



Modelo de predição de uma repetição máxima (1RM) baseado nas características antropométricas de homens e mulheres*

Wollner Materko, Carlos Eduardo Brasil Neves e Edil Luis Santos

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi desenvolver uma equação para predição da carga de uma repetição máxima (1RM) em homens e mulheres, usando exclusivamente as características antropométricas. Participaram deste estudo 44 jovens de baixo risco, com experiência em treinamento de força, sendo 22 do sexo masculino (23 ± 4 anos, $76,6 \pm 12,7$ kg, $173,9 \pm 5,5$ cm, $11 \pm 4,5\%$ de gordura) e 22 do feminino (22 ± 4 anos, $54 \pm 6,0$ kg, $161 \pm 5,8$ cm, $18 \pm 2,2\%$ de gordura). Inicialmente, eles passaram por uma avaliação antropométrica seguida de um teste de 1RM de familiarização no exercício de desenvolvimento, que foi repetido após 48h. A repetibilidade do teste de 1RM foi testada pelo *Wilcoxon matched paired test*. Finalmente, a carga de 1RM foi modelada em função das variáveis antropométricas por regressão linear múltipla (*forward stepwise*) usando como critério de corte das variáveis independentes $\Delta r^2 < 0,01$. A confiabilidade dos modelos foi expressa pela análise de Bland e Altman. Adotou-se em todos os testes $\alpha = 0,05$. Não se registraram diferenças entre teste e reteste, resultando em $44,6 \pm 13,2$ kg e $12,2 \pm 3,2$ kg nos indivíduos do sexo masculino (SM) e feminino (SF), respectivamente. Além das variáveis antropométricas, incluiu-se aos modelos o tempo de experiência em treinamento de força. No SM, o modelo resultou em 84% da variância explicada, com erro padrão equivalente a 12%. Por outro lado, no SF, a capacidade preditiva do modelo obtido foi mais fraca, resultando em 56% da variância explicada e erro padrão equivalente a 20%. Em conclusão, os modelos obtidos mostraram adequada confiabilidade, de forma que podem ser utilizados como ferramentas para predição da carga de 1RM.

ABSTRACT

Prediction model of a maximal repetition (1RM) based on male and female anthropometrical characteristics

The goal of the present study was to develop an equation for predicting the workload of one maximal repetition (1RM) in women and men, based exclusively on anthropometrical characteristics. Forty-four low-risk and experienced in strength training young subjects, being 22 male (23 ± 4 years, 76.6 ± 12.7 kg, 173.9 ± 5.5 cm, 11 ± 4.5 % of body fat) and 22 female (22 ± 4 years, 54 ± 6.0 kg, 161 ± 5.8 cm, 18 ± 2.2 % of body fat) volunteered for this study. All subjects were submitted to an anthropometrical evaluation followed by a 1RM familiarization test (shoulder press), which was repeated after 48h. The repeatability was tested using *Wil-*

Palavras-chave: Treinamento de força. Força muscular. Exercício. Equação de predição.

Keywords: Strength training. Muscular strength. Exercise. Prediction equation.

Palabras-clave: Entrenamiento de fuerza. Fuerza muscular. Ejercicio. Ecuación de predicción.

coxon Matched paired test. Finally, the 1RM workload was modeled in relation to the anthropometrical variables through multiple linear regression (forward stepwise) using as cutoff criteria for the independent variables $\Delta r^2 < 0.01$. The models reliability was expressed by the Bland and Altman analysis. All tests assumed $\alpha = 0.05$. No significant differences were recorded between the two tests, resulting 44.6 ± 13.2 kg and 12.2 ± 3.2 kg, for male (MS) and female (FS) subjects respectively. The time of practice in strength training was also included in the models. The model resulted in 84% of explained variance and a standard error of 12% for the MS. On the other hand, for the FS the predictive capacity was weaker than for = the MS, resulting in 56% of the explained variance and a standard error of 20%. In conclusion, the obtained models showed acceptable reliability so that they can be currently used as a tool for predicting the 1RM workload.

RESUMEN

Modelo de predicción de una repetición máxima (1RM) basado en las características antropométricas de hombres y mujeres

*El objetivo del presente estudio ha sido desarrollar una ecuación para predecir la carga de una repetición máxima (1RM) en hombres y mujeres, usando exclusivamente las características antropométricas. Participaron de este estudio 44 jóvenes de bajo riesgo, con experiencia en entrenamiento de fuerza, 22 del sexo masculino (23 ± 4 años, $76,6 \pm 12,7$ kg, $173,9 \pm 5,5$ cm, $11 \pm 4,5\%$ de grasa) y 22 del sexo femenino (22 ± 4 años, $54 \pm 6,0$ kg, $161 \pm 5,8$ cm, $18 \pm 2,2\%$ de grasa). Al inicio, estos pasaron por una evaluación antropométrica seguida de un test de 1RM de familiarización en el ejercicio en desarrollo, que fue repetido después de 48 h. La repetibilidad del test de 1RM fue probada por *Wilcoxon matched paired test*. Finalmente la carga de 1RM fue modelada en función de las variables antropométricas por regresión lineal múltiple (*forward stepwise*) usando como criterio de aglomeración de las variables independientes $\Delta r^2 < 0,01$. La confiabilidad de los modelos se expresó por el análisis de Bland y Altman. En todos los tests se adoptó $\alpha = 0,05$. No se registraron diferencias entre el test y el retest, resultando en $44,6 \pm 13,2$ kg y $12,2 \pm 3,2$ kg en los individuos del sexo masculino (SM) y femenino (SF), respectivamente. Fuera de las variables antropométricas, se incluyó a los modelos el tiempo de experiencia en la actividad de fuerza. En el SM, el modelo resultó en 84% de la varianza explicada, con un error estándar equivalente a 12%. Por otro lado, en el SF, la capacidad predictiva del modelo obtenido no fue tan eficaz, re-*

