



Influência de diferentes ângulos articulares obtidos na posição inicial do exercício pressão de pernas e final do exercício puxada frontal sobre os valores de 1RM

João Augusto Reis de Moura¹, Tiago Borher², Maximiliano Terra Prestes² e João Luiz Zinn²

RESUMO

O teste de uma repetição máxima (1RM) tem sido aplicado sobre várias circunstâncias e em diversos objetivos, sendo que variáveis potencialmente influenciadoras deste teste têm sido constantemente estudadas. Este estudo buscou avaliar a influência de diferentes ângulos na posição inicial de execução dos exercícios pressão de pernas e posição final do exercício puxada frontal sobre os resultados de 1RM. Para tal foram mensurados no teste de 1RM dos exercícios pressão de pernas e puxada frontal 20 sujeitos voluntários do sexo masculino (médias de idade 24,5 anos, estatura 1,75 metros e massa corporal de 72,0kg). Após consentimento de participação e a adaptação ao treinamento resistido com pesos, foi aplicado o teste de 1RM no exercício pressão de pernas em três diferentes ângulos de testagem na posição inicial (80°, 90° e 100° de flexão do joelho) e também no exercício puxada frontal posição final (60°, 70° e 80° de flexão do cotovelo), sendo que cada ângulo foi testado em dias diferentes, porém com os dois exercícios. Os resultados indicam que as médias de 1RM para o exercício pressão de pernas são estatisticamente diferentes ($F = 30,199$; $p = 0,000$) entre si (*post hoc* de Tukey). Já para o exercício puxada frontal, embora existam diferenças, estas não foram estatisticamente significativas ($F = 1,330$; $p = 0,281$). Conclui-se que diferentes técnicas de execução dos exercícios que envolvam angulações diversas, principalmente nas posições iniciais destes, devem ser rigorosamente controladas, pois podem afetar a quilagem levantada.

RESUMEN

Influencia en los diferentes ángulos articulares obtenidos en la posición inicial del ejercicio de presión de piernas y al final del ejercicio de puje frontal sobre los valores de 1RM

El test de Repetición Máxima (1RM) ha sido aplicado en varias circunstancias y en diversos objetivos siendo que variable potencialmente influyentes en este test vienen siendo constantemente estudiadas. Este estudio buscó evaluar la influencia de diferentes ángulos en la posición final del ejercicio de presión de piernas y de puje frontal sobre los resultados de 1RM. De tal manera que fueron medidos en el test de 1RM los ejercicios de presión de piernas y puje frontal de 20 sujetos voluntarios del sexo masculino (con medias de edad 24,5 años, estatura 1,75 metros y masa corporal de 72,0 kg). Despues de consentimiento de participación y de adaptación al entrenamiento resistido con pesos fué aplicado al test de

Palavras-chave: Ângulos articulares. 1RM. Técnica de execução.

Palabras-clave: Angulos articulares. 1RM. Técnica de ejecución.

*1RM en el ejercicio de presión de piernas en tres diferentes ángulos de testado en la posición inicial (80°, 90° y 100° de flexión de rodilla) y también en el ejercicio de puje frontal en posición final (60°, 70° y 80° de flexión de codo), siendo que cada ángulo fué testado en días diferentes pueden, con los dos ejercicios. Los resultados indican que las medias de 1RM para el ejercicio de presión de piernas son estadísticamente diferentes ($F = 30,199$; $p = 0,000$) entre si (*post hoc* de Tukey). Si para el ejercicio de puje frontal, existen hoy diferencias estas no fueron estadísticamente significativas ($F = 1,330$; $p = 0,281$). Se concluye que diferentes técnicas de ejecución de los ejercicios que involucran ángulos diferentes principalmente en las posiciones iniciales de estos deben ser rigurosamente controladas pues pueden afectar el quilaje levantado.*

INTRODUÇÃO

A aptidão física com relação ao componente força vem sendo mensurada através de testes de força e resistência de força, em que figuram o de 1RM*, RM**. O teste de 1RM tem sido aplicado com diversas finalidades na área do treinamento de força, classicamente, e principalmente no exercício supino ou agachamento⁽¹⁻⁴⁾, mas também se tem observado sua utilização em outros exercícios^(5,6). Os critérios de autenticidade científica do teste foram pesquisados e publicados na literatura^(7,8) e assim têm sido aplicados em crianças com segurança, desde que seguido fielmente o protocolo de medidas⁽⁹⁾, adolescentes⁽¹⁰⁾, adultos⁽³⁾ e idosos^(6,11).

O teste de 1RM tem particular interesse de aplicação no controle da quilagem de treino e acompanhamento de ganhos de força em atletas⁽¹²⁾, mas pode ser aplicado em outras populações desde que tenham indicativos para tal procedimento⁽¹³⁾. Muito embora o risco cardíaco por elevação da frequência cardíaca, pressão arterial sistólica ou duplo produto seja baixo no trabalho de força⁽¹⁴⁾, pode-se, mesmo assim, utilizar equações preditivas de 1RM⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ como um recurso útil para estimar força em indivíduos com potenciais riscos cardíacos.

Diante da importância e elevada gama de aplicação do teste de 1RM, estudos têm identificado variáveis intervenientes sobre a

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício/Universidade Regional de Blumenau/Blumenau (SC).

2. Laboratório de Cineantropometria e Medidas e Avaliação/Universidade Federal de Santa Maria/Santa Maria (RS).

Recebido em 13/11/03. 2ª versão recebida em 19/2/04. Aceito em 5/5/04.

