

PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DA CARGA MÁXIMA EM MÁQUINAS DE EXERCÍCIOS RESISTIDOS COM PESOS

MOURA, João Augusto Reis de ¹
ZINN, João Luiz ²

RESUMO

Neste estudo, buscou-se propor e validar equações que estimassem a carga máxima (CM) em máquinas de exercícios resistidos com peso (ERP). Selecionou-se uma amostra de mulheres subdividida em dois grupos: uma para a proposição das equações (n=55) e outra para validação das equações (n=20). A idade da amostra esteve entre 18 e 30 anos sendo os sujeitos pouco familiarizadas em ERP. Os sujeitos participantes do estudo passaram por um período de adaptação aos exercícios de aproximadamente nove sessões. Após este período adaptativo mensurou-se variáveis preditivas da CM (antropométricas, da composição corporal e neuromusculares) que seriam testadas nas equações, bem como o nível de força nos 10 ERP em máquinas, através do teste de uma repetição máxima (1-RM) validado por Reis de Moura et al. (1997). A Análise de Regressão Múltipla seleção Stepwise ($p < 0,05$) foi utilizada para o desenvolvimento das equações. Alguns critérios sugeridos por Lohman (1992) foram utilizados para validação destas equações, bem como outro critério (Coeficiente de Variação Residual) foi proposto e utilizado. Os resultados demonstraram que 08 equações propostas, que avaliam diferentes grupos musculares, foram validadas; concluindo-se que estas equações são válidas para estimar a CM em máquinas de ERP em mulheres pouco familiarizadas com este tipo de exercitação física.

Unitermos: 1-RM, equações, mulheres.

¹ Prof^o Ms. CEFD/UFSM

² Prof^o Dr. CEFD/UFSM

PROPOSITION AND VALIDATION EQUATIONS TO ESTIMATE MAXIMUM LOAD FOR MACHINES OF RESISTENCE WEIGHT EXERCISES

ABSTRACT

The purpose of this study was to propose and validate equations to estimate Maximum Load (ML) for machines of resistance weight exercises (RWE). The sample was composed by women, not well acquainted with RWE, 18 to 30 years of age which was split into two groups with 55 subjects for the development of the equations and another group with 20 subjects for the validation of those equations. Those subjects were submitted to a period of adaptation of 9 sessions approximately. Afterwards the predictive variables of ML (anthropometric, body composition and neuromuscular), which would be tested in the equations, as well as the level of strength in the 10 RWE through the test of one maximum repetition (1-RM) validated by Reis de Moura (1997). The Multiple Regression Analysis, stepwise selection ($p < .05$) was used for the development of the equations. Some criteria suggested by Lohman (1992) were used to validate the equations as well as another criterion (residual coefficient variation) was proposed and used. The results demonstrated the 8 equations, which evaluate different muscle groups, were validated. It was concluded that those equations are valid to estimate the ML for machines of RWE for women not well acquainted with that type of physical exercise.

Uniterms: 1-RM, equations and women.

INTRODUÇÃO

A ciência, de um modo geral, busca sempre a utilização de instrumentos de medidas mais fidedignos, válidos, precisos e uma aplicabilidade menos traumática aos indivíduos que forem submetidos as testagens, com protocolos mais adequados no sentido da segurança tanto ao avaliado quanto ao avaliador. Áreas como a medicina e engenharia, têm trabalhado conjuntamente no desenvolvimento de tecnologias que propiciem uma maior eficiência de análise dos mais diversos tipos de exames e diagnósticos, e talvez, seja este um ponto que, somado a outros, tenham desencadeado a grande revolução tecnológica vista na área biológica nos últimos vinte anos.

Em Educação Física o desenvolvimento de testes mais precisos também tem ocupado um razoável espaço dentro das publicações científicas específicas. Desenvolvimento de testes de laboratório, ou de campo, para mensuração de variáveis

como velocidade, resistência muscular localizada, potência, força, capacidade aeróbica, e outros; são encontrados em documentos de formato científico.

O uso de equações que estimem determinadas variáveis são fundamentais em situações onde medir estas variáveis seja de difícil execução metodológica e/ou despenderia um grande custo financeiro, entre outros aspectos.

Trabalhos nacionais (Guedes, 1985; Petroski, 1995; Rodriguez-Añez, 1997; entre outros) e internacionais (Von Döbeln, apud De Rose et. al. 1984; e outros) foram desenvolvidos na área antropométrica para a estimativa de variáveis da composição corporal através de equações de regressão. A utilização de equações como método de estimativa de determinadas variáveis da composição corporal e/ou físicas, tem-se traduzido em uma grande evolução para a área.

Todavia, com relação aos exercícios resistidos com peso (popularmente conhecido como musculação), trabalhos com esta dinâmica ainda caminham a passos lentos. Utilização de testes e/ou estimadores (equações) válidos, que contribuam na mensuração de determinadas variáveis que participam na elaboração, prescrição e avaliação de exercícios físicos, são de fundamental importância para o desenvolvimento da área de exercícios resistidos com peso (musculação).

Como a capacidade física básica mais trabalhada com exercícios resistidos com peso (ERP) é a força muscular e suas variações (força pura, de velocidade e de resistência), este estudo buscou contribuir com a evolução mais científica na área. Variáveis consideradas como preditivas da carga máxima (neuromusculares, da composição corporal e antropométricas) foram manipuladas neste trabalho através da técnica estatística Análise de Regressão Múltipla, no intuito de propor e validar equações para estimativa da CM em algumas máquinas de ERP.

Afirmações encontradas na literatura (Baumgartner & Jackson, 1995; Morales & Sabonya, 1996) relatam, e discutem, as formas de associações entre resistência muscular e força. Por outro lado, variáveis da composição corporal (massa corporal e massa corporal magra analisadas por Zatsiorky, 1999 e Baumgartner & Jackson, 1995) e antropométricas (estatura e perímetros discutidas por Pereira Filho, 1994 e Pinheiro et al.; 1998) também possuem relações com a força. Estes estudos são indicativos para utilização destas variáveis como estimadoras da força, sendo então, utilizadas neste estudo.

Justifica-se a proposição e validação de equações para estimativa da carga máxima por meio dos seguintes argumentos:

- o uso de equações propiciará maior precisão na prescrição de ERP para indivíduos com pressão arterial elevada ou com alguma deficiência cardíaca (McArdle, et al. 1998), já que para o controle de treinamento deste grupo de indivíduos, testes de esforço máximo ou submáximo não são recomendados, haja vista que:

A pressão sanguínea se eleva de forma substancial durante os exercícios de treinamento de força intenso (...) durante um exercício de 1-RM, ou durante as últimas repetições realizadas até a fadiga, ocorrerá uma certa suspensão da respiração (Fleck & Kraemer, 1999, p.25);

- através de mensurações de boa praticidade poder-se-á estimar a CM de indivíduos pouco familiarizados com ERP, independente dos objetivos de treino; desta forma não exigindo a compra de aparelhos alternativos para medir força (tensiômetros e dinamômetros) barateando qualquer custo adicional;

- contribui para a sub-área de Medidas e Avaliação em Educação Física propondo uma nova forma, fácil e barata de se estabelecer a CM com o aval de não expor os testados a exigências físicas que possam comprometer a integridade muscular, óssea, tendínea e articular bem como postural dos indivíduos testados poupando os indivíduos de testes de esforços máximos (1-RM) para determinação da força. Seguindo, dessa forma, os preceitos documentados já na década de 80 e que, mesmo vinte anos depois, ainda são válidos para programas de ERP.

devem ser usados os melhores testes disponíveis e deve-se pesquisar, continuamente, para melhorar os instrumentos e medidas (...) algumas capacidades físicas ainda necessitam o desenvolvimento de testes mais eficazes ou a reformulação de alguns já existentes (Kirkendall et al.; 1987, p.08);

- o setor de Academias de Ginástica, mais especificamente o de ERP, possuem algumas carências de testagens. Auxiliar o professor que atua na elaboração de programas de ERP no controle e avaliação destes, através de avaliações diagnósticas e também avaliações somativas, da CM dos alunos que estão sob a orientação deste profissional, talvez seja, a principal contribuição das equações propostas neste trabalho.