* Laboratório de Pesquisa em Fisiologia do Exercício. Curso de Educação Física, Universidade Estácio de Sá, Campus Rebouças, Rio de Janeiro, Brasil.

Recebido em 21/9/05. Versão final recebida em 31/7/06. Aceito em 22/8/06.

Endereço para correspondência: Prof. Edil Luis Santos, D.Sc., Laboratório de Pesquisa em Fisiologia do Exercício, Universidade Estácio de Sá, Rua do Bispo, 83, Rio Comprido – 20261-060 – Rio de Janeiro, RJ. Tel.: 55 (21) 2503-7094, fax: 55 (21) 2503-7090. E-mail: byels@uol.com.br

sultando em 56% de la varianza explicada y un error padrón equivalente a 20%. En conclusión, los modelos obtenidos mostraron adecuada confiabilidad, de forma que pueden ser utilizados como herramientas para predecir la carga de 1RM.

INTRODUÇÃO

O teste de uma repetição máxima (1RM) é freqüentemente utilizado como medida de força muscular, seja no âmbito da preparação física, do treinamento desportivo, da reabilitação física, ou simplesmente no escopo da pesquisa científica. Nesse sentido, é consenso que a base para a prescrição de exercício em treinamento contra-resistência (TCR) se estabelece através da relação entre o percentual de 1RM e o número de repetições⁽¹⁾. Por outro lado, estudos anteriores têm mostrado que inúmeros fatores – como o nível de condicionamento físico⁽²⁾, o grupamento muscular⁽³⁾, sono⁽⁴⁾, alimentação⁽⁵⁾, ritmo cronobiológico⁽⁶⁾, motivação⁽⁷⁾, ciclo menstrual⁽⁸⁾ e a fadiga muscular⁽⁹⁾ – interferem efetivamente em tal relação, resultando em distintas intensidades para dado número de repetições.

Adicionalmente, o longo tempo requerido para a execução de um teste de 1RM, o desconforto muscular⁽¹⁰⁾, além dos possíveis riscos de lesão⁽¹¹⁾, têm determinado o desenvolvimento de métodos mais simples e menos lesivos, mas capazes de estimar a força máxima com adequada acurácia. Nesse contexto, objetivando prever a força máxima sem submeter a estresse físico e emocional máximos, inúmeros estudos têm-se pautado na validação de testes submáximos, baseando-se no número máximo de repetições para dada carga⁽¹²⁻¹³⁾, no percentual de 1RM⁽¹⁴⁻¹⁵⁾, na carga máxima para dado número de repetições⁽¹⁶⁻²⁰⁾, ou simplesmente em características antropométricas como estatura, área segmentar, área muscular⁽²¹⁻²⁶⁾, ou na massa corporal^(10,27). Por outro lado, embora a literatura seja rica em trabalhos envolvendo a estimativa de 1RM, poucos estudos têm-se focado nas características antropométricas da população brasileira. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi desenvolver um modelo de predição da carga de 1RM baseando-se, exclusivamente, nas características antropométricas de homens e mulheres.

MÉTODOS

Procedimentos experimentais

Participaram deste estudo 44 voluntários (22 do sexo masculino e 22 do feminino) selecionados aleatoriamente em uma academia da cidade do Rio de Janeiro. Consideraram-se como critérios de inclusão: que os voluntários tivessem, no mínimo, seis meses de experiência em TCR; que não utilizassem qualquer recurso ergogênico; que não apresentassem lesões osteomioarticulares prévias. Eles foram classificados como indivíduos de baixo risco, por apresentar até um fator de risco para doença arterial coronariana e nenhum sinal ou sintoma sugestivo de doença cardiopulmonar ou metabólica.

Todos foram previamente instruídos a não realizar exercício físico nas 24h precedentes, não consumir bebida alcoólica e a manter-se hidratados ao longo dos testes. Os procedimentos experimentais tiveram início somente após o consentimento verbal e a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, conforme aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estácio de Sá. Os voluntários foram inicialmente submetidos a uma avaliação antropométrica, seguida de um teste de 1RM de familiarização⁽²⁸⁾ e, obedecendo a um intervalo mínimo de 48h, realizaram um reteste de 1RM. Todos os testes de 1RM foram realizados entre 17 e 19 horas.