Endereço para correspondência: João Augusto Reis de Moura, Rua Cruzeiro, 55, aptº 505 – 89035-210 – Blumenau, SC. E-mail: moura.reis@furb.br

* Teste que avalia a força dinâmica máxima dos indivíduos através da maior quilagem movimentada, dentro de um movimento previamente determinado, em somente uma repetição; por isso a designação de 1RM, ou seja, uma repetição máxima possível de execução.

** RM significa o número máximo de repetições que um indivíduo é capaz de realizar, dentro de um movimento padronizado (excêntrico/concêntrico ou vice-versa) e com determinada quilagem. Por exemplo, realizar 10 RM no exercício supino, significa que, com quilagem de 50kg, por exemplo, o indivíduo é capaz de realizar 10 repetições corretas e completas do exercício e nem mais ou menos que 10 repetições.

mensuração do teste. A influência do incentivo verbal tem-se mostrado significativo no sentido de aumento das quilagens levantadas⁽¹⁸⁾. O efeito da desidratação⁽⁴⁾ e de programas de flexibilidade, conduzidos pelo método estático, apresentaram efeitos deletérios durante e antes, respectivamente, as mensurações da força de 1RM⁽¹⁹⁾. Estudos desta natureza contribuem para melhorar os procedimentos de aplicação do teste de 1RM, evitando, ou minimizando, a influência de variáveis intervenientes.

Fica clara a importância do teste de 1RM para análise do comportamento de força e o aperfeiçoamento de sua confiabilidade científica. Todavia, análises de possíveis intervenções nos resultados obtidos em função de técnicas diferentes de execução dos exercícios não estão totalmente esclarecidas. Poucos são os estudos encontrados que abordam esse tema. Signorile *et al.*⁽²⁰⁾ estudaram o recrutamento diferenciado dos músculos que compõem o tríceps sural. O movimento de flexão plantar foi executado com joelhos em 90°, 135° e 180°; os autores encontraram que um recrutamento mais eficiente (avaliado por eletromiografia) de sóleo e gastrocnêmico medial são possíveis por manipulação do ângulo do joelho e isso parece ser devido a questões estruturais de mono ou multiarticulares dos grupamentos musculares. Escamilla *et al.*⁽²¹⁾ estudaram o comportamento das variáveis atividade muscular e forças de compressão e tensão sobre o joelho na variação da técnica de posicionamento de membros inferiores nos exercícios pressão de pernas e agachamento; através das conclusões do estudo sugeriram a execução dos exercícios com diferentes ângulos do joelho em função do posicionamento adotado e na dependência de objetivos de *performance* ou reabilitação.

Os estudos acima citados^(20,21) enfocaram variações na técnica de execução em função de diferentes ângulos articulares adotados; estudaram forças atuantes sobre as articulações envolvidas e atividade muscular, principalmente por recurso eletromiográfico; contudo, a repercussão destas variações na técnica de execução não foi relacionada a possíveis modificações nos resultados do teste de 1RM; isso é importante, uma vez que este teste é utilizado para o controle da quilagem de treino e acompanhamento nos ganhos de força^(12,13); qualquer interferência sobre o processo de avaliação poderá prejudicar as interpretações dos resultados, causando prejuízo para a prescrição e o monitoramento da carga de treino.

Como o movimento corporal humano funciona através de um sistema de bioavancas que são estabelecidas segundo princípios físicos^(22,23), as alterações nas angulações adotadas em função de diferentes técnicas de execução podem influenciar nos resultados de 1RM obtidos. Na busca de melhor avaliar a influência da técnica de execução sobre os valores de 1RM, este estudo teve como objetivo quantificar a influência de diferentes ângulos articulares na posição inicial do exercício pressão de pernas e posição final do exercício puxada frontal sobre os valores de 1RM.

MÉTODOS

Este estudo buscou verificar as variações nos resultados de 1RM em função de diferentes ângulos iniciais e finais de testagem nos exercícios pressão de pernas e puxada frontal, respectivamente. Foram testados 20 sujeitos voluntários do sexo masculino na faixa etária de 18 a 30 anos, todos pouco familiarizados com o Treinamento Resistido com Pesos (TRP)^{(24)*}, ou seja, entre oito e 11 sessões de treinamento. A idade foi selecionada devido ao platô de força encontrar-se entre estes valores^(22,25) e a estudos^(26,27) demonstrarem que o público que mais procura as academias de ginástica está nessa faixa etária.

A amostra apresentou valores médios de 24,5 ± 3,7 anos; 1,75 ± 0,10 metros e 72,0 ± 4,5kg para idade, estatura e massa corpo-

ral, respectivamente, sendo previamente contatada quando foram explicados os objetivos e justificativas do estudo e, em função destes, quais as medidas necessárias a serem realizadas com os indivíduos que a integrassem. Após o aceite dos indivíduos, estes assinaram termo de consentimento livre e esclarecido e iniciou-se a adaptação ao TRP. Esta adaptação perdurou por um período de oito a 11 sessões de treinamento, em que se visava o fortalecimento tendomioligamentar da amostra, bem como a conscientização da postura correta adotada nos exercícios do teste. Considerou-se como postura adequada para adaptação os ângulos de 90° e 70° para os exercícios pressão de pernas e puxada frontal, respectivamente. Utilizaram-se estas angulações por serem exatamente os ângulos intermediários utilizados posteriormente para a testagem.

