

ARTIGO ORIGINAL

Resposta aguda de variáveis clínicas e funcionais em exercício máximo de contração concêntrica *versus* excêntrica



Danielli Aguilar Barbosa^a, Fernanda Assen Soares Campoy^a, Thâmara Alves^a,
Maíra Campos de Albuquerque^a, Mariana de Oliveira Gois^a,
Roseana Paula de Ávila^b, Jayme Netto Júnior^{b,c} e Carlos Marcelo Pastre^{a,c,*}

^a Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, SP, Brasil

^b Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, SP, Brasil

^c Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, SP, Brasil

Recebido em 18 de setembro de 2012; aceito em 12 de janeiro de 2015

Disponível na Internet em 23 de janeiro de 2015

PALAVRAS-CHAVE

Exercício físico;
Força muscular;
Dor;
Reabilitação

Resumo O objetivo do estudo foi analisar e comparar as respostas agudas de variáveis clínicas e funcionais, após uma sessão de exercício de força máxima de contração concêntrica *versus* excêntrica. Foram avaliados 46 indivíduos do sexo masculino, divididos aleatoriamente em dois grupos, conforme o tipo de exercício. Na comparação entre os grupos não houve diferenças significativas. Porém, na análise de cada grupo observou-se aumento da sensação de dor (EVA) e da percepção de esforço (escala de Borg) e incrementos nas medidas da circunferência da coxa (grupo excêntrico: 10% [$p < 0,001$], 20% [$p < 0,001$] e 30% [$p < 0,05$]; grupo concêntrico: 40% [$p < 0,01$]). Para o algômetro, apenas o grupo concêntrico apresentou menor limiar ($p < 0,01$). Pode-se inferir que estímulos controlados até 100% não são agressivos e limitantes e futuros estudos podem incluir análises de marcadores de lesão.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

KEYWORDS

Exercise;
Muscle strength;
Pain;
Rehabilitation

Acute response of clinical and functional variables in maximal exercise from contraction concentric versus eccentric

Abstract The aim of the study was to analyze and compare the acute responses of clinical and functional variables after a maximum force exercise of eccentric versus concentric contraction. We evaluated 46 male subjects were randomly divided into two groups according to the type

* Autor para correspondência.

E-mail: pastre@fct.unesp.br (C.M. Pastre).

of exercise. Comparing the groups no significant differences, but the analysis of each group, there was an increased sensation of pain (VAS), perceived exertion (Borg scale) and increases in measures of thigh circumference (eccentric group: 10% ($p < 0.001$) 20% ($p < 0.001$) 30% ($p < 0.05$) and concentric to the group: measured with 40% $p < 0.01$) for the algometer, only concentric group showed lower threshold ($p < 0.01$). It can be inferred that stimuli controlled up to 100% are not aggressive and limiting, and future studies may include analysis of injury markers.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

PALABRAS CLAVE

Ejercicio;
Fuerza muscular;
Dolor;
Rehabilitación

Resposta aguda de las variables clínicas y funcionales de la contracción concéntrica máxima de ejercicio en comparación con excéntrica

Resumen El objetivo del estudio fue analizar y comparar las respuestas agudas de las variables clínica y funcional después de un ejercicio de fuerza máxima de contracción excéntrica frente concéntrica. Se evaluaron 46 sujetos masculinos, divididos aleatoriamente en dos grupos, de acuerdo con el tipo de ejercicio. La comparación de los grupos no hubo diferencias significativas, pero el análisis de cada grupo, se produjo un aumento de la sensación de dolor (VAS), el esfuerzo percibido (escala de Borg) y el aumento de las medidas de la circunferencia del muslo (grupo excéntrico: 10% ($p < 0,001$) 20% ($p < 0,001$) 30% ($p < 0,05$) y concéntrico con el grupo: medido con 40% $p < 0,01$) para algómetro, sólo el grupo concéntrico tuvo umbral inferior ($p < 0,01$). Se puede inferir que los estímulos controlados hasta el 100% no son agresivos y limitante, y los estudios futuros pueden incluir análisis de marcadores de lesión.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

Introdução

O treinamento resistido é amplamente usado em âmbito clínico, esportivo e como medida preventiva, visando, principalmente, ao ganho de força muscular (Friedmann-Bette et al., 2010; Parr et al., 2009). Estímulos a partir de ações tanto concêntricas quanto excêntricas são frequentemente usados e são capazes de gerar adaptações no sistema musculoesquelético, sobretudo as relacionadas aos níveis de força (Brentano, 2011). Entretanto, estudos que comparam as duas classes de estímulos têm apresentado diferenças (Gleeson et al., 2003; Roig et al., 2009).

Existem evidências de que após ações excêntricas há aumento da atividade neural, força e hipertrofia muscular e maior resistência de ligamentos e tendões, quando comparados com exercícios concêntricos, a partir de intensidades semelhantes (Farthing, 2003; Wasielewski, 2007).

Josson et al. (2005) observaram melhoria significativa da dor com o uso da escala visual analógica (EVA), após comparar os resultados do treinamento concêntrico e excêntrico em atletas com tendinite patelar. Além disso, os autores relataram que os pacientes obtiveram maior satisfação com o tratamento do grupo excêntrico.

