
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES APÓS UM TREINAMENTO DE
CAMINHADA EM DECLIVE**

THIAGO PIRES DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES APÓS UM TREINAMENTO DE
CAMINHADA EM DECLIVE**

THIAGO PIRES DE OLIVEIRA

Orientador: PROFA. DRA. CAMILA COELHO GRECO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias (Sub-área Tecnologias nas Dinâmicas Corporais).

**RIO CLARO
Maio - 2013**

796.022 Oliveira, Thiago Pires
O48a Adaptações neuromusculares após um treinamento de caminhada em declive / Thiago Pires Oliveira. - Rio Claro : [s.n.], 2013
 63 f. : il., figs., gráfs., tabs.

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
 Orientador: Camila Coelho Greco

 1. Cinesiologia. 2. Força muscular. 3. Eletromiografia. 4. Dano muscular. 5. Taxa de desenvolvimento de torque. I. Título.

RESUMO

O treinamento de força pode gerar significativa melhora da aptidão musculoesquelética por meio de adaptações centrais e periféricas, e aumentar a capacidade de produção de força. O objetivo principal deste estudo foi analisar as adaptações neuromusculares após um treinamento de caminhada em declive em indivíduos não-treinados. Participaram do estudo, 12 voluntários do gênero masculino, ativos, com idade entre 18 e 30 anos, e que não estavam engajados em nenhum tipo de treinamento aeróbio ou resistido, por um período de seis meses. Os voluntários foram divididos randomicamente nos grupos controle (GCON) e treinamento (GCaD). Os voluntários realizaram os seguintes procedimentos: 1) Mensuração da área de seção transversa (AST) da coxa, e; 2) Testes no dinamômetro isocinético para a determinação do pico de torque isométrico (PTI), trabalho total (TT), taxa de desenvolvimento de torque (TDT) nos diferentes momentos da contração, *root mean square* (RMS), frequência mediana (FM) e *delay* eletromecânico (DELM) dos músculos extensores (EX) (reto femoral - RF e vasto lateral - VL) e flexores (FL) (semitendinoso - ST e bíceps femoral - BF) do joelho. Estes procedimentos foram realizados antes e após 4 semanas de treinamento de caminhada em declive, que foi realizado somente pelo grupo GCaD. O grupo GCON realizou o treinamento de caminhada no plano. Os dados foram expressos como média \pm DP. A existência da normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk. Para as variáveis que apresentaram distribuição normal, a análise dos efeitos do treinamento foi realizada pela ANOVA two-way (grupo x tempo) complementada pelo teste LSD. As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram comparadas pelo teste de Friedman (medidas repetidas) ou Kruskal-Wallis (medidas não repetidas). Em todos os testes o nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Houve aumento significativo da TDT a 150 ms (Pré = $423,0 \pm 123 \text{ Nm}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. Pós = $488,3 \pm 107,3 \text{ Nm}\cdot\text{s}^{-1}$) e 200 ms (Pré = $364,7 \pm 107,9 \text{ Nm}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. Pós = $422,5 \pm 90,8 \text{ Nm}\cdot\text{s}^{-1}$) dos FL no grupo GCaD após o treinamento ($p < 0,05$). Não houve modificação significativa da TDT normalizada após o treinamento ($p > 0,05$). Não houve modificação significativa da RMS após o treinamento de todos os

músculos para ambos os grupos ($p > 0,05$). Houve redução significativa da FM do RF (Pré = $83,1 \pm 11,6$ vs. Pós = $73,1 \pm 14,0$ Hz) na contração isométrica máxima dos EX, do grupo GCaD ($p < 0,05$). Não houve modificação significativa do DELM dos músculos na contração isométrica máxima dos EX e FL após o treinamento ($p > 0,05$). Não houve modificação significativa na TDT a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, na contração voluntária máxima dos EX ($p > 0,05$). No entanto, na contração isométrica máxima dos FL, houve aumento significativo da RMS na TDT a 30 ms no músculo BF (Pré = $27,6 \pm 16,1$ vs. Pós = $48,4 \pm 24,0\%$ RMSmax), a 100 ms nos músculos ST (Pré = $40,6 \pm 18,5$ vs. Pós = $65,0 \pm 26,3\%$ RMSmax) e BF (Pré = $26,9 \pm 12,4$ vs. Pós = $45,1 \pm 19,9\%$ RMSmax), a 150 ms nos músculos ST (Pré = $42,1 \pm 16,3$ vs. Pós = $70,4 \pm 27,7\%$ RMSmax), BF (Pré = $27,5 \pm 12,1$ vs. Pós = $47,6 \pm 19,2\%$ RMSmax) e VL (Pré = $2,4 \pm 0,9$ vs. Pós = $3,6 \pm 1,5\%$ RMSmax) e a 200 ms nos músculos ST (Pré = $44,2 \pm 17,0$ vs. Pós = $76,3 \pm 34,8\%$ RMSmax), BF (Pré = $43,4 \pm 15,4$ vs. Pós = $73,9 \pm 25,3\%$ RMSmax) e VL (Pré = $2,3 \pm 1,6$ vs. Pós = $3,4 \pm 1,7\%$ RMSmax) ($p < 0,05$), no grupo GCaD. Portanto, pode-se concluir que, apesar de não modificar a capacidade máxima de produção de força dos músculos EX e FL, um programa de treinamento de CaD aumenta a capacidade rápida de produção de força dos músculos FL na fase tardia da contração. A melhora da TDT pode ser importante na realização da CaD, já que os FL são importantes no auxílio da estabilização da articulação do joelho na condição de instabilidade proporcionada pelo declive.

