
BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

FELIPE BRUNO DIAS DE OLIVEIRA

**EFEITOS DO TREINAMENTO ISOCINÉTICO E
ISOMÉTRICO SOBRE A TAXA DE
DESENVOLVIMENTO DE FORÇA MÁXIMA**



Rio Claro
2010

FELIPE BRUNO DIAS DE OLIVEIRA

EFEITOS DO TREINAMENTO ISOCINÉTICO E ISOMÉTRICO SOBRE A
TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA MÁXIMA

Orientador: Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio
Claro, para obtenção do grau de Bacharel em Educação
Física.

Rio Claro
2010

796.077 Oliveira, Felipe Bruno Dias de
O48e Efeitos do treinamento isocinético e isométrico sobre a
taxa de desenvolvimento de força máxima / Felipe Bruno Dias
de Oliveira. - Rio Claro : [s.n.], 2010
21 f. : il., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação
Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Biotecnologia de Rio Claro

Orientador: Benedito Sérgio Denadai

1. Esportes - Treinamento físico. 2. Especificidade. I.
Título.

AGRADECIMENTOS

Se fosse escrever aqui todos os agradecimentos a todas as pessoas que conviveram comigo durante esses quatro anos, gastaria um bom tempo e provavelmente ainda esqueceria de alguém. Conheci muitas pessoas novas, assim como em qualquer ambiente novo que se frequenta, porém dentre essas apenas algumas guardarei na memória com carinho, e com certeza preservarei a amizade.

Contudo não posso deixar de agradecer aos meus pais por terem me dado sempre condições para que eu pudesse ter uma boa formação desde da pré escola até a graduação, e mais importante do que isso por terem me ensinados valores os quais levarei comigo para o resto da vida.

Agradeço também a todos os representantes do Laboratório de Avaliação da Performance Humana (LAPH), tanto atuais, quanto os que já não estão mais presentes, por terem me ensinado, e convivido comigo durante esses últimos dois anos.

Agradeço em especial ao professor Denadai por ter aceitado me orientar, pela paciência, atenção e tempo despendido comigo durante esse processo. E se tem alguma coisa que aprendi com ele foi "...o fácil já foi feito."

Não posso esquecer também da professora Camila que sempre esteve disposta a ajudar quando precisei.

Por fim, desejo a todas essas pessoas que foram importantes o melhor possível e que com certeza sentirei saudades!

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos do treinamento isocinético de alta velocidade ($180^{\circ} \cdot s^{-1}$) e isométrico (75°) sobre a taxa de desenvolvimento de força máxima (TDFmax) medida de modo isocinético e isométrico em indivíduos sedentários. Participaram deste estudo 27 voluntários do sexo masculino (Média \pm DP = massa corporal $78,6 \pm 14,1$ kg; altura $175,1 \pm 8,9$ cm; idade $22,6 \pm 3,8$ anos) que foram divididos em três grupos de forma randômica: Controle (GC); Treinamento isocinético (GISOC) e; Treinamento isométrico (GISOM). Os indivíduos foram submetidos, em dias diferentes aos seguintes protocolos de testes pré-treinamento: 1) Familiarização aos testes no dinamômetro isocinético; 2) Cinco contrações isocinéticas concêntricas máximas para os extensores do joelho ($180 \cdot s^{-1}$) para determinar o torque máximo concêntrico (TMC) e a TDFmax concêntrica; 3) Duas contrações isométricas máximas para os extensores do joelho (75°) para determinar o torque máximo isométrico (TMI) e a TDFmax isométrica. Os mesmos testes foram repetidos após o término do treinamento, mas sem o período de familiarização. Foram realizadas 18 sessões de treinamento (3 vezes por semana). O GISOC realizou todo o treino com contrações isocinéticas concêntricas com velocidade $180^{\circ} \cdot s^{-1}$. O GISOM realizou todo o treino com contrações isométricas com o ângulo entre a coxa e a perna sendo 75° (0° = extensão total do joelho). Os valores de TMI, TMC, TDFmax concêntrica, TDFmax isométrica do GC não foi diferente estatisticamente entre o período pré e pós-treinamento. O GISOM melhorou apenas o TMI e o GISOC melhorou o TMC, TDFmax concêntrica e TDFmax isométrica. Além disso, o GISOC melhorou percentualmente mais a TDFmax concêntrica do que a TDFmax isométrica. Com base nestes resultados pode-se concluir que o aumento de força máxima correspondeu a teoria da especificidade, ao contrário da TDFmax. Sendo assim, a utilização da contração isométrica para a avaliação dos efeitos de treinamento isocinético, tem que ser feita de modo mais cauteloso, já que a sua treinabilidade parece ser maior quando comparado as contrações dinâmicas.

Palavras-chave: taxa de desenvolvimento de força, especificidade, treinamento.

