

Efeitos de diferentes intervalos de recuperação no desempenho muscular isocinético em idosos

Effects of different rest intervals on isokinetic muscle performance among older adults

Ernesto C^{1,3}, Bottaro M², Silva FM^{1,3}, Sales MPM³, Celes RS², Oliveira RJ¹

Resumo

Objetivo: Comparar os efeitos de diferentes intervalos de recuperação (IR) entre séries de contração isocinética no desempenho muscular em idosos. **Métodos:** Vinte idosos voluntários (66,9±3,9 anos, 76,1±13,4kg, 169±5,2cm) foram submetidos a três sessões de exercício resistido isocinético unilateral da musculatura extensora do joelho com diferentes IR (1 minuto, 2 minutos, e 3 minutos) na velocidade de 60°•s⁻¹. Cada sessão consistia em três séries de 10 repetições durante as quais foram avaliados o pico de torque (PT), trabalho total (TT) e índice de fadiga (IF). ANOVA fatorial para medidas repetidas, com a análise de *Post hoc* por Bonferroni, foi utilizada para identificar possíveis diferenças entre os IR. O nível de significância estatístico utilizado foi de p<0,05. **Resultados:** Não foram observadas diferenças no desempenho muscular entre as 1^{as} séries nos diferentes IR (p>0,05). Apesar de ter sido observado menor desempenho muscular na 3^a série em todos os IR, maiores quedas no PT, TT e IF foram observadas quando adotado o IR de 1minuto (p<0,05). **Conclusão:** Os resultados mostraram que a variável IR exerce importante influência sobre o desempenho muscular isocinético em idosos, principalmente a partir da 3^a série, o que sugere incrementos no IR à medida que séries subsequentes forem executadas durante a mesma sessão de exercícios.

Artigo registrado no Clinical Trials sob o número NDT00673998.

Palavras-chave: exercício resistido; força muscular; contração isocinética; idosos.

Abstract

Objective: To compare the effects of different rest intervals (RI) between sets of isokinetic contractions on muscle performance in older adults. **Methods:** Twenty older participants (66.9±3.9 years; 76.1±13.4kg; 169±5.2cm) underwent three sessions of unilateral isokinetic training for the knee extensor muscles, with different RI (1 minute, 2 minutes and 3 minutes) at an angular velocity of 60°•s⁻¹. Each session consisted of three sets of 10 repetitions, during which the peak torque (PT), total work (TW) and fatigue index (FI) were evaluated. Factorial ANOVA for repeated measurements, with Bonferroni *post-hoc* analysis, was used to identify possible differences between the RI. The statistical significance level was set at p<0.05. **Results:** No differences in muscle performance during the first sets were observed between the different RI (p>0.05). Although muscle performance was lower during the third sets with all RI, the greatest decreases in PT, TW and FI occurred with the 1 minute RI (p<0.05). **Conclusion:** The results showed that the RI variable has an important influence on isokinetic muscle performance in older adults, particularly from the third sets onwards, which suggests that RI should be increased as successive sets are performed within the same exercise session.

Article registered in the Clinical Trials under the number NDT00673998.

Key words: resistance exercise; muscle strength; isokinetic contraction; older adults.

Recebido: 19/05/2008 – Revisado: 31/08/2008 – Aceito: 24/11/2008

¹ Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Católica de Brasília (UCB), Brasília (DF), Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade de Brasília (UnB), Brasília (DF), Brasil

³ Faculdade de Educação Física, UCB

Correspondência para: Carlos Ernesto, Universidade Católica de Brasília (UCB), QS07, LT1 s/n. Bloco G Sala 120-D, Águas Claras, CEP 72030-170, Brasília (DF), Brasil, e-mail: carlosf@ucb.br

Introdução ::::

A literatura existente sobre a fisiologia do envelhecimento assinala que a capacidade humana de gerar força muscular diminui com o aumento da idade, especialmente após os 60 anos^{1,2}. Esse processo é atribuído à atrofia do tecido muscular (sarcopenia) e à perda de fibras musculares^{3,4}. Segundo alguns autores, a diminuição da força e da potência muscular influencia a perda da autonomia da pessoa idosa e a execução das tarefas cotidianas como caminhar, subir escadas, sentar e levantar de uma cadeira^{5,6}. O exercício resistido tem demonstrado alterações efetivas na força e potência muscular e na manutenção das habilidades funcionais^{7,8}. Porém, o uso desse tipo de treinamento para a população idosa tem sido aceito somente nas duas últimas décadas, uma vez que se especulava que o mesmo fosse agressivo ao organismo dessa população⁹.