Contudo, apesar dos benefícios, estudos também apontam o exercício excêntrico como um indutor de lesão musculoesquelética (Gleeson et al., 2003; Parr et al., 2009). No estudo de Parr et al. (2009), foram analisadas respostas das variáveis funcionais (força e amplitude

de movimento [ADM]) e clínicas (dor), após 24 horas de uma sessão de exercício excêntrico a 140% do teste de 1 RM, e foram identificados início de dor e maior déficit de força e ADM, quando comparados com o isocinético concêntrico/excêntrico. Ainda nesse contexto, Turner et al. (2008) fizeram um protocolo de exercício excêntrico com o propósito de induzir o dano muscular e observaram uma prolongada perda de força, alterações na ADM e menor limiar de dor 24 horas após o exercício excêntrico máximo.

Piitulainen et al. (2010) identificaram que o exercício máximo excêntrico, quando feito repentinamente, pode causar lesão e, conseqüentemente, perda prolongada de produção de força, dor muscular e mudanças no comportamento da unidade motora. Esses resultados indicam que o exercício excêntrico pode perturbar a função de unidades motoras em níveis elevados de contração nas fases iniciais.

A interpretação dos achados apresentados deve ser feita de forma particular. Deve-se considerar o potencial risco ou benefício dos estímulos e respeitar os diferentes modelos de estudo usados nesse âmbito, pois diversos autores empreendem dinâmicas de trabalho próprias (Langberg et al., 2007; Vikne et al., 2006), que variam em volume (Turner et al., 2008), intensidade (Friedmann-Bette et al.) ou forma de execução (Black, 2008).

Assim, a inserção dos elementos da literatura na realidade clínica fica prejudicada, já que a comparação entre achados torna-se complexa. Em síntese, a partir da revisão usada para feitura desta pesquisa, nota-se que quando feitas

em sessão única, as cargas são superiores a 100%, quase que exclusivamente com vistas à lesão; que quando feitas com cargas inferiores, isolam o fator excêntrico e testam exclusivamente o efeito do gesto excêntrico, e não um ciclo de contração combinado concêntrico/ excêntrico com ênfase em uma das fases; que quando se combinam concêntrico e excêntrico e se estuda a ênfase de um ciclo em relação ao outro a opção é por instrumentação isocinética; e que nos desenhos de ensaios as variáveis visam a identificar um dos fatores, ou benefícios ou malefícios, e não os dois panoramas em conjunto.

Constrói-se, então uma situação-problema, com base nos elementos descritos: ao considerar a possibilidade de geração de estímulos de cargas máximas em uma situação prática, qual seriam as repercussões sobre condições clínicas e funcionais? Após uma prescrição de alta intensidade e no limite funcional de um sujeito, qual seria o comportamento de variáveis clínicas e funcionais? Há diferença entre os tipos de estímulo considerando ênfases para cada tipo de ciclo de contração em uma situação prática?

Assim, constitui-se como objetivo do presente estudo analisar e comparar as respostas agudas de variáveis clínicas (circunferência da coxa, dor e percepção de esforço) e funcionais (força isométrica, força isotônica, testes de saltos e amplitude de movimento), após sessão de exercício de força máxima em dois modelos de exercício: contração concêntrica lenta e excêntrica rápida *versus* contração excêntrica lenta e concêntrica rápida.

Como hipótese não se esperam ganhos de qualquer natureza para os dois tipos de exercícios e a possibilidade de danos em ambos, pela magnitude da carga, com maior impacto para as ações excêntricas.

Casística e métodos

A presente pesquisa foi um ensaio clínico randomizado, composto por 46 sujeitos do sexo masculino, estudantes da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT/Unesp), entre 18 e 30 anos, classificados como fisicamente ativos por meio do Ipaq (International Physical Activity Questionnaire) (Pardini et al., 2001) e distribuídos aleatoriamente, 24 para o grupo contração concêntrica (CC) e 22 para o grupo contração excêntrica (CE).

Foram considerados critérios de inclusão não ter apresentado episódio de lesão musculotendínea ou osteoarticular nos membros inferiores e/ou coluna no último ano e não participar de programa de musculação há pelo menos seis meses. Para os critérios de exclusão, foram considerados o consumo de bebidas alcoólicas, drogas e cigarro, o uso de medicamentos anti-inflamatórios e indivíduos que não tivessem a amplitude de movimento (ADM) total da articulação do joelho ou hiperextensão.

A coleta de dados ocorreu no Centro de Estudos e de Atendimento em Fisioterapia e Reabilitação da FCT-Unesp Presidente Prudente (SP), no período extra-atendimentos, das 18h às 22h.

Um estudo piloto foi feito a fim de testar todas as variáveis e organizar a dinâmica das coletas. Antes do início dos procedimentos, os indivíduos foram informados sobre todos os procedimentos e o objetivo do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/Unesp (processo 20/2010), no qual ficava assegurada a privacidade.

Teste de 1 RM e familiarização com o equipamento

Antes do início dos procedimentos, os indivíduos foram identificados com as seguintes informações: nome, idade, massa corpórea e estatura. Para determinação do índice de massa corpórea (IMC), os indivíduos foram pesados em uma balança digital BC554 Aero-man/Inner Scanner (Tanita, Illinois, Estados Unidos) devidamente calibrada e os valores de estatura foram obtidos a partir de um estadiômetro da marca Sanny (American Medical do Brasil, São Paulo, Brasil).

Uma semana foi destinada, exclusivamente, para a feitura do teste de uma repetição máxima (1RM) e avaliação das variáveis do estudo. Inicialmente, foi feito o teste de 1RM para o quadríceps e a familiarização dos sujeitos com o equipamento. Na mesma semana, as variáveis força muscular isométrica, ADM, circunferência da coxa e potência muscular (saltos) foram avaliadas pela primeira vez.