O teste de 1RM nos exercícios pressão de pernas e puxada frontal (figuras 1 e 2) foi conforme protocolo proposto por Moura *et al.*⁽⁸⁾, com ajustes da testagem via percepção subjetiva de esforço, como sugeridos por Moura *et al.*⁽²⁸⁾. Durante as testagens foram utilizados incentivos verbais, como sugerido por McNair *et al.*⁽¹⁸⁾, para maximização dos resultados. A seguir consta a descrição dos protocolos de testagem (adaptado de Moura *et al.*⁽⁸⁾).

Pressão de pernas

Objetivo – Medir a força da musculatura dos membros inferiores.

Posição inicial – Indivíduo sentado no aparelho com os joelhos flexionados a 90° bem como uma flexão de quadril, pés sobre o anteparo de resistência do aparelho, mãos segurando em pontos de apoio abaixo da cadeira.

Ponto de resistência da quilagem – Colocados sob os pés como resistência horizontal para o movimento de empurrar.

Execução – O indivíduo empurra, no sentido horizontal, a resistência, realizando extensão de joelhos e de quadril.

Cuidados – Atenção quanto à região lombar da coluna vertebral para que fique sempre encostada no anteparo vertical do assento (estabilização da coluna lombar).

Puxada frontal

Objetivo – Mensurar a força da musculatura do tronco e membros superiores.

Posição inicial

a) Indivíduo sentado com tronco ereto e os joelhos flexionados em aproximadamente 90°, estando as coxas fixadas no anteparo padrão do aparelho situado à frente do corpo.

b) Mãos segurando a barra do aparelho (*pulley alt*), estando os cotovelos totalmente estendidos e os braços elevados acima do corpo (pegada varia em função dos ângulos de testagem), estando o tronco em atitude ereta.

Ponto de resistência da quilagem – A resistência é oferecida pela barra padrão contra o movimento de puxada (adução de ombro e flexão de cotovelo).

Execução – O indivíduo executa a puxada da barra para baixo e a frente do corpo até que ultrapasse a mandíbula, estando a cabeça orientada no plano de Frankfurt.

Cuidados – Atenção para que o indivíduo realmente mantenha a cabeça orientada no plano de Frankfurt e que ultrapasse a mandíbula de fato.

Foram realizados três dias de testagem; em cada dia o teste de 1RM foi conduzido utilizando-se um ângulo específico no teste. Vinte e quatro horas foram dadas entre os testes, o que, segundo Sewall e Lander⁽¹⁾, são suficientes para recuperação entre testes de 1RM. A ordem de aplicação do ângulo inicial de testagem foi aleatória entre os três testes de 1RM produzidos. Os ângulos foram determinados de forma relativa aos outros segmentos corporais usando-se um goniômetro universal da marca *Carci*. Os ângulos de medidas estão descritos a seguir e são colocados de forma visual nas figuras 1 e 2.

* Termo discutido e proposto por Hopf & Moura⁽²⁴⁾ como forma adequada, cientificamente, de se retratar a exercitação corporal designada, pelo senso comum, como musculação.

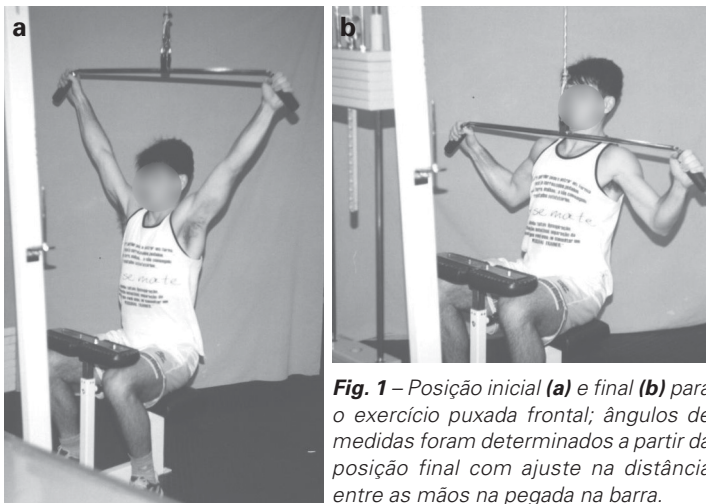


Fig. 1 – Posição inicial (a) e final (b) para o exercício puxada frontal; ângulos de medidas foram determinados a partir da posição final com ajuste na distância entre as mãos na pegada na barra.

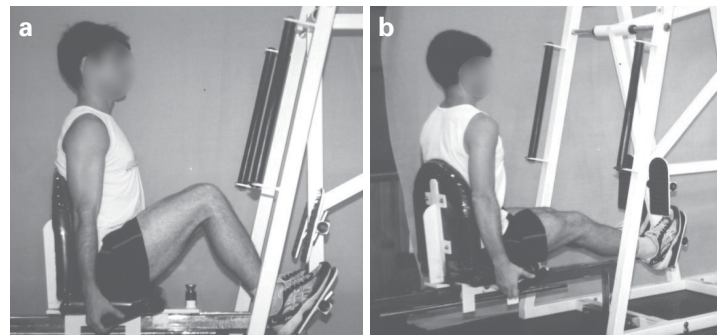


Fig. 2 – Posição inicial (a) e final (b) no exercício pressão de pernas; ângulos de medidas foram determinados na posição inicial entre segmentos de coxa e perna.

- Pressão de pernas: 80°, 90° e 100° (ângulos mensurados entre os segmentos coxa e perna; no teste de 1RM, representa a posição inicial de testagem).