Estes tópicos justificam a realização deste trabalho de pesquisa, onde se entende estar contribuindo para a qualidade de vida de uma parcela da população brasileira feminina no que tange a atividade física realizada com ERP, sempre na busca de melhores métodos e formas de mensurar, que possam tornar a elaboração e prescrição de atividade física cada vez mais segura e eficiente. E ao profissional de Educação Física, proporcionar um controle mais adequado sob seu trabalho no sentido de melhor avaliar a eficiência e eficácia de programas exercícios através de medidas do nível de força de seus clientes mensurados através de 1-RM.

Portanto, este estudo teve como objetivo, verificar se o conjunto de medidas neuromusculares, da composição corporal e antropométricas são capazes de propor e validar equações para estimativa da carga máxima em máquinas de exercícios resistidos com peso.

MATERIAL E MÉTODO

Amostra

A amostra deste estudo foi formada por mulheres voluntárias com idades entre 18 e 30 anos, pouco familiarizadas em ERP mas com adaptação mio-tendosteio-articular e cinestésica nos exercícios realizados em máquinas apropriadas nas quais foram mensurados a carga máxima. A amostra foi dividida em dois grupos: um grupo, composto por 55 mulheres, foi utilizado para a proposição das equações de regressão; outro grupo, composto por 20 mulheres, utilizado para o procedimento de validação das equações.

Variáveis do estudo

A variáveis independentes deste estudo (neuromusculares, composição corporal e antropométricas) foram utilizadas como preditoras da CM nas equações de regressão, sendo a variável dependente a CM. As variáveis que estiveram sob controle no trabalho foram a idade, horário das medidas, período de adaptação e nível de familiarização com os ERP. As variáveis que puderam ter algum grau de influência no trabalho, mas as quais não se teve total controle, foram a motivação e o tipo de fibra muscular, níveis de aprendizagem e nutricional da amostra; sendo classificadas como intervenientes no estudo.

Delimitação do estudo

As equações deste estudo são específicas para o sexo feminino, faixa etária de 18 a 30 anos e nível de familiarização com relação aos ERP de aproximadamente 9 sessões de exercícios.

As equações propostas são para utilização em máquinas de ERP da marca INBAF. A aplicação destas equações em amostras similares, porém, em máquinas de outra marca, podem gerar viés nos resultados, haja vista que, o trabalho desenvolvido por Bortoli et al. (1999), verificou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as médias de CM, mensuradas com a mesma amostra nos mesmos exercícios porém, em diferentes marcas de máquinas (INBAF, RENO e SPORTIN) exceção

feita aos exercícios puxada frontal e rosca de tríceps que não apresentaram diferenças significativas.

Procedimentos na coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em um período de seis meses, de agosto de 1999 a janeiro de 2000, feita sempre de segunda a sexta feira entre 13:30 e 15:30 horas, na sala de musculação do Centro de Educação física e Desportos da Universidade Federal de Santa Maria.

Um período de aproximadamente 9 sessões de treinamento (com limites entre 8 a 11 sessões) foi realizados como adaptação dos indivíduos e após iniciou-se as mensurações. A seqüência de medidas foi a seguinte:

- identificação de dados pessoais;
- realização das medidas antropométricas e da composição corporal;
- mensuração da carga máxima;
- aplicação dos testes de repetições máximas (variáveis preditivas neuromusculares).

As equações preditivas da CM foram desenvolvidas através do procedimento estatístico Análise de Regressão Múltipla, seleção Stepwise com opção forward. As variáveis preditoras (variáveis independentes) testadas para o desenvolvimento dos modelos de regressão (equações) são oriundas de três grupos distintos:

Grupo neuromuscular

- (RM pux) número de repetições máximas realizadas no exercício puxada frontal;
- (RM ext) número de repetições máximas realizadas no exercício extensão de joelhos;

Grupo da composição corporal

- (MC) massa corporal; (MCM) massa corporal magra; (MG) massa gorda;

Grupo antropométrico

- (PA_t) perímetro do antebraço; (PBr) perímetro do braço; (PTr) perímetro do tórax; (CMI) comprimentos dos membros inferiores e (Est) estatura.

Desenvolveu-se diferentes modelos de equações para cada exercício específico (10 exercícios envolvendo a mensuração de força em grupos musculares distintos).

Período de adaptação

Os indivíduos selecionados, como não eram familiarizados com ERP, realizaram um período de adaptação em determinadas máquinas de ERP.

Exceção feita aos exercícios abdominais, que foram incluídos no programa

de adaptação devido a sua importância na estabilização corporal e adaptação tendo os teo-muscular (Santarem, 1993; Baumgartner & Jackson, 1995; Guedes & Guedes, 1998 e McArdle, et al., 1998); todos os outros exercícios foram os mesmos que fizeram parte dos testes de 1-RM devido ao relatado por Zatsiorsky, (1999,p.25) referente a: *especificidade das adaptações do treinamento os exercícios empregados devem ser tão semelhantes quanto possível ao principal exercício esportivo com relação as demandas de coordenação muscular e fisiológica.*

Também pelo fato de períodos de adaptação muito longos, poderem causar problemas metodológicos para manter a amostra no trabalho adaptativo, bem como poderiam aumentar sua massa muscular acima do considerado como indivíduos pouco familiarizados, pois segundo Fleck & Kraemer (1999), treinamentos de força acima de 16 sessões podem causar discretas modificações no tecido muscular. Optou-se, então, por um período variando entre 8 a 11 sessões de ERP em máquinas como adaptação.

Assim sendo, as medidas de perímetros e a magnitude da massa muscular refletem o estágio classificado como pouco familiarizado dos indivíduos devido ao espaço de tempo adaptativo.

A adaptação constou de um peso inicial de treinamento em que os indivíduos conseguissem realizar entre 20 e 30 repetições com certa facilidade e executassem duas séries de forma alternada. Após três sessões de treinamento com esta quilagem, esta foi novamente aumentada para a 4ª sessão, as séries permaneceram em número de duas e as repetições passaram para 18 a 25. As mudanças no programa de adaptação, a partir da 4ª sessão, ocorreram somente na intensidade, permanecendo o mesmo volume (séries e repetições).

A intensidade (ou o aumento do peso de execução dos exercícios) foi determinada pela percepção subjetiva de esforço do avaliado conjuntamente com a experiência do pesquisador. Esta intensidade foi sempre adequada ao avaliado de tal forma que este executa-se os exercícios com o número de séries e repetições prescritas com certa facilidade.