Avaliação antropométrica

Esta constou da medida de massa corporal (MC) e estatura (E), realizada numa balança mecânica com estadiômetro (Filizola, Bra-

sil). Para o cálculo da área de secção transversa do segmento foi necessário medir como padrão a circunferência do braço (CS) direito relaxado utilizando uma trena antropométrica (Sanny, Brasil), e a dobra cutânea (DC) do tríceps braquial através de um compasso científico (Cescorf, Brasil). A partir dessas medidas, calculou-se o percentual de gordura (GR) e a massa livre de gordura (MLG) usando as equações de Jackson e Pollock⁽²⁹⁾ e de Jackson *et al.*⁽³⁰⁾ para a estimativa da densidade corporal em homens e mulheres, respectivamente, combinada com a equação de Siri⁽³¹⁾.

A partir da medida da CS, calculou-se a área de secção transversa do braço (As):

$$As = \frac{CS^2}{4\pi} \quad (1)$$

Então, a área muscular (Am) foi calculada em função da AS e da DC tricipital:

$$Am = \pi \cdot \left(\frac{CS}{2\pi} - \frac{DC}{2} \right)^2 \quad (2)$$

e, finalmente, calculou-se a área de gordura (Ag) pela diferença entre As e Am:

$$Ag = As - Am \quad (3)$$

Protocolo teste de 1RM

Selecionou-se o exercício de desenvolvimento na máquina pelo fato de se tratar de um movimento pluriarticular, além de oferecer baixo risco de lesão. Além disso, embora haja inúmeros estudos tratando de exercícios como supino, *leg press*, cadeira extensora, entre outros, até o presente estudo, não há registros de resultados tratando da predição de carga de 1RM para esse tipo de exercício. O teste partiu da posição inicial sentado com o tronco encostado no banco, joelhos flexionados, com os pés apoiados sobre o banco, cotovelos flexionados, ombros aduzidos e a pegada na barra relativamente maior que o alinhamento dos ombros. Na fase concêntrica, realizou-se abdução de ombros e extensão de cotovelos simultaneamente a partir da posição inicial e, seqüencialmente, a fase excêntrica constou do retorno à posição inicial.

Os testes de 1RM foram conduzidos conforme o protocolo proposto por Brown e Weir⁽²⁸⁾. Realizaram-se 3-5 min de atividades leves envolvendo o grupamento muscular testado e, após um minuto de alongamento leve, aquecimento de oito repetições a 50% de 1RM percebida, seguido de três repetições a 70% de 1RM percebida. Após 5min de intervalo, realizou-se o teste de 1RM, acrescentando-se, quando necessário, 0,4 a 5kg, totalizando três a cinco tentativas. Registrou-se como carga máxima aquela levantada em um único movimento.

Tratamento estatístico

A repetibilidade do teste de 1RM foi confirmada pelo teste não paramétrico de pares ordenados de Wilcoxon. A carga de 1RM foi modelada por regressão linear múltipla através de minimização do erro quadrático (método *forward stepwise*) usando como variáveis independentes: idade, E, MC, MLG, GR, CS, AS, AM e a AG, além do tempo de experiência em treinamento de força. Adotou-se como critério de corte das variáveis independentes uma variação no r^2 menor que 0,01, bem como seu valor-p. A confiabilidade dos modelos de regressão foi expressa pelo erro padrão de estimativa (SEE) e estudada através do método de Bland e Altman⁽³²⁾, em que se empregou no eixo horizontal o valor medido da carga de 1RM e, no eixo vertical, a diferença entre os valores medidos e aqueles obtidos pelo modelo. Adicionalmente, apresentou-se 95% do limite de concordância (LOA), sendo expresso como o intervalo entre dois desvios-padrão ($\pm 2SD$). Adotou-se em todos os testes empregados $\alpha = 0,05$. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados em *Matlab v6.2* (Mathworks, EUA).

RESULTADOS

Não se registrou nenhum problema osteomioarticular durante ou imediatamente após qualquer teste, de forma que todos os voluntários chegaram à carga máxima nos testes de 1RM no exercício de desenvolvimento. Na tabela 1 são apresentadas as características físicas e antropométricas, bem como o tempo de experiência em TCR dos voluntários. Conforme pode ser vislumbrado, à exceção do tempo de experiência – que variou de seis meses a cinco anos – a baixa dispersão dos dados aponta para um grupo de voluntários bastante homogêneo.

