscular está alterada em pacientes com DPOC devido à disfunção muscular decorrente da doença. Portanto, a avaliação da força muscular dos MMII nessa população se faz fundamental. O músculo quadríceps femoral representa um músculo locomotor primário e que geralmente está comprometido nesses pacientes, além de ser acessível para avaliação⁸. Apesar da avaliação da força muscular não ser a forma mais sensível de se avaliar a disfunção muscular periférica, é certamente considerada uma possibilidade.

A força muscular do QF pode ser avaliada por métodos volitivos (ou voluntários) com diferentes abordagens, incluindo o teste muscular manual, máquinas multi-estação, uso de pesos livres, dispositivos portáteis (por exemplo, dinamômetro e célula de carga), ou ainda com sistemas mais complexos e de maior custo como os dinamômetros isocinéticos. Outra forma de medir a força muscular periférica do QF é por métodos não volitivos (ou involuntários), como a estimulação elétrica ou magnética do músculo ou nervo⁸,

34

O teste manual de força muscular é comumente utilizado na

prática clínica, porém é limitado por sua confiabilidade, pois a avaliação depende da classificação subjetiva do examinador. A escala utilizada de 5 graus apresenta limitações principalmente para pacientes com força igual ou superior a grau 4, e pode ser pouco sensível às mudanças ao longo do tempo^{8, 35, 36}.

O dinamômetro isocinético pode ser utilizado para a avaliação isométrica e isocinética (maior força muscular gerada na amplitude de movimento da articulação com velocidade angular determinada)⁸. A metodologia é considerada segura e acurada, com alta confiabilidade³⁴. No entanto, tem custo relativamente elevado e exige um avaliador altamente treinado, o que inviabiliza o seu uso na prática clínica^{37, 38}.

A avaliação não volitiva (ou involuntária) da força muscular é realizada aplicando-se um estímulo supra-máximo elétrico ou magnético ao nervo motor (nervo femoral – QF) o que gera uma despolarização que promove uma contração isométrica involuntária^{8, 34}. Atualmente tem-se utilizado esse método de avaliação para detectar fadiga muscular em pacientes com DPOC³⁹. Algumas questões metodológicas influenciam na resposta ao teste, dentre elas a determinação da localização anatômica precisa para a estimulação, a determinação da intensidade apropriada do estímulo aplicado e também a capacidade de analisar o sinal obtido^{40, 41}.

Um método frequentemente utilizado para a avaliação isométrica em pacientes com DPOC é a contração isométrica voluntária máxima utilizando o dinamômetro portátil, um aparelho considerado simples, de baixo custo e viável para a prática clínica^{8, 34}. Geralmente este dispositivo é utilizado em conjunto com o teste manual do músculo com intuito de obter uma medida objetiva da força muscular gerada em unidades reais de força (newtons ou quilogramas)³⁴. A literatura mostra que esse método de avaliação pode ser considerado confiável⁴²⁻⁴⁴. Ele apresenta maior sensibilidade para detectar alterações após uma intervenção, e também para avaliar pacientes com DPOC organizados em grupos; no entanto, esse método é pouco sensível na avaliação individual dos pacientes⁴²⁻⁴⁴.

Um estudo realizado por Probst et al.⁴⁵ evidenciou que a avaliação isométrica realizada com dinamômetro portátil adaptado e fixado a

um aparelho multi-estação apresenta uma correlação forte ($r=0,88$; $P<0,001$) com a avaliação realizada pelo dinamômetro isocinético (padrão ouro) e os dois métodos apresentaram diferença de apenas 6% do predito. O estudo confirmou que a avaliação isométrica realizada por um dinamômetro portátil adaptado e fixado a um aparelho de multiestação é uma forma viável e acurada para avaliar a força muscular em pacientes com DPOC.

2.4 FÓRMULAS DE PREDIÇÃO DE FORÇA MUSCULAR DE QUADRÍCEPS FEMORAL

Estudos prévios mostram que a massa muscular de um indivíduo apresenta correlação com seu gênero e idade. Sabe-se que os homens têm mais massa muscular, tanto em valores absolutos quanto em porcentagem do peso corporal total^{46, 47}. A força muscular em valores absolutos também é maior em homens, porém quando a força é corrigida para a massa muscular a diferença entre os gêneros não é mais encontrada^{47, 48}.

Em virtude dessas diferenças entre gêneros e idade, estas variáveis antropométricas cujos valores são facilmente obtidos, geralmente são utilizadas nas fórmulas de referência. Com isso tem-se a possibilidade de prever, para cada paciente, o valor de força muscular que deveria alcançar, caso fosse saudável. A comparação da força muscular predita por meio de uma dessas fórmulas com a força muscular medida, permite a classificação em ausência ou presença de fraqueza.

Três fórmulas de referência para pico de força do quadríceps femoral foram encontradas na literatura: as propostas por Neder et al.^{17,17}, Decramer et al.¹⁶ e Seymour et al.¹⁸ (Anexo C). Algumas diferenças importantes foram identificadas entre estas três fórmulas, conforme descrito a seguir.

A fórmula proposta por Neder et al.¹⁷ leva em consideração variáveis antropométricas como gênero, idade, altura e peso e fundamentou-se em um estudo realizado com a população brasileira (96 indivíduos saudáveis) em que a faixa etária variou de 20 a 80 anos. A avaliação da força muscular foi realizada com dinamômetro isocinético, com unidade de medida em Newtonmetro (Nm). A fórmula apresenta um coeficiente de determinação da sua

análise de regressão alto, que explica 81% da variância total.

A fórmula de Seymour et al.¹⁸, que foi desenvolvida mais recentemente, avaliou um número maior de indivíduos saudáveis (212) com uma faixa etária mais restrita, variando entre 40 a 90 anos. As variáveis que são levadas em consideração são o gênero, a idade, a altura e a massa magra. A maneira em que foi avaliada a força muscular periférica difere das demais, pois foi utilizada a avaliação isométrica por meio da célula de carga, que fornece os valores em quilogramas. A fórmula apresenta um coeficiente modesto de determinação da sua análise de regressão, que explica 50% da variância total.

A fórmula proposta por Decramer et al.¹⁶ leva em consideração o gênero, a idade e o peso; foi realizada com indivíduos saudáveis, e a sua unidade de medida foi em Nm. Porém, as informações sobre a fórmula são restritas, pois não é informado qual é o valor do coeficiente de determinação, o número de indivíduos avaliados na pesquisa, e a faixa etária da população, o que torna incerta a sua aplicabilidade.

Uma vez que fatores de variação como idade, peso e gênero interferem na força muscular periférica, faz-se necessário determinar valores de referência (ou de normalidade) que levem em consideração tais fatores, para que seja possível uma adequada interpretação da presença (ou não) de fraqueza muscular periférica. Porém, não há valores de referência universais para força muscular periférica, e a diferença entre as fórmulas de predição disponíveis não foi explorada em profundidade na literatura científica.

3 ARTIGO

ANÁLISE DE DIFERENTES FÓRMULAS DE PREDIÇÃO DE FORÇA MUSCULAR DO QUADRÍCEPS FEMORAL EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA (DPOC)

(Formatado de acordo com as normas de formatação do periódico *Jornal Brasileiro de Pneumologia*)

Título: Análise de diferentes fórmulas de predição de força muscular do quadríceps femoral em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)

Title: Analysis of different equations to predict quadriceps femoris muscle strength in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD)

Autores:

Aline G. Nellessen¹; Leila Donária¹; Nidia A. Hernandez¹; Fabio Pitta¹.

¹Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Pulmonar (LFIP), Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil.

Titulações:

Aline Gonçalves Nellessen – Fisioterapeuta, Mestranda em Ciências da Reabilitação pela Universidade Estadual de Londrina, Brasil

Leila Donária – Fisioterapeuta, Mestre em Ciências da Reabilitação pela Universidade Estadual de Londrina, Brasil

Nidia Aparecida Hernandez – Fisioterapeuta, Doutora em Fisioterapia pela Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

Fabio Pitta – Fisioterapeuta, Doutor em Rehabilitation Sciences pela Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica.