O teste de 1RM determinou a carga máxima, em quilogramas, que cada voluntário conseguiu atingir durante a extensão do joelho. Os procedimentos para a feitura do teste foram sugeridos por Brown (2001). Optou-se por fazer o teste de 1RM e a sessão de exercício com o membro inferior não dominante (Gleeson et al., 2003), com o uso um aparelho de musculação da linha Hard (Ipiranga Equipamentos, Presidente Prudente, Brasil).

A familiarização do sujeito com o equipamento teve como objetivo evitar erros na execução dos movimentos que poderiam influenciar os resultados finais. Cada grupo foi orientado a fazer a contração do músculo quadríceps de modo que predominasse uma das fases, concêntrica ou excêntrica, feitas em diferentes velocidades de contração.

Para o grupo CC o movimento de extensão do joelho a partir de 90° de flexão ocorreu no tempo de três segundos, até atingir a ADM completa (180° de extensão de joelho), e o retorno do membro ocorreu em um segundo. Já para o grupo CE a extensão do joelho ocorreu a partir de 90° de flexão em um segundo e a contração excêntrica durante a flexão em três segundos. Essa opção foi baseada no estudo de Corvino et al. (2009), que identificou maiores valores de desenvolvimento de força em velocidades mais baixas. As angulações foram medidas por meio de um goniômetro da marca Trident (Itapuí, Brasil) e controladas por um avaliador, que também coordenava o tempo de execução do exercício com um cronômetro.

Após uma semana, ambos os grupos foram submetidos a uma única sessão de exercício de força máxima para o quadríceps, concêntrico ou excêntrico, segundo a alocação do grupo, composta por três séries de uma repetição a 100% de 1RM. A avaliação das variáveis ocorreu respeitando a seguinte dinâmica: percepção de esforço (escala de Borg) e dor (EVA e algômetro). Foram avaliadas imediatamente antes e após a sessão: dor (EVA e algômetro), força muscular isométrica e circunferência da coxa: 24 e 96 horas pós-sessão; saltos e ADM: 24 e 96 horas após; teste de 1RM: 96 horas após a sessão. Tais momentos foram escolhidos com vistas ao melhor entendimento do comportamento das

variáveis e com respeito à logística de tempo e espaço disponíveis para a coleta de dados.

Avaliação das variáveis funcionais

Força muscular

Avaliada por meio de um dinamômetro digital portátil DD 300 (Meditec, São Paulo, Brasil), que apontou em quilogramas-força (Kgf) a força muscular isométrica máxima feita durante a extensão do joelho do membro inferior não dominante. O indivíduo foi orientado a fazer uma sequência de três contrações isométricas máximas com duração de cinco segundos cada, conforme sugerido por [Parr et al. \(2009\)](#). Foi usada a angulação de 60° do joelho definida por meio de um goniômetro manual da marca Trident (Itapuí, Brasil) e o maior valor obtido entre as três medidas foi considerado.

Testes de saltos (horizontal e vertical)

O salto horizontal foi feito de acordo com os parâmetros adotados por [Ronnestad et al. \(2008\)](#), com a exceção de que apenas o membro inferior não dominante iniciou o movimento. Os sujeitos fizeram quatro testes e o melhor resultado foi o usado para análise ([Ronnestad et al., 2008](#)).

O salto vertical foi feito com o uso da plataforma de salto de Abalakov ([Cometti, 2007](#)), na qual os participantes permaneceram em posição ortostática, com os pés descalços e abduzidos a 15°. Essa medida foi mensurada pelo goniômetro manual da marca Trident (Itapuí, Brasil) e demarcado com uma fita na própria plataforma. Além disso, era solicitado que os participantes permanecessem com as mãos na cintura durante o salto e não ultrapassassem 90° de flexão do joelho.

Inicialmente, foi anotado o valor, em centímetros, da distância da cinta ao solo para que essa medida fosse descontada do valor final, após o salto. Para a execução do salto, os voluntários agachavam o máximo possível, sem retirar os tornozelos do chão e sem inclinar o tronco à frente, não ultrapassavam o valor de 90° de flexão do joelho, para então projetar o corpo verticalmente, o máximo que conseguissem.

Segundo o procedimento feito no estudo de [Vetter \(2007\)](#), o tempo entre a descida e o salto não poderia ser superior a um segundo e cada indivíduo teve de fazer três saltos com intervalos de três minutos entre eles. O maior valor atingido foi adotado como medida de referência. Um mesmo avaliador foi treinado e ficou responsável por orientar e controlar tanto o posicionamento quanto o tempo dessa variável.

Amplitude de movimento (ADM)

As medidas foram obtidas a partir da flexão do joelho do membro inferior não dominante, por meio de um goniômetro manual da marca Trident (Itapuí, Brasil) ([Parr et al., 2009](#)). O indivíduo foi posicionado em decúbito ventral, com o quadril em 0° de abdução e flexão. Uma toalha dobrada foi fixada na região distal da coxa para estabilizar o fêmur e reduzir a rotação, flexão e extensão do quadril. O ponto médio do goniômetro foi centrado sobre o epicôndilo lateral do fêmur, o braço fixo alinhado com o trocânter maior e o braço móvel com a linha lateral da fíbula, com o uso do maléolo lateral como referência. A posição inicial foi de extensão total do joelho e

a ADM foi avaliada até a amplitude máxima de flexão alcançada ou caso o sujeito tivesse relatado qualquer dor. A mensuração foi baseada de acordo com [Cleary \(2006\)](#).