ABSTRACT

The objective of the present study was to compare the effects of a high speed isokinetic training ($180^{\circ} \cdot s^{-1}$) and an isometric training (75°) on the maximum rate of force development (RFDmax) measured in the isokinetic and isometric modes. Twenty seven male non active subjects participated of this study (Mean \pm SD = body mass 78.6 ± 14.1 kg; stature 175.1 ± 8.9 cm; age 22.6 ± 3.8 years). They were randomly divided into three groups: Control (GC); Isokinetic training (GISOC) and; Isometric training (GISOM). The subjects were submitted in different days to the following pre training protocols: 1) Familiarization to the isokinetic dynamometer tests; 2) Five maximum concentric isokinetic contractions of the knee extensors ($180^{\circ} \cdot s^{-1}$) to access the maximum concentric torque (TMC) and the concentric RFDmax; 3) Two maximum isometric contractions of the knee extensors (75°) to access the maximum isometric torque (TMI) and the isometric RFDmax. The same tests were repeated after the training period, but without the familiarization session. Eighteen training sessions were performed (3 times per week). The GISOC performed the entire training whit concentric isokinetic contractions whit the speed of $180^{\circ} \cdot s^{-1}$. The GISOM performed the entire training whit isometric contractions whit the angle between the thigh end the leg being 75° (0° = full knee extension). TMI, TMC, concentric RFDmax, isometric RFDmax values of the GC was not different between pre and post training. GISOM increased only the TMI and the GSIOC increased the TMC, concentric RFDmax and isometric RFDmax. Furthermore, the GISOC had a higher percentage increase of the isometric RFDmax than the isokinetic RFDmax. Based on these results, it is possible to conclude that the increase in maximum strength corresponded to the training specificity theory, unlike to the RFDmax. Thus the use of isometric contraction to access the effects of isokinetic training, should be done whit caution, since its trainability seems to be higher compared to dynamic contractions.

Keywords: rate of force development, specificity, training.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.1. Sujeitos.....	8
2.2. Delineamento experimental.....	8
2.3. Aquecimento.....	8
2.4. Determinação do pico de torque isométrico e isocinético.....	9
2.4.1. Teste isocinético.....	9
2.4.2. Teste isométrico.....	9
2.5. Determinação da taxa de desenvolvimento de força máxima.....	9
2.6. Treinamento.....	10
2.6.1. Treino isocinético.....	10
2.6.2. Treino isométrico.....	10
2.7. Análise estatística.....	11
3. RESULTADOS.....	12
4. DISCUSSÃO.....	15
5. CONCLUSÃO.....	18
6. REFERENCIAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

No âmbito esportivo existem movimentos que exigem uma grande implementação de força e são executados em um curto intervalo de tempo (p.ex., ≈ 50 ms no soco do boxe, chutes no futebol e karatê, e ≈ 250 ms em saída do bloco no 100m rasos e na natação). Em função disto, estes movimentos não chegam a utilizar a força muscular máxima que o atleta é capaz de gerar, já que esta ocorre a partir dos 300ms após o início da contração muscular isométrica (AAGAARD *et al.*, 2002; THORSTENSSON *et al.*, 1976) e a partir dos 200ms após o início da contração isocinética (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Assim, como nos movimentos esportivos, o rápido reajuste postural que uma pessoa realiza para evitar uma queda devido à perda de equilíbrio, também ocorre antes que a musculatura possa gerar a força muscular máxima. A capacidade muscular de gerar força rapidamente (força muscular explosiva) pode ser definida como taxa de aumento da força muscular em um dado intervalo de tempo, a partir do início da contração muscular. Essa taxa é conhecida como taxa de desenvolvimento de força (TDF) e é obtida através da razão entre a variação da força (N.m) e a variação do tempo (s) ($\Delta\text{força}/\Delta\text{tempo}$). Os valores máximos desta taxa são alcançados em um período entre 100-300ms (AAGAARD *et al.*, 2002).

A TDF é influenciada por diversos fatores como o tipo de fibra muscular e da miosina de cadeia pesada, área de sessão transversa (ANDERSEN *et al.*, 2005; HARRIDGE *et al.*, 1996), força muscular máxima (ANDERSEN; AAGAARD, 2006; ANDERSEN *et al.*, 2010), propriedades intrínsecas do tendão e/ou aponeurose (BOJSEN-MØLLER *et al.*, 2005; KUBO *et al.*, 2001) e drive neural (AAGAARD *et al.*, 2002; ANDERSEN; AAGAARD, 2006; ANDERSEN *et al.*, 2010).

O princípio da especificidade de treinamento é baseado em pesquisas que mostram que o aumento de força obtido com o treinamento neuromuscular é específico para o que foi treinado, ou seja, é maior ou exclusivo para a velocidade ou angulação trabalhada (FLECK; KRAEMER, 1999). Já se sabe que aumentos induzidos por treinamento isométrico são exclusivos ou maiores para a angulação da articulação em que o exercício é realizado (LINDH, 1979; KITAI; SALE, 1989; THEPAUT-MATHIEU *et al.*, 1988). THEPAUT-MATHIEU *et al.* (1988) e WILLIAN e WILLIAN (1993) mostraram que a atividade eletromiográfica (EMG) também apresenta um aumento maior nas angulações da articulação usada no treinamento. Da mesma forma, esta especificidade ocorre com relação à velocidade utilizada no treinamento isocinético. Os aumentos da força são maiores em velocidades próximas as realizadas no treinamento ou quando realizados na velocidade na qual a atividade

atual (prática esportiva) ocorre (BEHM; SALE, 1993; KANEHISA; MIYASHITA, 1983; MORRISSEY *et al.*, 1998). Há evidências também obtidas pela eletromiografia que as adaptações neurais são maiores próximas à velocidade de contração treinada (ANDERSEN *et al.*, 2005; SEGER; ARVIDSSON; THORSTENSSON, 1998).