Palavras - chave: Força muscular. Eletromiografia. Dano muscular. Taxa de desenvolvimento de torque.

ABSTRACT

The strength training may generate significant improvement of musculoskeletal fitness by central and peripheral adaptations, and increases the capacity to produce force. The main objective of this study was to analyze the neuromuscular adaptations after a training period with downhill walking in non-trained individuals. Twelve active males, with ages between 18 to 30 years, not engaged in any kind of aerobic or strength training for a period of six months, participated of this study. The voluntary were randomly divided in control (GCON) and training (GCaD) groups. The voluntary performed the following procedures: 1) Measurement of thigh transversal sectional area (AST), and; 2) Tests in an isokinetic dynamometer to determine the isometric peak torque (PTI), rate of torque development (TDT) at different times from the onset of muscle contraction, root mean square (RMS), median frequency (FM) and eletromechanical delay (DELM) of the knee extensors (EX) (rectus femoris - RF and vastus lateralis - VL) and flexors muscles (FL) (semitendinosus - ST and biceps femoris - BF). These procedures were performed before and after 4 weeks of downhill walking training that was performed only by GCaD. The GCON group performed the level walking training. The data were expressed as mean \pm SD. The normality of data was checked by Shapiro-Wilk test. For the variables that present normal distribution, the analysis of the effects of training was performed using ANOVA two-way (group x time) complemented by LSD test. The variables that did not present normal distribution were compared using Friedman test (repeated measures) or Kruska-Wallis test (non-repeated measures). In all tests a significance level of $p \leq 0.05$ was adopted. There was significant increase on the RTD at 150 (Pre = $423.0 \pm 123 \text{ N.m.s}^{-1}$ vs. Post = $488.3 \pm 107.3 \text{ N.m.s}^{-1}$) and 200 ms (Pre = $364.7 \pm 107.9 \text{ N.m.s}^{-1}$ vs. Post = $422.5 \pm 90.8 \text{ N.m.s}^{-1}$) of FL on GCaD group after the training ($p < 0.05$). There was no significant change on the normalized RTD after the training ($p > 0.05$). There was no significant change on RMS after the training of all muscles for both groups ($p > 0.05$). There was significant reduction of FM of RF (Pre = 83.1 ± 11.6 vs. Post = $73.1 \pm 14.0 \text{ Hz}$) on the maximal isometric contraction of EX muscles of GCaD group ($p < 0.05$). There was no

significant change of DELM of muscles on maximal isometric contraction of EX and FL after the training ($p > 0.05$). There was no significant change on the RTD at 30, 50, 100, 150 and 200 ms after the onset of muscle contraction, on maximal isometric contraction of EX ($p > 0.05$). However, there was significant increase of the RMS at the RTD at 30 ms on BF (Pre = 27.6 ± 16.1 vs. Post = $48.4 \pm 24.0\%$ RMSmax), at 100 ms on ST (Pre = 40.6 ± 18.5 vs. Post = $65.0 \pm 26.3\%$ RMSmax) and BF (Pre = 26.9 ± 12.4 vs. Post = $45.1 \pm 19.9\%$ RMSmax), at 150 ms on muscles ST (Pre = 42.1 ± 16.3 vs. Post = $70.4 \pm 27.7\%$ RMSmax), BF (Pre = 27.5 ± 12.1 vs. Post = $47.6 \pm 19.2\%$ RMSmax) and VL (Pre = 2.4 ± 0.9 vs. Post = $3.6 \pm 1.5\%$ RMSmax) and at 200 ms on muscles ST (Pre = 44.2 ± 17.0 vs. Post = $76.3 \pm 34.8\%$ RMSmax), BF (Pre = 43.4 ± 15.4 vs. Post = $73.9 \pm 25.3\%$ RMSmax) and VL (Pre = 2.3 ± 1.6 vs. Post = $3.4 \pm 1.7\%$ RMSmax) ($p < 0.05$), during maximal isometric contraction of FL for GCaD group. Therefore, it can be concluded that, although not changing the maximal capacity to generate force of EX and FL muscles, a CaD training program increases the capacity to rapidly generate force of FL muscles on the late phase of muscle contraction. The improvement of TDF may be important when performing CaD, since the FL muscles are important for the knee joint stabilization at this condition.

Keywords: Muscular strength. Electromyography. Muscle damage. Rate of torque development.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Delineamento experimental.....	29
FIGURA 2. Valores médios \pm DP da AST dos grupos GCON e GCaD antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.....	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Características antropométricas dos grupos GCON e GCaD.....	34
TABELA 2. Valores médios \pm DP do PTI e TT dos músculos FL e EX para os grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.....	35
TABELA 3. Valores médios \pm DP da TDT medida a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, para os músculos EX e FL dos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.....	36
TABELA 4. Valores médios \pm DP da TDTn medida a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, para os músculos EX e FL nos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.....	38
TABELA 5. Valores médios \pm DP da RMS na CVM dos músculos FL e EX dos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.....	39
TABELA 6. Valores médios \pm DP da FM dos músculos ST, BF, RF e VL dos grupos GCON e GCaD antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.....	41
TABELA 7. Valores médios \pm DP do DELM (ms) dos músculos RF e	

VL na contração voluntária máxima dos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento..... 42

TABELA 8. Valores médios \pm DP do DELM (ms) dos músculos ST e BF na contração voluntária máxima dos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento..... 43

TABELA 9. Valores médios \pm DP da RMS na TDT a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, na contração voluntária máxima dos extensores do joelho, dos grupos GCON e GCaD antes (Pré) e após (Pós) o treinamento..... 44