Avaliação de variáveis clínicas

Circunferência da coxa (perimetria)

A medida do comprimento da coxa (distância entre a espinha ilíaca anterossuperior e a borda superior da patela) foi feita com o sujeito em posição supina. A circunferência foi avaliada em 10%, 20%, 30% e 40% de seu comprimento distal, mensurado em diferentes partes da coxa, com vistas a abranger a maior área possível para avaliação da musculatura. Os procedimentos foram feitos conforme [Gleeson et al. \(2003\)](#), no qual duas mensurações foram feitas em cada local e foi usada a média ([Cleary, 2006](#)).

Dor

Foi usada uma escala visual analógica de dor (EVA), graduada de 0 a 10, 0 caracterizado por ausência total de dor e 10 como o nível de dor máximo suportado pelo indivíduo ([Jönhagen et al., 2004](#)). Tal procedimento é amplamente usado em estudos nos quais a natureza é observar a ocorrência de lesões ([Black, 2008](#); [Bloomer et al., 2007](#); [Cleary, 2006](#)).

Outro instrumento usado para quantificar a intensidade de dor foi o algômetro de pressão, da marca Wagner Instruments (FPX 50/220, Greenwich, EUA), já validado ([Kinser, 2009](#)). O limiar de dor foi definido em quilograma-força (kgf/cm²), por meio da mínima pressão necessária para induzir dor na região da coxa. O dispositivo tinha uma ponta redonda de 1 cm de diâmetro, na qual a pressão foi aplicada perpendicularmente à superfície do músculo reto femoral nos mesmos pontos nos quais foram mensurados os valores da circunferência da coxa. Os voluntários foram instruídos a indicar quando a sensação de pressão se modificasse para uma sensação de dor. Esse valor foi registrado em ficha individualizada. A pressão exercida não excedeu 2,55 kgf, assim como sugerido por [Jönhagen \(2009\)](#). Usaram-se esses dois diferentes métodos com o mesmo objetivo, a quantificação da dor, porém o primeiro, EVA, é uma ferramenta subjetiva; já o segundo, algômetro, pôde mensurar a dor por meio da pressão.

Percepção de esforço para membros inferiores

A escala de percepção de esforço de Borg é ordinal, com valores que variam de 6 a 20 pontos; o 6 corresponde à classificação "muito fácil" e o 20 a "exaustivo" ([Parr et al., 2009](#)). Esse procedimento também se caracteriza como frequentemente usado em pesquisas, como as de [Friedmann-Bette et al. \(2010\)](#) e [Wilkins et al. \(2004\)](#). Para essa variável, optou-se por usar uma razão percentual para análise, a fim de facilitar o tratamento estatístico dos dados, sobretudo em razão do cálculo da amostra. Assim, 6 representa zero 0 e 20 representa 100%.

Análise estatística

Considerando os resultados do estudo piloto e a variável dinamometria como central para proceder ao cálculo amostral, observou-se perspectiva de ganho médio de 4kgf para

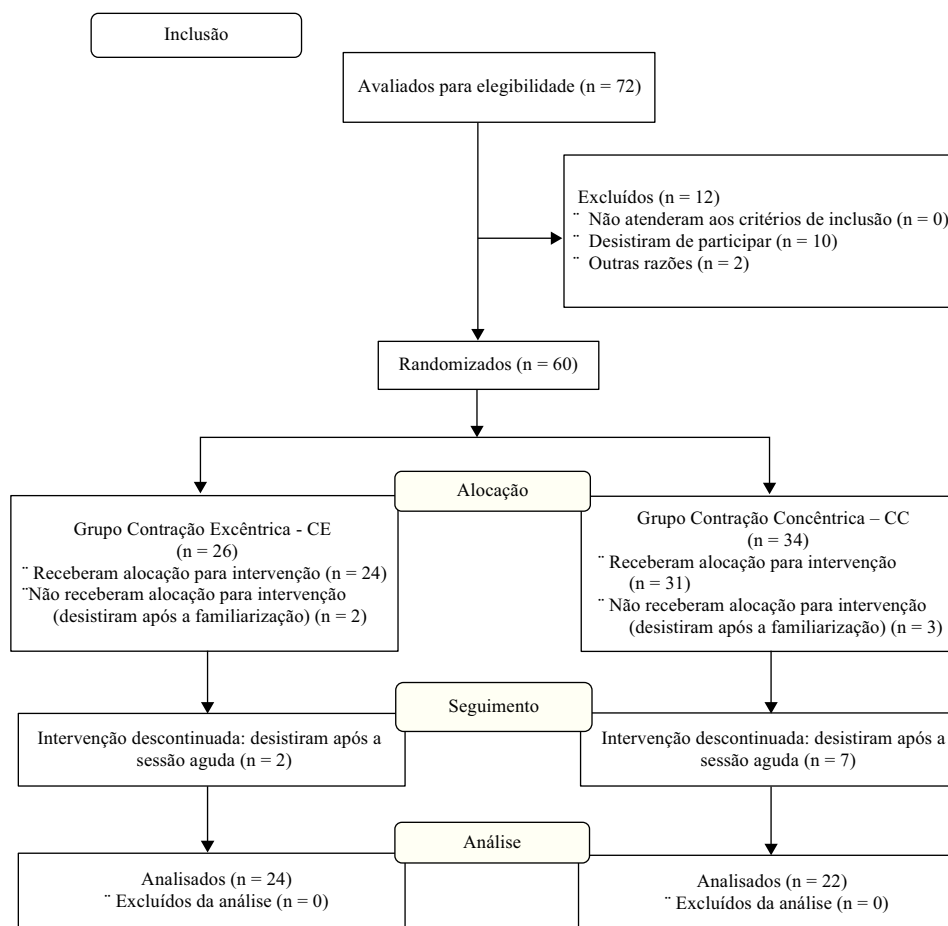


Figura 1 Diagrama de representação do fluxo de participantes.

uma resposta clínica significativa com desvio padrão de 8kgf nessa população. Dessa forma, considerando 5% de significância e 80% de poder de teste, os grupos tiveram 25 participantes alocados em cada um deles.