Endereço para correspondência:

Prof. Fabio Pitta

Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Pulmonar (LFIP), Departamento de Fisioterapia, Avenida Robert Koch, 60 – Vila Operária, 86038-350, Londrina – Paraná, Brasil. Telefone: 43 3371-2477; E-mail: fabiopitta@uol.com.br

Resumo:

Objetivo: Comparar três diferentes fórmulas de predição do pico de força muscular do quadríceps femoral (QF) propostas por Neder et al.(1999), Decramer et al.(1997) e Seymour et al.(2010), e investigar a concordância entre elas para identificar fraqueza muscular em pacientes com DPOC.

Métodos: Cinquenta e seis pacientes com DPOC foram avaliados quanto ao pico de força muscular periférica do QF por meio de dinamometria (contração isométrica voluntária máxima de extensão de joelho). Os valores preditos foram calculados com base nas três fórmulas propostas. **Resultados:** A proporção de pacientes que apresentavam fraqueza muscular de QF (pico de força <80% predito) pelas fórmulas de Neder et al., Decramer et al. e Seymour et al. foi respectivamente, 59%, 68% e 70%, sem diferença estatisticamente significativa nas proporções. A comparação da porcentagem do predito obtida pelas três fórmulas mostrou a de Neder et al. com maiores valores quando comparada às fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al., e ausência de diferença entre estas duas. A fórmula de Neder et al. apresentou concordância mediana com as fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al., enquanto estas duas fórmulas apresentaram baixa concordância entre si. **Conclusão:** As três fórmulas foram equivalentes para classificar pacientes com DPOC com presença ou ausência de fraqueza quanto à sua força do quadríceps femoral. A fórmula de Neder et al., no entanto, apresentou maior valor do pico de força e melhor concordância com as fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al., que não concordaram entre si.

Descritores: Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; Força muscular; Músculo Quadríceps femoral; Valores de referência.

Abstract:

Objective: To compare three different equations which predict peak muscle force of quadriceps femoris (QF) as proposed by Neder et al. (1999), Decramer et al. (1997) and Seymour et al. (2010); furthermore, to investigate the agreement among these equations to identify QF weakness in patients with COPD. **Methods:** Fifty-six patients with COPD underwent assessments of QF peak force by dynamometry (maximal voluntary isometric contraction of knee extension). Predicted values were calculated from the three proposed equations. **Results:** The proportion of patients who presented QF weakness (peak muscle force <80% of predict) by the equations of Neder et al., Decramer et al. and Seymour et al. were respectively 59%, 68% and 70%, and there was no significant difference among them. The comparison of the percentage of predicted value obtained by the three equations showed the equation of Neder et al. with higher value when compared to the equations by Decramer et al. and Seymour et al. The equation by Neder et al. presented moderate agreement with the equations by Decramer et al. and Seymour et al., whereas these two equations showed weak agreement between themselves. **Conclusion:** The three equations did not present differences when classifying patients with COPD according to the presence or absence of knee extension weakness. The equation by Neder et al. presented higher peak force and better agreement with the equations by Decramer et al. and Seymour et al., which did not agree well with each other.

Keywords: Pulmonary Disease; Chronic Obstructive; Muscle Strength; Quadriceps Femoris; Reference Values.

INTRODUÇÃO

Pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) apresentam alterações funcionais das vias aéreas e também do parênquima pulmonar como o aumento crônico da resposta inflamatória do trato respiratório, aumento de células inflamatórias em todo o tecido pulmonar e alterações estruturais relacionadas ao processo de injúria e reparação^{1, 2}. Além das alterações pulmonares, a doença se caracteriza também por alterações de caráter sistêmico, como inflamação sistêmica e estresse oxidativo aumentado, alterações nutricionais como a perda de peso e a caquexia, e disfunção generalizada dos músculos esqueléticos. A disfunção muscular também afeta os músculos respiratórios, principalmente os inspiratórios, tanto em termos estruturais quanto funcionais^{1,2}.

A disfunção muscular periférica pode ser definida como a perda de uma das duas principais propriedades do músculo: que são a capacidade de gerar força e a capacidade de *endurance* (ou resistência)³. A disfunção é representada pela fraqueza muscular, redução da resistência muscular e pela presença de fadiga⁴. Destaca-se que esses três fatores podem estar presentes simultaneamente. O declínio da força muscular dos membros inferiores, principalmente do músculo quadríceps femoral, mostrou-se de duas a quatro vezes mais rápido em pacientes com DPOC do que em indivíduos saudáveis⁵. Além disso, na DPOC, o comprometimento do quadríceps femoral é mais acentuado do que dos músculos de membros superiores⁶.

A fraqueza do quadríceps femoral na DPOC de grave/muito grave é prevalente em cerca de 50% dos pacientes⁷. Esse comprometimento traz consequências clínicas importantes para essa população^{3, 8, 9}, uma vez que

está associado com baixa tolerância ao exercício¹⁰, redução na qualidade de vida¹¹, maior utilização dos recursos de saúde¹², e maior risco de mortalidade¹³.

Por esses motivos, é de suma importância avaliar a força muscular dos membros inferiores e identificar a presença de fraqueza muscular. Uma forma relativamente simples, de baixo custo e de fácil aplicação para quantificar a força muscular do músculo quadríceps femoral é a avaliação do pico de força durante a contração isométrica voluntária máxima, que pode ser realizada por meio de dinamometria, inclusive com dinamômetro portátil^{9, 14}. Sabe-se que a força muscular de membros inferiores está positivamente relacionada a variáveis como idade e peso corporal, e que homens apresentam uma maior força muscular quando comparados às mulheres^{7, 15}. Para que se leve em consideração esses fatores de variação (idade, peso, gênero), faz-se necessário ter valores de referência (ou de normalidade) para se interpretar adequadamente a força muscular periférica. Porém, não há valores de referência universais para força muscular periférica e a diferença entre as fórmulas de predição disponíveis não foi explorada em profundidade na literatura científica.

Levando essas informações em consideração, o objetivo deste estudo foi comparar três diferentes fórmulas de predição do pico de força muscular de quadríceps femoral, propostas por Neder et al. (1999)¹⁶, Decramer et al. (1997)¹² e Seymour et al. (2010)⁷. Objetivou-se também investigar a concordância entre elas para identificar fraqueza muscular em pacientes com DPOC; e verificar as características dos pacientes classificados com presença ou ausência de fraqueza de acordo com as três fórmulas.

MÉTODOS

Em um estudo transversal, foram incluídos 56 pacientes com DPOC recrutados durante a avaliação inicial de um programa de treinamento físico no Hospital Universitário da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil. Os critérios de inclusão para este estudo foram: diagnóstico clínico de DPOC, estabelecido conforme os critérios do Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)¹; estabilidade clínica, sem infecções e exacerbações nos últimos 3 meses; ausência de doença cardíaca severa e/ou instável; e ausência de alterações ósteo-neuro-musculares que limitassem as atividades físicas na vida diária, não ter realizado treinamento físico no último ano. Os pacientes seriam excluídos caso não conseguissem realizar os testes propostos no estudo.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina (nº 061/06). Todos os pacientes foram informados com relação aos procedimentos e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes de sua participação no estudo.

Função Pulmonar

A avaliação da função pulmonar (espirometria) foi realizada utilizando-se o espirômetro Spirobank-MIR (MIR, Itália) versão 3.6 acoplado a um microcomputador. A técnica foi realizada de acordo com as diretrizes da *American Thoracic Society / European Respiratory Society*¹⁷, com aferição do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), capacidade vital forçada (CVF), índice VEF₁/CVF e ventilação voluntária máxima (VVM). Os valores de normalidade utilizados foram os referentes à população brasileira¹⁸.

Composição Corporal

Os pacientes foram submetidos à avaliação da composição corporal por meio de bioimpedância elétrica (BIODYNAMICS Modelo 310 versão 5.2). O teste foi realizado de acordo com o protocolo descrito por Lukaski et al.¹⁹. O aparelho fornece como desfechos o percentual de gordura corporal e o peso de gordura total, peso de massa magra, total de água corporal, porcentagem da massa magra e taxa metabólica basal. Os valores de referência utilizados foram descritos por Kyle et al.²⁰ e são específicos para pacientes com insuficiência respiratória crônica.