- Puxada frontal 60°, 70° e 80° (ângulos mensurados entre os segmentos antebraço e braço ajustados durante a posição final de testagem sem quilagem (resistência) na máquina). Justifica-se a adoção dos ângulos de 60°, 70° e 80° pelo fato de que angulações maiores que 80° do cotovelo não eram compatíveis com o comprimento da barra do exercício, ou seja, indivíduos com membros superiores muito compridos (envergadura elevada) inviabilizariam a testagem em ângulos maiores que 80°, pois ao formar o ângulo maior de 80° ficariam com as mãos fora da barra padrão do aparelho.

Foram escolhidas estas posições de testagem por serem os pontos críticos de esforço, ou seja, segundo Campos⁽²³⁾, quanto maior a flexão de quadril e joelho (no exercício pressão de pernas) ou quanto mais os braços estiverem paralelos ao solo (no exercício puxada frontal), maior será o braço de momento da resistência. Portanto, durante o arco de movimentação do teste a arrancada (início) do movimento no exercício pressão de pernas e o final do exercício puxada frontal são os pontos de maior esforço devido ao braço de momento de resistência.

Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade dos dados. Após determinado que os dados são normalizados, utilizou-se a estatística paramétrica descritiva e a ANOVA *One Way* para medidas repetidas (*post hoc* de Tukey), no intuito de descrever os dados e verificar possíveis diferenças significativas entre os

escores de 1RM nos ângulos analisados. O pacote estatístico *SPSS for Windows* versão 10.0 foi utilizado para o tratamento dos dados, sendo o nível de significância utilizado de $\alpha \leq 0,05$.

RESULTADOS

Inicialmente a normalidade dos dados foi avaliada através do teste de Shapiro-Wilk, em que se verificou que os valores de 1RM obtidos em diferentes ângulos de análise e em diferentes exercícios não divergem significativamente em relação a uma curva normal padrão, sendo os dados, portanto, normalizados e conseqüentemente aceitam um tratamento estatístico através de provas paramétricas⁽²⁹⁾.

Na tabela 1 são apresentadas as médias, desvios padrões, coeficientes de variação e valores máximos e mínimos dos escores de 1RM obtidos em diferentes ângulos de medidas. No exercício pressão de pernas, as médias de 1RM obtidas apresentaram ampla variação (80° = 112,8kg, 90° = 138kg e 100° = 178kg). Estes dados foram tratados estatisticamente pela Análise de Variância *One Way* para medidas repetidas e esta apresentou significância estatística ($p < 0,01$), sendo aos valores aplicados o teste *post hoc* de Tukey, pelo qual ficou demonstrado que os valores médios de 1RM diferem estatisticamente entre si nos três ângulos avaliados.

Quanto ao exercício puxada frontal, o mesmo procedimento estatístico foi realizado. Verificou-se que as médias de 1RM (tabela 1) apresentaram-se diferentes entre os três ângulos analisados (60° = 63,6kg, 70° = 61,7kg e 80° = 58,4kg). Todavia, a variação não foi tão ampla quanto no exercício anterior, embora as diferenças entre os graus do ângulo do cotovelo mensurados fossem da mesma

TABELA 1
Valores descritivos e análise de variância para os três ângulos de mensuração de 1RM nos exercícios pressão de pernas e puxada frontal

Exercício pressão de pernas						
Ângulos	Média (kg)	Desvio padrão (kg)	Coeficiente de variação	Min-Máx (kg)	ANOVA	
					F	p
80°	112,8	16,3	14,4%	89,0-144,0	30,199*	< 0,001
90°	138,0	23,2	16,8%	105,0-183,0		
100°	178,9	37,3	20,8%	111,0-261,0		
Exercício puxada frontal						
Ângulos	Média (kg)	Desvio padrão (kg)	Coeficiente de variação	Min-Máx (kg)	ANOVA	
					F	p
60°	63,6	7,0	11,0%	51,0-76,0	1,330	0,281
70°	61,7	6,7	10,8%	48,0-73,0		
80°	58,4	6,7	11,5%	48,0-71,0		

* *Post hoc* de Tukey com diferenças estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre todas as médias.

magnitude que as do exercício pressão de pernas, ou seja, de 10 graus. A ANOVA *One Way* para medidas repetidas não apresentou significância, isto é, as médias de 1RM no exercício puxada frontal não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($F = 1,330$; $p = 0,281$) entre si.

No exercício pressão de pernas a variação dos dados foi se tornando cada vez maior (elevação do desvio padrão e do coeficiente de variação), conforme se aumentava o ângulo inicial de testagem ($CV = 14,4$; $16,8$ e $20,8\%$ para os ângulos 80° , 90° e 100° , respectivamente). Tal comportamento dos dados não foi identificado para o exercício puxada frontal, em que, independentemente do ângulo de testagem na posição final, a variação dos dados permaneceu similar ($CV = 11,0$; $10,8$ e $11,5\%$ para os ângulos de 60° , 70° e 80° , respectivamente).

Na tabela 2 são apresentados os valores de 1RM em medidas utilizando ângulos diferentes. A diferença absoluta de quilagem no 1RM entre 80° e 90° no exercício pressão de pernas quase que dobrou quando os ângulos foram alterados de 90° para 100° ($25,2\text{kg}$ e $40,9\text{kg}$; respectivamente). De forma relativa estas alterações foram também elevadas, $22,3\%$, $29,6\%$ e $58,6\%$, entre os ângulos 80° , 90° e 100° , respectivamente.