Para a análise estatística foi usado o *software* SigmaStat 5.0. Inicialmente os grupos foram comparados segundo variáveis antropométricas e idade, com vistas à verificação da homogeneidade dos participantes da pesquisa. Posteriormente, fez-se a comparação entre os grupos CC e CE. A distribuição quanto à normalidade dos dados foi analisada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Quando a distribuição foi normal, o teste adotado foi o *t* de Student para dados não pareados. Se não havia distribuição normal, foi usado o teste de Mann-Whitney.

Para comparação dos diferentes tempos foi usada a técnica de análise de variância para o modelo de medidas repetidas em grupos independentes complementada com o teste de comparações múltiplas de Bonferroni, no caso paramétrico, e Student-Newman-Keuls (SNK), no caso não paramétrico, e foi considerado o nível de significância de 5% (Zar, 2009).

Resultados

Em relação às variáveis antropométricas e à idade, não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$) e se caracterizaram

como grupos homogêneos (CC: idade $22,17 \pm 2,94$ anos, estatura $1,73 \pm 0,05$ m, massa corporal $70,37 \pm 11,20$ kg e IMC $23,58 \pm 3,86$ kg/m²; CE: idade $21,41 \pm 2,54$ anos, estatura $1,76 \pm 0,09$ m, massa corporal $75,27 \pm 9,95$ kg e IMC $24,21 \pm 2,48$ kg/m²) (fig. 1).

As figuras 2 e 3 apresentam valores de média e desvio padrão das variáveis força (isotônica e isométrica) e potência (testes de salto), respectivamente. Para ambas as variáveis não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

Para a variável ADM não foram observadas diferenças estatísticas significativas para ambos os grupos, conforme descritos nos valores de média e desvio padrão para o CC (inicial: $118,83^\circ \pm 9,94$, 24 horas: $118,00^\circ \pm 7,81$ e 96 horas: $119,38^\circ \pm 7,11$) e para o CE (inicial: $118,77^\circ \pm 7,69$, 24 horas: $119,91^\circ \pm 5,53$ e 96 horas: $117,55^\circ \pm 5,74$). Na comparação entre grupos e nos diferentes momentos de análise obteve-se o valor de $p > 0,05$.

Nas figuras 4 e 5 estão apresentados os valores de média e desvio padrão das variáveis circunferência da coxa e dor (algômetro). Observou-se que não houve diferenças entre os grupos, porém na análise de cada grupo separadamente alguns dados são evidenciados. Para o grupo CE houve aumento da circunferência da coxa, na medida 10% (48, 72 e 96 horas em relação ao momento inicial, com $p < 0,001$), na medida 20% (96 horas em relação ao momento inicial e 24 horas, com $p < 0,001$) e na medida 30% (96 horas em

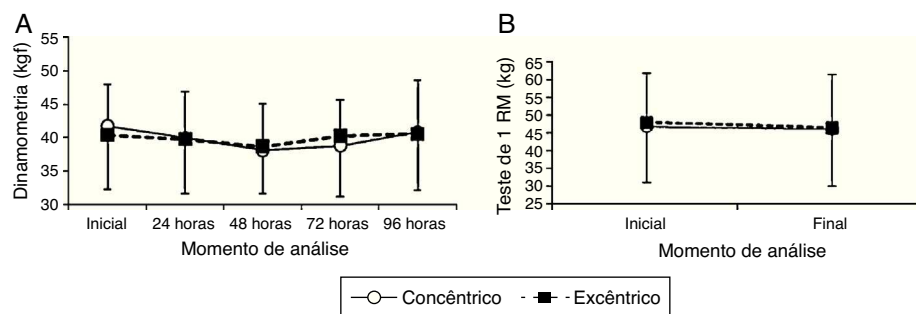


Figura 2 Valores de média e desvio padrão; (A) Dinamometria; (B) Teste de 1 RM, com $p > 0,05$.

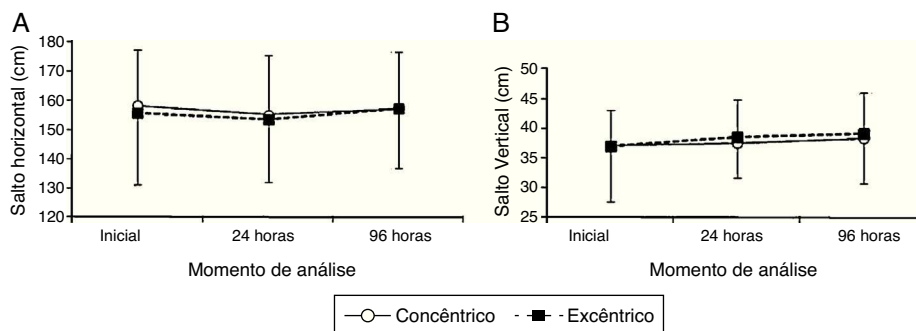


Figura 3 Valores de média e desvio padrão; (A) Salto horizontal; (B) Salto Vertical, com $p > 0,05$.

relação ao momento inicial, com $p < 0,05$). Já para o grupo CC, houve aumento significativo apenas para a medida 40% (72 e 96 horas em relação ao momento inicial, com $p < 0,01$). Para a variável dor, identificou-se que o limiar foi menor para o CC na medida 10% (região mais próxima ao joelho), imediatamente após a feitura do exercício e em 96 horas, quando comparado ao momento inicial ($p < 0,01$).