O uso de dinamômetros isocinéticos foi inicialmente proposto para a avaliação da força muscular em diferentes populações. Entretanto, estudos têm demonstrado ganhos de força de forma mais rápida por meio do treinamento com o isocinético do que com os métodos tradicionais devido à maior indução da produção de força máxima durante toda a amplitude de movimento¹⁰. No entanto, os benefícios oriundos da prescrição de contrações isocinéticas devem respeitar diversos fatores como intensidade, frequência e volume. Esses fatores são resultados de uma combinação do número de repetições, séries, cargas, sequência e intervalo de recuperação (IR) entre as séries e exercícios¹¹⁻¹³. Processos de reabilitação muscular objetivando ganhos de força têm aplicado diferentes tempos de IR entre as séries de exercícios sem nenhuma comprovação científica. A escolha do tempo de IR é comumente baseada nos objetivos propostos pelo treinamento, porém os intervalos devem ser ajustados de acordo com diversos outros fatores.

Um fator que pode influenciar o processo de recuperação da força muscular é a idade. Bottaro, Russo e Oliveira¹⁴ estudaram a influência de diferentes tempos de IR (30, 60 e 90 segundos), em contrações isocinéticas, na avaliação do pico de torque (PT) em um grupo de idosos e constataram que 30 segundos seria o tempo suficiente para recuperação da força antes de uma nova série de teste subsequente. Tal fato poderia ser corroborado por Parcell et al.¹⁵ que também estudaram diferentes IR (15, 60, 180 e 300 segundos) em jovens, demonstrando que 60 segundos seriam necessários para a completa recuperação na avaliação do PT em contrações isocinéticas. Além disso, no estudo de Parcell et al.¹⁵, são relatados estudos utilizando diferentes tempos de IR, variando desde 30 segundos até 3 minutos. Vale ressaltar que os protocolos utilizados por Bottaro, Russo e Oliveira¹⁴

e Parcell et al.¹⁵ tiveram o objetivo de avaliar a função muscular e não reabilitar a força muscular.

Com relação a estudos que utilizaram protocolos de ganho de força muscular por meio de contrações isocinéticas, Bilcheck et al.¹⁶ compararam três diferentes tempos de IR em mulheres jovens (2,5, 5 e 10 minutos). Os autores concluíram que 2,5 minutos podem ser usados sem comprometer a produção de força muscular. Em outro estudo, Pincivero, Lephart e Karunakara¹⁷ aplicaram um protocolo constituído de quatro séries de 10 repetições em jovens e demonstraram que 40 segundos não são suficientes para a completa recuperação da força muscular isocinética avaliada por meio do PT na velocidade angular de $90^\circ \cdot s^{-1}$.

Portanto, apesar da utilização dos dinamômetros isocinéticos como ferramenta para a reabilitação dos ganhos de força muscular em diferentes populações^{10,18}, não se conhece nenhum estudo que tenha investigado os efeitos do IR na prescrição do exercício isocinético como forma de reabilitação muscular em idosos. Dessa forma, o presente estudo objetivou comparar diferentes tempos de IR entre as séries de contração isocinética no desempenho muscular em idosos.

Materiais e métodos ::::

Amostra

Vinte e cinco indivíduos idosos do gênero masculino, participantes do projeto de atividade física da instituição, que praticavam exercícios aeróbicos combinados com resistidos há, no mínimo, seis meses e, no máximo, dois anos, participaram deste estudo de forma voluntária. Todos os indivíduos foram submetidos inicialmente, pelo cardiologista do laboratório, a uma avaliação clínica constituída de eletrocardiograma de repouso, pressão arterial, análise de risco cardiovascular e anamnese completa. Após análise de risco cardiovascular, indivíduos com hipertensão não controlada não participaram do estudo. Durante a realização dos testes, dois deles foram excluídos por questões médicas e outros três não completaram todas as sessões. Ao todo, 20 sujeitos foram submetidos a três sessões de testes. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Católica de Brasília (parecer n° 072/2004). Antes do início dos testes, os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido o qual explicava o propósito, procedimentos, possíveis desconfortos, riscos e benefícios.

Os critérios de inclusão adotados foram: 1) idade entre 60 e 75 anos, 2) praticante de exercício físico regular (mínimo de 1 hora por dia e duas vezes por semana) há, no mínimo, seis meses, e 3) índice de massa corporal $<30 \text{Kg/m}^2$.

Os critérios de exclusão adotados foram: 1) hipertensão não controlada, 2) doenças cardiovasculares, 3) história de dor no joelho que limitasse as atividades da vida diária, 4) história prévia de desordem musculoesquelética, 5) doença neural ou fratura prévia nos membros inferiores, ou 6) uso de substâncias farmacológicas que poderiam afetar os mecanismos de contração muscular.