Força Muscular Periférica

A força muscular periférica, representada pelo pico de força muscular isométrica de extensores de joelho, foi avaliada por meio do dinamômetro portátil MicroFet 2 (*HogganHealth*, Estados Unidos da América), modo *High Threshold*²¹. O dinamômetro portátil foi fixado em um aparelho multi-estação (CRW 1000; Brasil), com fixação do ângulo de avaliação em 60° de flexão de joelho pois este é o ângulo articular em que o músculo quadríceps femoral desenvolve a maior força muscular, ou seja, ângulo no qual o maior torque é desenvolvido pelo músculo^{22, 23}. O paciente foi posicionado sentado com apoio para as costas, postura ereta, com 90° de flexão de quadril e mãos sobre os respectivos membros inferiores (coxa)⁵ (figura 1). A avaliação foi composta por contração isométrica voluntária máxima de quadríceps femoral (extensão de joelho) com duração de seis segundos. Foram realizadas no mínimo quatro e no máximo dez medidas de cada membro inferior avaliado. Essa variação de número de medidas ocorreu para que a última medida não fosse a de maior

valor durante o teste e levando-se em consideração que os três valores mais altos se diferenciavam menos de 5%. Para análise foi considerado o maior valor⁵. O teste foi realizado por um avaliador devidamente treinado, com encorajamento verbal padronizado e vigoroso durante a manobra, com o objetivo de estimular o paciente a desempenhar um esforço máximo durante todo o tempo de contração muscular. Os valores de referência aplicados foram os propostos por Neder et al.¹⁶ (valores desenvolvidos com uma população brasileira), Decramer et al.¹² (população belga) e Seymour et al.⁷ (população inglesa). Os pacientes foram classificados com presença de fraqueza (< 80% do predito) e ausência de fraqueza (\geq 80% do predito), de acordo com a porcentagem do predito de cada fórmula²⁴.

Análise Estatística

Para a análise da normalidade na distribuição dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. As variáveis que apresentaram distribuição normal foram expressas em média e desvio padrão; caso contrário, expressas em mediana e intervalo interquartil (25–75%). As variáveis categóricas foram expressas em frequência absoluta e relativa.

Para comparar a média da porcentagem do predito das três fórmulas foi utilizado o teste de Friedman com pós-teste de Dunn's, enquanto o teste qui-quadrado foi utilizado para comparar as proporções de pacientes classificados com presença e ausência de fraqueza de acordo com as três diferentes fórmulas. Os testes *t Student* não pareado, ou *Mann-Whitney*, e o teste de qui-quadrado (variáveis categóricas) foram utilizados para realizar a comparação das características dos pacientes classificados como tendo ou não fraqueza de

QF de acordo com as três fórmulas de predição. Para verificar a correlação entre a idade e a força muscular periférica, tanto em valores absolutos quanto em porcentagem do predito, foram utilizados os coeficiente de correlação de *Pearson* ou *Spearman*. Para verificar o grau de concordância entre as fórmulas foi utilizado o coeficiente de Kappa (par a par)²⁵. O nível de significância estatística utilizado para todos os testes foi de $P < 0,05$. Os softwares utilizados para a análise estatística e disposição gráfica foram o Statistical Package of Social Science 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) e o GraphPad Prism 6 (GraphPad Software Inc., La Jolla, California, USA).

RESULTADOS

A tabela 1 descreve as características gerais dos pacientes incluídos na amostra (n=56). Não ocorreram exclusões. Em geral, a amostra foi caracterizada por obstrução moderada a muito grave das vias aéreas, idade 66 ± 9 anos e baixa porcentagem dos valores preditos de massa magra.

Como esperado, os pacientes classificados como não tendo fraqueza de QF de acordo com as três fórmulas tinham pico de força mais alto do que pacientes classificados com presença de fraqueza, tanto em Nm quanto em Kg (Tabela 2). Os pacientes que apresentavam fraqueza de QF pelas fórmulas de Neder et al. e Decramer et al. tinham menor idade quando comparados aos pacientes sem fraqueza. A idade não apresentou correlação com a força muscular de QF em valores absolutos ($r = -0,06$, $P = 0,7$ para N.m e $r = -0,07$, $P = 0,6$ para Kg) e correlação fraca com a porcentagem do predito das fórmulas de Neder et al. e Decramer et al. ($r = 0,32$, $P = 0,02$ e $r = 0,38$, $P = 0,004$; respectivamente). Os pacientes classificados com presença de fraqueza pela

fórmula de Decramer et al.¹² apresentaram IMC caracterizado como sobrepeso e menor massa magra em porcentagem dos valores preditos.

A proporção de pacientes que atingiu um valor inferior a 80% do predito na força de quadríceps pelas fórmulas de Neder et al., Decramer et al. e Seymour et al. foi respectivamente 59%, 68% e 73%, sem diferença estatisticamente significativa (Figura 2). Entretanto, a comparação do pico de força em porcentagem do predito mostrou que a fórmula de Neder et al. apresentou maiores valores quando comparada às fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al. (75 [63-90] %predito vs 69 [56-86] %predito e vs 67 [57-86] %predito, respectivamente; $P=0,002$). O pico de força em porcentagem do predito pelas fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al. não apresentou diferença estatisticamente significativa (Figura 3).

A respeito da concordância entre as fórmulas, a fórmula de Neder et al. apresentou concordância moderada com as fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al. (Kappa = 0,66 IC95% [0,42;0,82] e Kappa = 0,62 IC95%[0,41;0,83], respectivamente). A concordância entre as fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al. também foi moderada, porém menor (Kappa = 0,52 IC95%[0,28;0,76]).

DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou que as três fórmulas estudadas (Neder et al.¹⁶, Decramer et al.¹² e Seymour et al.⁷) apresentaram semelhança para a caracterização dos pacientes com DPOC como tendo ou não fraqueza do QF (< 80% do predito e \geq 80% do predito, respectivamente). Porém, a fórmula de predição de Neder et al.¹⁶ evidenciou maior valor em porcentagem do predito

em comparação às outras duas fórmulas, além de apresentar melhor concordância com elas.

A fórmula proposta por Neder et al.¹⁶ fundamentou-se em uma pesquisa realizada com 96 indivíduos brasileiros com uma ampla faixa de variação de idade (20 a 80 anos), com aleatorização de 15 indivíduos para cada faixa etária. A avaliação da força muscular foi realizada com dinamômetro isocinético, com unidade de medida em Newton metro (Nm). A fórmula apresenta um alto coeficiente de determinação da sua análise de regressão, que explica 81% da variância total, e utiliza variáveis simples como o gênero, a idade, a altura e o peso, que são consideradas medidas simples e de baixo custo que podem ser realizadas em ambientes clínicos.

A fórmula proposta por Seymour et al.⁷ leva em consideração o gênero, a idade, a altura e a massa magra, dificultando o seu uso na prática clínica por tornar necessária a avaliação da massa magra corporal (por bioimpedância corporal ou dual-energy X-ray absorptiometry - DEXA). Para seu desenvolvimento foi avaliada a força muscular periférica em 212 indivíduos saudáveis com idade entre 40 a 90 anos por meio de uma célula de carga, com unidade de medida em quilogramas (Kg). A sua faixa etária é mais restrita, porém para sua aplicabilidade para pacientes com DPOC é adequada, pois a maior parte dos pacientes com DPOC encontram-se nessa faixa etária²⁶. A fórmula apresenta um coeficiente modesto de determinação da sua análise de regressão, que explica 50% da variância total.

A fórmula proposta por Decramer et al.¹² leva em consideração o gênero, a idade e o peso de indivíduos saudáveis, e a sua unidade de medida foi em Nm. As informações sobre a fórmula são restritas, pois não é informado

qual é o número de indivíduos avaliados na pesquisa, a faixa etária da amostra e o valor do coeficiente de determinação, o que limita o entendimento sobre sua aplicabilidade. Os autores deste estudo foram contactados para fornecer essas informações, porém não houve resposta.