Para as variáveis dor (EVA) e percepção de esforço (Borg), identificaram-se aumentos significativos imediatamente após a feitura da sessão, para ambos os grupos. Para CC (EVA inicial: 0 / final: 2; $p < 0,001$ e Borg inicial: 0 / final: 28,57; $p < 0,001$) e para o CE (EVA inicial: 0 / final: 1,50; $p < 0,001$ e Borg inicial: 0 / final: 21,42; $p < 0,001$).

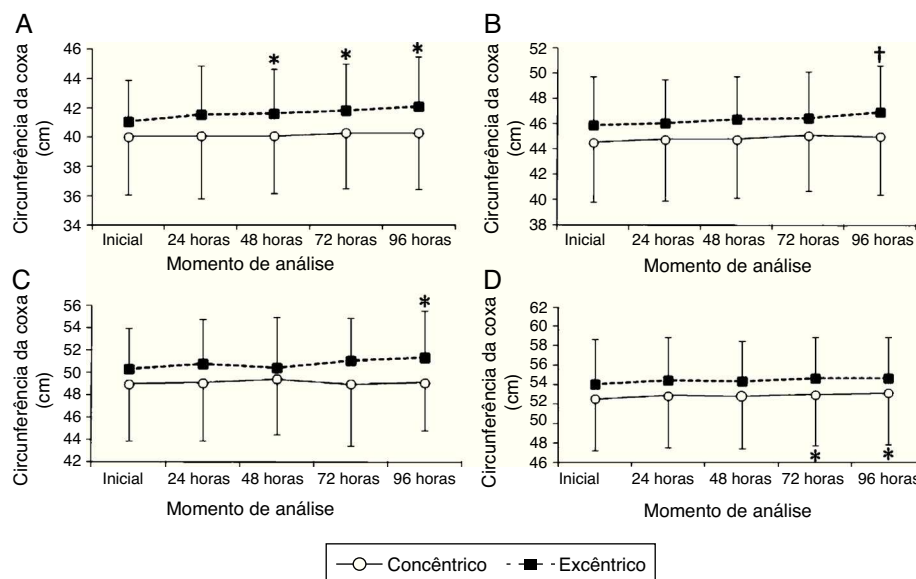


Figura 4 Valores de média e desvio padrão; (A) Circunferência da coxa na medida 10%; (B) Circunferência da coxa na medida 20%; (C) Circunferência da coxa na medida 30%; (D) Circunferência da coxa na medida 40%; * Diferença significativa em relação ao momento inicial, com $p < 0,001$ para a medida 10%, $p < 0,05$ para a medida 30% e $p < 0,01$ para a medida 40%; † Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao momento inicial e 24 horas.

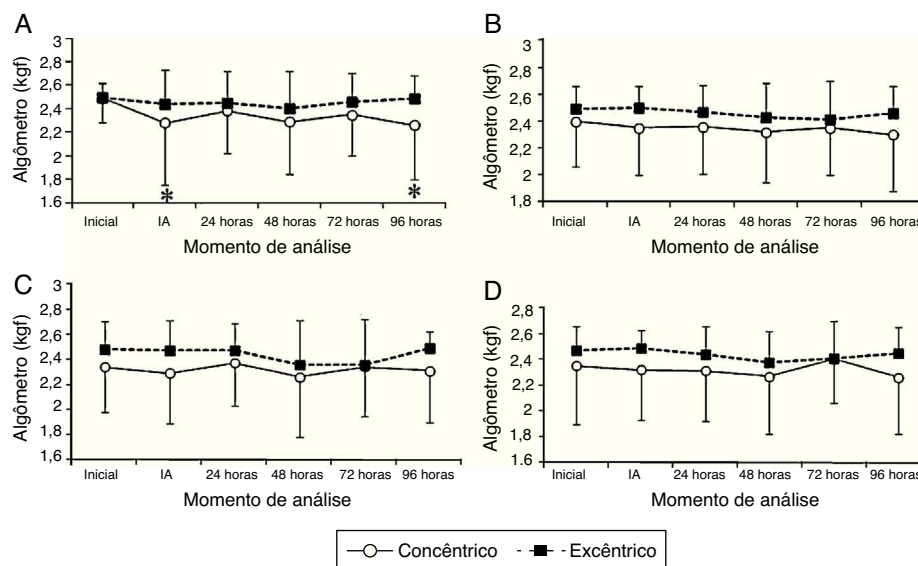


Figura 5 Valores de média e desvio padrão; (A) Algômetro na medida 10%; (B) Algômetro na medida 20%; (C) Algômetro na medida 30%; (D) Algômetro na medida 40%. IA: imediatamente após a feitura do exercício; * Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao momento inicial.