TABELA 10. Valores médios \pm DP da RMS na TDT a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, na contração voluntária máxima dos flexores do joelho, dos grupos GCON e GCaD antes (Pré) e após (Pós) o treinamento..... 46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>American college of sports medicine</i>	ACSM
Ativação voluntária.....	%VA
Área de seção transversa.....	AST
Caminhada em Declive.....	CaD
Contração voluntaria máxima.....	CVM
Corrida em declive.....	CrD
<i>Delay</i> eletromecânico.....	DELM
Eletromiografia.....	EMG
Eletromiografia de superfície.....	EMGs
Frequência mediana.....	FM
Grupo Caminhada em declive.....	GCaD
Grupo Controle.....	GCON
Músculos extensores do joelho.....	EX
Músculos flexores do joelho.....	FL
Músculo bíceps femoral.....	BF
Músculo vasto lateral.....	VL
Músculo reto femoral.....	RF
Músculo semitendíneo.....	ST
Normalizados pelo PTI.....	%PTI
Pico de Troque.....	PT
Pico de torque isométrico.....	PTI
<i>Root mean square</i>	RMS
Taxa de Desenvolvimento de Troque.....	TDT
Taxa de desenvolvimento de força normalizada.....	TDTn
Trabalho Total.....	TT
Ultrassonografia.....	US
Uma repetição máxima.....	1RM

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. JUSTIFICATIVA.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1. Adaptações ao treinamento de força muscular.....	17
3.2. Taxa de desenvolvimento de torque.....	19
3.3. Eletromiografia de superfície.....	21
3.4. Exercícios realizados com declive (corrida e caminhada).....	23
3.5. Hipotese.....	26
4. Objetivos.....	27
4.2. Específicos.....	27
5. Material e métodos.....	28
5.1. Sujeitos.....	28
5.2. Delineamento Experimental.....	28
5.3. Treinamento de CaD.....	30
5.4. Determinação do pico de torque isométrico (PTI), trabalho total (TT) e taxa de desenvolvimento de torque (TDT) em diferentes momentos da contração.....	30
5.5. Determinação da <i>root mean square</i> (RMS) e frequência mediana (FM) no PTI e da RMS da TDT nos diferentes momentos da contração.....	31
5.6. Ultrassonografia muscular e circunferência da coxa.....	32
5.7. Análise estatística.....	34
6. RESULTADOS.....	34
7. DISCUSSÃO.....	48
7.1. Pico de torque isométrico (PTI) e trabalho total (TT).....	49
7.2. Taxa de desenvolvimento de torque (TDT) absoluta e normalizada em diferentes momentos da contração.....	49
7.3. <i>Root mean square</i> . (RMS).....	52
7.4. Frequência mediana (FM).....	53

7.5. Delay eletromecânico (DELM).....	54
8. Conclusões.....	55
9. Referências bibliográficas.....	56

1. INTRODUÇÃO

O músculo é capaz de produzir força por meio de diferentes formas de contração e suportar as mais diversas cargas de trabalho as quais está sendo submetido, e sua estrutura tem características que auxiliam a suportar estas cargas e também se adaptar a novas situações. Desta forma, muitos são os métodos existentes na literatura a fim de se tentar produzir o bom desenvolvimento do desempenho muscular, tanto para atletas de elite como também para indivíduos ativos em busca da manutenção da saúde.

Como já tem sido descrito pela literatura, o treinamento resistido com elevadas cargas induz uma significativa melhora da aptidão músculo esquelética por meio de adaptações centrais (relacionados ao sistema nervoso central) e periféricas (envolvendo a musculatura esquelética), modulando desta forma a capacidade da musculatura esquelética em produzir força (AAGAARD et al., 2002; DUCHATEAU, SEMMLER e ENOKA, 2006; FOLLAND e WILLIAMS, 2007; PLATONOV, 2008). Segundo Kraemer e Ratamess (2004) e o Colégio Americano de Medicina Desportiva (2009), para se obter melhora significativa da força muscular em indivíduos não-treinados, torna-se necessário a utilização de uma carga superior a 65% de uma repetição máxima (1RM). No entanto para ganhos ainda maiores na força e AST torna-se necessário a adição de cargas progressivas por volta de 70 - 85% de 1RM para indivíduos mais treinados. Todavia, modificações estruturais que de certa forma contribuem para o aumento da AST tendem a ocorrer em um período de treinamento relativamente longo (pelo menos 8 semanas). Entretanto, adaptações centrais podem gerar melhora da força muscular em períodos de tempo mais curtos (MORITANI e De VRIES, 1979; KRAEMER e RATAMESS, 2004).

Byrne, Twist e Eston (2004) destacam que, dos diferentes tipos de contração muscular que o músculo pode produzir, a contração excêntrica resulta em uma maior ativação de fibras de contração rápida (fibras tipo 2) e também maior dano muscular quando comparado com as outras formas de contração. Segundo Platonov (2008) e o Colégio Americano de Medicina Desportiva (2009), a contração excêntrica pode ser um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento da

resposta hipertrófica referente ao aumento da AST, que é um importante aspecto para a melhora da força muscular.

Além dos protocolos tradicionais existentes na literatura que se utilizam e incluem a contração excêntrica para analisar as respostas agudas ou como forma de treinamento, a corrida (CrD) e a caminhada (CaD) em declive têm sido utilizadas para análise da resposta aguda após o exercício, considerando o componente excêntrico presente e a magnitude do dano muscular causado (BRAUN e DUTTO, 2003). No entanto, as informações na literatura sobre as respostas ao treinamento com CrD e CaD são escassas. Na literatura a maior parte dos estudos tem focado principalmente a resposta aguda de uma única sessão de exercício em declive, no qual se tem mostrado queda da função muscular por cerca de 4 a 10 dias, diminuição da amplitude articular por meio de uma maior rigidez muscular e aumento dos marcadores de dano (ESTON et al., 1996; MACINTYRE et al., 1996; NOSAKA e NEWTON, 2002; CHEN, NOSAKA e WO 2008; CHEN et al., 2007).