No exercício puxada frontal as variações, tanto absolutas quanto relativas, foram menos expressivas. Os valores absolutos de diferença de 1RM entre os diferentes ângulos foram $1,9\text{kg}$; $3,3\text{kg}$ e $5,2\text{kg}$ e $3,0\%$, $5,6\%$ e $8,9\%$, respectivamente entre os valores absolutos e relativos entre os ângulos de 60° - 70° , 70° - 80° e 60° - 80° .

TABELA 2
Diferenças absolutas (em kg) e relativas (em %) entre os valores de 1RM nos diferentes ângulos e exercícios analisados

Exercício pressão de pernas			
Ângulo	Média (kg)	Varição de 1RM (valores absolutos em kg)	Varição de 1RM* (valores relativos em %)
80°	112,8	80° p/ $90^\circ = 25,2$	80° p/ $90^\circ = 22,3$
90°	138,0	90° p/ $100^\circ = 40,9$	90° p/ $100^\circ = 29,6$
100°	178,9	80° p/ $100^\circ = 66,1$	80° p/ $100^\circ = 58,6$
Exercício puxada frontal			
Ângulo	Média (kg)	Varição de 1RM (valores absolutos em kg)	Varição de 1RM (valores relativos em %)
60°	63,6	60° p/ $70^\circ = 1,9$	60° p/ $70^\circ = 3,0$
70°	61,7	70° p/ $80^\circ = 3,3$	70° p/ $80^\circ = 5,6$
80°	58,4	60° p/ $80^\circ = 5,2$	60° p/ $80^\circ = 8,9$

* Valores calculados a partir de regra de três simples equivalendo o primeiro ângulo a 100% e o acréscimo de quilagem com o novo ângulo e neste acréscimo a busca de qual ganho, ou queda no caso do exercício puxada frontal, em percentual. Ex. $112,8\text{kg} \times 100\%$ e $25,2\text{kg}$ (ganho) o quanto representa em percentual do total $112,8\text{kg}$.

DISCUSSÃO

A variação na angulação inicial de testagem afetou, de forma estatisticamente significativa, somente o exercício pressão de pernas, fazendo com que os valores médios de 1RM fossem diferentes entre si ($p = 0,000$); isto teve um determinado grau de influência também sobre a variação dos dados que, com o aumento do ângulo inicial de testagem, fez com que os resultados se tornassem gradativamente mais heterogêneos para o exercício pressão de pernas; tal fato não ocorreu para o exercício puxada frontal.

A alternância do ângulo inicial de testagem mostrou-se mais influente sobre o exercício pressão de pernas do que a alternância do ângulo na posição final do exercício puxada frontal. Isto pode ter uma parcela de explicação no fato de o braço de momento de resistência ser maior quanto maior for a flexão do joelho e quadril no exercício pressão de pernas⁽²³⁾, ou seja, quanto menores as an-

gulações entre perna/coxa e coxa/abdômen, maior resistência será ofertada ao movimento. Desse modo, a posição inicial de movimento, durante o teste de 1RM, é o ponto crítico de testagem, isto é, conforme o movimento prossegue do ponto inicial ao final de testagem o braço de momento de resistência diminui e o esforço torna-se gradativamente menor. Já no exercício puxada frontal o maior braço de momento de resistência é obtido quando o braço está paralelo ao solo⁽²³⁾, ou seja, no final, e não no início, do movimento. À medida que o movimento prossegue o esforço torna-se gradativamente maior até o ponto crítico em que os braços ficam paralelos ao solo ou ultrapassam um pouco este ponto.

Portanto, pelo ângulo crítico do exercício pressão de pernas ser na posição inicial do movimento, inversamente do que ocorre com o exercício puxada frontal, verifica-se que variações nos ângulos próximos ao ângulo crítico produzem profundas influências sobre os valores de 1RM, já que, no caso do exercício pressão de pernas, o movimento não pode ser nem iniciado quando há maior flexão de joelho e quadril com quilagens muito elevadas. Contrariamente, no exercício puxada frontal o movimento poderia ser acelerado durante o arco de movimento até o final. Tal fato pode propiciar maior tração para uma mesma quilagem, já que maior velocidade de execução do movimento parece influenciar de forma decisiva nos escores de força⁽³⁰⁾.

Estudos orientados para análises de ângulos de treinamento e ganhos de força são identificados na literatura com relação ao treinamento de força isométrica. Está bem estabelecido que no treinamento isométrico os ganhos de força são específicos aos ângulos treinados^(31,32), porém identificação de trabalhos que possam ser comparados com os resultados do presente estudo são escassos na literatura.

Estudo de Mookerjee e Ratamess⁽³⁾ identificou que em trabalho dinâmico com amplitudes parciais de movimento (ângulos menores de trabalho) aumentam significativamente ($p \leq 0,05$) a *performance* de 1RM ($4,8\%$) e 5RM ($4,1\%$), comparativamente com amplitudes totais na execução do exercício supino. Tal fato aconteceu com exercício pressão de pernas, em que, com o aumento do ângulo inicial de testagem, foi diminuindo o arco de movimentação e ampliando as quilagens mobilizadas. Para o exercício puxada frontal, o maior ângulo final de teste (ângulo do cotovelo), o menor arco de trabalho e as médias foram diminuindo, porém não de forma significativa. Verifica-se que neste caso menor arco de movimento não acarretou menores quilagens no teste de 1RM. Provavelmente, por ser o ângulo mensurado, como ajuste final de movimento, o do cotovelo, o que causa pequenas variações sobre a angulação do ombro, e como o movimento é multiarticular (envolvendo articulações do ombro e cotovelo) e, ainda, sabendo-se que são os músculos motores primários para o movimento do exercício puxada frontal os que executam a adução do ombro e como esta articulação sofre pouca variação com a alternância da articulação do cotovelo, isto pode explicar, ao menos em parte, as poucas variações nos valores de 1RM.