Procedimentos

As sessões de testes foram realizadas em um laboratório institucional climatizado, em três dias distintos, e o intervalo entre cada sessão foi de, pelo menos, 48 horas e não mais que sete dias. O IR específico para cada sessão (1 minuto, 2 minutos, ou 3 minutos) foi aplicado em ordem contrabalaneada, em três grupos separados aleatoriamente, na velocidade angular de $60^\circ \cdot s^{-1}$, sendo cada sessão composta de três séries de 10 repetições. Os voluntários realizaram todas as sessões no mesmo horário do dia. Os voluntários foram instruídos a não praticarem nenhum tipo de atividade física durante o período do experimento.

Avaliação inicial

Após serem liberados pelo médico cardiologista do laboratório, foram mensuradas a massa corporal, por meio de uma balança digital (Toledo®, São Bernardo do Campo, SP, 2001) e a estatura, por meio de um estadiômetro (Country Technology Inc., Gays Mills, WI, 1999). A composição corporal foi medida por meio de um compasso de dobras cutâneas (Lange®, Santa Cruz, California, 1999). De posse dessas medidas, foi calculada a densidade corporal por meio da equação de três dobras para homens¹⁹. A densidade corporal foi convertida em percentual de gordura pela equação de Siri²⁰.

Aquecimento e familiarização

Foi realizado aquecimento em bicicleta ergométrica Lode, modelo Excalibur, com a carga de 50W, durante 5 minutos. Após o aquecimento no ciclo ergômetro, foi inserido o aquecimento específico, servindo também como familiarização no dinamômetro isocinético Biodex System 3 (Biodex Medical Systems Inc., Shirley, NY, 2002), composto de uma série de 10 repetições na velocidade angular de $300^\circ \cdot s^{-1}$ ¹⁴.

Avaliação do desempenho muscular

Para a avaliação do desempenho muscular da extensão concêntrica unilateral do joelho direito, foi utilizado o dinamômetro isocinético Biodex. Foi adotado como eixo

biológico o epicôndilo femoral lateral e então alinhado com o eixo do dinamômetro na posição sentada com o ângulo de flexão do tronco em 80° . Utilizou-se a amarração máxima com o propósito de minimizar a cooperação de outros grupos musculares não específicos aos extensores do joelho²¹. O posicionamento para as regulagens e teste foi seguido conforme sugerido por Stumbo et al.²¹. Para a avaliação do índice de fadiga (IF), foi utilizada a fórmula adaptada sugerida por Sforzo e Touey²².

Todos os testes foram realizados pelo mesmo avaliador e, antes de cada sessão, o dinamômetro foi calibrado conforme recomendações do manual do fabricante. Foram anotadas as regulagens para cada voluntário com o propósito de manter a mesma posição para todas as sessões, bem como calculado o peso do membro a ser testado para correção da gravidade.

Tratamento estatístico

A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. ANOVA 3 X 3 para medidas repetidas foi realizada [IR (1 minuto, 2 minutos e 3 minutos) x série (1ª, 2ª e 3ª)] com a análise de *Post hoc* por Bonferroni para as variáveis (PT e TT) por meio do pacote estatístico SPSS for Windows, versão 11,5. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. O poder estatístico calculado para 20 indivíduos foi $> 0,80$.

Resultados

Os 20 voluntários que terminaram o estudo apresentaram idade média de $66,9 \pm 4,0$ anos; massa corporal média de $76,7 \pm 13,5$ kg; estatura média de $1,69 \pm 0,05$ m; índice de massa corporal médio de $26,7 \pm 4,3$ Kg/m²; e gordura relativa média de $20,6 \pm 6,3\%$.

Os resultados de PT da musculatura extensora do joelho na velocidade angular de $60^\circ \cdot s^{-1}$ estão apresentados na Figura 1. Não foi observada nenhuma diferença significativa no PT entre os IR na 1ª série. Quando comparadas possíveis diferenças dentro dos grupos, o IR de 1 minuto apresentou uma queda significativa no PT na 3ª série quando comparada com a 1ª e a 2ª série. Com relação ao IR de 2 e 3 minutos, foi observada uma queda significativa do PT na 3ª série quando comparada com a 2ª ($p < 0,05$). Não ocorreram diferenças entre a 1ª e a 2ª série nos IR de 2 e 3 minutos. Já para possíveis diferenças entre as sessões, menores valores foram observados na 3ª série da sessão de IR de 1 minuto quando comparada com a 3ª série das sessões de 2 e 3 minutos. Além disso, menores valores também foram observados na 2ª série da sessão de 1 minuto quando comparada com a sessão de 3 minutos ($p < 0,05$).