Visto à maior ativação de fibras de contração rápida e as microlesões ocasionadas pelo declive, alguns autores testaram a hipótese de que sessões contínuas de CaD realizadas como forma de treinamento poderiam ocasionar melhora da força muscular ou até mesmo melhora da aptidão funcional e estabilidade muscular. Yang et al. (2010) verificaram aumento da força muscular e melhora postural após 4 semanas de treinamento que utilizou a CaD em indivíduos idosos (65 anos) com doença de Parkinson. Gaul e Willems (2013) encontraram melhora da força isométrica e estabilidade muscular após 12 semanas de CaD em indivíduos idosos (67 anos). Em outro estudo, Gaul, Clements e Willems (2012) observaram melhora na aptidão funcional (teste sentar e levantar 5x, velocidade máxima de caminhada, e força dinâmica avaliada no dinamômetro isocinético) em idosos após 12 semanas de CaD, no entanto, não houve melhora no pico de força excêntrica ou concêntrica do quadríceps femoral após o treinamento. Parte desta controvérsia pode ser explicada pelas diferenças nos procedimentos experimentais e na população utilizada.

A taxa de desenvolvimento de torque (TDT), que representa a força explosiva e é obtida através da razão entre a variação da força e a variação do tempo, tem sido considerada também um importante aspecto da aptidão neuromuscular, não somente para atletas, mas também para indivíduos que não são atletas. Nos momentos iniciais da contração (0-100 ms), a TDT parece ser bastante influenciada

por aspectos relacionados às propriedades intrínsecas do músculo e pelo *drive* neural, porém em fases mais tardias (100-300 ms), os mecanismos relacionados à força máxima, como o *drive* neural e a AST parecem ser os mais importantes (ANDERSEN e AAGAARD, 2006). Portanto, a utilização da análise da TDT, além de informações da capacidade de realizar força explosiva pode também fornecer informações importantes com relação aos efeitos em mecanismos centrais (aumento do *drive* neural) e periféricos (propriedades contráteis e AST) relacionados à força muscular. Além do pico de torque e da TDT, a eletromiografia (EMG) também tem sido considerada importante na avaliação neuromuscular, já que representa a atividade muscular. Além disto, a EMG permite observar a resposta individualizada dos músculos. Portanto, o foco principal deste estudo é proporcionar uma maior compreensão referente às possíveis adaptações neuromusculares a um curto período de treinamento que a CaD pode proporcionar em indivíduos jovens.

2. JUSTIFICATIVA

Níveis adequados de força muscular são essencialmente necessários para manutenção e melhora da qualidade de vida. O treinamento resistido tradicional normalmente implica em elevada sobrecargas (> 70% de 1RM) para ganhos substanciais na AST e força muscular. Por outro lado ganhos significantes na força máxima podem ser alcançados em períodos proporcionalmente curtos de treinamento (4 semanas), mesmo não envolvendo aumento da AST. Portanto, a possibilidade da melhora da força muscular por meio de uma intervenção que possa ser realizada por um curto período de tempo e que envolva baixa sobrecarga assim como observada na CaD possa ser extremamente atrativo e benéfico para uma vasta gama da população. Na literatura, as informações referentes aos efeitos do treinamento de CaD são escassas e apesar de estudos terem verificado melhora significativa da força muscular com este tipo de intervenção, a análise da TDT e variáveis de EMG ainda não foram estudadas, o que de certa forma poderia auxiliar em uma maior compreensão das adaptações neuromusculares referentes aos ganhos de força muscular. Entretanto nenhum estudo até o momento verificou seu efeito (CaD) em indivíduos jovens visto que os estudos realizados até o momento foram feitos apenas em indivíduos por volta de 65 anos de idade.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Adaptações ao treinamento de força muscular

A força muscular é definida como a habilidade de um músculo ou grupamento muscular em exercer força máxima, e a potência muscular pode ser caracterizada pelo produto da força produzida e de sua velocidade (KRAEMER e NEWTON, 2000). Ambas variáveis (força muscular e potência muscular) tendem a apresentar declínio com o processo de envelhecimento e inatividade e estão intimamente associadas com a saúde e qualidade de vida (PUTHOFF e NIELSEN, 2007). Níveis mínimos de força e potência são importantes para a realização de atividades diárias, pois podem facilitar a execução de movimentos habituais como também movimentos não habituais.

Para a promoção de ganhos substanciais na força muscular, como também para se atingir objetivos mais específicos, como por exemplo, ganho de massa muscular ou potência muscular, são necessários protocolos de treinamento específicos. Para cada tipo de adaptação almejada há protocolos de treinamento que tendem a variar alguns aspectos da carga de treinamento, como o número de repetições, a intensidade e a velocidade de contração (ACSM, 2009).

Um aspecto interessante da força muscular, é que esta capacidade pode ser melhorada com poucas sessões semanais de exercícios resistidos, o que pode ser um importante aspecto para a realização de um programa de treinamento. De maneira geral, as adaptações neurais são as principais contribuições para melhora da força muscular em fases mais iniciais ao treinamento resistido, contudo tais adaptações baseiam-se principalmente na redução da ativação antagonista e aumento da ativação agonista, aumento da taxa de disparo e ativação de unidades motoras adicionais (HOLTERMANN et al., 2005). Baseado nestas evidências Benton e Schlairet (2012) verificaram que o treinamento resistido realizado apenas três ou quatro dias por semana durante oito semanas promoveu aumento significativo de 32% na força de membros superiores e 33% em membros inferiores de mulheres entre 40 e 55 anos. Em outro estudo Coburn et al. (2006) observaram significantes ganhos no pico de torque isométrico (PTI) e aumento da resposta da eletromiografia (EMG) com apenas 3 dias de treinamento com contração isocinética. Por outro lado

a aplicação do treinamento resistido com intensa sobrecarga tem proporcionado substanciais ganhos na força, sem ser observada mudança na AST, pois as adaptações neurais tendem a predominar nas fases mais iniciais de treinamento (HAKKINEN et al., 1998).