Para McArdle et al. (1998) o ideal para iniciantes é executar entre 12 a 15 repetições e que o peso deve ser acrescido se o iniciante realizar 12 repetições com facilidade ou o peso estará elevado se o executante não realizar 12 repetições. Entretanto, neste estudo, as intensidades foram estipuladas para serem alteradas na 4ª e 7ª sessão de treinamento. Contudo, alterou-se as cargas, em alguns momentos, fora destes prazos para uma melhor adaptação do avaliado, pois segundo Monfatti (1994, p.260) "Para o desenvolvimento muscular continuado, durante o treinamento com pesos, os ajustamentos periódicos da carga de trabalho devem ser feitos". Estes ajustes sempre buscaram um esforço muscular de intensidade média, pois, como relata Fleck & Kraemer (1999; 23) "como regra geral devem-se evitar grandes

umentos na carga ou no volume de treinamento, especialmente para pessoas com pouca experiência em treinamento de força”. Estas considerações vão ao encontro as sugeridas por Pereira Filho (1994) e McArdle et al. (1998).

Teste de uma repetição máxima (1-RM) realizado

Para obtenção dos valores da CM, critério de validação, utilizou-se o teste de 1-RM validado por Reis de Moura et al. (1997),

Os dados referentes aos instrumentos de medidas são apresentados no Quadro 01, no qual é apresentado a principal musculatura envolvida, movimento corporal de execução e precisão de cada instrumento de medida.

Quadro 01 - Descrição de dados referentes ao teste de 1-RM

DADOS	MÓDULO (exercícios)	PRINCIPAL MUSCULATURA ENVOLVIDA	MOVIMENTO	PRECISÃO
CARGA MÁXIMA	Mesa Romana 1) flexão de joelho 2) extensão de joelho	1) isquiotibiais e gastrocnêmicos (posteriores de membro inferior) 2) quadríceps (anteriores de coxa)	1) flexão de joelho 2) extensão de joelho	2kg
	Pulley Alt 1) puxada frontal 2) rosca de tríceps	1) grande dorsal, redondo maior, porção inferior do peitoral maior, deltoide posterior, flexores do cotovelo 2) tríceps braquial e ancônio	1) adução de ombros e flexão simultânea dos cotovelos 2) extensão dos cotovelos	2kg
	Abdução/Adução de quadril 1) abdução 2) adução	1) glúteos médio e mínimo, tensor da fácia látea 2) adutor magno, adutor longo, grácil, adutor curto e pectíneo	1) abdução do quadril 2) adução do quadril	2kg
	Voador 1) frontal 2) invertida	1) peitoral maior e menor, deltoide porção anterior 2) trapézio porções I,II,III,IV; romboides, deltoide posterior e infra espinhal	1) adução transversal de ombros 2) abdução transversal de ombros	2kg
	Leg Press Horizontal 1) leg press	1) quadríceps, isquiotibiais e glúteo máximo	1) extensão dos joelhos e do quadril	2kg
	Supino 1) supino	1) peitoral maior e menor, tríceps braquial e deltoide porção anterior	1) adução transversal de ombros e extensão de cotovelo	2kg

Nas medidas das variáveis preditivas neuromusculares e da CM, respeitou-se o ritmo circadiano dos indivíduos (ritmo biológico diário de prontidão para o desempenho e fadigabilidade), cuidado este citado por Freitas & Rodrigues (1989) e Weineck (1991).

Variáveis preditivas neuromusculares

O primeiro grupo de variáveis preditivas da CM proposta para este estudo, foi o número de repetições máximas (RM) realizadas em dois ERP em máquinas:

- Exercício Puxada Frontal (realizado no módulo pulley alt);
- Exercício extensão de joelhos (realizado no módulo Mesa Romana).

A adoção destes exercícios nestas estações para as RM justifica-se:

- Por serem exercícios que envolvem grandes grupos musculares (puxada atrás para grupos musculares do tronco e dos membros superiores; extensão de joelhos para membros inferiores);
- devido aos exercícios serem os mais representativos pois foram os que melhor correlacionaram-se com os demais exercícios validados por Reis de Moura et al. (1997) tornando-se, dessa forma, mais representativos da musculatura de tronco e membros superiores (puxada frontal) e membros inferiores (extensão de joelhos).

Com um valor de carga fixada (22kg para puxada frontal e 21kg para extensão de joelhos) por meio de um estudo piloto realizado anteriormente, os indivíduos foram orientados para que realizassem o maior número de repetições possíveis de forma completa e correta mantendo ritmo e eficiência mecânica sem deformar o movimento. Encerrou-se a avaliação a partir do momento em que as repetições deixaram de ser executadas de forma correta e/ou completa (deformação do movimento). Os testados foram orientados para que respirassem normalmente durante a testagem.

Variáveis preditivas antropométricas e da composição corporal

Para a determinação das variáveis antropométricas e da composição corporal utilizou-se dos seguintes instrumentos de medida: fita métrica, estadiômetro e balança (Filizola), paquímetro (Tricle Brand) e adipômetro (CESCORF).

As variáveis preditivas estatura e massa corporal foram verificadas através dos procedimentos descritos por Gordon et. al. (1991). Todos os perímetros mensurados seguiram os procedimentos de Callaway et al. (1991) e as dobras cutâneas foram mensuradas segundo protocolos descritos em Harrison et al. (1991), procedimentos esses também utilizados por Petroski (1995) para o desenvolvimento das equações para estimar a densidade corporal. Para as mensurações de comprimento de membro inferior (CMI), adotou-se os protocolos sugeridos por Martin et. al. (1991).

Para a coleta dos dados referentes a composição corporal adotou-se a fragmentação corporal em dois componentes (massa gorda e massa corporal magra) conforme De Rose et al. (1984).

Para obtenção da densidade corporal dos indivíduos utilizou-se a equação composta por quatro dobras cutâneas (subescapular, tricipital, supra-íliaca e panturrilha média) compostas também pelas variáveis preditivas idade, massa corporal e estatura; desenvolvidas e validadas por Petroski (1995). Na transformação da densidade corporal em percentual de gordura foi utilizada a equação de Siri (apud De Rose, 1984), e através deste percentual chegou-se a massa gorda por meio de uma regra de três simples. Na determinação da massa corporal magra subtraiu-se a massa gorda da massa corporal.

Procedimento estatístico de desenvolvimento e validação das equações

No processo de desenvolvimento das equações de regressão para estimar a CM, utilizou-se do método estatístico Análise de Regressão Múltipla modo Stepwise seleção Forward. Por este método foi verificado quais as variáveis preditivas que, conjuntamente, melhor predizem a CM em 10 ERP em máquinas. Foram analisados os valores de Correlação Múltipla, Coeficiente de Determinação, Erro padrão de estimativa com relação as equações propostas e também verificado a significância destas através da Análise de Variância e a respectiva probabilidade (p).

No processo de validação das equações utilizou-se o segundo grupo amostral deste estudo (20 indivíduos) onde os valores da CM foram mensurados diretamente pelo teste de 1-RM e também estimados através das equações desenvolvidas. Então, os valores mensurados e estimados foram utilizados na validação cruzada que correspondeu a: Teste "t" de Student, Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, Erro padrão de Estimativa, Coeficiente de Variação Residual, Erro Constante e análise dos desvios padrões dos valores mensurados e valores estimados.

Neste processo de validação utilizou-se de alguns critérios sugeridos por Lohman (1992). Contudo, em função de ser a CM, o objeto de estudo deste trabalho, e não variáveis da densidade ou da composição corporal, como originalmente são as sugestões do autor acima citado, utilizou-se de mais um critério estatístico de validação: o Coeficiente de Variação Residual (CV-residual).

Propõe-se um ponto de corte não para o EPE, mas sim para o CV-residual por se tratar de um valor relativo a magnitude da média, sendo assim, proporcional a esta. O EPE difere muito entre os ERP em função das médias de CM que são também bastante distintas. Então, propondo-se um valor único de EPE como ponto de corte para os 10 exercícios que foram desenvolvidas as equações, ocorreriam graves erros. Consequentemente, um valor relativo a magnitude da média de força em cada exercício (CV-residual) interpretou-se como o mais adequado.