TABELA 1
Características físicas e antropométricas dos voluntários

Variáveis	Homens	Mulheres
Idade, anos	23 ± 4	22 ± 4
Estatura, cm	173 ± 5,5	161 ± 5,8
MC, kg	76,6 ± 12,7	54 ± 6
MLG, kg	68,1 ± 8,6	44,2 ± 4,9
GR, %	11 ± 4,5	18 ± 2,2
CB, cm	35,7 ± 3,2	25,8 ± 1,7
Experiência, meses	38,8 ± 34,9	19,7 ± 19,5
AS, cm ²	102,3 ± 18,5	53,5 ± 7,2
AM, cm ²	77,5 ± 24,3	35,8 ± 5,9
AG, cm ²	24,8 ± 22,2	17,6 ± 2,8

onde MC representa a massa corporal; MLG, massa livre de gordura; GR, gordura relativa; CB, circunferência do braço relaxado; Experiência, tempo de experiência em treinamento contra-resistência; AS, área segmentar do braço; AM, área muscular do braço; e AG, a área de gordura do braço.

Na tabela 2 são apresentadas as cargas de 1RM e o número de tentativas obtido no teste e reteste de 1RM dos voluntários. Embora a carga de 1RM obtida no reteste tenha sido, em média, maior que aquela do teste de familiarização, não se registraram diferenças significativas, resultando em alta correlação entre estes (SM, $r = 0,99$; SF, $r = 0,94$). Assim sendo, desprezaram-se os resultados do teste de familiarização, adotando a segunda medida (reteste) como referência para variável independente na predição da carga de 1RM.

TABELA 2
Performance nos testes de 1RM no exercício de desenvolvimento de homens e mulheres

Sexo	Masculino	Feminino
Teste 1RM, kg	43,2 ± 13,4	11,6 ± 3,1
Reteste 1RM, kg	44,7 ± 13,1	12,2 ± 3,2
N _{teste}	4,7 ± 0,6	4 ± 0,8
N _{reteste}	3 ± 1,2	2,6 ± 0,9

onde N_{teste}, número de tentativa no teste e N_{reteste}, número de tentativa no reteste.

TABELA 3
Coeficiente de determinação e o nível de significância entre as variáveis antropométricas e a performance no teste de 1RM no exercício de desenvolvimento

Variáveis	Homens		Mulheres	
	R ²	Valor-p	R ²	Valor-p
Idade	0,01	0,569	0,23	0,023
Estatura	0,09	0,158	0,09	0,173
Massa	0,28	0,012	0,16	0,059
MLG	0,31	0,007	0,19	0,038
GR	0,04	0,345	0,04	0,361
CB	0,73	0,000	0,10	0,143
Experiência	0,31	0,008	0,07	0,207
AS	0,73	0,000	0,10	0,134
AM	0,13	0,106	0,12	0,101
AG	0,11	0,139	0,00	0,693

onde MLG representa a massa livre de gordura; GR, gordura relativa; CB, circunferência do braço; Experiência, tempo de experiência em treinamento contra-resistência; AS, área segmentar; AM, área muscular; e AG, área de gordura.

A tabela 3 apresenta os coeficientes de correlação parcial entre as variáveis antropométricas (independentes) e a carga de 1RM (variável dependente). A experiência em TCR resultou em 31% da variância explicada da carga de 1RM. Adicionalmente, as variáveis antropométricas apresentaram as mais altas correlações com a carga de 1RM no SM. A MC contribuiu com 28% ($p = 0,01$), a MLG com 31% ($p < 0,01$), mas as mais altas correlações foram obtidas pela CS e AS ($r^2 = 0,73$, $p < 0,01$). Já no SF, as correlações foram menores, atingindo coeficientes de determinação de 0,23 (idade) e 0,18 MLG ($p < 0,05$).

A tabela 4 sumariza os modelos de predição de 1RM usando duas a seis variáveis independentes. Todos os modelos extraídos mostraram-se significativos; no entanto, é possível perceber que, ainda que haja tendência a aumentar o coeficiente de explicação à medida que se acrescentam variáveis independentes, o SEE tende a se estabilizar, parecendo, então, que não se acrescenta informação à capacidade preditiva dos modelos. Com isso, o melhor modelo para a estimativa de 1RM foi atribuído à equação que apresentou o maior coeficiente de determinação e menor erro padrão da estatística. Os modelos resultaram em $r^2 = 0,84$ com erro equivalente a 12% (SEE = 5,94kg, $p < 0,001$) no SM; já no SF, a capacidade preditiva do modelo obtido foi mais fraca, resultando em $r^2 = 0,56$ e erro padrão equivalente a 20% (SEE = 2,52kg, $p < 0,05$).

TABELA 4
Coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa e nível de significância das variáveis antropométricas e do tempo de experiência em treinamento contra-resistência, quando acrescentadas ao modelo do sexo masculino e feminino