No que se refere às adaptações ao treinamento de força, Folland e Willians (2007) em sua revisão de literatura dividem-nas como neurais (centrais) e morfológicas (periféricas). Deste modo a neural possui aspectos de adaptações corticais e pode ocorrer tanto em nível de sistema nervoso central na região cortical ou espinhal, por meio da excitabilidade dos motoneurônios alfa localizado na medula espinhal. Entretanto ambas estão relacionadas, sobretudo com a melhora da coordenação intramuscular e intermuscular, aumento da frequência de disparo dos reflexos espinais e supra-espinais e também modificação na co-ativação antagonista (AAGAARD et al., 2002; HOLTERMANN et al., 2005; VAN CUSTEN et al., 1998). Moritani e De Vries (1979) fundamentam que as respostas iniciais ao treinamento de força que ocorrem entre 4 a 6 semanas são principalmente decorrentes de aspectos neurais e modificações mais tardias a esse período são principalmente decorrentes de respostas morfológicas.

Referente à respostas morfológicas, que ocorrem no músculo, e que também são relevantes para o ganho de força muscular, estas podem estar relacionadas ao aumento de enzimas, mitocôndrias e estoque de substratos, que são processos metabólicos, como também o aumento da AST, que pode ser ocasionado tanto pelo aumento do número de proteínas contráteis, quanto pelo aumento do número de sarcômeros, da densidade dos miofilamentos, e também mudanças nos subtipos de fibra, que são adaptações morfológicas (FOLLAND e WILLIANS 2007; KAWAKAMI et al., 1993). Para analisar tais adaptações (morfológicas) a biópsia muscular, a ressonância magnética e a ultrassonografia têm sido freqüentemente utilizadas. Karabulut et al. (2007) apontam que mudanças na AST ou na quantidade total de massa muscular podem explicar as alterações na força muscular. No entanto, para que este tipo de adaptação ocorra de forma significativa, a intensidade do exercício deve ser suficiente ($< 70\%1RM$) para provocar respostas específicas referentes ao aumento do tecido muscular. O Colégio Americano de Medicina Desportiva (2009) recomenda cargas entre $70-85\%1RM$ para indivíduos com nível intermediário de treinamento e cargas entre $70-100\%1RM$ para indivíduos com nível avançado de treinamento. Tem sido proposto que, para que ocorram as adaptações morfológicas,

é necessário um período de pelo menos 3 a 5 semanas (MORITANI, DE VRIES, 1979). Alguns estudos que analisaram estas respostas tanto com um treinamento tradicional de musculação, quanto com treinamento isocinético, verificaram que estas ocorrem após um período de 8 semanas de treinamento. Campos et al. (2002) verificaram modificações intramusculares de caráter morfológico relacionadas ao subtipo das fibras musculares (IIB para IIA) e significativa hipertrofia muscular com um protocolo de treinamento com cargas moderadas a elevadas (8-12RM) e 3 sessões semanais. Farthing e Chillibeck (2003) verificaram aumentos significantes na espessura muscular e na força muscular após um período de 8 semanas, com a utilização da contração isocinética excêntrica realizada em alta velocidade ($180^{\circ}.s^{-1}$).

Estudos realizados em períodos de tempo maiores também verificaram ganhos substanciais de força e hipertrofia. McCall et al. (1996) analisando variáveis morfológicas tais com hipertrofia e densidade capilar antes e após um período de treinamento resistido de 12 semanas, verificaram um significativo aumento de 25% na força muscular avaliada por meio do teste de 1RM e de 12% na AST do bíceps braquial. Houve também aumento da área das fibras musculares e densidade capilar para as fibras do tipo I e II. Vikne et al. (2006), comparando os efeitos do treinamento concêntrico e excêntrico durante 12 semanas, na performance e parâmetros da estrutura muscular em homens treinados, mostraram que houve melhora da força (14% excêntrica e 18% concêntrica). No entanto, o treinamento excêntrico obteve melhores ganhos na força excêntrica de 26% contra 9% do treinamento concêntrico, e ganhos na AST apenas foram encontrados para a condição excêntrica. Aspectos morfológicos importantes, que podem contribuir para o ganho de força muscular são modificações no ângulo de penação e comprimento do músculo (KAWAKAMI et al., 1993; ACSM, 2009).

Por outro lado algumas respostas periféricas podem ocorrer em períodos de tempo menores do que 8 semanas. Staron et al. (1994) realizando um treinamento de força progressivo por apenas 8 semanas, verificaram significantes ganhos na força muscular após 4 semanas de treinamento, tanto para homens como para mulheres. Houve uma significativa diminuição na porcentagem de fibras do tipo IIb após 2 semanas nas mulheres e 4 semanas nos homens.