O valor de 13% é proposto neste trabalho como ponte de corte do CV-

residual para validação das equações. A explicação para tal colocação é feita quando da apresentação dos resultados da validação cruzada.

O nível de significância selecionado foi de $p < 0,05$, sendo todos os dados tratados através do pacote estatístico SPSS for Windows versão 6.0.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 01 transcreve os valores descritivos das amostras de proposição e de validação. Chama-se a atenção quanto aos exercícios leg press e rosca de tríceps, os quais obtiveram a maior e a menor médias de CM, tanto para a amostra de proposição (75,38kg e 14,48kg), quanto de validação (79,60kg e 16,05kg), respectivamente.

Tabela 01 – Dados descritivos das amostras de proposição e validação das equações de regressão.

EXERCÍCIOS	Amostra de Proposição			Amostra de Validação		
	Média - dp	CV (%)	Máx - mín	Média - dp	CV (%)	Máx - mín
Valores em kg						
Flexão/joelho	21,3 ± 4,6	21,8	37 - 13	21,5 ± 4,6	21,6	39 - 15
Extensão/joelho	35,8 ± 7,8	21,7	59 - 21	36,9 ± 7,5	20,4	54 - 19
Leg press	75,3 ± 13,2	17,5	107 - 51	79,6 ± 15,6	19,5	95 - 25
Abdução/quadril	34,0 ± 6,1	17,9	47 - 22	32,0 ± 5,0	15,6	47 - 20
Adução/Quadril	30,5 ± 6,1	20,0	47 - 19	29,8 ± 5,3	17,9	49 - 18
Voador frontal	25,4 ± 4,2	16,7	38 - 18	23,7 ± 4,7	20,2	35 - 17
Voador invertido	22,1 ± 4,5	20,4	38 - 12	21,2 ± 4,2	19,9	38 - 10
Puxada frontal	28,5 ± 3,9	13,6	41 - 21	28,0 ± 3,5	12,5	43 - 19
Rosca/tríceps	14,4 ± 2,71	18,7	24 - 12	16,0 ± 2,4	15,3	22 - 12
Supino	32,6 ± 6,8	20,9	56 - 22	31,9 ± 7,9	24,8	48 - 20
Número de repetições	Variáveis preditivas neuromusculares (repetições)					
RM puxada frontal	15,1 ± 9,2	60,6	45 - 02	15,4 ± 8,7	56,4	32 - 3
RM extensão joelho	14,1 ± 6,2	43,8	31 - 03	13,9 ± 5,8	42,1	26 - 5
Valores em kg	Variáveis preditivas da composição corporal (kg)					
Massa Corporal	58,18 ± 7,1	12,3	80 - 48	57,4 ± 6,8	11,9	78 - 48
Massa Corporal Magra	43,25 ± 4,1	09,4	54 - 35	42,4 ± 5,1	12,2	52 - 37
Massa Gorda	14,92 ± 3,7	24,6	27 - 9,5	15,0 ± 2,6	17,0	26 - 11
Valores em cm	Variáveis preditivas antropométricas (cm)					
Perímetro antebraço	23,86 ± 1,7	04,9	26 - 22	24,0 ± 1,8	7,7	25 - 21
Perímetro do braço	26,54 ± 2,0	07,8	32 - 23	26,6 ± 2,4	8,9	33 - 24
Perímetro do tórax	85,61 ± 5,3	06,2	102 - 76	85,1 ± 5,7	6,7	98 - 73
Comprimento do MI	87,32 ± 5,0	05,8	98 - 71	86,4 ± 6,4	7,4	97 - 71
Estatura	164,6 ± 5,8	03,5	176 - 155	163,0 ± 5,7	3,5	174 - 154

O volume muscular envolvido quando da execução destes exercícios, é de grande diferença. No leg press é envolvido praticamente toda a musculatura dos membros inferiores (MI) (quadríceps, glúteos, isquiotibiais, panturrilha) gerando um grande volume muscular. Entretanto, no exercício rosca de tríceps, a musculatura envolvida é somente a posterior do braço (musculatura tricipital). A distinta diferença de volume muscular ativado nestes exercícios é que confere as diferenças existentes nos patamares de CM (Zatsiorsky, 1999 e Fleck & Kraemer, 1999). Obviamente existem outras questões como exemplo bioavancas que também possuem uma participação nestes valores (Weineck, 1991; Pereira Filho, 1994; McArdle et al. 1998 e Campos, 2000), porém parecem ter menor influência.

A RM no exercício puxada frontal apresentou-se mais eficiente no sentido de discriminar a amostra, haja visto que, apresentou o maior desvio padrão (9,2 repetições para amostra de desenvolvimento e 8,7 repetições para amostra de validação). Por outro lado, a RM no exercício extensão de joelhos apresentou um desvio padrão menor (6,20 repetições para a amostra de desenvolvimento e 5,87 repetições para a amostra de validação), por conseguinte, não discriminando tão bem o grupo.

Apresentação das equações

Primeiramente verifica-se que entre variáveis preditoras a que mostrou possuir melhor poder de estimação foi a RM pux (Tabela 02), pois integrou nove dos dez modelos propostos (cinco nos Membros Superiores (MS) e quatro nos modelos que predizem força nos MI).

Tabela 02 – Equações de regressão propostas para estimar a carga máxima (n=55)

CM estimada	Equações
Flexão de joelho	$= 5,07 + 0,19 (RM \text{ pux}) + 0,22 (RM \text{ ext}) + 0,23 (MCM)$
Extensão de joelho	$= - 41,78 + 0,31 (PTr) + 0,47 (CMI) + 0,33 (RM \text{ pux}) + 0,33 (RM \text{ ext})$
Leg press	$= 172,38 + 1,06 (RM \text{ pux}) + 0,92 (MCM) - 0,93 (Est)$
Abdução de quadril	$= - 23,13 + 0,55 (PTr) - 1,76 (PAI) + 0,32 (CMI) + 0,41 (MC)$
Adução de quadril	$= - 15,11 + 0,23 (CMI) + 0,22 (RM \text{ pux}) + 0,37 (MC)$
Voador frontal	$= 4,57 + 0,19 (PTr) + 0,30 (RM \text{ pux})$
Voador invertido	$= 4,51 + 0,34 (PTr) - 0,66 (PBr) + 0,37 (RM \text{ pux})$
Puxada frontal	$= 10,41 + 0,54 (PAI) + 0,36 (RM \text{ pux})$
Rosca de tríceps	$= 0,29 + 0,16 (PTr) + 0,17 (RM \text{ pux})$
Supino	$= 87,99 + 0,59 (RM \text{ pux}) - 0,39 (Est)$

RM pux = repetições máximas realizadas no exercício puxada frontal;
RM ext = repetições máximas realizadas no exercício extensão de joelho;
MC = massa corporal MCM = massa corporal magra
PTr = perímetro do tronco PAt = perímetro do antebraço
PBr = perímetro do braço Est = estatura
CMI = comprimento de membro inferior

O CMI foi a variável que integrou, pelo segundo maior número de vezes, os modelos de regressão para MI (exercício de extensão de joelhos, abdução e adução de quadril), no entanto, nos modelos preditores da musculatura de MS esta variável não compôs nenhum modelo. O PTr integrou três modelos de regressão referentes aos MS (exercícios voador frontal e invertido e rosca de tríceps) e dois aos MI (exercícios extensão de joelho e abdução de quadril), sendo a segunda variável que maior número de vezes integrou os modelos de regressão. A Est e o PAt integraram, cada uma delas, uma equação de regressão referente aos MI e uma de MS (Tabela 02).