Baseado nas evidências que mostram que as adaptações neuromusculares são específicas para as características do treino de força realizado, foi hipotetizado que os efeitos de treinamento sobre a TDF seriam maiores no tipo de contração muscular especificamente treinado (i.e., isocinético *vs.* isométrico). Assim, o objetivo deste estudo foi comparar os efeitos do treinamento isocinético de alta velocidade ($180^{\circ}.s^{-1}$) e isométrico sobre a da TDF máxima medida de modo isocinético e isométrico em indivíduos sedentários.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Sujeitos

Participaram deste estudo 27 voluntários do sexo masculino (Média \pm DP = massa corporal $78,6 \pm 14,1$ kg; altura $175,1 \pm 8,9$ cm; idade $22,6 \pm 3,8$ anos), aparentemente saudáveis, sem problemas prévios na articulação do joelho e que estavam há seis meses sem prática regular de atividade física que envolvesse treino de membros inferiores. Após serem informados textual e verbalmente sobre os objetivos e a metodologia desse estudo, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP – Rio Claro (019/2010). Os indivíduos foram divididos em três grupos de forma randômica: Controle (GC); Treinamento isocinético (GISOC) e; Treinamento isométrico (GISOM).

2.2. Delineamento experimental

Antes do início do período de treinamento os voluntários compareceram ao laboratório em três ocasiões diferentes. As duas primeiras foram utilizadas para a familiarização do voluntário aos testes, sendo estas idênticas ao teste de avaliação neuromuscular (ver item 2.4). Na terceira ocasião foram realizadas a determinação de medidas antropométricas (massa corporal e estatura), o teste de torque máximo isocinético concêntrico (TMC) e o torque máximo isométrico (TMI) à e $180^\circ \cdot s^{-1}$ 75° , respectivamente (ver item 2.4). Todos os testes e treinos foram feitos em um dinamômetro isocinético (Biodex System 3, Biodex Medical Systems, Shirley, N.Y.).

Após o pré-teste o GISOC e GISOC realizaram 18 sessões de treinamento dos extensores do joelho, apenas da perna dominante. As sessões foram divididas em três vezes por semana para que houvesse um período de 48 horas de descanso entre cada sessão. Ao termino das 18 sessões de treino foi realizado o pós-teste que foi idêntico ao pré-teste, mas não houve sessões de familiarização. Os grupos GISOC e GISOM realizaram durante 6 semanas um treinamento isocinético ou isométrico, respectivamente, conforme descrito no item 2.7. Durante o período de treinamento o GC manteve as mesmas atividades diárias realizadas anteriormente.

2.3. Aquecimento

Este aquecimento foi utilizado nas duas sessões de familiarização, nos testes pré e pós-treino e em todas as sessões de treino. O aquecimento foi realizado em um ciclo ergômetro (Lode B.V., Excalibur Sport, Groningen, Nederland) ajustado com 50 watts de potência,

tendo o voluntário que manter a velocidade de 70 rpm (rotações por minuto) por 5 minutos. Após o aquecimento geral no ciclo ergômetro foi feito um aquecimento articular localizado, o qual consistiu de 5 contrações submáximas no dinamômetro isocinético. Para a familiarização, testes e treinos isométricos as 5 contrações submáximas foram isométricas e para a familiarização, testes e treinos isocinéticos concêntricos as 5 contrações submáximas foram isocinéticas concêntricas.

2.4. Determinação do pico de torque isométrico e isocinético

Todos os voluntários do GC, GISOC ou GISOM realizaram os testes isométrico e isocinético, tanto no pré quanto no pós-treinamento.

2.4.1. Teste isocinético

O teste consistiu de 5 contrações isocinéticas concêntricas máximas à $180^{\circ}.s^{-1}$. A partir da posição sentada a angulação inicial da coxa com a perna foi de 90° (0° = extensão total). Após a extensão do joelho a angulação final foi 20° , sendo assim a amplitude total de movimento foi 70° . O retorno da perna a posição inicial (90°) era feita de forma passiva à $60^{\circ}/s$. A próxima contração teve início assim que a angulação inicial foi atingida, não havendo intervalo para descanso entre as repetições.

2.4.2. Teste isométrico

O teste consistiu em 2 contrações isométricas máximas de 5 segundos de duração. A partir da posição sentada a angulação da coxa com a perna foi de 75° . Entre cada contração houve um intervalo de 30 segundos.

2.5. Determinação da taxa de desenvolvimento de força máxima

Os dados de torque das contrações isométricas e isocinéticas foram coletados a partir do *software* do dinamômetro isocinético e analisados no *software* MatLab 6.5. Os dados de torque de todas as contrações dos testes foram filtrados (filtro Butterworth, quarta ordem). A seguir utilizou-se para a análise a contração de maior pico de torque (TMI e TMC). Para a determinação da TDF máxima isométrica (TDFmax isométrica) e da TDF máxima isocinética concêntrica (TDFmax concêntrica), foi estipulado como sendo o início da contração o momento em que o valor de torque fosse maior que 7,5 N.m (AAGAARD *et al.*, 2002). O PTDF foi considerado como sendo o maior valor da inclinação da curva momento-tempo a cada intervalo de 10ms relativos ao início da contração.

2.6. Treinamento

2.6.1. Treino isocinético

Cada sessão de treino estava previamente programada como se pode observar na tabela 1, sendo ao todo 18 sessões de treino. Durante o treino a velocidade foi sempre $180.s^{-1}$. A partir da posição sentada a angulação inicial da coxa com a perna foi de 90° (0° = extensão total). Após a extensão do joelho a angulação final foi 20° , sendo assim a amplitude total de movimento foi 70° . O retorno da perna a posição inicial (90°) foi feita de forma passiva à $60^\circ.s^{-1}$. A próxima contração teve início assim a angulação inicial foi atingida, não havendo intervalo para descanso entre as repetições. Entre cada série houve 2 minutos de intervalo.