No presente estudo observamos que a porcentagem de pacientes classificados com presença de fraqueza variou de 59 a 73%; no entanto, a literatura mostra que a proporção de pacientes com DPOC com maior gravidade da doença, similar à amostra incluída no presente estudo, que apresentam fraqueza é de aproximadamente 50%^{5, 7, 15}. Porém, não há uma definição concreta sobre um ponto de corte para determinar fraqueza muscular do quadríceps femoral, e nem mesmo o *Guideline*⁹ mais atualizado sobre disfunção muscular periférica em pacientes com DPOC indica um ponto de corte para determinação de presença ou ausência de fraqueza muscular. Esta ausência de uma definição sobre o que caracteriza a presença de fraqueza muscular possivelmente explica essa diferença. Seymour et al.⁷ utilizaram em seu estudo outro ponto de corte para determinar a presença ou ausência de fraqueza, porém a unidade de medida utilizada foi quilogramas, impossibilitando a sua utilização no presente estudo pois as demais fórmulas estudadas utilizam a unidade de medida Newton.metros (N.m). Os pacientes classificados com presença de fraqueza no presente estudo são semelhantes aos sem fraqueza no que diz respeito à obstrução das vias aéreas, classificação do GOLD¹ e gênero. Seymour et al. afirmaram não haver diferença em relação à proporção de pacientes classificados com presença de fraqueza quando levados em consideração o gênero e a gravidade da doença de acordo com o GOLD⁷.

No presente estudo, a fórmula de Neder et al. gerou maior valor de pico de força em porcentagem do predito do que as outras duas fórmulas. Há claros indícios de que pacientes brasileiros com DPOC apresentam melhor desempenho no TC6min e maior nível de atividade física na via diária do que pacientes da Europa²⁷ e mesmo da América Latina²⁸. Sabe-se também que a força muscular do quadríceps é um fator determinante para o desempenho no TC6min¹⁰, além de apresentar correlação moderada com o nível de atividade física diária^{12, 29}. Então, pode-se hipotetizar que pacientes brasileiros também teriam força muscular de quadríceps superior à de outras populações. Esses fatores podem explicar porque a fórmula de Neder et al., desenvolvida com indivíduos brasileiros, gera maiores valores na presente amostra e parece ser mais adequada a essa população do que as fórmulas desenvolvidas com populações de outros países. Tal hipótese merece investigações futuras, porém já se sabe que, idealmente, os valores de referência a serem utilizados devem se aproximar o máximo possível com a população que está sendo estudada³⁰. O presente estudo parece corroborar esses conceitos, indicando a fórmula de Neder et al. como a mais aplicável para a população brasileira. O mesmo pode ser futuramente estudado (e confirmado) em outras populações, como as de origem das outras duas fórmulas estudadas, inglesa e belga.

Uma possível explicação para o fato de os pacientes classificados sem fraqueza, de acordo com as fórmulas de Neder et al. e Decramer et al., serem mais velhos é que nas três fórmulas analisadas o coeficiente multiplicativo da idade é negativo, sendo menor nas fórmulas de Neder et al. e Decramer et al. Em outras palavras, estas fórmulas prevêm que quanto maior a idade do paciente, menor será a força muscular esperada. Outro fator que pode explicar

este achado é que a idade não se correlacionou com a força muscular do QF em valores absolutos nos pacientes do presente estudo, porém apresentou correlação moderada e positiva com a porcentagem do predito das fórmulas de Neder et al. e Decramer et al.

Uma limitação do presente estudo é que a amostra contempla apenas um único paciente com DPOC leve, o que pode afetar a capacidade de generalização dos nossos resultados para esse subgrupo; no entanto, pacientes com doença leve não eram o alvo da presente investigação pois a possibilidade de disfunção muscular de quadríceps nesse subgrupo é menor, embora presente. Outra limitação foi a avaliação do pico de força por meio de um dinamômetro portátil, e não por métodos de contração involuntária estimulada ou de dinamometria isocinética. Entretanto, o método utilizado no presente estudo utilizou-se de um dinamômetro portátil “fixado” em uma cadeira de avaliação, de forma a simular a posição e metodologia da contração voluntária máxima realizada em dinamometria isocinética. Já foi mostrado previamente que esse método se correlaciona fortemente com o padrão ouro e é altamente reprodutível³¹, além de não trazer prejuízos significativos à acurácia da medida³²⁻³⁴. Por fim, não foi viável realizar o cálculo de sensibilidade e especificidade de cada fórmula pois não havia no presente estudo um método considerado padrão-ouro (ou referência) para determinação da real presença de fraqueza muscular em cada paciente.

O presente estudo tem como principal implicação clínica o fato de apontar ao fisioterapeuta a fórmula que melhor identifica a presença ou ausência de fraqueza em pacientes brasileiros com DPOC, facilitando a prática clínica desses profissionais. A identificação de fraqueza muscular nesses

pacientes auxilia o fisioterapeuta a estabelecer o melhor plano de tratamento de forma individualizada.

Concluí-se que, em pacientes com DPOC, as três fórmulas foram equivalentes para caracterizar os pacientes como apresentando ou não fraqueza de QF. Os pacientes caracterizados por fraqueza de QF pelas fórmulas de Neder et al. e Decramer et al. são mais novos e, de acordo com a fórmula de Decramer et al., apresentaram menor proporção de massa magra e maior IMC. A fórmula de predição de Neder et al. evidenciou maior valor do pico de força em porcentagem do predito em comparação às demais, além de apresentar maior concordância com as demais fórmulas. Esses resultados reforçam que, sempre que disponível (como é o caso do Brasil), recomenda-se utilizar uma fórmula de predição que seja baseada numa população o mais próxima possível da população alvo.

REFERÊNCIAS

1. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease.; [2014; cited 2014 15 Set]; Available from: www.goldcopd.org.
2. Agustí AG, Noguera A, Saucedo J, Sala E, Pons J, Busquets X. Systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*. 2003;21(2):347-60.
3. Gea J, Agustí A, Roca J. Pathophysiology of muscle dysfunction in COPD. *J Appl Physiol*. 2013;114(9):1222-34.
4. Gea J, Orozco-Levi M, Barreiro E, Ferrer A, Broquetas J. Structural and functional changes in the skeletal muscles of COPD patients: the "compartments" theory. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2001;56(3):214-24.

5. Hopkinson NS, Tennant RC, Dayer MJ, Swallow EB, Hansel TT, Moxham J. et al. A prospective study of decline in fat free mass and skeletal muscle strength in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Res.* 2007;8:25.
6. Bernard S, LeBlanc P, Whittom F, Carrier G, Jobin J, Belleau R. et al. Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158(2):629-34.
7. Seymour JM, Spruit MA, Hopkinson NS, Natanek SA, Man WD, Jackson A. et al. The prevalence of quadriceps weakness in COPD and the relationship with disease severity. *Eur Respir J.* 2010;36(1):81-8.
8. Carrai R, Scano G, Gigliotti F, Romagnoli I, Lanini B, Coli C. et al. Prevalence of limb muscle dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease admitted to a pulmonary rehabilitation centre. *Clin Neurophysiol.* 2012;123(11):2306-11.
9. Maltais F, Decramer M, Casaburi R, Barreiro E, Burelle Y, Debigare R. et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;189(9):15-62.
10. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;153(3):976-80.
11. Mostert R, Goris A, Weling-Scheepers C, Wouters EF, Schols AM. Tissue depletion and health related quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med.* 2000;94(9):859-67.
12. Decramer M, Gosselink R, Troosters T, Verschueren M, Evers G. Muscle weakness is related to utilization of health care resources in COPD patients. *Eur Respir J.* 1997;10(2):417-23.
13. Swallow EB, Reyes D, Hopkinson NS, Man WD, Porcher R, Cetti EJ. et al. Quadriceps strength predicts mortality in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 2007;62(2):115-20.
14. Robles PG, Mathur S, Janaudis-Ferreira T, Dolmage TE, Goldstein RS, Brooks D. Measurement of peripheral muscle strength in individuals with

chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2011;31(1):11-24.

15. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil.* 2000;20(6):353-60.

16. Neder JA, Nery LE, Shinzato GT, Andrade MS, Peres C, Silva AC. Reference values for concentric knee isokinetic strength and power in nonathletic men and women from 20 to 80 years old. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(2):116-26.

17. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A. et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38.

18. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007 Aug;33(4):397-406.

19. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol.* 1986;60(4):1327-32.