Dessa forma, o arco de execução do movimento (distância angular de movimentação) parece ter influência sobre os escores de 1RM quando se modifica o ângulo inicial de testagem. Tal relação pode estar alicerçada no trabalho muscular dinâmico realizado, em que – em uma colocação estritamente física – o trabalho será igual à força empregada multiplicada pela distância percorrida do objeto mobilizado ($w = fxd$). No caso dos exercícios resistidos com peso, a distância é angular (representada pelo arco de movimentação em torno de uma articulação) e a força é representada pela quilagem movimentada, sendo o trabalho total a soma de trabalho da fase concêntrica e excêntrica durante o teste de 1RM. Logo, quanto maior o arco de movimentação (distância angular), desde que mantida a força (quilagem), será maior o trabalho executado, pois $w = fxd$; isso parece ter influência direta sobre os escores de 1RM. Ainda se pode especular que, quanto maior o arco de trabalho (soma do arco concêntrico e excêntrico), maior será o tempo de contra-

ção muscular, desde que mantida a mesma velocidade de execução; embora em movimentos de 1RM não se ultrapassem 10 segundos de execução⁽⁶⁾, maior tempo de contração pode causar maior desgaste muscular no equilíbrio ácido-básico e enzimático⁽³³⁾.

Simpson *et al.*⁽²⁾ correlacionaram os escores de 1RM entre o exercício supino em máquinas com supino em pesos livres ($r = 0,95$ para mulheres e $0,94$ para homens) e para o exercício pressão de pernas na máquina e agachamento com pesos livres ($r = 0,66$ para mulheres e $0,67$ para homens); as diferenças na análise correlacional podem ser creditadas ao fato de que no supino o movimento é idêntico entre máquina e pesos livres. Já no exercício pressão de pernas o movimento é realizado com flexão do quadril bem mais acentuada que no agachamento. Tal análise cinesiológica demonstra que ligeiras modificações no formato do movimento influenciam nos resultados do teste de 1RM. Também se evidenciou que, em um mesmo exercício (supino e pressão de pernas), marcas diversas de equipamentos de TRP fornecem resultados médios de 1RM com variações estatisticamente significativas ($p = 0,000$) devido a diferenças nas alavancas, torques, pontos de resistência da quilagem e ajuste dos maquinários⁽³⁴⁾. Verifica-se que as angulações em aparelhos de TRP são fundamentais na obtenção de escores de força. Estes dois trabalhos evidenciam que *design* de maquinários de TRP e modificações nas angulações de execução provocam alternâncias no esforço realizado; portanto, estes resultados vão ao encontro do verificado no presente estudo.

A curva comprimento-tensão afirma existir um comprimento ótimo no qual a fibra muscular (especificamente o sarcômero) isolada produz sua força máxima, pois esta se encontra na dependência do número de pontes cruzadas interagindo entre miosina e os sítios ativos de actina⁽³⁵⁾. No exercício pressão de pernas, por ser iniciado com flexão do joelho a 80° , 90° e 100° , não há estiramento excessivo das porções monoarticular (vasto medial, vasto lateral e intermédio) nem biarticular (reto femoral) do quadríceps, onde o maior alongamento possível, devido a suas posições de origem e inserção, seria na flexão máxima do joelho, ocorrendo, porém, alterações no comprimento da fibra. No mesmo exercício, os extensores do quadril (glúteo máximo e isquiotibiais) não se encontram em seu alongamento máximo, pois a flexão do joelho minimiza o estiramento dos isquiotibiais e a flexão do quadril não é tão profunda a ponto de haver estiramento forte do glúteo máximo; contudo, mais uma vez houve variações no comprimento da fibra entre os ângulos analisados. Já no exercício puxada frontal, dos principais músculos envolvidos no movimento de adução do ombro e flexão do cotovelo, o redondo maior e o grande dorsal, devido às suas origens e inserções, poder-se-ia considerar em posições de estiramento muscular maior que os demais músculos participantes, tanto do movimento de puxada quanto de pressão de pernas. Dessa forma, em tese, deve-se considerar a curva comprimento-tensão como um dos fatores que podem ter influenciado os resultados, embora isso não possa ser afirmado taxativamente, já que não fez parte do escopo do estudo.

Por serem crescentes os percentuais de diferença de 1RM entre os ângulos 80° - 90° e 90° - 100° ($22,3\%$ e $29,6\%$), a relação entre o aumento no ângulo do joelho e 1RM, para o exercício pressão de pernas, parece ser não linear; dessa forma, a quilagem de 1RM não aumenta proporcionalmente ao aumento do ângulo do joelho.