Equação de predição de 1RM dos homens	r ²	SEE	p
1RM = -13,64 + 0,60 · AS	0,73	6,99	< 0,001
1RM = -15,23 + 0,72 · AS - 0,89 · GR	0,80	6,17	< 0,001
1RM = -24,03 + 0,65 · AS - 1,26 · GR + 0,25 · MC	0,83	5,94	< 0,001
1RM = -19,82 + 0,65 · AS - 1,15 · GR + 0,27 · MC - 0,32 · idade	0,84	5,94	< 0,001
Equação de predição de 1RM das mulheres	r ²	SEE	p
1RM = 20,41 - 0,36 · idade	0,23	2,89	0,023
1RM = 20,50 - 0,42 · idade + 0,06 · E	0,39	2,65	0,009
1RM = 13 - 0,38 · idade + 0,05 · E + 0,12 · MC	0,44	2,61	0,014
1RM = 33,56 - 0,41 · idade + 0,04 · E + 0,27 · MC - 0,17 · H	0,46	2,62	0,025
1RM = 40,92 - 0,38 · idade + 0,04 · E - 0,06 · MC - 0,24 · H + 0,49 · MLG	0,49	2,63	0,039
1RM = 82,17 - 0,42 · idade + 0,03 · E + 3,5 · MC - 0,22 · H - 3,87 · MLG - 2,32 · GR	0,56	2,52	0,031

onde E representa o tempo de experiência em treinamento contra-resistência; MC, a massa corporal; AS, área segmentar; GR, gordura relativa; H, estatura; e MLG, a massa livre de gordura.

A confiabilidade dos modelos de regressão foi estudada através do método de Bland e Altman⁽³²⁾, em que se empregou no eixo horizontal a carga de 1RM medida e, no eixo vertical, a diferença entre os valores medidos e aqueles obtidos pelo modelo. A figura 1 ilustra a relação entre os valores de 1RM medidos e previstos em ambos os sexos, assim como a análise de Bland e Altman. Os modelos obtidos mostraram confiabilidade de 95% do limite de concordância, sendo expresso como o intervalo entre dois desvios-padrão ($\pm 2SD$). O modelo SM apresentou comportamento uniforme do erro, mostrando-se independente da carga, apesar de ter observado dois voluntários fora do limite de concordância, isto é, 9,09% do grupo. Já o modelo do SF apresentou seus dados dentro dos 95% do limite de concordância; entretanto, o erro sofre tendência a aumentar à medida que aumenta a carga. Observando o gráfico de Bland e Altman⁽³²⁾ aplicado ao SF

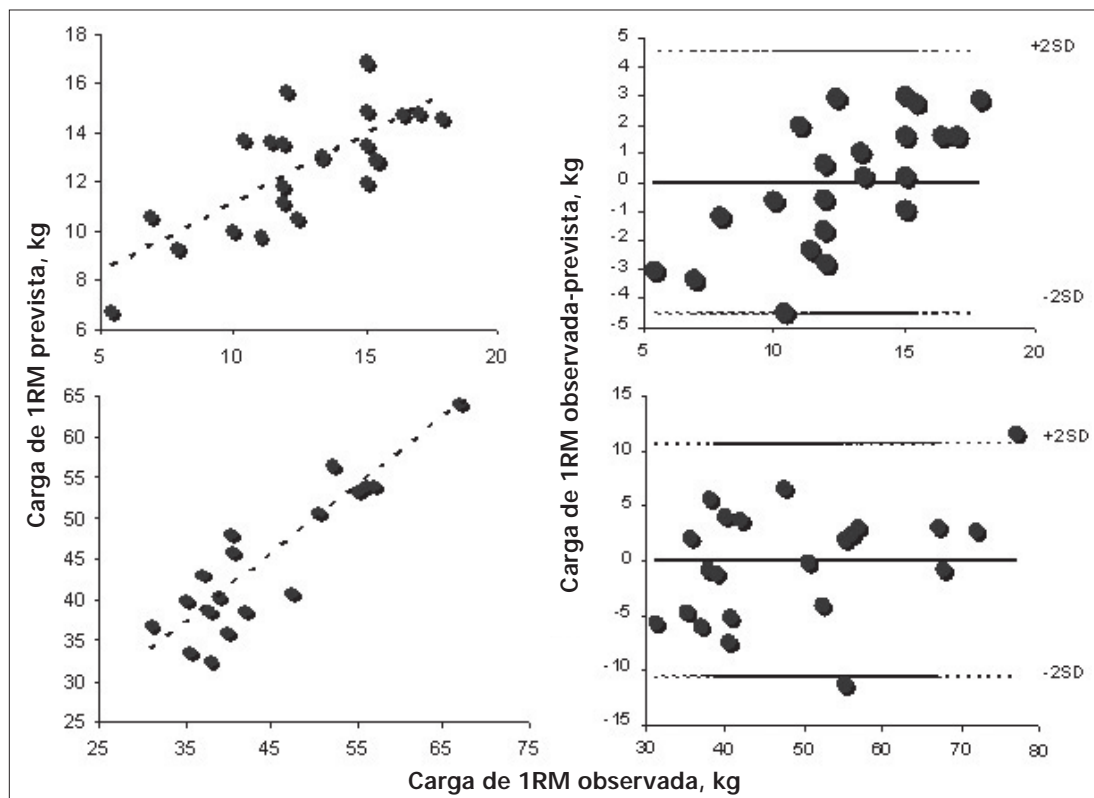


Figura 1 – Análise de Bland e Altman para a predição de carga de 1RM e predição da equação de 1RM entre a carga observada sobre a carga prevista em homens (gráficos inferiores) e mulheres (gráficos superiores). Na análise de Bland e Altman, os pontos representam as coordenadas entre os eixos das ordenadas (a diferença da carga observada sobre a carga prevista) e das abscissas (a carga observada), a linha contínua representa a diferença média das ordenadas e a linha pontilhada representa os limites (L) de confiabilidade, em que o $L_{superior}$ é a diferença média, somado por 2DP da diferença da ordenada e o $L_{inferior}$ é a diferença média, diminuída por 2DP da diferença da ordenada.