Os resultados do trabalho total (TT) estão apresentados na Figura 2. Não foi observada nenhuma diferença significativa no TT entre os IR na 1ª série. Quando comparadas possíveis diferenças dentro dos grupos, na sessão 1 minuto ocorreu uma queda significativa no TT na 3ª série quando comparada com a 1ª e a 2ª série. O mesmo ocorreu na sessão 2 minutos, na qual também foi observada queda significativa do TT na 3ª série quando comparada com a 1ª e a 2ª série. Além disso, na sessão de 3 minutos, menores valores de TT foram observados na 3ª série quando comparada somente com a 2ª série. Quando comparadas possíveis diferenças entre os grupos, menores valores foram observados na 2ª e na 3ª série da sessão de 1 minuto comparadas às respectivas séries tanto na sessão de 2 minutos quanto na de 3 minutos. Além disso, menor valor também foi observado na 3ª série durante o IR de 2 minutos comparada à respectiva série da sessão de 3 minutos ($p < 0,05$).

Os resultados dos IF estão apresentados na tabela 1. Maior IF foi observado quando adotado o IR de 1 minuto (IF=13,86%). Dessa forma, o IF apresentou-se de forma inversamente proporcional ao IR, sendo seus valores de 6,99% e 4,26% para o IR de 2 e 3 minutos respectivamente.

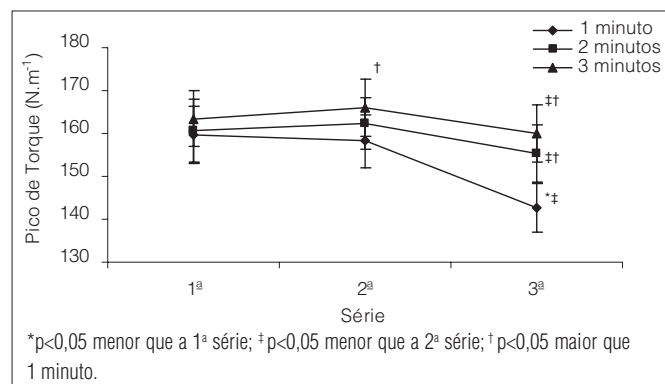


Figura 1. Comparação do desempenho muscular (PT) tanto intra quanto entre os diferentes intervalos de recuperação (1 minuto, 2 minutos e 3 minutos) na velocidade $60^\circ \cdot s^{-1}$ ($n=20$).

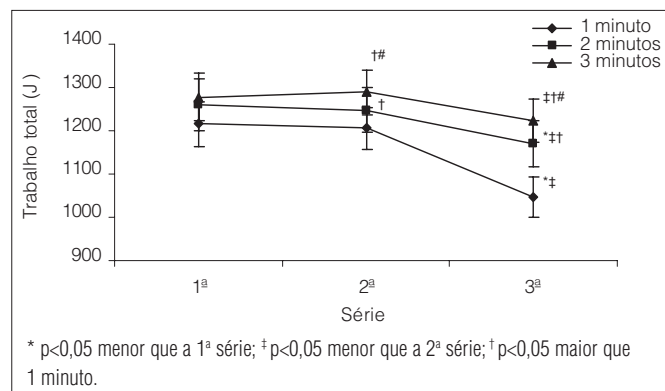


Figura 2. Comparação do desempenho muscular por meio do trabalho total (J) tanto intra quanto entre os diferentes intervalos de recuperação (1 minuto, 2 minutos e 3 minutos) na velocidade $60^\circ \cdot s^{-1}$ ($n=20$).

Tabela 1. Índice de fadiga (IF%) e delta do pico de torque ($\Delta PT = N \cdot m^{-1}$) nos diferentes intervalos de recuperação ($n=20$).

Variável	Intervalo de Recuperação		
	1 minuto	2 minutos	3 minutos
$\Delta PT (N \cdot m^{-1})$	16,98	5,46	3,46
IF (%)	13,86	6,99	4,26

Em que: (ΔPT) delta do PT (1ª série - 3ª série); (IF) Índice de Fadiga ($IF = [(TT_{(1ª\ série)} - TT_{(3ª\ série)}) / TT_{(1ª\ série)}] \times 100\%$).