20. Kyle UG, Pichard C, Rochat T, Slosman DO, Fitting JW, Thiebaud D. New bioelectrical impedance formula for patients with respiratory insufficiency: comparison to dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur Respir J.* 1998;12(4):960-6.

21. O'Shea SD, Taylor NF, Paratz JD. Measuring muscle strength for people with chronic obstructive pulmonary disease: retest reliability of hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(1):32-6.

22. Lienhard K, Lauermann SP, Schneider D, Item-Glatthorn JF, Casartelli NC, Maffiuletti NA. Validity and reliability of isometric, isokinetic and isoinertial modalities for the assessment of quadriceps muscle strength in patients with total knee arthroplasty. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(6):1283-8.

23. Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol.* 1976;40(1):12-6.

24. Sillen MJ, Franssen FM, Delbressine JM, Vaes AW, Wouters EF, Spruit MA. Efficacy of lower-limb muscle training modalities in severely dyspnoeic individuals with COPD and quadriceps muscle weakness: results from the DICES trial. *Thorax*. 2014;69(6):525-31.
25. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-74.
26. Menezes AM, Jardim JR, Perez-Padilla R, Camelier A, Rosa F, Nascimento O. et al. Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease and associated factors: the PLATINO Study in Sao Paulo, Brazil. *Cad Saude Publica*. 2005;21(5):1565-73.
27. Pitta F, Breyer MK, Hernandez NA, Teixeira D, Sant'Anna TJ, Fontana AD. et al. Comparison of daily physical activity between COPD patients from Central Europe and South America. *Respir Med*. 2009;103(3):421-6.
28. Casanova C, Celli BR, Barria P, Casas A, Cote C, de Torres JP. et al. The 6-min walk distance in healthy subjects: reference standards from seven countries. *Eur Respir J*. 2011;37(1):150-6.
29. Osthoff AK, Taeymans J, Kool J, Marcar V, van Gestel AJ. Association between peripheral muscle strength and daily physical activity in patients with COPD: a systematic literature review and meta-analysis. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2013;33(6):351-9.
30. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D. An Official European Respiratory Society / American Thoracic Society Technical Standard: Field Walking Tests in Chronic Respiratory Disease. . *Eur Respir J*. In Press, Accepted 4th August 2014.
31. Probst VS, Troosters T, Heuzel K, Van Bael J, Decramer M, Gosselink R. Comparison of 2 devices for measuring quadriceps force in COPD patients [abstract]. *Eur Respir J*. 2004;24:666s.
32. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *Pm R*. 2011;3(5):472-9.

33. Mathur S, Makrides L, Hernandez P. Test-retest reliability of isometric and isokinetic torque in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Physiother Can.* 2004;56:94-101.

34. Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2007;27(6):346-53.

Tabela 1. Características gerais da amostra

	Amostra (n=56)
Gênero (H/M)	33/23
Idade (anos)	66±9
IMC (Kg.m⁻²)	26 [20-30]
Massa Magra (Kg)	45±10
Massa Magra (% predito)	66±10
VEF₁ (L)	1,0 [0,8-1,5]
VEF₁ (% predito)	44±17
CVF (L)	2,2 [1,6-2,7]
CVF (% predito)	66±15
VEF₁/CVF (%)	51 [39-67]
GOLD (I/II/III/IV)	(1/20/23/12)
PF Quadríceps (Nm)	89±29
PF Quadríceps (Kg)	29±10

Os dados foram apresentados em frequência absoluta, média ± desvio padrão ou mediana [intervalo interquartilico], a depender da normalidade na distribuição dos dados. H: homens; M: mulheres; IMC: Índice de Massa Corporal; VEF₁: Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo; CVF: Capacidade Vital Forçada; GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease; PF: Pico de Força de Quadríceps.

Tabela 2. Comparação entre as características dos pacientes classificados como tendo ou não fraqueza muscular de quadríceps pelas três fórmulas.

	Neder et al.		Decramer et al.		Seymour et al.	
	< 80% predito (n=33)	≥ 80% predito (n=23)	< 80% predito (n=38)	≥ 80% predito (n=18)	< 80% predito (n=41)	≥ 80% predito (n=15)
Gênero (H/M)	19/14	14/9	24/14	9/9	21/20	12/3
Idade (anos)	64±7	70±9*	64±8	70±9*	65±8	68±10
IMC (Kg.m⁻²)	24 [20-30]	26 [21-30]	27 [20-32]	22 [19-26]*	26 [20-30]	23 [19-29]
MM (Kg)	45±10	45±9	47±10	41±8*	44±10	47±9
MM (% predito)	66±11	66±9	64±10	70±10*	63[57-75]	67[62-76]
VEF₁ (L)	1,1 [0,8-1,5]	1,1 [0,8-1,5]	1,1 [0,8-1,5]	1,0 [0,7-1,5]	1,1[0,8-1,5]	1,2[0,9-1,7]
VEF₁ (% predito)	42±15	48±20	44±17	47±18	44±16	47±20
CVF (L)	2 [1,6-3,0]	2,1 [1,6-2,7]	2,1 [1,7-2,8]	2,3 [1,6-2,7]	2,1 [1,6-2,7]	2,4 [2,0-3,4]
CVF (% predito)	67±16	67±15	67±16	66±14	66±15	68±16
VEF₁/CVF (%)	50 [39-63]	64 [40-69]	51 [38-67]	59 [44-67]	52±14	53±17
GOLD (I/II/III/IV)	0/10/15/8	1/10/8/4	0/14/14/10	1/6/9/2	0/14/18/9	1/6/5/3
PF Quadríceps (Nm)	76±23	107±27*	83±25	100±34*	76±21	121±20*
PF Quadríceps (Kg)	25±8	35±9*	27±8	33±11*	25±7	40±7*

Os dados foram apresentados em frequência absoluta, média ± desvio padrão ou mediana [intervalo interquartilico], a depender da normalidade na distribuição dos dados. H: homens; M: mulheres; IMC: Índice de Massa Corporal; MM: Massa Magra; VEF₁: Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo; CVF: Capacidade Vital Forçada; GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease; PF: Pico de Força de Quadríceps. *: $P \leq 0,05$ versus <80% predito.

Figura 1. Avaliação do pico de força do músculo quadríceps femoral por meio da técnica de contração isométrica voluntária máxima da extensão de joelho (dinamômetro portátil Microfet2 fixado ao braço do banco extensor de joelho do aparelho multiestação e posicionado superiormente à articulação do tornozelo do membro dominante do paciente).

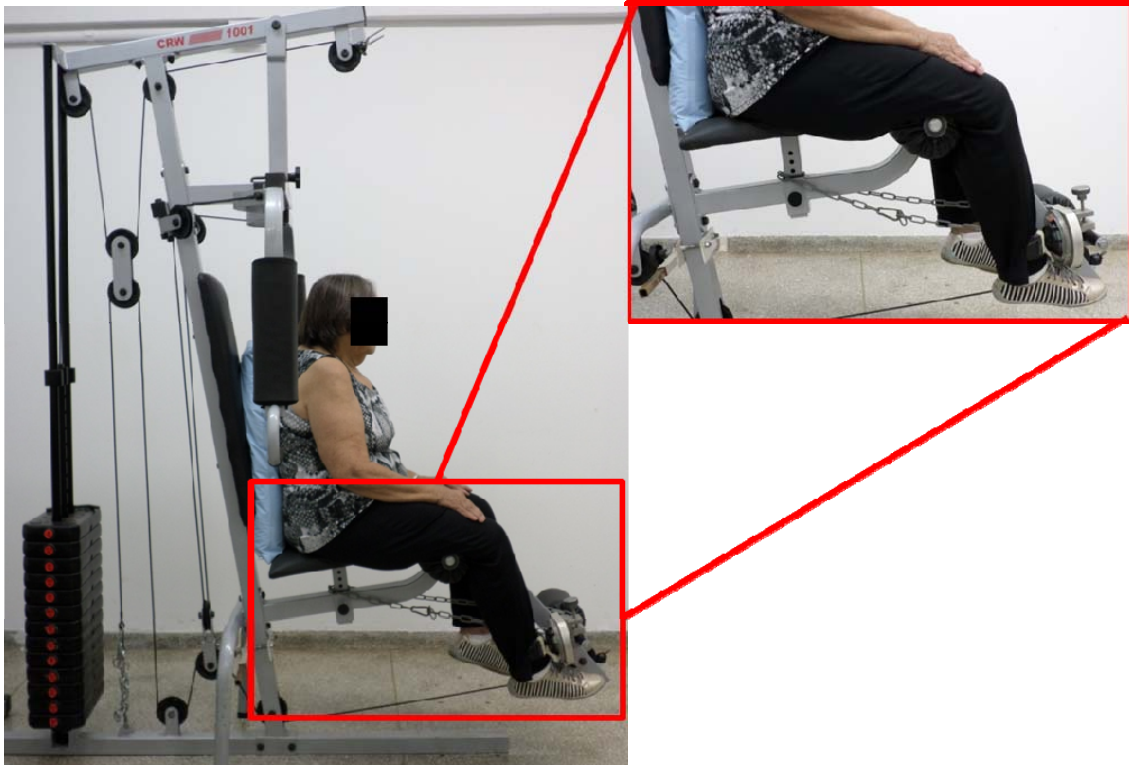


Figura 2. Comparação do número de pacientes que apresentaram ou não fraqueza de quadríceps femoral de acordo com as três fórmulas de predição do estudo.