Tabela 1. Protocolo de treinamento isocinético.

Semana*	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
Séries	3	3	4	5	6	4
Repetições	10	12	10	10	10	10
Total	30	36	40	50	60	40
Número adicional de repetições por semana.		+6	+4	+10	+10	-20

* Cada semana corresponde á três sessões de treino

2.6.2. Treino isométrico

Cada sessão de treino estava previamente programada como se pode observar na tabela 2, sendo ao todo 18 sessões de treino. Durante os treinos a angulação utilizada foi sempre 75° . Entre cada repetição de 5s houve 15s de intervalo e entre cada série houve 2 minutos de intervalo.

Tabela 2 – Protocolo de treinamento isométrico.

Semana*	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
Séries	3	3	3	3	3	3
Repetições	6	7	8	9	10	8
Tempo de contração (s)	5	5	5	5	5	5
Tempo total de contração(s)	90	105	120	135	150	120
Tempo adicional de contração por semana (s)		+15	+15	+15	+15	-30

* Cada semana corresponde á três sessões de treino.

2.7. Análise estatística

Os dados estão expressos como média \pm DP. Após verificação da normalidade dos dados foi utilizada a ANOVA TWO-WAY, complementada (*pos-hoc*) pelo teste de Tuckey. Para a diferença percentual foi utilizado o teste de Wilcoxon. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS

As Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam os valores médios \pm DP do TMI, TMC, TDFmax isométrica e TDFmax concêntrica de todos os grupos na condição pré e pós-treinamento, respectivamente. Os valores de TMI, TMC, TDFmax isométrica e TDFmax concêntrica do GC não foram diferentes entre a condição pré e pós-treinamento ($p > 0.05$). No GISOM, apenas o TMI apresentou aumento significativo após o treino ($p < 0.05$), enquanto o TMC, a TDFmax isométrica e a TDFmax concêntrica não apresentaram aumento significativo ($p > 0.05$). No GISOC, a TMC, a TDFmax concêntrica e a TDFmax isométrica apresentaram aumento significativo ($p < 0.05$), enquanto o TMI permaneceu sem diferença significativa ($p > 0.05$).

Os valores de TMI dos três grupos foram maiores do que os valores de TMC, assim como os valores de TDFmax isométrica foram maiores do que a TDFmax concêntrica.

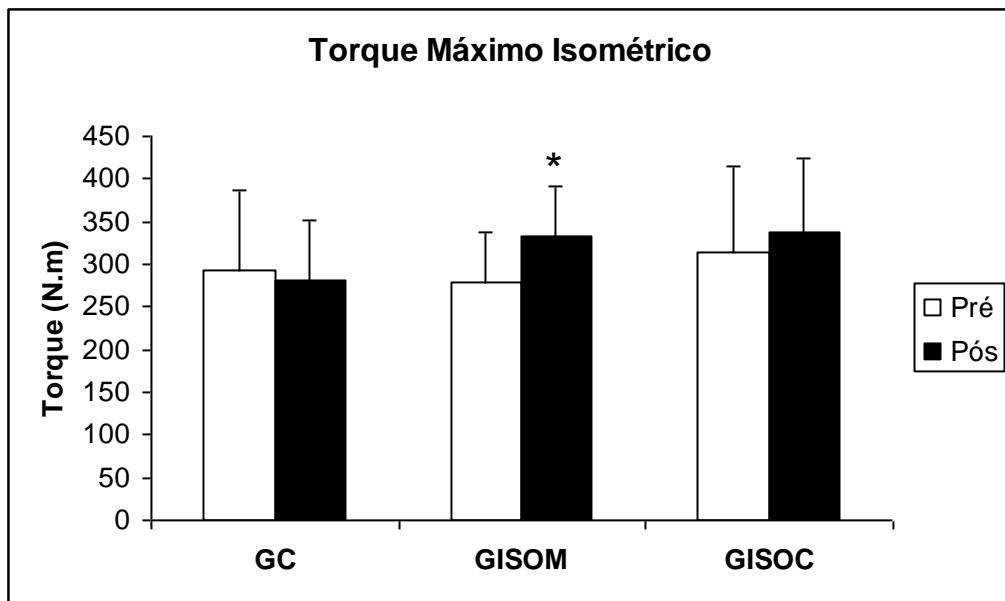


Figura 1. Valores médios \pm DP do torque máximo isométrico do controle (GC), treinamento isométrico (GISOM) e treinamento isocinético (GISOC). * $P < 0,05$ em relação ao pós-teste do GISOM.