As variáveis da composição corporal MC e MCM comporam as equações para exercícios de MI. Quando uma das variáveis integrou o modelo de regressão a outra, por sua vez, não o integrou. Ficando o exercício extensão de joelho com a única equação em que este fato não ocorreu.

Nas equações para exercícios de MS, quando um dos perímetros compôs um dos modelos os outros não o integraram, com exceção feita para os exercícios supino (em que nenhum perímetro integrou o modelo de regressão) e no exercício voador invertido, quando PTr e PBr integraram o modelo conjuntamente.

Desenvolvimento das equações

Quanto aos valores estatísticos de desenvolvimento das equações, estes são apresentados na Tabela 03. Verifica-se que todas as equações propostas foram significativas. Os valores da ANOVA variaram de $F=15,911$ (exercício abdução de quadril) a $F=222,440$ (exercício puxada frontal), sendo todos os valores altamente significativos ($p<0,0000$).

As correlações lineares simples entre as variáveis preditivas e a CM, são apresentadas na Tabela 03. Nas correlações de MI, observa-se que não necessariamente as variáveis preditivas com maior correlação com a CM integraram os modelos. Este fato é salientado nas correlações da variável estatura com o exercício leg press ($r=-0,050$) que, mesmo apresentando uma baixíssima correlação, integrou o modelo. Este fenômeno é evidenciado de forma inversa nas associações da MCM com a

Tabela 03 – Valores dos testes estatísticos referentes ao desenvolvimento das equações de regressão (n=55)

Correlação Linear de Pearson das Variáveis Preditivas com a CM					
Exercícios de Membros Inferiores					
	Flexão de Joelho	Extensão de Joelho	Leg Press	Abdução de Quadril	Adução de quadril
PTr	0,396	0,493*	0,478	0,612*	0,641
Pat	0,539	0,541	0,447	0,378*	0,598
CMI	0,298	0,507*	0,077	0,398*	0,443*
RM pux	0,757*	0,763*	0,778*	0,317	0,656*
RM ext	0,694*	0,711*	0,593	0,261	0,502
MC	0,544	0,612	0,464	0,651*	0,720*
MCM	0,564*	0,662	0,403*	0,646	0,719
Estatura	0,341	0,414	-0,050*	0,360	0,435
Valores referentes aos modelos propostos					
R	0,807	0,867	0,826	0,748	0,807
R ²	65,1%	75,3%	68,3%	56,0%	65,3%
EPE	2,71	4,12	8,21	4,09	3,63
CV-residual	12,9%	11,6%	10,9%	12,2%	12,0%
F (ANOVA)	31,137	38,809	35,888	15,911	31,944
p (ANOVA)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Correlação Linear de Pearson das Variáveis Preditivas com a CM					
Exercícios de Membros Superiores					
	Voador frontal	Voador invertido	Puxada frontal	Rosca de tríceps	Supino
PTr	0,524*	0,526*	0,518	0,618*	0,405
PBr	0,476	0,451*	0,598	0,657	0,499
Pat	0,524	0,499	0,651*	0,627	0,480
RM pux	0,774*	0,815*	0,936*	0,773*	0,728*
Estatura	0,155	0,225	0,280	0,055	-0,094*
Valores referentes aos modelos propostos					
R	0,801	0,847	0,944	0,823	0,787
R ²	64,2%	71,8%	89,1%	67,8%	61,9%
EPE	2,74	2,50	1,41	1,57	4,56
CV-residual	10,9%	11,4%	04,9%	09,5%	13,6%
F (ANOVA)	47,591	41,624	222,440	53,666	44,829
p (ANOVA)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

* Incluído no modelo de regressão

R = Coeficiente de correlação múltipla.

R² = Coeficiente de determinação.

EPE = Erro padrão de estimativa.

CV-residual = Coeficiente de variação residual

F = Valor do resultado da análise de variância

P = probabilidade do valor de F.

CM dos exercícios adução ($r=0,646$) e abdução de quadril ($r=0,719$) e extensão de joelhos ($r=0,662$), também entre PTr com a CM do exercício adução de quadril ($r=0,641$), PAt com a CM do exercício extensão de joelhos ($r=0,541$), entre outros, que apresentaram boas correlações com a CM mas não integraram os modelos de regressão.

A explicação estatística é que estas variáveis preditivas com boas correlações com a CM mensurada (CMm) diretamente nos exercícios pelo teste de 1-RM, apresentaram melhores associações com outras variáveis preditivas, sendo que, estas últimas integraram os modelos de regressão e modificaram a variação dos dados, "tirando" a significância parcial ao modelo das primeiras variáveis.

Nos exemplos, a MCM não compôs os modelos de regressão, dos exercícios adução e abdução de quadril, apesar de apresentar a segunda maior magnitude de correlação com a CM. Em função das boas correlações da variável MC com a MCM ($r=0,935$), quando da inclusão da MC no modelo, a MCM deixou de apresentar uma significância parcial que a possibilitasse de integrar as equações. As duas variáveis (MC e MCM) tem o mesmo poder preditivo (pois possuem uma grande variância em comum) em relação a CM, conseqüentemente com a inclusão de uma, a outra deixa de apresentar necessidade de compor o modelo de regressão.

No exercício extensão de joelhos a MCM apresentou-se bem associada com a MC ($r=0,934$) contudo, a MC também não integrou o modelo de regressão. Neste caso a inclusão do PTr modificou a variação da MCM, pois apresentaram boas associações ($r=0,674$) até mesmo maior que a associação com a própria (CMm). Assim, MCM e MC deixaram de apresentar significância parcial com a inclusão do PTr.

O mesmo fenômeno pode ser observado em algumas equações dos exercícios dos MS, como é o caso das variáveis PBr e PAt frente ao exercício rosca de tríceps que apresentaram excelentes correlações com o PTr. Sendo o mesmo raciocínio válido neste e em outros exercícios que venham apresentar o mesmo comportamento.

O caso das correlações baixíssimas, e não significativas, da Est com a CMm nos exercícios leg press e supino ($r=-0,05$ e $r=-0,094$, respectivamente), e ainda assim, a sua inclusão no modelo de regressão, deveu-se ao fato desta variável apresentar baixíssimas correlações também com as outras variáveis preditivas, assim obteve uma significância parcial possuindo uma contribuição preditiva ao modelo apesar da baixa associação com CMm.

Observando-se somente as variáveis que integraram os modelos, verificou-se que as correlações, mais baixas foram apresentadas nos exercícios adução e abdução de quadril e as mais altas nos exercícios puxada frontal e extensão de joelhos.

O alto poder preditivo das variáveis neuromusculares (RM pux e RM ext) vão ao encontro das afirmações de Baumgartner & Jackson (1995) e Morales & Sobonya (1996), relatando associações de moderadas a altas entre resistência muscular localizada e força. Em estudo de Ilha et al. (1999), ficou demonstrado que estas associações tendem a acentuarem-se quando são correlacionados grupos musculares similares.

Conclui-se com a avaliação das correlações lineares que, a variável de melhor poder preditivo foi a RM pux. Contudo, esta conclusão é limitada somente as correlações lineares simples, outros testes estatísticos, interpretados em um sentido global, poderão confirmar, ou não, esta conclusão.

Com referência aos valores estatísticos de proposições das equações, observa-se em um aspecto geral que as correlações múltiplas entre o conjunto de variáveis preditivas e a CMm, foram expressivas. Os valores de R apresentaram-se similares entre equações preditivas dos exercícios de MI. Comparativamente, os MS apresentaram valores de R mais divergentes.