Discussão

Apesar de a literatura apontar diferenças entre os dois tipos de contração (concêntrico e excêntrico), observa-se que para uma sessão de exercício máximo com ênfase no ciclo de contração não foram identificadas diferenças nos parâmetros clínicos e funcionais. Porém, quando ambas as contrações são analisadas antes e após sua execução isoladamente, nota-se que o comportamento das variáveis foi a redução do limiar de dor quando a ênfase é concêntrica e para ambos os tipos de contração verificou-se aumento da circunferência da coxa, sensação de dor e percepção de esforço. Portanto, a hipótese de que o exercício excêntrico ou concêntrico traria maiores prejuízos funcionais e clínicos aos sujeitos foi refutada. No entanto, deve-se enfatizar que as dinâmicas de trabalho do presente estudo, carga máxima a 100% de 1RM em diferentes formas de exercício isotônico, levando em conta o tempo das fases, parece segura e não se devem exceder os limites para gerar déficits significativos em situação prática.

Em relação ao aumento da circunferência da coxa, apesar de identificado para ambos os grupos, a magnitude dessa alteração evidenciou-se, predominantemente, para o CE. Devido à própria característica do protocolo usado, de apenas uma sessão, exclui-se a possibilidade de ter ocorrido adaptação estrutural, ou seja, ganhos, na qual se justificaria o incremento da circunferência por meio da hipertrofia das fibras musculares.

Contudo, assim como identificado por Gleeson et al. (2003) e Newton et al. (2008), acredita-se que uma única sessão de esforço máximo pode proporcionar um processo inflamatório no tecido, elevar a movimentação de fluidos e do volume do líquido extracelular para os tecidos lesionados e, conseqüentemente, aumentar a circunferência do membro. Cooke et al. (2009) relatam que esse tipo de estímulo pode ocasionar uma desorganização da estrutura normal do músculo, alterar o sarcolema e o retículo sarcoplasmático e

resultar em aumento do cálcio intracelular e ativação subsequente de vias de degradação que favorecem a ocorrência de danos da ultraestrutura muscular. Entretanto, merece cautela a relação direta entre lesão e exercício excêntrico, uma vez que nenhuma queixa clínica na região muscular tenha sido evidenciada, além de não ser notada redução dos valores médios significantes de força após o ensaio.

Diferentemente do encontrado para a circunferência da coxa, o aumento da dor (algômetro) foi evidenciado, exclusivamente, para o CC. Essa alteração foi observada apenas para medida 10% do comprimento da coxa, que corresponde à região próxima do joelho, em que há a inserção do quadríceps. Conforme apontado por Brentano (2011), áreas de junções musculotendíneas são os principais pontos de dor, após feitura de esforços desse tipo, por serem regiões mais frágeis da estrutura muscular e, portanto, mais suscetíveis à lesão a partir de um estresse mecânico. Ainda em relação às variáveis clínicas dor (EVA) e percepção de esforço (Borg), houve aumento significativo para ambos os grupos. Esses resultados também foram identificados no estudo de Parr et al. (2009).

Nesse contexto, os sujeitos que fizeram o exercício concêntrico enfatizaram a fase lenta do exercício com a extensão do joelho. Uma das possibilidades para tal achado pode ser a mecânica do exercício, que pode ter ocasionado maior sobrecarga sobre as junções musculotendíneas, região próxima na qual foi mensurado o algômetro. No entanto, para comprovar essa hipótese seria necessária também a análise de marcadores inflamatórios. Observou-se também que no decorrer da coleta os indivíduos do grupo CC se queixavam mais e apresentavam maior dificuldade na feitura do gesto motor do que os do grupo CE. Achado semelhante, apesar de protocolos distintos em relação ao volume de trabalho, foi encontrado no estudo de Hortobágyi et al. (1996), em que indivíduos do grupo excêntrico apresentavam dor moderada durante o treino e não se queixam mais de dor após, enquanto os pertencentes ao grupo concêntrico

queixavam-se durante todo o processo para conseguir manter a contração no nível máximo. Não foi analisado qualquer parâmetro referente ao controle motor, mas a identificação clínica da maior dificuldade na feitura da ação motora em movimentação concêntrica lenta merece atenção.

De forma geral, não foram observadas alterações funcionais positivas para ADM, força e potência muscular, após a feitura de ambos os protocolos de estresse. Deve-se, entretanto, enfatizar a questão central do estudo. Diferentemente de estudos que obtiveram outros resultados e que buscam essencialmente analisar o efeito do treinamento (Friedmann-Bette et al., 2010; Gleeson et al., 2003; Turner et al., 2008), esse visa à observação dos resultados para verificar a relação custo-benefício em sessão única. Nesse caso, buscou-se também a manutenção da função (aspecto positivo) ou das perdas funcionais (aspecto negativo). Assim, diferentemente do observado por Parr et al. (2009) e Gleeson et al. (2003), que mostram redução das funções, nesta pesquisa não foram observadas perdas significativas, devido, sobretudo, a dinâmica do trabalho feito, que difere por duas questões centrais, a carga máxima de 100% de 1RM e a forma de execução do exercício (fase lenta concêntrica e rápida excêntrica versus lenta excêntrica e rápida concêntrica), o que não resultou em perdas significativas.

Como limitação do estudo destaca-se que não houve controle do sinal clínico dor além do músculo retofemoral. Tal condição merece um melhor controle em estudos de mesma natureza, por representar uma condição possível no universo da prescrição de exercícios, sobretudo os de alta intensidade. Outra limitação a ser considerada relaciona-se com os tempos de mensuração das variáveis. Sua observação nos mesmos momentos poderia fornecer uma leitura mais completa do cenário, devido à possibilidade de associação plena entre elas. Nesse sentido, não deve ser desconsiderada em futuras análises. Além disso, deve-se considerar o uso dos valores de pico para a análise da variável força isométrica, o que difere da literatura presente, na qual a média é usada, o que restringe o potencial de comparação de valores brutos com estudos de mesma natureza. Porém, fez-se tal opção por considerar a essência do teste de 1RM como base para análise, ou seja, a maior carga possível.