(figura 1), nota-se tendência, em cargas menores que 12kg, a superestimar o resultado, enquanto em cargas superiores a 12kg se subestima o resultado. Baseado nisso, pode-se atribuir maior confiabilidade e robustez ao modelo do SM quando comparado com o modelo do SF.

DISCUSSÃO

O teste de 1RM é comumente usado para avaliação da força máxima em uma única repetição; no entanto, muito se discute a respeito do risco de lesões⁽¹¹⁾, assim como da duração e intensidade do desconforto muscular⁽¹⁰⁾ oriundos de um teste de 1RM. Vários trabalhos anteriores têm proposto estimativas da carga de 1RM a partir de testes submáximos, baseados no número máximo de repetições para uma determinada carga⁽¹²⁻¹³⁾; no percentual de 1RM⁽¹⁴⁻¹⁵⁾; na carga máxima para um dado número de repetições⁽¹⁶⁻²⁰⁾; no percentual da massa corporal^(10,27); ou, simplesmente, nas características antropométricas⁽²⁰⁻²⁵⁾. É nesse contexto que se insere a proposta do presente estudo. Sabendo-se que poucos estudos desse tipo têm-se destinado às características antropométricas da população brasileira, procurou-se aqui desenvolver um modelo de predição da carga de 1RM no exercício de desenvolvimento, baseado exclusivamente nas variáveis antropométricas e na experiência em TCR.

Seguindo os procedimentos preconizados pela literatura, todos os voluntários realizaram previamente um teste de familiarização. Contrariamente a estudos anteriores^(20,33), este não resultou em diferenças significativas quando comparados teste e reteste, de forma que se pôde assegurar a repetibilidade das medidas. Possivelmente, o tempo de experiência no mínimo de seis meses em TCR tenha influenciado nesse resultado. Em estudo recente⁽¹⁴⁾,

com jovens atletas de levantamento de peso, o tempo de experiência foi mais bem correlacionado a 1RM que qualquer variável antropométrica, resultando em 49% da variância explicada. No presente estudo, a experiência resultou em 31% da variância explicada de 1RM.

Têm sido mostradas muito baixas correlações entre a carga de 1RM e as variáveis antropométricas^(13,21-22,24-25), de forma que o poder de predição de 1RM a partir dessas variáveis tende a ser muito fraco. Entretanto, no presente estudo, a circunferência e a área secção transversa do braço (no grupo SM) resultaram em 73% da variância explicada, respectivamente. Essas mesmas variáveis (no grupo SF) obtiveram resultados mais fracos, contribuindo com 10% da variância explicada, respectivamente. Por outro lado, a AM apresentou baixas correlações ($r = 0,35$ SM e $r = 0,37$ SF) com a carga de 1RM. Tal achado contraria estudo recente⁽³⁴⁾, em que se encontrou correlação de 0,81 entre a AM e a carga de 1RM realizada no exercício supino reto livre. Em um estudo⁽³⁵⁾ bastante interessante, atribui-se tal diferença ao grande número de músculos e articulações envolvidos durante a execução do supino reto quando comparado com o exercício do presente estudo, o que, segundo os mesmos autores⁽³⁵⁾, pode incorrer em interpretação errônea dos resultados.

Os modelos de predição de 1RM encontrados aqui foram baseados nas variáveis que apresentaram os maiores coeficientes de correlação parcial com a carga de 1RM. A partir daí, encontraram-se modelos polinomiais de primeira à sexta ordem, isto é, com 1-6 variáveis independentes. Os resultados dos modelos demonstraram ser significativos, apresentando aumento no coeficiente de explicação à medida que se acrescentam variáveis independentes; por outro lado, o SEE tende a se estabilizar, parecendo então que não se acrescenta informação à capacidade preditiva

dos modelos. Utilizou-se com modelo de predição para a estimativa de 1RM a equação que apresentou o maior coeficiente de determinação e menor erro padrão da estatística.