Discussão

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos de diferentes IR no desempenho muscular isocinético em idosos quando adotadas três séries compostas de 10 repetições unilaterais da musculatura extensora do joelho direito na velocidade $60^\circ \cdot s^{-1}$. Este protocolo foi aplicado respeitando as recomendações para exercícios resistidos com o propósito de aumentar a força muscular^{12,23}. Os resultados da pesquisa demonstraram que o tempo de IR pode interferir no desempenho muscular isocinético em idosos. Porém, o resultado mais importante observado foi que o IR tem uma maior influência após a segunda série de exercícios quando utilizado para essa finalidade.

Rhea, Alvar e Burkett²⁴, em uma meta-análise, concluíram que a utilização de séries múltiplas é superior à série simples para potencializar o ganho de força e massa muscular em exercícios resistidos. Esse estudo tem sido utilizado para justificar que a manutenção do volume de trabalho é fundamental no aumento da força muscular. Contudo, a superioridade das séries múltiplas se deve à possibilidade de sustentar um determinado número de repetições por inúmeras séries²⁵. Desse modo, o IR pode ser um fator determinante para se manter um volume de treino por várias séries, devendo propiciar uma suficiente recuperação das fontes de energia adenosina trifosfato (ATP) e fosfocreatina (PC), como também possibilitar a remoção dos subprodutos da contração muscular que levam à fadiga (i.e., íons de H^+) e, com isso, restabelecer a força muscular²⁶.

No presente estudo, o uso de IR de apenas 1 minuto reduz os valores de PT e TT na 3ª série comparada às demais (1ª e 2ª séries) quando aplicadas 10 contrações máximas subsequentes na velocidade angular de $60^\circ \cdot s^{-1}$. Além do mais, a queda no PT e no TT, quando utilizado IR de 2 ou 3 minutos, só ocorreu da 2ª para a 3ª série.

De acordo com Brown e Weir²⁷, o estado de pré-ativação neural pode justificar o aparecimento de maiores valores de PT nas 2ªs séries quando adotado o IR de 2 e 3 minutos, pois, conforme os autores, uma ativação neural prévia do movimento estimula a produção de força muscular, uma vez que auxilia a musculatura trabalhada de forma a prepará-la na geração de um desempenho muscular ótimo. Por outro lado, Gossen e Sale²⁸ questionam a eficácia de IR muito curtos na

atuação de um possível potencial de pós-ativação, o que explicaria assim a exceção desse comportamento de pré-ativação para o IR de 1 minuto. Segundo Sweeney, Bowman e Stull²⁹, a potencialização pós-ativação é resultante da fosforilação da cadeia regulatória de miosina leve, via cadeia quinase de miosina leve, o que possivelmente aumenta a interação entre a ponte cruzada de miosina e o filamento de actina, tornando essa interação mais sensível ao cálcio liberado pelo retículo sarcoplasmático. Esses fatos podem explicar em parte a manutenção do PT e TT na 2ª série.

Vários estudos de contração muscular isocinética tentaram determinar o IR ideal, utilizando os mais variados protocolos de exercícios resistidos. Um estudo de Bottaro, Russo e Oliveira¹⁴ demonstrou que, em contrações isocinéticas da musculatura extensora de joelhos em idosos, são necessários apenas 30 segundos para o completo restabelecimento dos níveis de força quando empregado um protocolo para avaliação de força muscular. A diferença entre o estudo de Bottaro, Russo e Oliveira¹⁴ e o presente estudo pode ser atribuída ao volume dos protocolos utilizados. Bottaro, Russo e Oliveira¹⁴ utilizaram duas séries de quatro repetições, enquanto, neste estudo, foi utilizado um protocolo de três séries de 10 repetições.

Os presentes dados confirmam os de Touey, Sforzo e MCManis³⁰ que observou um significativo decréscimo no PT na velocidade de $60^\circ \cdot s^{-1}$ após a aplicação de IR de 30 segundos e 60 segundos entre as séries (3x10) de contração isocinética da musculatura extensora do joelho. Pincivero, Lephart e Karunakara¹⁷ também observaram uma redução nos valores de PT quando aplicados somente 40 segundos de IR em um protocolo de quatro séries de 10 repetições na velocidade angular de $90^\circ \cdot s^{-1}$. Além disso, Bilcheck et al.¹⁶, quando aplicaram três séries de 30 repetições na velocidade de $120^\circ \cdot s^{-1}$, reportaram que 2,5 minutos podem ser usados como tempo de IR sem que ocorra um comprometimento na produção de força em mulheres jovens. Em outro estudo de Pincivero et al.³¹, foi observado que os valores do PT em jovens eram diferentes quando comparados os IR de 40 segundos e 160 segundos em um protocolo de quatro séries de 20 repetições.