3.2. Taxa de desenvolvimento de torque

Para algumas condições específicas, tanto no esporte como em atividades diárias, a capacidade de gerar força rapidamente, também conhecida como força explosiva pode ser importante para a execução de algumas ações como, por exemplo, evitar uma queda em um idoso, como também ser determinante da performance em esportes de curta duração. Na dinamometria, a variável que expressa esta capacidade é a taxa de desenvolvimento de torque (TDT). A TDT expressa a variação do torque em um determinado período de tempo após o início da contração muscular, e tem sido mensurada em diferentes momentos no início da contração (~50-250 ms). O cálculo da TDT é feito por meio da razão entre a variação da torque (N.m) e a variação do tempo (s) ($\Delta\text{força}/\Delta\text{tempo}$) (AAGAARD et al., 2002).

De maneira geral, a TDT pode ser influenciada por diferentes fatores neurais e periféricos. Dentre os fatores neurais estão aumento da magnitude de produção eferente do motoneurônio no início da contração, um maior recrutamento dos motoneurônios e aumento da frequência de disparos (AAGAARD et al., 2002; VAN CUSTEN et al., 1998). Com relação aos fatores periféricos, a AST, a composição da isoforma da miosina de cadeia pesada e a distribuição das fibras musculares têm sido considerados fatores importantes (AAGAARD e ANDERSEN, 1998; ANDERSEN et al., 2005).

A TDT atinge seu valor pico antes mesmo que os níveis máximos de força muscular sejam produzidos (~500-600 ms). Portanto, um aumento da TDT pode representar um maior nível de força produzido no início da contração (AAGAARD et al., 2002). Andersen et al. (2010) sugerem que os fatores que influenciam a TDT podem ser diferentes dependendo do momento da contração. Nas fases iniciais (≤ 100 ms) alguns fatores neurais e as propriedades contráteis tendem a ser mais importantes, enquanto que nas fases tardias da contração (> 100 ms) por fatores associados à força máxima.

Por outro lado, alguns estudos verificaram uma relação entre o aumento no pico de torque e o aumento na TDT, com um protocolo de treinamento resistido (AAGAARD et al., 2002; HOLTERMANN et al., 2007). Observando aspectos adaptativos relacionados à TDT em fase iniciais (< 100 ms) e tardias (> 200 ms) Andersen et al. (2010) constataram que após treinamento resistido de alta intensidade realizado apenas para membros inferiores durante 14 semanas, houve melhora da TDT em fases tardias da contração em valores absolutos e relativos. Contudo, quando observado em fases mais iniciais da contração os valores

permaneceram inalterados e ainda quando observada em valores relativos apresentou queda significativa. Os autores descrevem ainda que analisando aspectos qualitativos e quantitativos relacionados à AST, força máxima e fibras do tipo IIX, foi encontrado aumento para AST e força máxima tanto para valores quantitativos quanto para qualitativos. No entanto, a relativa proporção de fibras do tipo IIX diminuiu, o que poderia influenciar negativamente a fase inicial da TDT.

Em uma população mais jovem também tem sido encontrado melhora da TDT em resposta ao treinamento resistido e aumento na EMG principalmente em fases iniciais da contração muscular (AAGAARD et al., 2002; VAN CUTSEN et al., 1998). Em outro estudo, Barry et al. (2005) também encontraram melhora da TDT de 26,5% em jovens (21-30 anos) e 28,6% em idosos (60-79 anos), após 4 semanas de treinamento resistido para o flexor de cotovelo. Houve também aumento da EMG, mensurado por meio da *root mean square* (RMS) em fases iniciais da contração muscular. Estes dados podem sugerir que, a melhora da força explosiva, da mesma forma que a força máxima, pode estar associada a uma maior ativação muscular.

3.3. Eletromiografia de superfície

O uso da dinamometria isocinética associada ao uso da eletromiografia de superfície (EMG) são ferramentas comumente usadas para avaliação da função músculo-esquelética em condições clínicas como também para avaliação neuromuscular de atletas (DVIR, 2002; HOWATSON et al., 2009). Por outro lado, apesar de existirem algumas limitações associados ao uso da EMG, tais como o fato do músculo estar posicionado abaixo da pele, a possibilidade da presença de sinais mioelétricos referentes aos músculos vizinhos e de ruídos provocados pela aquisição dos sinais, esta é um método não invasivo, de fácil aplicação, que pouco afeta a execução dos movimentos e que proporciona um acompanhamento em tempo real de sinais elétricos produzidos pelo músculo estudado (FARINA et al., 2002; HOWATSON e VAN SOMEREN, 2005), tornando-se desta forma um instrumento importante para o estudo da função muscular em diferentes condições (reabilitação, treinamento).

A EMG permite que se faça uma análise da amplitude do sinal, como também sua frequência, onde o valor da RMS pode ser obtido pela análise temporal do sinal, contudo o valor obtido desta variável tende a indicar variações na frequência de

disparo e amplitude da atividade muscular (GONÇALVES e SILVA, 2007; HANNINEN et al., 1989; RAVIER et al., 2005).

Segundo Brasileiro et al. (2011), o treinamento excêntrico realizado por 12 semanas, 2 vezes na semana, melhorou a RMS apenas nas primeiras 6 semanas de intervenção e somente para os músculos vasto medial (VM) e vasto lateral (VL). O valor de RMS para o reto femoral (RF) não se alterou ao fim do estudo. No entanto, foi observada melhora no PTI e AST nas primeiras 6 semanas e após 12 semanas. Porém, com relação às primeiras 6 semanas os autores observaram uma elevada correlação entre PT e AST ($r = 0,81$) e moderada correlação entre PT e EMG ($r = 0,69$). Após as 12 semanas, o PT e AST apresentaram uma elevada correlação ($r = 0,78$). Holtermann et al. (2005), avaliando alterações na frequência mediana (FM) que tende a refletir principalmente alterações no recrutamento das unidades motoras rápidas, observaram que após 9 sessões de treinamento de dorsiflexão, não houve qualquer alteração da FM, mesmo tendo sido observado um aumento de 16% na força. Entretanto, em um estudo realizado por Aagaard et al. (2000), os autores verificaram uma redução da FM e melhora da força muscular após o treinamento e sugeriram que esta redução poderia ser explicada por uma maior sincronização das unidades motoras. A redução da FM após o treinamento de força também tem sido usada para refletir redução da fadiga ocasionada pelo treinamento de força (LINDERMAN et al., 1999; HERMENS et al., 1984). No entanto, mesmo a FM ser uma mediada de fácil análise as informações sobre o efeito do treinamento na FM ainda são escassas.