Uma pequena diferença no posicionamento do banco no aparelho pressão de pernas acarreta alteração no ângulo do joelho e, conseqüentemente, na quilagem de 1RM; o mesmo pode ser especulado para a quilagem de treino, ressaltando-se, assim, a importância de manter uma adequada postura neste exercício. Por exemplo, se uma pessoa com treino prescrito para um percentual de 80% de 1RM em posição inicial com o joelho a 90° , resolver porventura colocar um colchonete entre a região lombar da coluna vertebral e o encosto vertical do banco, para sentir-se mais confortável, provocará uma projeção do corpo à frente (próximo aos pe-

dais do máquina) e, conseqüentemente, diminuição do ângulo do joelho e, assim, um aumento do esforço executado. Portanto, a quilagem de treino deverá ser revista com o uso de um colchonete. Se, porventura, neste exemplo, o ângulo do joelho for diminuído 4° e, utilizando uma regra de três simples com os dados da tabela 2 (80° para $100^\circ = 20^\circ$, sendo que 20° equivalem à variação de $66,1\%$ no valor de 1RM), verifica-se que 4° equivalem a uma mudança de $13,2\%$ na quilagem executada. Se o indivíduo estiver treinando com quilagem de 80kg , causaria, com o uso do colchonete, aumento de quilagem de $10,58\text{kg}$, que equivale a uma mudança de $13,2\%$ na quilagem causada por uma alteração de 4° no ângulo do joelho. Como a relação entre modificações nas angulações e alterações nas quilagens de 1RM parecem não ser lineares, utilizou-se da regra de três simples somente como fator ilustrativo dos cuidados quanto às angulações, pois acarretam modificações nas quilagens; portanto, não correspondem a valores rígidos de modificações nas quilagens de 1RM.

Entende-se que os resultados deste estudo podem não ser exatamente os mesmos em testes de 1RM que sigam os mesmos exercícios ora analisados, porém executados em aparelhos de diferentes marcas; por não serem similares às constituições nos *design*, pode haver diferentes braços de alavancas gerando torques variados para uma mesma quilagem. O mesmo raciocínio pode ser estendido quanto ao sexo feminino. Por apresentarem diferenças variadas nos valores de 1RM com os homens⁽³⁶⁾, as mulheres podem, devido às dimensões de bioalavancas, apresentar resultados distintos dos do presente estudo.

Possíveis efeitos deletérios sobre a *performance* de 1RM em função da desidratação, como os encontrados por Schoffstall *et al.*⁽⁴⁾, não podem ser considerados neste estudo, pois aos indivíduos foi permitida a ingestão de água à vontade durante os processos de teste. Porém, possível efeito da aprendizagem do teste de 1RM sobre os resultados obtidos deve ser considerado, pois Ploutz-Snyder e Giamis⁽⁶⁾ identificaram que jovens (23 ± 4 anos) destreinados em TRP somente tornaram os escores de 1RM consistentes, ou seja, com diferenças menores que 1kg no exercício de extensão de joelhos entre os dias de testes de 1RM, após realizarem três a quatro sessões de teste. Todavia, como a seqüência de ângulos de teste foi aleatória, entende-se ter minimizado tal interferência sobre a validade interna deste estudo⁽³⁷⁾.

Em suma, os resultados deste estudo confirmam mudanças expressivas do esforço com variações dos ângulos iniciais de teste. Contudo, esta relação não é tão genérica a ponto de ser expandida indiscriminadamente para todos os formatos de exercícios resistidos com pesos. O ângulo crítico de teste (maior braço de momento de resistência), estando na posição inicial de teste, parece ter maior influência sobre os escores de 1RM do que quando se situa no final do movimento, discriminando, dessa forma, a influência dos ângulos entre diferentes exercícios. Os achados deste estudo confirmam resultados de outros estudos, os quais indicam que, com a diminuição do arco de trabalho, há menor trabalho mecânico e isto possibilita maior quilagem de 1RM levantada. Fatores como arco de movimentação, tempo de contração muscular para execução dos movimentos de 1RM, articulações nos quais os ângulos de teste são verificados e se estes estão na posição inicial ou final de teste, parecem, em conjunto, influenciar de maneira decisiva os escores de 1RM; portanto estes fatores devem ser considerados na técnica de execução dos exercícios.

Conclui-se que os profissionais que trabalham com TRP devem prestar extrema atenção no posicionamento dos executantes em todos os exercícios e principalmente nos que possuem ângulos críticos na posição inicial e final do movimento, a fim de proporcionar maior segurança, na prescrição e monitoramento dos treinos. A utilização de diferentes técnicas de execução de exercícios resistidos com pesos deve ser analisada e aplicada com cuidado, principalmente se alterarem os ângulos articulares de trabalho.

Sugerem-se novos estudos com os mesmos objetivos deste, porém aplicados em mulheres, no intuito de identificar se o comportamento dos dados será o mesmo; e que seja analisado o exercício puxada frontal em que os ângulos de referência sejam feitos sobre a articulação do ombro. Novos estudos devem ser conduzidos com alternâncias menores que 10 graus nas articulações e com mais de três pontos de observação, como no presente estudo, no intuito de procurar estabelecer uma curva de regressão (cúbica, quadrática, logarítmica, etc.) entre alternância dos graus articulares e modificações nas quilagens de 1RM.