Usando exercícios isoinerciais (agachamento e supino), Willardson e Burkett³² compararam três diferentes IR (30 segundos, 1 minuto e 2 minutos) na capacidade de manutenção do volume de trabalho usando cinco séries de 15 repetições máximas. Foi demonstrado que pelo menos 2 minutos de IR seriam necessários para manter a capacidade de sustentabilidade nos níveis de força deste protocolo. Ratamess et al.³³ observaram os efeitos de diferentes IR (30 segundos, 1, 2, 3 e 5 minutos) nas respostas metabólicas no exercício supino. A amostra (n=8) foi dividida em dois grupos (G1, n=4; e G2, n=4) os quais realizaram um protocolo que consistia em dois blocos (bloco1: cinco séries de 10 repetições a 75% 1RM; e bloco2:

cinco séries de cinco repetições a 85% 1RM). Os resultados demonstraram que IR mais curtos (30 segundos e 1 minuto) acarretariam uma queda de 15 a 55% do volume de trabalho. Com relação ao IR de 2 minutos os resultados mostraram manutenção do desempenho apenas nas duas primeiras séries e uma queda de 8 a 29% nas séries subsequentes. Quando adotado IR de 3 minutos, a redução no volume foi de aproximadamente 21% na 4ª e na 5ª série. Por último, quando o IR de 5 minutos foi adotado, a redução do desempenho muscular foi observada somente na 5ª série. A manutenção dos níveis de força nas primeiras séries, conforme se aumenta o IR, vai ao encontro dos resultados apresentados neste estudo.

Alguns mecanismos podem ser extrapolados em relação aos resultados dos IF apresentados no presente estudo. A contração muscular leva à degradação das fontes energéticas e ao acúmulo de metabólitos que interagem com as proteínas contráteis, o que torna mais difícil a realização de exercícios subsequentes³⁴. Isso pode se agravar quando o tempo de contração é maior, como observado em velocidades mais baixas (ex. $60^\circ \cdot s^{-1}$), e exercícios subsequentes são realizados sem o devido IR, ou seja, a relação entre o tempo de recuperação não sendo adequado ao tempo de execução. Conforme Siqueira et al.³⁵, em velocidades baixas, o recrutamento de unidades motoras é maior, o que contribui também para um maior desempenho muscular e um maior acúmulo de metabólitos. Além disso, a relação entre tempo sob tensão e tempo de recuperação é um fator que pode influenciar a restauração das vias energéticas. No presente estudo, essa relação foi de 1:3, 1:6 e 1:9 para os IR de 1 minuto, 2 minutos e 3 minutos respectivamente.

Neste estudo, a queda do desempenho muscular, principalmente observada na 3ª série, quando adotado o IR de 1 minuto, pode ser em parte explicada pelo surgimento da fadiga, definida como a perda da produção de força máxima do músculo e caracterizada pela capacidade reduzida de realizar trabalho³⁴. Apesar de não ter sido avaliado, um dos fatores que podem ter auxiliado no processo de queda do desempenho muscular nas demais séries é a fadiga central. Outro fator importante na contribuição da queda do desempenho muscular é a degradação dos substratos como creatina fosfato, diminuição do glicogênio muscular e hepático além da acidose intramuscular, originária de exercícios principalmente de alta intensidade, auxiliando, dessa forma, na instalação do quadro de fadiga³⁶. A demanda de ATP no músculo esquelético durante exercícios de alta intensidade é inicialmente sustentada pelos sistemas fosfagênicos e glicolítico³⁷. A causa da perda de força durante a instalação da fadiga muscular é atribuída a diferentes mecanismos, desde o comando de geração do movimento via órgãos centrais até mecanismos locais como a interação entre as proteínas contráteis.

Atualmente, existem evidências apontando que os mecanismos responsáveis pela instalação da fadiga são multifatoriais e específicos para a atividade muscular realizada^{38,39}. Segundo Maughan, Gleeson e Greenhaff et al.⁴⁰, o processo inicial do aparecimento da fadiga é decorrente da diminuição da produção anaeróbia de ATP ou do aumento do acúmulo de adenosina difosfato (ADP) causado pela ausência de PC e pela queda da taxa de hidrólise de glicogênio. O IR entre séries de exercício resistido é uma variável pouco observada apesar de determinar a magnitude da ressíntese dos estoques de energia fosfogênica (ATP-PC) e da glicólise anaeróbia. Essas rotas metabólicas são importantes durante a realização de exercícios de alta intensidade; dessa forma, o desempenho muscular e as respostas metabólicas podem ser afetados conforme a utilização do IR⁴¹.