Uma outra variável importante, que pode ser mensurada por meio da EMG é o *delay* eletromecânico (DELM) que representa o tempo de atraso entre o início da atividade elétrica e a produção da força (LI e BAUM, 2004). O DELM pode ser influenciado por diversos fatores como propagação do potencial de ação através do sarcolema, processos de excitação-contração e alongamento do componente elástico em série (MURAOKA et al., 2004). Alguns estudos indicam que o treinamento de força pode alterar o DELM (NARICI et al., 1996). Kubo et al. (2001) analisaram os efeitos do treinamento isométrico realizado 4 vezes por semana durante 12 semanas, composto por 4 repetições de 20 s de extensão de joelho a 70% da contração voluntária máxima. Houve redução do DELM de 52,6 ms para 37,3 ms e aumento da TDT (35,8%), do volume muscular (7,6%) e do PTI (33,9%). Desta maneira os autores sugeriram que a intervenção aplicada promoveu

alterações na estrutura do tendão por meio do aumento do *stiffness*, além de melhora na força e AST, que por consequência promoveu o aumento da TDT e diminuição do DELM.

3.4. Exercícios realizados com declive (corrida e caminhada)

É bem conhecido que os diferentes tipos de contração produzidas pela atividade muscular podem induzir ao dano muscular, e tal fenômeno pode ocorrer mais comumente após exercícios físicos não habituais e/ou exercícios que envolvem a contração excêntrica (p.ex., saltos pliométricos, exercícios resistidos, corrida (CrD) ou caminhada (CaD) em descida e/ou corridas prolongadas). Byrne et al. (2004) destacam que o músculo ativo pode produzir diferentes tipos de contração muscular (isométrica, concêntrica, excêntrica), contudo a contração excêntrica resulta em uma maior ativação de fibras do tipo 2 e maior magnitude de dano muscular. Eston, Mickleborough e Baltzopoulos (1995) sugerem que a sobrecarga metabólica e a tensão mecânica são as principais causas do dano muscular. No entanto, a tensão mecânica parece ser o fator mais importante para a etiologia do dano muscular (ESTON et al., 1995; GAUCHE et al., 2009). Gauche et al. (2009) demonstraram que o dano muscular gerado pelo exercício excêntrico pode ser independente da intensidade da contração, quando o trabalho total realizado for o mesmo. Os principais sintomas associados com o dano muscular normalmente envolvem o comprometimento prolongado da função muscular, dor muscular tardia, rigidez (diminuição da amplitude articular) e inchaço (BRAUN e DUTTO, 2003; BYRNE et al., 2004).

Analisando o potencial da contração excêntrica no que se refere a aspectos relacionados à força muscular, tal contração pode resultar em maior força desenvolvida por tamanho da unidade muscular, com menor ativação das unidades motoras para um mesmo nível de tensão, necessitando menor quantidade de energia, o que por ser fundamental para se conseguir aumento da AST e melhora da força (KRAEMES, 2004).

Em função destes aspectos, a resposta aguda referente à queda da força muscular tende a ser maior após exercícios realizados com contrações excêntricas (MILLET e LEPERS, 2004), e pode permanecer por 4-10 dias após a geração do dano (WEINECK, 2005; NOTTLE e NOSAKA, 2007; CHEN, NOSAKA e WU, 2008; PLATONOV, 2008). Neste caso, o tempo necessário para a total recuperação dos

níveis basais de força é muito dependente do tipo de protocolo de exercício excêntrico escolhido, que pode modificar a magnitude do dano. No caso de protocolos de CrD ou CaD essa magnitude é influenciada pela duração do exercício, intensidade (velocidade), sobrecarga externa aplicada ao indivíduo (p.ex., veste ou colete com peso) e nível de declive escolhido, onde maiores níveis de declive tendem a resultar em maior dano muscular (ESTON et al., 1995). A queda da força muscular por um curto período de tempo (2-4 dias) não é um comportamento exclusivo da contração excêntrica, já que outros fatores tais como acúmulo de metabólitos e depleção de substratos também pode contribuir para a fadiga e consequente diminuição da força muscular. Entretanto, níveis de força comprometidos por longos períodos são principalmente associados com a grande presença do componente excêntrico e suas variáveis relacionadas variáveis tais como velocidade e inclinação, no entanto o tempo necessário para a recuperação estrutural do músculo tende a ser maior (ESTON et al., 1995; WEINECK, 2005).

Muitas são as causas sugeridas para a queda da força por longo período, dentre elas: ruptura no retículo sarcoplasmático, efeito dos sarcômeros alongados pela ação do alongamento excêntrico, dor muscular tardia, mudanças na ultra-estrutura muscular e fadiga central (ESTON, MICKLEBOROUGH e BALZOOPOULOS, 1995; BYRNE, TWIST e ESTON, 2004; PRASARTWUTH, TAYLOR e GANDEVIA, 2005). A falha no processo de excitação-contração causada principalmente ou pelo menos em parte, pela destruição física do sistema de membranas envolvidas na liberação de Ca^{2+} pode também contribuir para a perda parcial da capacidade aguda e crônica de geração de torque máximo (TAKEKURA et al., 2001).