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

REFERÊNCIAS

1. Sewall LP, Lander JE. The effects rest on maximal efforts in the squat and bench press. *J Appl Sports Sci Res* 1999;5:96-9.
2. Simpson SR, Rozenck R, Garhammer J, Lacourse M. Comparison of one repetition maximum between free weight and universal machine exercises. *J Strength Cond Res* 1997;11:103-6.
3. Mookerjee S, Ratamesh N. Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. *J Strength Cond Res* 1999;13:76-81.
4. Schoffstall JE, Branch D, Leutholtz BC, Swain DP. Effects of dehydration and rehydration on the one-repetition maximum bench press of weight-trained males. *J Strength Cond Res* 2001;15:102-8.
5. Abernethy PJ, Wehr M. Ammonia and lactate response to leg press work at 5 and 15 RM. *J Strength Cond Res* 1997;11:40-4.
6. Ploutz-Snyder LL, Giamis EL. Orientation and familiarization to 1RM strength testing in old and young women. *J Strength Cond Res* 2002;15:519-23.
7. Johnson BL, Nelson JK. Practical measurements for evaluation in physical education. 30th Minneapolis: Minnesota, 1979.
8. Moura JAR, Almeida HFR, Sampedro RMF. Força máxima dinâmica: uma proposta metodológica para avaliação do teste de peso máximo em aparelhos de musculação. *Rev Kinesis* 1997;18:23-50.
9. Faigenbaum AD, Milliken LA, Westcott WL. Maximal strength testing in healthy children. *J Strength Cond Res* 2003;17:162-6.
10. DeRenne C, Hetzler RK, Buxton BP, Ho KW. Effects of training frequency on strength maintenance in pubescent baseball players. *J Strength Cond Res* 1996; 10:8-14.
11. Taaffe DR, Marcus R. Dynamic muscle strength alterations to detraining and retraining in elderly men. *Clin Physiol* 1997;17:311-24.
12. Wathen D. Load assignment. In: Baechle TR. *Essentials of strength training and conditioning*. National Strength and Conditioning Association. Champaign: Human Kinetics, 1994.
13. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:364-80.
14. Leite TC, Farinatti PTV. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios resistidos diversos para grupamentos musculares semelhantes. *Rev Bras Fisiol Exercício* 2003;2:68-88.
15. LeSuer DA, McCormick JH, Mayhew JL, Wasserstein RL, Arnold MD. The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat, and deadlift. *J Strength Cond Res* 1997;11:211-23.
16. Gravel D, Gagnon M, Plamondon A. Development and application of predictive equations of maximal static moments generated by the trunk musculature. *Clin Biomechanics* 1997;12:55-9.
17. Moura JAR. Proposição e validação de equações para estimativa da carga máxima em exercícios de sobrecarga para mulheres. Dissertação de Mestrado. Santa Maria (RS), 2000.
18. McNair PJ, Depledge J, Brett Kelly M. Verbal encouragement: effects on maximum effort voluntary muscle action. *Br J Sports Med* 1996;30:28-35.
19. Tricoli V, Paulo AC. Efeito agudo dos exercícios de alongamento sobre o desempenho de força máxima. *Rev Bras Ativ Física Saúde* 2002;7:6-13.
20. Signorile, JF, Duque M, Cole N, Zink A. Selective recruitment of the triceps surae muscles with changes in knee angle. *J Strength Cond Res* 2002;16:433-9.
21. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Lander JE, Barrentine SW, Andrews JR, et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1552-66.
22. Baechle T. *Essentials of strength training and conditioning*. National Strength and Conditioning Association. Champaign: Human Kinetics, 1994.
23. Campos MA. *Biomecânica na musculação*. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
24. Hopf ACO, Moura JAR. Musculação: O "detalhe" da terminologia. *Rev Dynamis* 2002;38:18-23.
25. Fleck JS, Kraemer WJ. *Fundamentos do treinamento de força muscular*. 2^a ed. Porto Alegre: ArtMed, 1999.
26. Rufino VS, Soares LFS, Santos DL. Característica de frequentadores de academia de ginástica do Rio Grande do Sul. *Rev Kinesis* 2000;22:57-68.
27. Prestes MT, Moura JAR, Hopf ACO. Estudo exploratório sobre prescrição, orientação e avaliação de exercícios físicos em musculação. *Rev Kinesis* 2002;26: 21-35.
28. Moura JAR, Peripolli J, Zinn JL. Comportamento da percepção subjetiva de esforço em função da força dinâmica submáxima em exercícios resistidos com pesos. *Rev Bras Fisiol Exercício* 2003;2:110-24.
29. Vincent WJ. *Statistics in Kinesiology*. California: Human Kinetics, 1995.
30. Pereira MIR. Efeitos de duas velocidades de execução do exercício isotônico (treinamento contra-resistência) no ganho de força e resistência muscular. Dissertação de Mestrado. Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2001.
31. Kinapik JJ, Mawdsley RH, Ramos MU. Angular specificity and test mode specificity of isometric and isokinetic strength training. *J Orthop Sport Phys Ther* 1983;5: 58-65.
32. Kitai TA, Sale DG. Specificity of joint angle in isometric training. *Eur J Appl Physiol* 1989;58:744-8.
33. Petricio AIM, Porto M, Burini RC. Alterações hemodinâmicas, do equilíbrio ácido básico e enzimáticas no exercício exaustivo com pesos. *Rev Bras Ativ Física Saúde* 2001;6:17-26.
34. Moura JAR, Zinn JL, Ilha P. Diferenças na força dinâmica máxima mensurada em diferentes marcas de aparelhos de musculação. *Rev Kinesis* 2001; Ed Especial: 87-103.
35. Gordon AM, Huxley AF, Julian FJ. Variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibers. *J Physiol* 1966;184:170-92.
36. Moura JAR, Almeida HFR, Sampedro RMF. Diferenças na força máxima isotônica entre os sexos. *Rev Synopsis* 1997;8:1-20.
37. Issac S, Michael WB. *Handbook in research and evaluation*. Edits Publishers, San Diego, California, 1984.