Nos indivíduos do sexo masculino, o modelo de predição de 1RM resultou em 84% da variância explicada, com erro padrão equivalente a 12% (SEE = 6,06kg, $p < 0,001$). Por outro lado, no SF, a capacidade preditiva do modelo obtido foi mais fraca, resultando em 56% da variância explicada (SEE = 2,61kg, $p < 0,05$) e erro padrão equivalente a 20%. Considerando que o grupo amostral⁽³⁶⁾, o exercício selecionado⁽³⁶⁾, a idade⁽³⁷⁾, o nível de condicionamento físico⁽¹⁴⁾, entre outros fatores, podem interferir na robustez do modelo, poder-se-iam esperar resultados distintos entre SF e SM. Embora trabalhos anteriores tenham encontrado erros da ordem de 1-10% com modelos baseados em testes de 7-10RM⁽¹⁷⁻²⁰⁾, levando em conta que aqui se valeu somente de medidas antropométricas sem requisição de qualquer estresse físico, os resultados obtidos mostram adequada consistência, de forma que os modelos podem ser considerados como uma ferramenta alternativa para a estimativa da força máxima. Adicionalmente, apesar de o modelo de predição de 1RM obtido no grupo SF ter sido menos robusto que aquele do SM, pode-se, com as devidas reservas, assumi-lo como aceitável.

A diferença na capacidade de predição no modelo do sexo masculino em comparação com o sexo feminino foi muito grande, o que pode associar-se com as diferenças no desempenho de homens e mulheres⁽³⁸⁾, ou aos distintos tipos de treinamento de força⁽³⁹⁻⁴⁰⁾. Adicionalmente, os homens apresentam maior massa muscular⁽³⁸⁾, o que tende a resultar em maior força absoluta que as mulheres⁽³⁸⁾. Conforme visto na tabela 1, as áreas segmentar e muscular foram, respectivamente, 96,7% e 116,5% maiores nos homens em relação às mulheres. Enquanto em exercícios para membros inferiores tal diferença tende a ser menor ou inexisten-

te⁽³⁸⁻³⁹⁾, diferenças antropométricas da magnitude daquelas encontradas aqui corroboram a expectativa de que se encontrem grandes diferenças na força muscular. Em estudo prévio⁽²¹⁾, em que se estimou a carga de 1RM no *leg press* em mulheres usando as características antropométricas, apresentou-se um modelo explicando 67% da variância de 1RM (SEE = 20,2kg), o que corrobora o fato de que o modelo é sensível aos padrões de treinamentos seguidos. Alternativamente, pode-se hipotetizar que o nível de experiência maior nos homens ($38,9 \pm 34,9$ SM e $19,7 \pm 19,5$ SF), assim como a motivação no exercício, possa ter influenciado nos resultados.

Cabe apontar que o presente estudo restringe-se a uma medida de força de membros superiores, cuja extrapolação para medidas de resistência, embora comumente abordada na literatura, merece estudo mais detalhado, pois a predição de cargas equivalentes a um número maior de repetições implicaria propagação de erro sobre erro. Adicionalmente, o grupo de voluntários restringe-se a indivíduos jovens com experiência em TCR, de forma que, *a priori*, as equações obtidas aqui se limitam à aplicação em grupos com tal característica.

É notório que os modelos obtidos podem ser usados como ferramentas em potencial para a predição da carga de 1RM em indivíduos com características físicas e antropométricas similares àquelas descritas aqui. Em conclusão, baseado nos resultados encontrados, foi possível desenvolver modelos de predição para carga de 1RM de homens e mulheres usando exclusivamente variáveis antropométricas, resultando em erros aceitáveis e adequada confiabilidade.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