Analisando-se a Tabela 03, verifica-se que esta apresenta a maioria dos valores acima de $R=0,80$ (apresentada por 08 das 10 equações desenvolvidas), obteve-se uma variação de $R=0,748$ (exercício abdução de quadril) a $R=0,944$ (exercício de puxada frontal), sendo as variações da CM explicadas, pelos respectivos modelos de regressão, em um percentual de 56,0% e 89,2% (valores de R^2). A equação para o exercício abdução de quadril e supino foram as únicas a possuírem um valor de R abaixo de 0,8.

Os dois exercícios que apresentaram os maiores valores de R, foram justamente os mesmos exercícios utilizados nos testes neuromusculares preditivos (RM ext. e RM pux.). Isto, mais uma vez, reforça o argumento sobre a importância da especificidade de movimento requerido nas testagens, como também dos grupos musculares envolvidos, nos testes 1-RM e nas RM preditivas. Este argumento é sustentado pelo encontrado por Ilha et. al. (1999), onde os pesquisadores concluíram em seu estudo, sobre associação de resistência muscular localizada com força máxima dinâmica, que “os testes que demonstraram as maiores correlações foram os que apresentaram similaridades de grupos musculares (...) sugerindo que a especificidade da musculatura é de extrema importância para associações das duas qualidades físicas” (pág. 259).

Os valores de R determinados para as equações propostas são similares aos detectados por Chau et al. (1997) que encontrou um $R= 0,84$ quando incluiu como variáveis preditivas a massa corporal, estatura, área muscular do braço, sexo e idade para estimar força isométrica (através do “grip strength”), relatando que este coeficiente aumenta quando são incluído variáveis antropométricas. Sugeriu então que “índices antropométricos facilmente medidos devem ser tomados dentro de

estimativas de cálculos de volume e força da mão” (op. cit.).

Em estudo realizado por Gravel et al. (1997), desenvolvendo e aplicando equações de regressão para prever força estática máxima geradas pelos grupos musculares flexores laterais e extensores do tronco, encontrou coeficientes de determinação (R^2) de 56% à 76% para os flexores laterais. Os pesquisadores concluíram relatando que as equações de regressão podem ser usadas proveitosamente para prever força individualmente nos sujeitos.

Com relação aos EPE, estes apresentaram variações de 1,41kg (exercício puxada frontal) a 8,21kg (exercício leg press).

Com exceção da equação para o exercício supino, todos os outros valores de CV-residual foram a baixo de 13%, valor este encontrado por Gravel et al. (1997) na equação proposta por estes pesquisadores.

O CV-residual da equação para o exercício puxada frontal (04,9%) destoou dos outros valores, demonstrando um baixíssimo erro associado a equação, conferindo a esta, o maior grau de precisão de estimativa dentre todas as equações apresentadas.

Analisando conjuntamente os valores de R, R^2 , EPE e CV-residual, conclui-se que a equação do exercício puxada frontal, apresenta os melhores resultados em termos preditivos pois, possui o maior grau de associação entre as variáveis preditivas e a CM ($R=0,944$), a maior explicação da variação da CM através do modelo de regressão ($R^2=0,892\%$), e o menor erro de estimativa (EPE=1,41kg) e também apresenta o menor CV-residual (04,9%).

Entre as equações que estimam força para os MI, a equação do exercício extensão de joelho foi a que apresentou maior poder de estimativa. Esta demonstrou o maior grau de associação entre as variáveis preditivas do modelo e a CM ($R=0,867$); apresentando, conseqüentemente, a melhor explicação da variação na CM ($R^2=0,753\%$). Embora tenha apresentado um CV-residual (11,6%) um pouco maior que no exercício leg press (10,9%), o seu EPE apresentou-se bem menor (4,12kg), e contabilizando-se todos os dados estatísticos de estimativa, o modelo de regressão deste exercício demonstrou o maior poder de estimativa entre as equações preditivas da CM dos MI.

Validação das equações de regressão

Os valores dos testes estatísticos de validação são apresentados na Tabela 04. Nesta tabela pode ser visualizados os valores da média e desvio padrão tanto da CM mensurada (CMm) diretamente através do teste de 1-RM, quanto da carga máxima estimada (CMe) pelos modelos de regressão propostos.

O Teste “t” de Student mostrou não haver diferenças estatisticamente

significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos valores estimados e mensurados. A variação, da probabilidade do Teste "t", foi de $p = 0,053$ (exercício voador frontal) a $p = 0,461$ (exercício flexão de joelho).

Com referência as associações encontradas entre valores da CMm e CMe (Tabela 04), os Coeficiente de Correlação apresentaram-se sempre estatisticamente significativos com magnitudes de moderadas à altas. Os coeficientes variaram de $r = 0,523$ (exercício abdução de quadril) a $r = 0,932$ (exercício puxada frontal) no geral e, apresentaram sete correlações acima de $r = 0,761$ (nos exercícios rosca de tríceps, supino, voador frontal, puxada frontal, flexão e extensão de joelho e leg press).

Tabela 04 - Validação cruzada das equações propostas para estimativa da carga máxima em máquinas de exercícios resistidos com peso ($n = 20$)

Exercícios	Médias	t	r	EC	EPE	CV-residual
1 flexão/joelho	21,04±3,17	-0,752	0,811	0,48	2,72	12,9%
2 flexão/joelho	21,52±4,66	$p = 0,461$	$p = 0,000$			
1 extensão/joelho	35,52±6,71	-1,581	0,857	1,37	3,87	10,9%
2 extensão/joelho	36,90±7,52	$p = 0,130$	$p = 0,000$			
1 leg press	75,55±11,06	-1,93	0,811	4,05	9,10	12,0%
2 leg press	79,60±15,56	$p = 0,068$	$p = 0,000$			
1 abdução/Quadril	33,45±5,37	1,321	0,523	-1,40	4,26	12,7%
2 abdução/Quadril	32,05±5,01	$p = 0,202$	$p = 0,009$			
1 adução/quadril	30,03±4,27	0,766	0,660	-0,68	3,91	13,0%
2 adução/quadril	29,35±5,21	$p = 0,453$	$p = 0,001$			
1 voador frontal	25,03±3,61	2,058	0,794	-1,34	2,90	11,6%
2 voador frontal	23,70±4,78	$p = 0,053$	$p = 0,000$			
1 voador invertido	21,90±3,42	0,956	0,654	-0,69	3,19	14,6%
2 voador invertido	21,20±4,22	$p = 0,350$	$p = 0,002$			
1 puxada frontal	28,59±3,14	1,914	0,932	-0,546	1,27	4,44%
2 puxada frontal	28,05±3,50	$p = 0,070$	$p = 0,000$			
1 rosca/tríceps	16,47±1,93	1,177	0,761	-0,420	1,58	9,6%
2 rosca/tríceps	16,05±2,45	$p = 0,253$	$p = 0,000$			
1 supino	33,39±5,41	1,312	0,792	-1,445	4,84	14,5%
2 supino	31,95±7,93	$p = 0,205$	$p = 0,000$			

- 1 – Valores estimados pelas equações
 - 2 – Valores mensurados diretamente pelo teste de 1-RM (critério de validação)
 - CV-residual = divisão do EPE pela respectiva média estimada, multiplicado por 100%.
 - t = Teste “t” de Student
 - r = Correlação linear de Pearson
 - EC (erro constante) = média mensurada – média estimada;
- EPE (erro padrão de estimativa) = $EPE = S \sqrt{1 - R^2}$

Conforme este primeiro critério de validação (diferença entre as médias de CMm e CMe), as equações de regressão mostraram-se com forte tendência de validação.