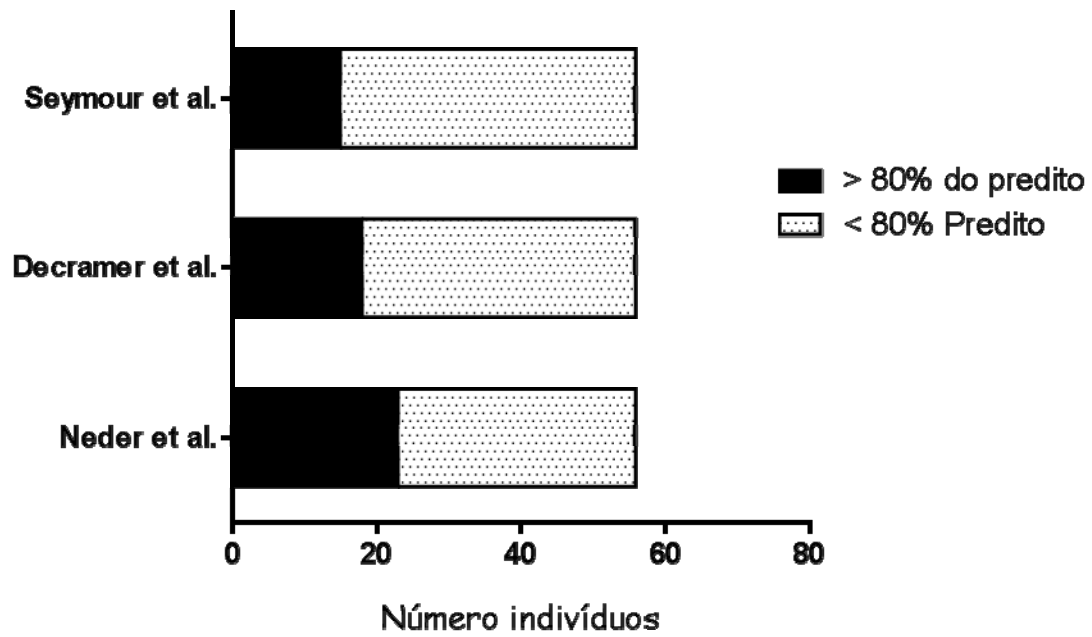
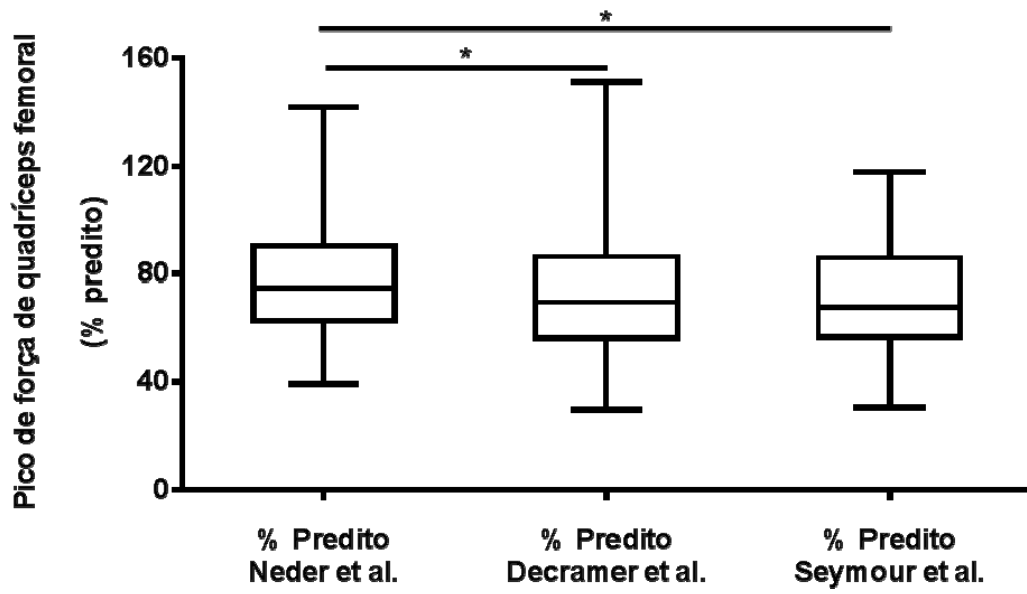


Figura 3. Comparação do pico de força em porcentagem dos valores preditos obtidos pelas três fórmulas de predição. $P < 0,05$.



4 CONCLUSÃO GERAL

A partir dos resultados desta dissertação observou-se que as fórmulas de Neder et al., Decramer et al. e Seymour et al. mostram-se estatisticamente similares para evidenciar os pacientes classificados como apresentando ou não fraqueza muscular. Os pacientes que foram classificados com presença de fraqueza pelas fórmulas de Neder et al. e Decramer et al. apresentaram idade mais baixa, e ainda os considerados com presença de fraqueza pela fórmula de Decramer et al. apresentaram menor massa magra e maior IMC. A fórmula de Neder et al. gerou maiores valores do pico de força em porcentagem do predito e uma concordância maior com as fórmulas de Decramer et al. e Seymour et al., enquanto a concordância entre essas duas fórmulas foi menor.

REFERÊNCIAS

1. WHO. World Health Statistics 2008. June 2009 [updated June 2009; cited 2014 06/11]; Available from: <http://www.who.int/whosis/whostat/2008/en/index.html>.
2. Raheison C, Girodet PO. Epidemiology of COPD. *Eur Respir Rev.* 2009;18(114):213-21.
3. Lundback B, Lindberg A, Lindstrom M, Ronmark E, Jonsson AC, Jonsson E. et al. Not 15 but 50% of smokers develop COPD? Report from the Obstructive Lung Disease in Northern Sweden Studies. *Respir Med.* 2003;97(2):115-22.
4. Menezes AM, Jardim JR, Perez-Padilla R, Camelier A, Rosa F, Nascimento O. et al. Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease and associated factors: the PLATINO Study in Sao Paulo, Brazil. *Cad Saude Publica.* 2005;21(5):1565-73.
5. Menezes AM PR, Jardim JRB, Muiño A, Lopez MV, Valdivia G et al. . Chronic obstructive pulmonary disease in five Latin American cities (the PLATINO study): a prevalence study. *Lancet.* 2005;366(26):1875 - 81.
6. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease; [2014; cited 2014 15 Set]; Available from: www.goldcopd.org.
7. Agusti AG, Noguera A, Sauleda J, Sala E, Pons J, Busquets X. Systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J.* 2003;21(2):347-60.
8. Maltais F, Decramer M, Casaburi R, Barreiro E, Burelle Y, Debigare R. et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;189(9):15-62.
9. Mador MJ, Bozkanat E. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Res.* 2001;2(4):216-24.
10. Wagner PD. Skeletal muscles in chronic obstructive pulmonary disease: deconditioning, or myopathy? *Respirology.* 2006;11(6):681-6.
11. Gea J, Agusti A, Roca J. Pathophysiology of muscle dysfunction in COPD. *J Appl*

Physiol. 2013;114(9):1222-34.