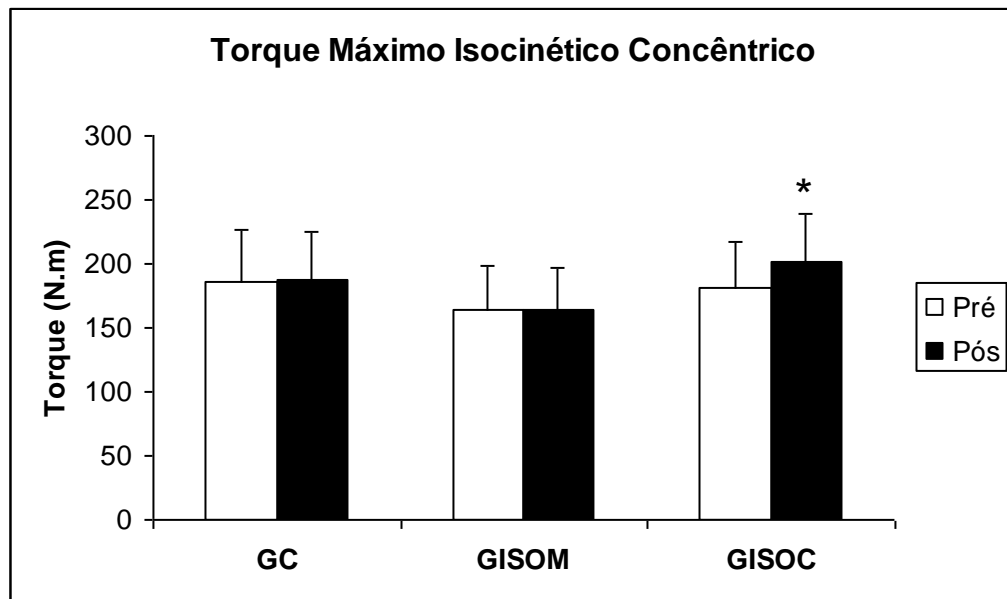


Figura 2. Valores médios \pm DP do torque máximo isocinético concêntrico do controle (GC), treinamento isométrico (GISOM) e treinamento isocinético (GISOC). * $P < 0,05$ em relação ao pós-teste do GISOC.

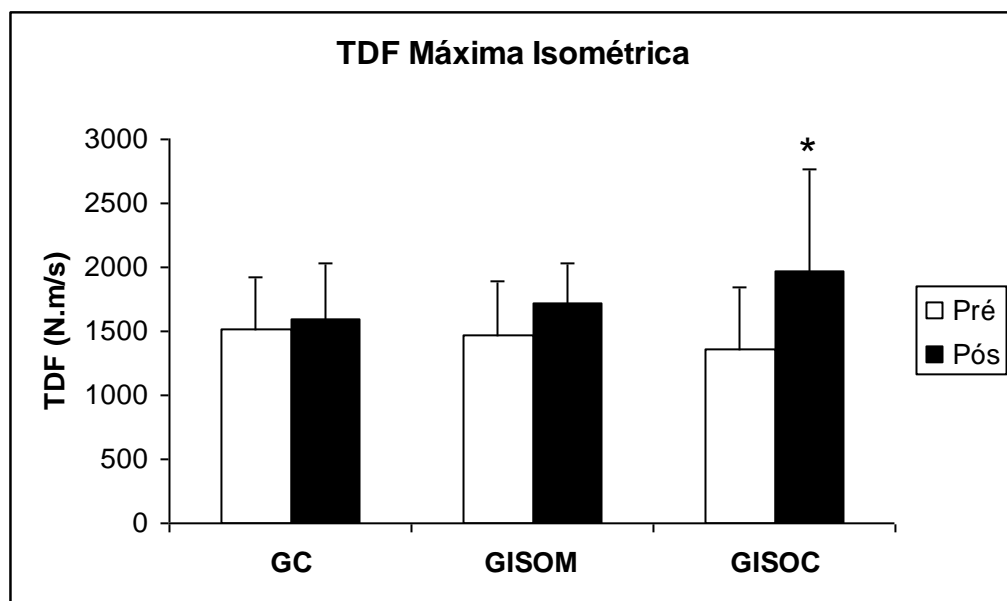


Figura 3. Valores médios \pm DP da TDF máxima isométrica do controle (GC), treinamento isométrico (GISOM) e treinamento isocinético (GISOC). * $P < 0,05$ em relação ao pós-teste do GISOC.

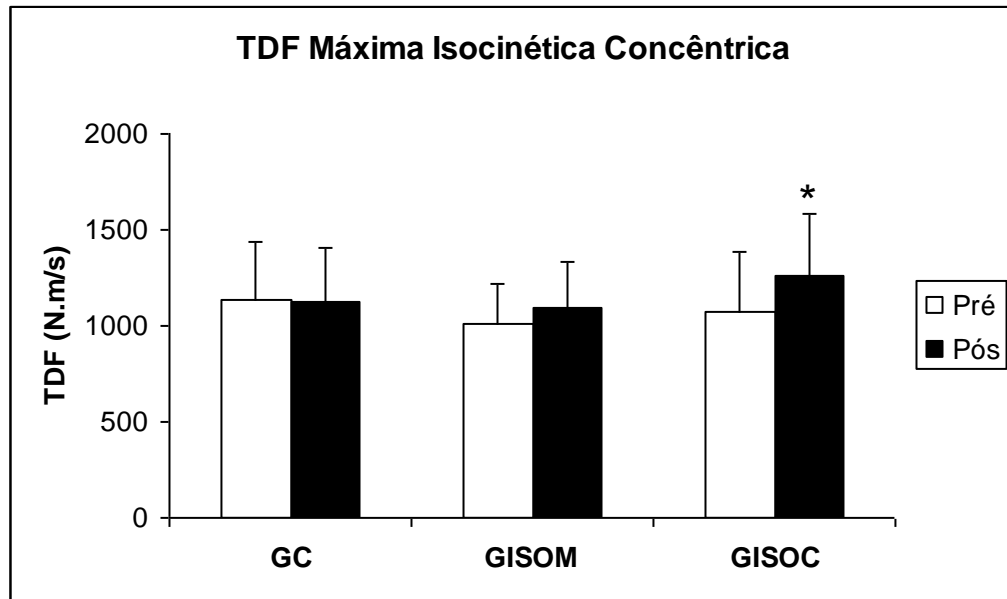


Figura 4. Valores médios \pm DP da TDF máxima isocinética concêntrica do controle (GC), treinamento isométrico (GISOM) e treinamento isocinético (GISOC). * $P < 0,05$ em relação ao pós-teste do GISOC.