Por fim, os achados do presente estudo apontam para duas situações relevantes em âmbito clínico. A primeira é sobre a segurança da feitura de exercícios máximos para essa população (adultos jovens fisicamente ativos). Nesse sentido, testes de 1RM e sobrecargas até o limite individual não se traduzem em riscos estruturais importantes, diferentemente do que se observa em estudos com cargas superiores a 100% (Cooke et al., 2009; Friedmann-Bette et al., 2010; Parr et al., 2009), já que não são reduzidos os potenciais de geração de força sem que as respostas clínicas interfiram. A segunda diz respeito à comparação entre as formas de execução. Apesar de não diferirem entre si, a fase concêntrica lenta e excêntrica rápida parece reduzir o limiar de sensibilidade em comparação com o momento anterior ao estresse. Esse dado pode sugerir uma agressão específica para essa modalidade de exercício e representar um possível inconveniente e merece ser observado com atenção em futuros estudos, incluindo análises de marcadores de lesão.

Conclusão

Não houve diferença entre os grupos para quaisquer variáveis se forem considerados os resultados brutos. Entretanto, na análise de cada grupo notaram-se mudanças quanto ao aumento da circunferência da coxa em mais pontos em exercício excêntrico e maior sensibilidade em um ponto após exercício concêntrico. Pode-se inferir a partir desses achados que estímulos controlados até 100% da carga máxima não são agressivos e limitantes quanto os que a literatura aponta para os supramáximos e que os exercícios máximos com ênfase em contração excêntrica são tão ou mais seguros do que os com ênfase em contração concêntrica.

Financiamento

O presente trabalho contou com o financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) (Projeto de Pesquisa – Regular/nº processo: 2010/09687-0) e do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Iniciação Científica/nº processo: 14.529).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Bloomer RJ, Falvo MJ, Schilling BK, Smith WA. [Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury.](#) *J Int Soc Sports Nutr* 2007;4:1–10.
- Cometti G. [Manual de pliométrie.](#) Badalona: Paidotribo; 2007.
- Cooke MB, Rybalka E, Williams AD, Cribb PJ, Hayes A. [Creatine supplementation enhances muscle force recovery after eccentricity-induced muscle damage in healthy individuals.](#) *J Int Soc Sports Nutr* 2009;6:1–11.
- Corvino RB, Caputo F, Oliveira AC, Greco CC, Denadai BS. [Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares.](#) *Rev Bras Med Esporte* 2009;15:428–31.
- Friedmann-Bette B, Bauer T, Kinscherf R, Vorwald S, Klute K, Bischoff D, et al. [Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in males athletes.](#) *Eur J Appl Physiol* 2010;108:821–36.
- Gleeson N, Eston R, Marginson V, McHugh M. [Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage.](#) *Brit J Sports Med* 2003;37:119–25.
- Hortobágyi T, Barrier J, Beard D, Braspeninx J, Koens P, Devita P, et al. [Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening.](#) *J Appl Physiol* 1996;81:1677–82.
- Jönghagen S, Ackermann P, Eriksson T, Saartok T, Renström PA. [Sports massage after eccentric exercise.](#) *Am J Sports Med* 2004;32:1499–503.
- Langberg H, Ellingsgaard H, Madsen T, Jansson J, Magnusson SP, Aagaard P, et al. [Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis.](#) *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:61–6.
- Newton MJ, Morgan GT, Sacco P, Chapman DW, Nosaka K. [Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow](#)

- flexors between resistance-trained and untrained men. *J Strength Condit Res* 2008;22:597–607.
- Pardini R, Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade E, Braggion D, et al. Validação do questionário internacional de nível de atividade física (Ipaq – versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. *Rev Bras Ciênc Mov* 2001;9:45–51.
- Parr JJ, Yarrow JF, Garbo CM, Borsa PA. Symptomatic and functional responses to concentric-eccentric isokinetic versus eccentric-only isotonic exercise. *Journal of Athletic Training* 2009;44(5):462–8, set./out.
- Piitulainen H, Holobar A, Avela J. Changes in motor unit characteristics after eccentric elbow flexor exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2010;22:1–12.
- Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Brit J Sports Med* 2009;43:556–68.
- Rønnestad BR, Kvamme NH, Sunde A, Raastad T. Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *J Strength Condit Res* 2008;22:773–80.
- Turner TS, Tucker KJ, Rogasch NC, Semmler JG. Impaired neuromuscular function during isometric, shortening, and lengthening contractions after exercise-induced damage to elbow flexor muscles. *J Appl Physiol* 2008;105:502–9.
- Vetter RE. Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *J Strength Condit Res* 2007;21:819–23.
- Vikne H, Refsnes PE, Ekmark M, Medbo JI, Gundersen V, Gundersen K. Muscular performance after concentric and eccentric exercise in trained men. *Med Sci Sports Exer* 2006;38:1770–81.
- Zar JH. *Bioestatistical analyses*. New Jersey: Prentice Hall; 2009.
- Wilkins JC, McLeod TCV, Perrin DH, Gansneder BM. Performance on the balance error scoring system decreases after fatigue. *J Athl Train* 2004;39:156–61.