12. Maltais F, Leblanc P, Simard C, Jobin J, Berube C, Bruneau J. et al. Skeletal muscle adaptation to endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *AmJRespirCrit Care Med*. 1996;154(2):442-7.

13. Gosker HR, Kubat B, Schaart G, van der Vusse GJ, Wouters EF, Schols AM. Myopathological features in skeletal muscle of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*. 2003;22(2):280-5.

14. Maltais F, Simard AA, Simard C, Jobin J, Desgagnes P, LeBlanc P. Oxidative capacity of the skeletal muscle and lactic acid kinetics during exercise in normal subjects and in patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;153(1):288-93.

15. Montes de Oca M, Rassulo J, Celli BR. Respiratory muscle and cardiopulmonary function during exercise in very severe COPD. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;154(5):1284-9.

16. Decramer M, Gosselink R, Troosters T, Verschueren M, Evers G. Muscle weakness is related to utilization of health care resources in COPD patients. *Eur Respir J*. 1997;10(2):417-23.

17. Neder JA, Nery LE, Shinzato GT, Andrade MS, Peres C, Silva AC. Reference values for concentric knee isokinetic strength and power in nonathletic men and women from 20 to 80 years old. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999;29(2):116-26.

18. Seymour JM, Spruit MA, Hopkinson NS, Natanek SA, Man WD, Jackson A. et al. The prevalence of quadriceps weakness in COPD and the relationship with disease severity. *Eur Respir J*. 2010;36(1):81-8.

19. Sillen MJ, Franssen FM, Delbressine JM, Vaes AW, Wouters EF, Spruit MA. Efficacy of lower-limb muscle training modalities in severely dyspnoeic individuals with COPD and quadriceps muscle weakness: results from the DICES trial. *Thorax*. 2014;69(6):525-31.

20. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester C. et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(8):201309-1634.

21. Troosters T, Casaburi R, Gosselink R, Decramer M. Pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;172(1):19-38.
22. Paz-Diaz H, Montes de Oca M, Lopez JM, Celli BR. Pulmonary rehabilitation improves depression, anxiety, dyspnea and health status in patients with COPD. *Am J Phys Med Rehabil*. 2007;86(1):30-6.
23. Engelen MP, Schols AM, Does JD, Wouters EF. Skeletal muscle weakness is associated with wasting of extremity fat-free mass but not with airflow obstruction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr*. 2000;71(3):733-8.
24. Caron MA, Debigare R, Dekhuijzen PN, Maltais F. Comparative assessment of the quadriceps and the diaphragm in patients with COPD. *J Appl Physiol*. 2009;107(3):952-61.
25. Bernard S, LeBlanc P, Whittom F, Carrier G, Jobin J, Belleau R. et al. Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158(2):629-34.
26. Vestbo J, Prescott E, Almdal T, Dahl M, Nordestgaard BG, Andersen T. et al. Body mass, fat-free body mass, and prognosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease from a random population sample: findings from the Copenhagen City Heart Study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;173(1):79-83.
27. Vogiatzis I, Terzis G, Stratakos G, Cherouveim E, Athanasopoulos D, Spetsioti S. et al. Effect of pulmonary rehabilitation on peripheral muscle fiber remodeling in patients with COPD in GOLD stages II to IV. *Chest*. 2011;140(3):744-52.
28. Whittom F, Jobin J, Simard PM, Leblanc P, Simard C, Bernard S. et al. Histochemical and morphological characteristics of the vastus lateralis muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(10):1467-74.
29. Clark CJ, Cochrane LM, Mackay E, Paton B. Skeletal muscle strength and endurance in patients with mild COPD and the effects of weight training. *Eur Respir J*. 2000;15(1):92-7.

30. Franssen FM, Broekhuizen R, Janssen PP, Wouters EF, Schols AM. Limb muscle dysfunction in COPD: effects of muscle wasting and exercise training. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(1):2-9.
31. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;153(3):976-80.
32. Mostert R, Goris A, Weling-Scheepers C, Wouters EF, Schols AM. Tissue depletion and health related quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med.* 2000;94(9):859-67.
33. Swallow EB, Reyes D, Hopkinson NS, Man WD, Porcher R, Cetti EJ. et al. Quadriceps strength predicts mortality in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 2007;62(2):115-20.
34. Robles PG, Mathur S, Janaudis-Ferreira T, Dolmage TE, Goldstein RS, Brooks D. Measurement of peripheral muscle strength in individuals with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2011;31(1):11-24.
35. Frese E, Brown M, Norton BJ. Clinical reliability of manual muscle testing. Middle trapezius and gluteus medius muscles. *Phys Ther.* 1987;67(7):1072-6.
36. Mulroy SJ, Lassen KD, Chambers SH, Perry J. The ability of male and female clinicians to effectively test knee extension strength using manual muscle testing. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997;26(4):192-9.
37. Frontera WR, Hughes VA, Dallal GE, Evans WJ. Reliability of isokinetic muscle strength testing in 45- to 78-year-old men and women. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74(11):1181-5.
38. Mathur S, MacIntyre DL, Forster BB, Road JD, Levy RD, Reid WD. Preservation of eccentric torque of the knee extensors and flexors in patients with COPD. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2007;27(6):411-6.
39. Saey D, Cote CH, Mador MJ, Laviolette L, LeBlanc P, Jobin J. et al. Assessment of muscle fatigue during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Muscle Nerve.* 2006;34(1):62-71.
40. Ju CR, Chen RC. Quadriceps strength assessed by magnetic stimulation of

femoral nerve in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chin*. 2011;124(15):2309-15.

41. Man WD, Moxham J, Polkey MI. Magnetic stimulation for the measurement of respiratory and skeletal muscle function. *Eur Respir J*. 2004;24(5):846-60.

42. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *Pm R*. 2011;3(5):472-9.

43. Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2007;27(6):346-53.

44. Mathur S, Makrides L, Hernandez P. Test-retest reliability of isometric and isokinetic torque in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Physiother Can*. 2004;56:94-101.

45. Probst VS, Troosters T, Heuzel K, Van Bael J, Decramer M, Gosselink R. Comparison of 2 devices for measuring quadriceps force in COPD patients [abstract]. *Eur Respir J*. 2004;24:666s.

46. Larsson L, Grimby G, Karlsson J. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1979;46(3):451-6.

47. Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol*. 2000;89(1):81-8.

48. Ikai M, Fukunaga T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Int Z Angew Physiol*. 1968;26(1):26-32.

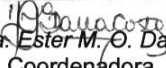
ANEXOS

ANEXO A

PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
 Universidade Estadual de Londrina/ Hospital Universitário Regional Norte do Paraná
 Registro CONEP 268

Parecer Nº 123/09 CAAE Nº 0093.0.268.000-09 FOLHA DE ROSTO Nº 257672	Londrina, 14 de setembro de 2009.
PESQUISADOR: FABIO DE OLIVEIRA PITTA PROPPG (Processo 12955/09)	
Prezado(a) Senhor(a) <p align="center">O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina/ Hospital Universitário Regional Norte do Paraná" de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:</p> <p align="center">"EFEITOS DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIO FÍSICO DE LONGA DURAÇÃO SOBRE ASPECTOS PULMONARES E SISTÊMICOS EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA (DPOC)"</p> <p align="center">Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá apresentar ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.</p>	
Situação do Projeto: APROVADO	
<p align="center">Atenciosamente,</p> <p align="center">  Prof. Dra. Ester M. O. Dalla Costa Coordenadora Comitê de Ética em Pesquisa - CEP/UEL </p>	

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Senhor(a):

O(A) Sr(a) está sendo convidado para participar de um projeto de pesquisa chamado “*Efeitos de um programa de exercício físico de longa duração sobre aspectos pulmonares e sistêmicos em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)*”, cujos pesquisadores responsáveis são Prof. Dr. Fábio de Oliveira Pitta e Nidia A. Hernandez, do Departamento de Fisioterapia da Universidade Estadual de Londrina (UEL). O estudo analisará principalmente as melhoras obtidas após 6 meses de treinamento utilizando-se dois tipos diferentes de exercício físico.