No GISOC o percentual de melhora da TDFmax isométrica foi maior do que da TDFmax concêntrica (isométrica = $46,9 \pm 39,5$ % vs. isocinética concêntrica = $21,8 \pm 29,6$ %).

Os valores dos ângulos nos quais foi obtido o TMC dos três grupos (GISOC: pré $61,0 \pm 8,8^\circ$ vs. pós $62,4 \pm 7,7^\circ$; GISOM: pré $61,2 \pm 7,6^\circ$ vs. pós $62,2 \pm 7,6^\circ$; GC: pré $63,6 \pm 8,0^\circ$ vs. pós $61,1 \pm 7,0^\circ$) não foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$) entre si, nem nas condições pré e pós, mas foram diferentes ($p < 0,05$) da angulação do TMI (75°).

Os valores dos ângulos nos quais foi obtida a TDFmax concêntrica dos três grupos (GISOC: pré $74,6 \pm 6,6^\circ$ vs. pós $76,5 \pm 5,4^\circ$; GISOM: pré $82,4 \pm 8,3^\circ$ vs. pós $82,0 \pm 6,7^\circ$; GC: pré $79,3 \pm 7,6^\circ$ vs. pós $77,3 \pm 9,2^\circ$) foram diferentes entre si apenas na situação pré treino entre o GISOM e GISOC, e não foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$) nas condições pré e pós, nem da angulação da TDFmax isométrica (75°).

4. DISCUSSÃO

Para o nosso conhecimento este é o primeiro estudo que comparou os efeitos do treinamento isocinético de alta velocidade e isométrico sobre a TDFmax medida de modo isocinético e isométrico. Nosso principal achado foi que os efeitos do treinamento sobre TDFmax não parecem seguir os princípios da especificidade, já que os percentuais de melhora da TDFmax isométrica foram maiores do que a TDFmax isocinética após o treino isocinético de alta velocidade ($180^\circ \cdot s^{-1}$).

Diversos estudos têm verificado que as adaptações neuromusculares ao treinamento que determinam a melhora da força máxima respondem de acordo com o princípio da especificidade, já que os maiores aumentos desta variável ocorrem próximos a angulação (LINDH, 1979), velocidade (KANEHISA; MIYASHITA, 1983; MORRISSEY, *et al.*, 1998) e/ou modo de contração muscular (SEGER; ARVIDSSON; THORSTENSSON, 1998) empregados no treinamento. Nossos resultados estão de acordo com este princípio, pois o TMI e o TMC aumentaram exclusivamente no GISOM e GISOC, respectivamente. Os mecanismos que determinam esta especificidade de treinamento podem ser tanto de origem neural, quanto muscular e articular.

Quanto às adaptações centrais, há evidências obtidas pela eletromiografia (EMG) que as adaptações neurais após o treinamento dinâmico são maiores nas velocidades próximas da empregada no treinamento (ANDERSEN *et al.*, 2005; SEGER; ARVIDSSON; THORSTENSSON, 1998). Para o treinamento isométrico, o aumento de força máxima e da atividade EMG pode ocorrer também em outras angulações, além da especificamente treinada (KUBO *et al.*, 2006; WILLIAM; WILLIAM, 1993; WEIR; HOUSH; WEIR, 1994;).

O aumento da área de secção transversa (hipertrofia) poderia determinar um maior grau de transferência entre os diversos tipos e velocidades de contração muscular. O treinamento isocinético de alta velocidade parece determinar maior ganho hipertrófico. Velocidades mais altas podem provocar maior recrutamento e aumento de fibras de contração rápida (IIa) do que treinos de velocidades baixas. (ANDERSEN *et al.*, 2010; SHEPSTONE *et al.*, 2005). Entretanto, as modificações das propriedades contráteis podem ser específicas para a velocidade treinada (BLAZEVIICH *et al.*, 2008; SHEPSTONE *et al.*, 2005). No treinamento isométrico, quando a angulação empregada gera maior grau de alongamento muscular (p.ex., 90° vs. 30° de flexão do joelho, 0° = extensão total), os aumentos da força máxima parecem ocorrer mesmo em angulações não treinadas. Um maior ganho hipertrófico causado pelo maior estresse mecânico e metabólico sobre as fibras musculares (KUBO *et al.*, 2001; KUBO

et al., 2006) e também do maior aumento do *stiffness* muscular (KUBO *et al.*, 2001; KUBO *et al.*, 2006), podem explicar parte destes resultados. Porém, a duração do presente estudo foi relativamente curta, sendo pouco provável que tenha ocorrido hipertrofia significativa, o que poderia ter contribuído para a ausência de transferência de um tipo de treinamento para o outro (isométrico *vs.* isocinético). Assim, é mais provável que o aumento de força máxima tenha ocorrido através de ganhos da adaptação neural, que envolve aumento do recrutamento das fibras musculares, que ocorrem nas primeiras semanas de treinamento de força (FLECK; KRAEMER, 1999).