Outro fator importante é que a utilização de um mesmo IR para jovens e idosos deve ser vista com cautela, pois os jovens apresentam maiores valores proporcionais de fibras de contração rápidas (tipo II) capazes de produzirem mais força que as fibras de contração lenta (tipo I), porém são menos eficientes com relação à resistência⁴². Além disso, estudos preliminares apontam que idosos são mais resistentes à fadiga do que jovens quando realizam contrações musculares prolongadas e intermitentes⁴³⁻⁴⁵. Especula-se que possivelmente está relacionado à maior capacidade de jovens gerarem força que os idosos, o que favoreceria uma

maior pressão intramuscular, maior oclusão do fluxo sanguíneo e maior acúmulo de metabólitos⁴⁶⁻⁴⁸.

Segundo Malffati et al.⁴⁹, a crescente utilização do dinamômetro isocinético na reabilitação ortopédica requer conhecimentos dos ajustes fisiológicos gerados por esse tipo de exercício. Dessa forma, os resultados do presente estudo nos permitem concluir que a variável IR exerce importante influência sobre o desempenho muscular isocinético em idosos. Foi observado também que o desempenho muscular isocinético foi comprometido com intervalos de 1 minuto e principalmente na 3ª série nos demais IR. Esses resultados sugerem que, para a manutenção do volume de trabalho durante uma sessão de reabilitação da força muscular em idosos, os IRs não só devem ser superiores a 1 minuto como também aumentados à medida que as séries subsequentes são realizadas.

Os resultados do presente estudo são específicos para testes isocinéticos e mais aplicados em centros de reabilitação e pesquisa. Portanto, profissionais que trabalham com treinamento e reabilitação devem ter uma atenção especial nos fatores que podem influenciar a fadiga muscular, como idade e gênero, quando prescreverem exercícios resistidos em diferentes populações. Novos estudos devem ser realizados comparando os diferentes IR entre diferentes populações como idosos *vs* jovens, homens *vs* mulheres, crianças *vs* adolescentes. Além disso, estudos longitudinais sobre os efeitos do IR na reabilitação da força muscular são necessários.

Referências bibliográficas : : : .

1. Ordway NR, Hand N, Briggs G, Ploutz-Snyder LL. Reliability of knee and ankle strength measures in an older adult population. *J Strength Cond Res.* 2006;20(1):82-7.
2. Kamel KH. Sarcopenia and aging. *Nutrition Reviews.* 2003;61(5):157-67.
3. Janssen I. Influence of sarcopenia on the development of physical disability: the cardiovascular health study. *J Am Geriatr Soc.* 2006;54(1):56-62.
4. Sowers MR, Crutchfield M, Richards K, Wilkin MK, Furniss A, Jannausch M, et al. Sarcopenia is related to physical functioning and leg strength in middle-aged women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005;60(4):486-90.
5. Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Knuttgen HG, Evans WJ. Strength training in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol.* 1988;64(3):1038-44.
6. Rabelo HT, Oliveira RJ, Bottaro M. Effects of resistance training on activities of daily living in older women. *Biol Sport.* 2004;21(4):325-36.
7. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99(3):257-64.
8. Trappe S, Williamson D, Godard M. Maintenance of whole muscle strength and size following resistance training in older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57(4):B138-43.
9. Bellew JW, Yates JW, Gater DR. The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *J Strength Cond Res.* 2003;17(1):121-8.
10. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short term high intensity training. *Br J Sports Med.* 1997;31(3):229-34.
11. Wolfe BL, Lemura LM, Cole PJ. Quantitative analysis of single-vs. multiple set programs in resistance training. *J Strength Cond Res.* 2004;18(1):35-47.
12. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American college of sports medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(2):364-80.
13. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(3):456-64.