Justificativa: O presente estudo contribuirá para solucionar uma questão não resolvida e que tem sido alvo de grande debate: levando em conta que a longa duração do programa de treinamento físico é fundamental no processo de conscientizar pacientes com DPOC a aumentar sua atividade física diária, será necessário que o treinamento físico realizado durante esse programa de longa duração seja feito em alta intensidade, ou um programa de baixa intensidade de treinamento já atingiria o objetivo? Se programas de longa duração, porém com baixa intensidade de treinamento, trouxerem benefícios importantes no aumento da atividade física diária, isso poderá trazer mudança no entendimento atual sobre protocolos de exercício em pacientes com DPOC, que hoje são realizados sob alta intensidade de treinamento.

Objetivo: Comparar os efeitos de dois protocolos de treinamento físico em um programa de reabilitação de longa duração (6 meses) em pacientes com DPOC: um protocolo de alta intensidade (baseado em treinamento de endurance e força) e um protocolo de baixa intensidade (baseado em exercícios respiratórios e de readequação do complexo tóraco-pulmonar).

Procedimentos: Os pacientes incluídos realizarão uma série de testes que incluirá avaliação da função pulmonar, capacidade máxima e funcional de exercício, força muscular periférica e respiratória, atividade física na vida diária, composição corporal, função autonômica cardíaca, qualidade de vida, estado funcional e sensação de dispneia. A realização dos testes requer uma visita de aproximadamente 2 horas ao Hospital Universitário Regional Norte do Paraná, em Londrina, além do uso do pequeno aparelho na cintura durante dois dias (12 horas por dia, apenas durante o dia e não de noite). Após a avaliação inicial, os pacientes serão divididos em dois grupos: um grupo realizará um programa de exercícios físicos direcionado ao aumento da mobilidade torácica realizado 3 vezes por semana, durante 24 semanas ; e outro grupo realizará um programa de treinamento de endurance e força de membros superiores e inferiores realizado 3 vezes por semana, durante 24 semanas. Ao final do programa de treinamento, os participantes serão reavaliados seguindo os mesmos testes realizados na avaliação inicial.

Custos: A pesquisa é gratuita e portanto não envolve qualquer custo por parte dos indivíduos. Não haverá qualquer gratificação financeira pela participação. No entanto, em caso de eventuais danos ocorridos exclusivamente por causa deste estudo, o Sr(a) terá direito a tratamento médico completo oferecido pela instituição.

Riscos: Nenhum dos procedimentos utilizados constitui risco direto para a integridade física ou moral dos participantes. Além disso, os participantes poderão abandonar o estudo a qualquer momento que se achar conveniente, sem qualquer prejuízo em nenhum sentido.

Sigilo: Embora os resultados da pesquisa possam ser divulgados em publicações e eventos científicos, a identidade dos participantes será sempre preservada de maneira sigilosa, ou seja, em segredo.

Caso o(a) Sr(a) aceite esse convite e concorde voluntariamente em participar do estudo assinando este termo de consentimento, consideramos que o Sr(a) acredita que foi suficientemente informada pela pesquisador Fabio de Oliveira Pitta sobre a pesquisa, os procedimentos envolvidos nela, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes dessa participação. Ressaltamos novamente que o Sr(a) pode retirar seu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer prejuízo em nenhum sentido.

Local e data:

Nome do participante:

Assinatura do participante ou responsável:

Assinatura do pesquisador:

Colocamo-nos à disposição para qualquer esclarecimento que se fizer necessário nos telefones (43) 3371 2288 ou 3371 2252 ou pessoalmente no Ambulatório de Fisioterapia Respiratória do Hospital Universitário Regional Norte do Paraná: Av. Robert Koch, 60 – Vila Operária – Londrina – PR (perguntar pelo Professor Fábio de Oliveira Pitta). Em caso de dúvida, o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina / Hospital Universitário pode ser contactado pelo telefone (43) 3371 2490.

Atenciosamente,

Prof. Fábio de Oliveira Pitta
Coordenador do Projeto

ANEXO C
Fórmulas de Predição

Autor	Fórmula
Neder et al.	$- 1,53 \times \text{idade (anos)} + 133 \times \text{altura (m)} + 0,75 \times \text{peso (Kg)} + 34,44 \times \text{gênero (homem 1, mulheres 0)} - 66,44$
Decramer et al.	$-2,21 \times \text{idade (anos)} + 1,78 \times \text{peso (Kg)} + 55,9 \times \text{gênero (homem 1, mulheres 0)} + 124$
Seymour et al.	$56,2 - 0,30 \times \text{idade (anos)} + 0,68 \times \text{Massa Magra (Kg)} - 0,15 \times \text{altura (cm)} - 3,42 \text{ (se mulher)}$

ANEXO D

NORMAS DE FORMATAÇÃO DO PERIÓDICO JORNAL BRASILEIRO DE PNEUMOLOGIA

A página de identificação deve conter o título do trabalho, em português e inglês, nome completo e titulação dos autores, instituições a que pertencem, endereço completo, inclusive telefone, fax e e-mail do autor principal, e nome do órgão financiador da pesquisa, se houver.

Resumo: Deve conter informações facilmente compreendidas, sem necessidade de recorrer-se ao texto, não excedendo 250 palavras. Deve ser feito na forma estruturada com: Objetivo, Métodos, Resultados e Conclusões. Quando tratar-se de artigos de Revisão e Relatos de Casos o Resumo não deve ser estruturado. Para Comunicações Breves não deve ser estruturado nem exceder 100 palavras.

Abstract: Uma versão em língua inglesa, correspondente ao conteúdo do Resumo deve ser fornecida.

Descritores e Keywords: Deve ser fornecido de três a seis termos em português e inglês, que definam o assunto do trabalho. Devem ser, obrigatoriamente, baseados nos DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), publicados pela Bireme e disponíveis no endereço eletrônico: <http://decs.bvs.br>, enquanto os keywords em inglês devem ser baseados nos MeSH (Medical Subject Headings) da National Library of Medicine, disponíveis no endereço eletrônico www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html.

Texto:

Artigos originais: O texto deve ter entre 2000 e 3000 palavras, excluindo referências e tabelas. Deve conter no máximo 5 tabelas e/ou figuras. O número de referências bibliográficas não deve exceder 30. A sua estrutura deve conter as seguintes partes: Introdução, Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos e Referências. A seção Métodos deverá conter menção a aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, ou pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Animais, ligados a Instituição onde o projeto foi desenvolvido. Nessa seção também

deve haver descrição da análise estatística empregada, com as respectivas referências bibliográficas. Ainda que a inclusão de subtítulos no manuscrito seja aceitável, o seu uso não deve ser excessivo e deve ficar limitado às sessões Métodos e Resultados somente. Tabelas e Figuras: Tabelas e gráficos devem ser apresentados em preto e branco, com legendas e respectivas numerações impressas ao pé de cada ilustração.

As tabelas e figuras devem ser enviadas no seu arquivo digital original, as tabelas preferencialmente em arquivos Microsoft Word e as figuras em arquivos Microsoft Excel, Tiff ou JPG. Fotografias de exames, procedimentos cirúrgicos e biópsias onde foram utilizadas colorações e técnicas especiais serão consideradas para impressão colorida, sem custo adicional aos autores. As grandezas, unidades e símbolos devem obedecer às normas nacionais correspondentes (ABNT: <http://www.abnt.org.br>).

Legendas: Legendas deverão acompanhar as respectivas figuras (gráficos, fotografias e ilustrações) e tabelas. Cada legenda deve ser numerada em algarismos arábicos, correspondendo a suas citações no texto. Além disso, todas as abreviaturas e siglas empregadas nas figuras e tabelas devem ser definidas por extenso abaixo das mesmas.

Referências: Devem ser indicadas apenas as referências utilizadas no texto, numeradas com algarismos arábicos e na ordem em que foram citadas. A apresentação deve estar baseada no formato Vancouver Style, atualizado em outubro de 2004, conforme os exemplos abaixo. Os títulos dos periódicos citados devem ser abreviados de acordo com o estilo apresentado pela List of Journal Indexed in Index Medicus, da National Library of Medicine disponibilizados no endereço: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/journals/loftext.noprov.html>.

Para todas as referências, cite todos os autores até seis. Acima desse número, cite os seis primeiros autores seguidos da expressão et al.