Quanto à angulação articular, MURPHY *et al.* (1995) verificaram que quanto mais próximo são os ângulos isométrico e o ângulo articular no qual o pico de torque dinâmico é obtido, maiores são as correlações entre TMI e TMC. Neste estudo, o ângulo em que o TMC foi encontrado em todos os grupos é diferente do utilizado para medir (TMI) e treinar isometricamente. Se o ângulo utilizado no treino e teste isométrico fosse mais próximo ao ângulo em que o TMC é atingido na velocidade utilizada também para o treino e teste ($180^{\circ} \cdot s^{-1}$), talvez se encontrasse alguma transferência do tipo de treinamento no aumento da força.

Os efeitos do treinamento sobre a TDFmax isométrica têm sido amplamente reportados. Similar ao encontrado neste estudo, o treinamento dinâmico (AAGAARD *et al.*, 2002; ANDERSEN *et al.*, 2010), especialmente de alta velocidade (BEHM; SALE, 1993), tem melhorado a TDFmax isométrica. Interessantemente, o aumento da TDFmax isométrica tem sido encontrado mesmo após treino dinâmico de baixa velocidade ($30^{\circ} \cdot s^{-1}$) (BLAZEVICH *et al.*, 2008). Neste estudo, BLAZEVICH *et al.* (2008) verificaram uma relação inversa entre os valores pré-treinamento da TDFmax isométrica e o percentual de melhora da mesma. Em nosso estudo, o GISOM não apresentou melhora da TDFmax isométrica. Por outro lado, KUBO *et al.* (2001) verificaram após 12 semanas de treino isométrico (4 vezes por semana) melhora da TDFmax isométrica, juntamente com aumento da hipertrofia e do *stiffness* do tendão. Esta diferença de resultados pode ter ocorrido pelo maior tempo e volume semanal de treinamento, quando comparado ao nosso estudo. Assim, os efeitos sobre a TDFmax isométrica parecem depender pelo menos da interação entre a velocidade do treinamento, o nível inicial da força explosiva e da duração total do treinamento.

Para o nosso conhecimento, os efeitos do treinamento sobre a TDFmax isocinética ainda não haviam sido investigados. Existem dados sobre a taxa de desenvolvimento de velocidade (TDV) (BROWN; WHITEHURST, 2003; BROWN; WHITEHURST; FINDLEY, 2005), que observa o comportamento da aceleração e velocidade angular durante contrações isocinéticas e medidas de potência (ANDERSEN *et al.*, 2005) que é o produto da força pela

velocidade. Ambas (TDV e potência) melhoram com o treinamento dinâmico (BROWN; WHITEHURST, 2003; ANDERSEN *et al.*, 2005) e se relacionam com a TDF isométrica.

Em nosso estudo, o grupo que treinou isometricamente não melhorou a TDFmax concêntrica. Isso pode ter ocorrido pelo fato do treino isométrico ter as melhoras das propriedades musculares mais próximas da angulação trabalhada e com isso não apresentar um aumento da capacidade de gerar força no início da contração, uma vez que a angulação inicial utilizada foi 90° (0° = extensão total) e a angulação treinada foi 75°. Já o grupo que treinou de forma isocinética melhorou tanto TDFmax isométrica quanto a isocinética (Fig.1 e 2). Porém, o aumento da TDFmax isométrica foi percentualmente maior ($46,9 \pm 39,5$ %) do que o aumento da TDFmax concêntrica ($21,8 \pm 29,6$ %). Assim, os efeitos do treino isocinético sobre a TDFmax em indivíduos sedentários, não parecem responder ao princípio da especificidade do treinamento.

Recentemente demonstramos em nosso laboratório (OLIVEIRA *et al.*, 2010) que o aumento da TDFmax isocinética após duas sessões de familiarização, é maior durante contrações isocinética de velocidade baixa ($60^\circ.s^{-1} = 32\%$), quando comparado a velocidades altas ($180^\circ.s^{-1} = 8\%$). Assim, parece que a treinabilidade da TDFmax medida em velocidades baixas e/ou em contrações isométricas é maior.

Os fatores que podem contribuir para esta maior treinabilidade da TDFmax isométrica ainda não são completamente conhecidos. Uma primeira hipótese seria que a contração isométrica apresenta uma condição mais controlada do que a isocinética. Na condição dinâmica, é necessário que haja uma aceleração até que se atinja o ângulo no qual o movimento encontra a resistência (BROWN; WHITEHURST, 2003; BROWN; WHITEHURST; FINDLEY, 2005). Já na contração isométrica esta resistência é encontrada logo no início da contração, pois não há movimento. Outra possibilidade, seria a similaridade do ângulo da TDFmax concêntrica e do ângulo utilizado para a avaliação da TDFmax isométrica. Com isso, pode ter ocorrido um treinamento específico da TDFmax para a angulação na qual esta foi testada.