Estes valores conferem ao segundo critério de validação um respaldo positivo a todas as equações de regressão propostas neste fase.

De acordo com a variância dos dados (desvios padrões da Tabela 04) os valores estimados nos exercícios leg press, voador frontal, voador invertido e supino são menores que os mensurados. Nos demais exercícios as diferenças nos patamares dos desvios padrões mensurados e estimados ainda existe; entretanto, em menor magnitude (em torno de 1kg), mostrando que, as equações representaram bem a amostra de validação (Jackson & Pollock apud Glaner & Rodriguez-Añez, 1999).

O EPE apresentou-se com uma ampla distribuição de valores, conferindo-lhe uma variação de 1,27kg (exercício puxada frontal) a 9,10kg (exercício leg press).

Segmentando os exercícios em dois conjuntos (de MS e MI) verificou-se que esta variação é menor no MS.

O exercício leg press apresentou o EPE que mais destoou do grupo de equações, por apresentar uma magnitude bem superior aos demais (9,10kg). Contudo, para uma interpretação mais elaborada deste exercício deve-se analisá-lo conjuntamente com os respectivos CV-residual.

Verificou-se que a magnitude do EPE (exercício leg press) possui um valor similar aos demais quando relativizado a sua média (CV-residual= 12,0%). Assim, o valor mais destoante é o encontrado no exercício puxada frontal, que apresentou os menores valores de CV-residual comparativamente aos demais (EPE= 1,27kg e CV-residual=4,44%). Esse exercício demonstrou o menor erro associado as estimativas, e como consequência, a equação que apresentou maior precisão de estimativa da CM.

Segundo Rodriguez-Añez (1997; p.23) em trabalhos de validações de equações na área de cineantropometria “tem sido aceito que uma equação é válida para outra população quando o erro de estimativa da densidade for menor que 0,0090 g/ml”, valor que também é considerado em outros estudos com os de Petroski (1995); Glaner & Rodriguez-Añez (1999).

Contudo, proposição e validação de equações para estimar a CM está começando e caminha a passos lentos quando comparado com a área de Cineantropometria. Em função disto, e conforme a literatura a que este estudo teve acesso, ainda não foram desenvolvidos trabalhos que investiguem o ponto de corte e que estabeleçam o tamanho do EPE para validar uma equação.

O CV-residual de 13% como ponto de corte foi proposto neste trabalho, como outro critério de validação além dos sugeridos por Lohman (1992). A justificativa para a adoção deste valor se faz pelos seguintes argumentos:

- considera-se como sendo um percentual não elevado de erro associado as equações, entretanto, este não é de magnitude pequena porém, aceitável;

- a troca de peso nas placas das máquinas de ERP é de no mínimo 2kg. EPE de valores menores que estes serão desconsiderados quando da utilização na prática das equações propostas. Com exceção do exercício leg press e supino, nos demais o percentual de 13% de CV-residual gira em torno de 3kg de erro (Tabela 04), sendo um valor bem próximo as trocas mínimas de peso das máquinas, ficando então, esta magnitude de erro aceitável em fase as trocas de peso possibilitadas nas máquinas de ERP, justificando assim, o 13% como ponto de corte para o CV-residual;

- no momento de prescrição dos exercícios, por meio de estimativas da CM, os erros apresentados tornam-se ainda menores, principalmente quando estes forem abaixo de CV-residual de 13%. Por exemplo no exercício adução de quadril (com média= 29,35kg; EPE= 3,91kg e CV-residual= 13,0%, valor limite do ponto de corte) ao se prescrever um exercício de resistência muscular localizada (com intensidade de 60% da CM) este valor será de 17,61kg (calculando-se com os valores médios encontrados para CM), ou 15,26kg (calculando-se com o valor de 1 EPE abaixo da média), ou ainda 19,96 58kg (calculando-se com o valor de 1 EPE acima da média) baseados nos intervalos de confiança. Verificando-se as diferenças entre 15,26kg e 17,61kg (diferença igual a 2,35kg), e 19,96kg e 17,61kg (diferença igual a 2,35kg), percebe-se que quando prescreve-se o treinamento de resistência-força, os erros de estimativas, que eram de 3,91kg (EPE), tornam-se menores próximos a 2kg. Compreende-se como erro de 2kg, como um valor pequeno de erro de prescrição de treinamento de resistência que não inviabiliza este treinamento. Este exemplo desenvolvido foi com o EPE e CV-residual (13%) último valor este que ainda valida uma equação pelo ponto de corte proposto, consequentemente, nos demais exercícios que validam os erros para prescrição dos exercícios são ainda menores.

- Realizando-se a mesma linha de raciocínio, entretanto verificando agora o erro na prática do treinamento de hipertrofia muscular a 80% da CM para o mesmo exercício.

Média de CM de 29,35kg e EPE de 3,91 com intensidade de 80% da CM, este valor será de 23,48kg (calculando-se com os valores médios encontrados para CM), ou 20,35kg (calculando-se com o valor de 1 EPE abaixo da média), ou ainda 26,60kg (calculando-se com o valor de 1 EPE acima da média). Verificando-se as diferenças entre 23,48kg e 20,35kg (diferença igual a 3,13kg), e entre 26,60kg e 23,48kg (diferença igual a 3,12kg), percebe-se que quando prescreve-se o treinamento de hipertrofia muscular os erros máximos de 13% são aproximados de 3kg, referentes a intervalos de confiança de ± 1 EPE. Portanto, situando-se os valores do intervalos de confiança muito próximos das trocas mínimas das máquinas.

- Este valor possui concordância ao determinado por GRavel et al. (1997), que desenvolveu e aplicou equações de regressão para predizer força estática máxima geradas pelos grupos musculares flexores laterais e extensores do tronco, quando relataram que o erro médio encontrado na predição foi de 13%. Com este valor de CV-residual os pesquisadores concluíram que as equações de regressão podem ser usadas proveitosamente para predizer força individualmente nos sujeitos.

Entende-se, assim, que 13% como ponto de corte para o CV-residual, passa a ser um valor coerente para aplicar-se às equações que estimem a CM em máquinas de exercícios resistidos com peso.

Este ponto de corte é relativo as médias da CM, também esta relacionado aos valores de r entre CMe e CMm já que, o valor do EPE é influenciada por esta correlação (Vincent, 1995).

Acredita-se que este valor do CV-residual é adequado aos dados que este estudo obteve, pois conforme registra Vincent (1995, p.105) “cada pesquisador deve determinar um aceitável erro para os dados analisados. Estes níveis dependerão das conseqüências dos erros de predição”.

Demonstrou-se também através do CV-residual que as equações flexão de joelho, extensão de joelho, leg press, abdução e adução de quadril, voador frontal, puxada frontal e rosca de tríceps; apresentaram valores iguais ou abaixo de 13% do valor das respectivas médias estimadas, mostrando tendência a validação por este critério.

Quanto aos Erros Constante (EC), estes apresentaram uma variação de -1,44 (exercício supino) à 4,05 (exercício leg press). O exercício leg press apresentou o maior valor, em módulo, do EC.