14. Bottaro M, Russo A, Oliveira RJ. The effects of rest interval on quadriceps torque during an isokinetic testing protocol in elderly. *J Sports Sci Med*. 2005;4:285-90.
15. Parcell AC, Sawyer RD, Tricoli VA, Chivever TD. Minimum rest period for strength recovery during a common Isokinetic testing protocol. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(6):1018-22.
16. Bilcheck HM, Kraemer WJ, Maresh CM, Zito MA. The effects of isokinetic fatigue on recovery of maximal isokinetic concentric and eccentric strength of woman. *J Strength Cond Res*. 1993;7(1):43-50.
17. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of intrasession rest interval on strength recovery and reliability during high intensity exercise. *J Strength Cond Res*. 1998;12(3):152-6.
18. Gür H, Cakin N, Akova B, Okay E, Küçükoglu S. Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training: effects on functional capacity and symptoms in patients with osteoarthritis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(3):308-16.
19. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. 1978;40(3):497-504.
20. Siri WE. The gross composition of the body. *Adv Biol Med Phys*. 1956;4:239-80.
21. Stumbo TA, Merriam S, Nies K, Smith A, Spurgeon D, Weir JP. The effect of hand-grip stabilization on isokinetic torque at the knee. *J Strength Cond Res*. 2001;15(3):372-7.
22. Sforzo GA, Touey PR. Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training session. *J Strength Cond Res*. 1996;10(1):20-4.
23. Pearson D, Faigenbaum A, Conley MMD, Kraemer WJ. The national strength conditioning association's basic guidelines for the resistance training of athletes. *J Strength Cond Res*. 2000;22(4):14-27.
24. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN. Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy. *Res Q Exerc Sport*. 2002;73(4):485-8.
25. Robinson JM, Stone MH, Johnson RL, Penland CM, Warren BJ, Lewis RD. Effects of different weight training exercise/rest interval on strength, power and high intensity exercise endurance. *J Strength Cond Res*. 1995;9(4):216-21.
26. Willardson JM. A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *J Strength Cond Res*. 2006;20(4):978-84.
27. Brown LE, Weir JP. ASEP Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol*. 2001;4(3):1-21.
28. Gossen ER, Sale DG. Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *Eur J Appl Physiol*. 2000;83(6):524-30.
29. Sweeney HL, Bowman FB, Stull JT. Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. *Am J Physiol*. 1993;264(5PT1):1085-95.
30. Touey PR, Sforzo GA, MCManis BG. Effects of manipulating rest periods on isokinetic muscle performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26:S170A.
31. Pincivero DM, Gear WS, Moyna NM, Robertson RJ. The effects of rest interval on quadriceps torque and perceived exertion in health males. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999;39(4):294-9.
32. Willardson JM, Burkett LN. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *J Strength Cond Res*. 2005;19(1):23-6.
33. Ratamess NA, Falvo MJ, Mangine GT, Hoffman JR, Faigenbaum AV, Kang J. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2007;100(1):1-17.
34. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev*. 1994;74(1):49-94.
35. Siqueira CM, Pellegrini FR, Fontana MF, Greve JM. Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumpers athletes and runner athletes. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo*. 2002;57(1):19-24.
36. Lambert CP, Flynn MG. Fatigue during high-intensity intermittent exercise: application to bodybuilding. *Sports Med*. 2002;32(8):511-22.
37. Medbo JI, Tabata I. Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *J Appl Physiol*. 1993;75(4):1654-60.
38. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*. 2001;81(4):1725-89.
39. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol*. 1992;72(5):1631-48.
40. Maughan RJ, Gleeson M, Greenhaff PL. *Biochemistry of exercise & training*. Oxford University Press: New York;1997.
41. Kraemer WJ, Fleck SJ, Dziados JE, Harman EA, Marchitelli LJ, Gordon SE, et al. Changes in hormonal concentrations following different heavy-resistance exercise protocols in women. *J Appl Physiol*. 1993;75:594-604.
42. Thorstensson A, Karlsson J. Fatigability and fibre composition of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*. 1976;98(3):318-22.
43. Bilodeau M, Erb MD, Nichols JM, Joiner KL, Weeks JB. Fatigue of elbow flexor muscles in younger and older adults. *Muscle Nerve*. 2001;24(1):98-106.
44. Hunter SK, Critchlow A, Enoka RM. Influence of aging on sex differences in muscle fatigability. *J Appl Physiol*. 2004;97(5):1723-32.
45. Lanza IR, Russ DW, Kent-Braun JA. Age-related enhancement of fatigue resistance is evident in men during both isometric and dynamic tasks. *J Appl Physiol*. 2004;97(3):967-75.
46. Hunter SK, Critchlow A, Shin IS, Enoka RM. Fatigability of the elbow flexor muscles for a sustained submaximal contraction is similar in men and women matched for strength. *J Appl Physiol*. 2004;96(1):195-202.

47. Sadamoto T, Bonde-Petersen F, Suzuki Y. Skeletal muscle tension, flow, pressure, and EMG during sustained isometric contractions in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1983;51(3):395-408.
48. Barnes WS. The relationship between maximum isometric strength and intramuscular circulatory occlusion. *Ergonomics.* 1980;23(4):351-7.
49. Malfatti CA, Rodrigues SY, Takahashi ACM, Silva E, Menegon FA, Mattiello-Rosa SM, et al. Análise da resposta da frequência cardíaca durante a realização de exercício isocinético excêntrico de grupamento extensor de joelho. *Rev Bras Fisioter.* 2006;10(1): 51-7.