5. CONCLUSÃO

Com base nestes resultados pode-se concluir que o aumento de força máxima é dependente do modo de contração muscular, devendo seu treinamento respeitar o princípio da especificidade. Quanto a TDFmax, que é um índice que reflete a força explosiva, a utilização da contração isométrica para a avaliação dos efeitos de treinamento isocinético, tem que ser feita de modo mais cauteloso, já que a sua treinabilidade parece ser maior quando comparado as contrações dinâmicas. Neste sentido, deve-se atentar que a TDFmax obtida na condição isométrica pode superestimar os efeitos do treinamento neuromuscular de movimentos balísticos encontrados em muitos esportes e também no controle postural, especialmente aqueles realizados para evitar uma queda devido à perda de equilíbrio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, v.93, p.1318–1326, 2002.

ANDERSEN, L. L.; AAGAARD, P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European Journal of Applied Physiology*, v.96, p.46-52, 2006.

ANDERSEN, L. L.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSON, S. P.; SUETTA, C.; MADSEN, J. L.; CHRISTENSEN, L. R.; AAGAARD, P. Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. *Journal of Applied Physiology*, v.99, p.87-94, 2005.

ANDERSEN, L. L.; ANDERSEN, J. L.; ZEBIS, M. K.; AAGAARD, P. Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v.20, p.162-169, 2010.

BEHM, D. G.; SALE, D. G. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, v.74, n.1, p.359-368, 1993.

BLAZEVIČH, A. J.; HORNE, S; CANNAVAN, D; COLEMAN, D. R.; AAGAARD, P. Effect of contraction mode of slow-speed resistance training on the maximum rate of force development in the human quadriceps. *Muscle & Nerve*, v.38, p. 1133–1146, 2008.

BOJSEN-MØLLER, J.; MAGNUSSON S. P.; RASMUSSEN, L. R.; KJAER, M.; AAGAARD, P. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of Applied Physiology*, v.99, p.986-994, 2005.

BROWN, L. E.; WHITEHURST, M. The effect of short-term isokinetic training on force and rate of velocity development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.17, n.1, p.88-94, 2003.

BROWN, L. E.; WHITEHURST, M.; FINDLEY, B.W. Reliability of rate of velocity development and phase measures on an isokinetic device. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.19, n.1, p.189-192, 2005.

DVIR, Z. **Isocinética. Avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas.** 1^a Ed. Manole: São Paulo, 2002.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do Treinamento de Força.** 2^a ed. Artmed: Porto Alegre, 1999.

HARRIDGE, S. D.; BOTTINELLI, R.; CANEPARI, M.; PELLEGRINO, M. A.; REGGIANI, C.; ESBJÖRNSSON, M.; SALTIN, B. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. *Pflugers Archive*, v.432, n.5, p.913-920, 1996.

KANEHISA, H.; MIYASHITA, M. Specificity of velocity in strength training. *European Journal of Applied Physiology*, v.52, p.104–106, 1983.

KITAI, T. A.; SALE, D. G. Specificity of joint angle in isometric training. *European Journal of Applied Physiology*, v.58, p.744–748, 1989.

KOMI, P.V. **Força e potência no esporte**. 2^a ed. Artmed: Porto Alegre, 2006.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; ITO, M.; FUKUNAGA, T. Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures *in vivo*. *Journal of Applied Physiology*, v.91, p.26-32, 2001.

KUBO, K.; OHGO, K.; TAKEISHI, R.; YOSHINAGA, K.; TSUNODA, N.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Effects of isometric training at different knee angles on the muscle-tendon complex *in vivo*. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v.16, p.159-167, 2006.

LINDH, M. Increase of muscle strength from isometric quadriceps exercises at different knee angles. *Scandinavia Journal Rehabilitation Medicine*, v.11, p.33–36, 1979

MORRISSEY, M.C.; HARMAN, E. A.; FRYKMAN, P. N.; HAN, K. H. Early phase differential effects of slow and fast barbell squat training. *American Journal of Sports Medicine*, v.26, p.221–230, 1998.

MURPHY, A. J.; WILSON, G. J.; PRYOR, J. F; NEWTON R. U. Isometric assessment of muscular function: The effect of joint angle. *Journal of Applied Biomechanics*, v.11, p.205-215, 1995.

OLIVEIRA, A. S.; CORVINO, R. B.; GONÇALVES, M.; CAPUTO, F.; DENADAI, B. S. Effects of a single habituation session on neuromuscular isokinetic profile at different movement velocities. *European Journal of Applied Physiology*. 2010 Aug 13. [Epub ahead of print]

SEGER, J. Y.; ARVIDSSON, B.; THORSTENSSON, A. Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *European Journal of Applied Physiology*, v.79, p.49-57, 1998.

SHEPSTONE, T. N.; TANG, J. E.; DALLAIRE, S.; SCHUENKE, M. D.; STARON, R. S.; PHILLIPS, S. M. Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *Journal of Applied Physiology*, v.98, p.1768-1776, 2005.

THEPAUT-MATHIEU, C.; HOECKE J. V.; MATON, B.; Myoelectrical and mechanical changes linked to length specificity during isometric training. *Journal of Applied Physiology*, v.64, n.4, p.1500–1505, 1988

THORSTENSSON, A.; KARLSSON, J.; VIITASALO, H. T.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle. *Acta Physiological Scandinavia*, v.98, p.232–236, 1976.

WILLIAM, D. B.; WILLIAM, P. H. Changes in torque and electromyographic activity of the quadriceps femoris muscles following isometric training. *Physical Therapy*, v.73, n.7, p.455-467, 1993.

WEIR, J. P.; HOUSH, T. J.; WEIR, L. L. Electromyographic evaluation of joint angle specificity and cross-training after isometric training. *Journal of Applied Physiology*, v.77, n.1, p.197-201, 1944.