Através dos critérios de validação, seguidos neste estudo, demonstrou-se que 08 equações das 10 propostas, apresentaram validade para estimar a CM.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Conclusões

Com o término deste estudo as seguintes conclusões são relatadas:

- As equações flexão e extensão de joelhos, leg press, abdução e adução de quadril, voador frontal, puxada frontal e rosca de tríceps, desenvolvidas a partir das variáveis preditivas (neuromuscular, composição corporal e antropométricas), são válidas para estimar a carga máxima em máquinas de exercícios resistidos com peso da marca INBAF, para mulheres pouco familiarizadas com este tipo de exercitação corporal;
- A equação do exercício puxada frontal apresentam-se como sendo o exercício com melhor equação preditiva da carga máxima, pois apresentou as maiores correlações múltiplas e menores CV-residual. Na estimativa da carga máxima para MI o exercício extensão de joelho também apresentou os maiores R e menores CV-residual, possuindo, portanto, a melhor equação que estima a CM para os exercícios que mobilizam a musculatura de MI.

Sugestões

Sugere-se a realização de estudos de validação para as equações aqui propostas em outras marcas de máquinas de exercícios resistidos com peso;

Dentro do processo de validação desenvolvido neste estudo, o ponto de corte estabelecido, e discutido, de 13% para o CV-residual; deve ser melhor estudado. Sugere-se a realização de trabalhos específicos para determinar este valor, confirmando-o ou estabelecendo novos valores, haja vista que, este é um critério de validação de equações e que, para o objeto de estudo analisado neste trabalho (CM), se possui restritas informações na literatura;

Sugere-se a realização de estudos buscando ajuste de modelos não lineares para estimativa da carga máxima, o que poderá ocasionar melhoras nos modelos de regressão (menores EPE e maiores R).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- B AUMGARTNER, T. A. & JACKSON, A. S. **Measurement for Evaluation in Physical Education and Exercise Science**. 15 ed. Wisconsin: WCB Brown & Benchmark, , 1995.
- B ORTOLI, H.; REIS de MOURA, J. A.; ZINN, J. L. et al. Diferenças na Força Máxima Dinâmica Mensurada em Diferentes Marcas de Máquinas de Musculação. **ANAIS – Sessões Científicas, XV Congresso Internacional de Educação Física – FIEP/2000**. Foz do Iguaçu, PR, 2000.
- C ALLAWAY, C.W.; CHUMLEA, W.C.; BOUCHARD, C. et al. Circumferences. In: LOHMAN, A. F., ROCHE, A. F. & MARTORELL, R.; . (Eds.) **Anthropometric standardization reference manual**. Abridged Edition. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1991.
- C AMPOS, M. A. **Biomecânica da Musculação**. Rio de Janeiro: Sprint, , 2000.
- C HAU, N.; PETRY, D.; BOURGKARD, E. Comparison Between Estimates of Hand Volume and Hand Strength as With Sex and Age With and Without Anthropometric Data in Healthy Working People; **European Journal of Epidemiology**, 13 (3); Netherlands, 1997.
- D E ROSE, E. H.; PIGATTO, E. & D E ROSE, R. C. F. **Cineantropometria, Educação Física e Treinamento Desportivo**. Rio de Janeiro: SEED/MEC, 1984.
- F LECK, S. J. & KRAEMER, W. J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**, 2 ed., Porto Alegre, RS: Artes Médicas Sul Ltda., 1999.
- F REITAS, F. M. C. & RODRIGUES, J. C. Estudo da Influência dos Ritmos Biológicos no Desempenho da Força Máxima em Indivíduos do Sexo Masculino. **Revista da Fundação de Esportes e Turismo**. 1 (3), 1989.
- G LANER, M. F. & RODRIGUES AÑEZ, C. R. Validação de Procedimentos Antropométricos para Estimar a Densidade Corporal e Percentual de Gordura em Militares Masculinos. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, 1(1), p. 24-29, 1999.

- GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C. & ROCHE, A. F. Stature, Recumbent Length, and Weight. In: LOHMAN, A. F., ROCHE, A. F. & MARTORELL, R. (Eds.) **Antropometric standardization reference manual**. Abridged Edition. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1991.
- GUEDES, D. P. Estudo da Gordura Corporal Através da Mensuração dos Valores de Densidade Corporal e da Espessura de Dobras Cutâneas em Universitários, **Dissertação de Mestrado**, Mestrado em Educação Física, Santa Maria, RS: UFSM, 1985.
- GUEDES, D. P. & GUEDES, J. E. P. R. **Controle do Peso Corporal: Composição Corporal, Atividade Física e Nutrição**. Londrina, PR: Midiograf, 1998.
- GRAVEL, D.; GAGNON, M.; PLAMONDON, et al. Development and Application of Predictive Equations of Maximal Static Moments Generated by the Trunk Musculature. **Clinica Biomechanics**, 12 (5), 1997.
- HARRISON, G. G.; BUSKIRK, E. R.; CARTER, J. E. L. et al. Skinfold thicknesses and measurement technique. In: LOHMAN, A. F., ROCHE, A. F. & MARTORELL, R. (Eds.) **Antropometric standardization reference manual**. Abridged Edition. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1991.
- ILHA, P.; REIS DE MOURA, J. A. & ZINN, J. L.; Associação entre resistência muscular localizada e força máxima dinâmica. **ANAIS – Sessões Científicas, XV Congresso Internacional de Educação Física – FIEP/2000**. Foz do Iguaçu, PR, 2000.
- LOHMAN, T. G.; **Advances in Body composition Assessment**, Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1992.
- KIRKENDALL D. R.; GRUBER, J. J. & JOHNSON, R. E. **Measurement and evaluation for physical educators**, 2 ed. Human Kinetics, 1987.
- McARDLE, W. D.; KATCH, F.I. & KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 4 ed., cd. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 1998.

- MARTIN, A.D.; CARTER, J.E.L.; HENDY, K. C. et al. Segment Lengths In: LOHMAN, A. F., ROCHE, A. F. & MARTORELL, R. (Eds.) **Antropometric standardization reference manual**. Abridged Edition. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1991.
- MORALES, J. & SOBONYA, S. Use of Submaximal Repetition Test for Predicting 1-RM Strength in Class Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 10 (3), p. 186-189, Champaign, 1996.
- PEREIRA FILHO, N. **Musculação e Cinesiologia aplicada: Coleção Musculação Total**; 3 ed. v. 2, Londrina, PR: Midiograf, 1994.
- PETROSKI, E. L. Desenvolvimento e Validação de Equações Generalizadas para Estimativa da Densidade Corporal em Adultos. **Tese de Doutorado**, Santa Maria, RS: UFSM, 1995.
- PINHEIRO, P. T. M.; COSTA, A. L. L. & SOARES, M. Relação entre Força Voluntária Máxima, Número de Repetições e Circunferência Corrigida do Braço. **XXI Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, CELAFISCS, SP, 1998.
- REIS DE MOURA, J. A.; ALMEIDA, H. F. R. & SAMPEDRO, R. M. F.; Força Máxima Dinâmica: Uma Proposta Metodológica para Validação do Teste de Peso Máximo em Aparelhos de Musculação. **Revista Kinesis**, n. 18, p. 23-50, 1997.
- RODRIGUEZ-AÑEZ, C. R. Desenvolvimento de Equações para a Estimativa da Densidade Corporal de Soldados e Cabos do Exército Brasileiro. **Dissertação de Mestrado**, Mestrado em Educação Física, Santa Maria, RS: UFSM, 1997.
- SANTAREM, J. M. **Musculação Princípios Atualizados: Fisiologia, Treinamento e Nutrição**; São Paulo: ed. Arte Final, 1993.
- VINCENT, W. J. **Statistics in Kinesiology**. California State University: Human Kinetics, 1995.
- WEINECK, J. **Biologia do Esporte**. São Paulo, SP: Manole, 1991.
- ZATSIORSKY, V. M. **Ciência e Prática do Treinamento de Força**. Guarulhos, SP: Phorte Editora, 1999.

ENSAIOS