- Morales J, Sobonya S. Use of submaximal repetition tests for predicting 1rm strength in class athletes. *J Strength Cond Res.* 1996;10:186-9.
- Hoeger WWK, Hopkins DR, Barette SL, Hale DF. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *J Appl Sport Sci Res.* 1990;4:47-54.
- Hoeger WWK, Barette SL, Hale DF, Hopkins DR. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum. *J Appl Sport Sci Res.* 1987;1:11-3.
- Maney I, Waterhouse J, Atkison G, Reilly T, Vavenne D. The effect of night's sleep deprivation on temperature, mood, and physical performance in subjects with different amounts of habitual physical activity. *Chronobiol Int.* 1998;15:349-63.
- Leveritt M, Abernethy P, Barry B, Logan P. Effects of carbohydrate restriction on strength performance. *J Strength Cond Res.* 1999;28:413-27.
- Atkison G, Reilly T. Circadian variation in sports performance. *Sports Med.* 1996;36:292-312.
- Fry MD, Fry AC. Goal perspectives and motivational responses of elite junior weightlifters. *J Strength Cond Res.* 1999;13:311-7.
- Birc K, Reilly T. The diurnal rhythm in isometric muscular performance differ with eumenorrhic menstrual cycle phase. *Chronobiol Int.* 2002;19:731-42.
- Behm DG, St-Pierre DMM. Fatigue mechanisms in trained and untrained plantar flexors. *J Strength Cond Res.* 1998;12:166-71.
- Kuramoto AK, Payne VG. Predicting muscular strength in women: a preliminary study. *Res Q Exerc Sport.* 1995;66:168-72.
- Faigenbaum AD, Milliken IA, Westcott WL. Maximal strength testing in healthy children. *J Strength Cond Res.* 2003;17:162-6.
- Horvat M, Ramsey V, Franklin C, Gavin C, Palumbo T, Glass LA. A method for predicting maximal strength in collegiate women athletes. *J Strength Cond Res.* 2003;17:324-8.
- Cosgrove L, Mayhew J. A modified YMCA bench press test to predict strength in adult women. *IAHPERD Journal [periódico online]* 1997 [citado em agosto de 2002];30:2 telas. Disponível em URL: http://www.mim.edu/exss_dept/iahperd/journal/j97s_bench.html.
- Kravitz L, Akalan C, Nowicki K, Kinzey SJ. Prediction of 1 repetition maximum in high-school power lifters. *J Strength Cond Res.* 2003;17:167-72.
- Ware JS, Clemens CT, Mayhew JL, Johnston TJ. Muscular endurance repetitions to predict bench press and squat strength in college football players. *J Strength Cond Res.* 1995;9:99-103.
- Kim PS, Mayhew JL, Peterson DF. A modified YMCA bench press test as a predictor of 1 repetition maximal bench press strength. *J Strength Cond Res.* 2002;16:440-5.
- Abadie BR, Altorfer GI, Schuler PR. Does a regression equation to predict maximal strength in untrained lifters remain valid when the subjects are technique trained? *J Strength Cond Res.* 1999;13:259-63.
- Knutzen KM, Brilla LR, Caine D. Validity of 1rm prediction equation for older adults. *J Strength Cond Res.* 1999;13:242-6.
- Hopkins L, Cochrane J, Mayhew JL. Prediction of arm and leg strength from the 7-10rm before and after training on nautilus machine weights. *IAHPERD Journal.* 1999;33:40-1.
- Braith RW, Graves JE, Leggett SH, Pollock MI. Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:132-8.
- Mayhew DL, Hafertepe M. Relationship of structural dimensions to leg press strength in trained adolescent females. *IAHPERD Journal [periódico online]* 1996 [citado em agosto de 2002]; 29:2 telas. Disponível em URL: http://www.mim.edu/exss_dept/iahperd/journal/j96s_legpress.html.
- Mayhew JL, Piper FC, Ware JS. Anthropometric correlates with strength performance among resistance trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 1993;33:159-65.
- Cummings B, Finn KJ. Estimation of a one repetition maximal bench press for untrained women. *J Strength Cond Res.* 1998;12:262-5.
- Scanlan JM, Ballmann KL, Mayhew JL, Lantz CD. Anthropometric dimensions to predict 1RM bench press in untrained females. *J Sports Med Phys Fitness.* 1999;39:54-60.
- Bale P, Colley E, Mayhew JL, Lantz CD. Anthropometric and somatotype variables related to strength in American football players. *J Sports Med Phys Fitness.* 1994;34:383-9.
- Mayhew JL, Jack JA, Ware JS, Chapman PP, Bemben MG, Ward TE, Slovak JP. Anthropometric dimensions do not enhance one repetition maximum prediction from the NFL-225 test in college football players. *J Strength Cond Res.* 2004;18:572-8.

27. Schell J, Ware JS, Mayhew JI. Muscular endurance performance relative to body weight to predict 1-RM bench press in college football players. *IAHPERD Journal*. 1999;32:30-1.
28. Brown LE, Weir JP. ASEP Procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol*. online 2001;4:1-21.
29. Jackson AS, Pollock M. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. 1978;40:497-504.
30. Jackson AS, Pollock ML, Ward LC. Generalized equation for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc*. 1980;13:175-82.
31. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. Apud Brozek J, Henschel. *Techniques for measuring body composition*. Washington National Academy of Science, 1961;223-4.
32. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;307-10.
33. Ploutz-Snyder LL, Giamis EL. Orientation and familiarization to 1rm strength testing in old and young women. *J Strength Cond Res*. 2001;15:519-23.
34. Pompeu FAMS, Gabriel D, Pena BG, Ribeiro P. Áreas de secção transversa do braço: implicações técnicas e aplicações para avaliação da composição corporal e da força dinâmica máxima. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10:202-6.
35. Hortobagyi T, Katch FL, Katch VL, LaChance PF, Behnke AR. Relationship of body size, segmental dimensions, and ponderal equivalents to muscular strength in high-strength and low-strength subjects. *Eur J Appl Physiol*. 1990;11:349-56.
36. Materko W, Santos EL, Neves CEB. Predição de uma repetição máxima baseada nas características de homens e mulheres. (Resumo apresentado no XXVIII Simpósio Internacional de Ciência do Esporte), São Paulo, de 15 a 17 de outubro de 2005.
37. Abadie BR, Wentworth MC. Prediction of one repetition maximal strength from a 5-10 repetition submaximal strength test in college-aged female. *J Exerc Physiol*. online. 2000;3:1-7.
38. Shephard RJ. Exercise and training in women. Part I: Influence of gender on exercise and training responses. *Can J Appl Physiol*. 2000;25:19-34.
39. Cotterman ML, Darby LA, Skelly WA. Comparison of muscle force production using the Smith machine and free weights for bench press and squat exercises. *J Strength Cond Res*. 2005;19:169-76.
40. McCurdy KW, Langford GA, Doscher MW, Wiley LP, Mallard KG. The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *J Strength Cond Res*. 2005;19:9-15.