Diversos estudos que analisaram os efeitos da CrD sobre o dano muscular e a dor muscular tardia têm observado reduções importantes da força muscular, que, em parte, é explicada pelo dano muscular. Chen, Nosaka e Tu (2007) reportaram uma significativa redução na contração voluntária máxima isométrica de 21% após 30 minutos de CrD a 70% do consumo máximo de oxigênio (VO_2max) com -15% de inclinação, elevado nível plasmático da enzima creatina quinase (CK), mioglobina e dor muscular tardia (marcadores de dano muscular). Tais alterações permaneceram por 5 dias após a realização da CrD. Os autores analisaram também o efeito da perda na força muscular em relação ao tempo estimado para recuperação dos

valores basais e observaram que a contração voluntária máxima estava reduzida em 15% após 1 dia, 11% após 3 dias e 4% após o quarto dia.

Nottle e Nosaka (2007) observaram o efeito de uma única sessão 40 minutos de CrD a -7% sobre a força muscular e potência anaeróbia, por meio de um teste de *Wingate* de 30 s. Os autores observaram uma significativa queda de 16,7% no PTI dos extensores de joelho após 30 minutos e 10,9% após 24 horas, mas a força retornou aos valores basais 72 horas após o CrD. Houve também redução significativa na potência pico de 4,5% e de 5,4% na potência média, após 30 minutos, sem diferenças em relação aos valores basais no período de 24 e 72 horas após a CrD. Tais resultados sugerem que a potência muscular é menos influenciada e apresenta uma recuperação mais rápida do que a força muscular.

As informações sobre o efeito do treinamento de CaD ou CrD ainda são escassas, contudo tais intervenções podem ter um grande potencial para a melhoria da força e mobilidade dos indivíduos estudados. Desta forma Yang et al. (2010) que analisando o efeito de um treinamento com CaD em indivíduos diagnosticados com a doença de Parkinson. Neste estudo, os voluntários realizaram a CaD em uma inclinação de -3% durante 30 minutos, 3 vezes por semana durante um período de 4 semanas. O treinamento resultou em uma significativa melhora do PTI dos EX (23%) e da performance da marcha. Em outro estudo Gaul e Willems (2013), comparando o efeito do treinamento de caminhada no plano versus CaD (-10%) ao longo de 12 semanas, com 30 minutos de duração realizado 3 vezes por semana, observou ao fim do estudo um aumento na RMS de 36% somente para o grupo que caminhou no plano. No entanto, os autores observaram melhora do PTI de 14% para o grupo de caminhada no plano e 6% para o grupo que realizou a CaD e também melhora de 5% na estabilidade muscular avaliado de forma submáxima (5, 10 e 20% da MCV) para ambos os grupos. Da mesma forma, Gaul, Clements e Willems (2012), analisando o efeito de 3 sessões semanais de 30 minutos de CaD a -10% de inclinação, por 12 semanas em idosos, verificaram melhora significativa na mobilidade funcional no teste de 5 repetições de sentar e levantar (34%) e na velocidade máxima de caminhada (23%). No entanto, neste estudo os picos de torque excêntrico e concêntrico não apresentaram melhora com o treinamento. Não há estudos que analisaram o efeito da CaD em indivíduos jovens.

3.5. Hipótese

Em função das modificações metabólicas e mecânicas que a CaD pode gerar, é possível hipotetizar que: a) Haverá aumento no PTI dos músculos extensores do joelho (EX) e flexores do joelho (FL); b) Haverá aumento da AST da coxa; c) Haverá aumento da TDT principalmente nas fases tardias da contração (> 100 ms); d) Haverá um aumento da atividade eletromiográfica (RMS) dos músculos EX e FL.

4. OBJETIVO

Analisar o efeito do treinamento de CaD em variáveis neuromusculares relacionadas à força muscular dos músculos EX e FL em indivíduos não-treinados.

4.1 Objetivos específicos

- Analisar o efeito do treinamento de CaD no PTI e no trabalho total (TT) dos músculos EX e FL;
- Analisar o efeito do treinamento de CaD na TDT absoluta e normalizada pelo PTI a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração;
- Analisar o efeito do treinamento de CaD na RMS e FM dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST).
- Analisar o efeito do treinamento de CaD no DELM.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Sujeitos

Participaram deste estudo 12 voluntários do gênero masculino, ativos, com idade entre 18 e 30 anos, e que não estavam engajados em nenhum tipo de treinamento aeróbio ou resistido por um período de seis meses. Todos os voluntários foram informados textual e verbalmente sobre os seus direitos, possíveis riscos e benefícios e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (Protocolo nº 4371/2011). Os voluntários foram randomicamente divididos em dois grupos: controle (GCON) e treinamento de CaD (GCaD).

Foram adotados os seguintes critérios de exclusão para os indivíduos:

- a) hipertensão arterial - pressão arterial sistólica > 140 mmHg e pressão arterial diastólica > 90 mmHg
- b) obesidade - Índice de massa corporal > 30 kg/m²
- c) sedentarismo - sem prática regular de atividade física (i.e., menos do que 30 min de atividade física por pelo menos 3 vezes na semana).
- d) tabagismo
- e) diabetes
- f) Indivíduos que responderam positivamente a pelo menos 1 item do questionário PAR-Q.

5.2. Delineamento experimental

Antes de se iniciar o período experimental todos os sujeitos realizaram duas sessões de adaptação ao dinamômetro isocinético com a finalidade de diminuir os efeitos de aprendizagem referentes aos testes de contração voluntária máxima específicos do estudo. Outra adaptação consistiu em realizar 5 minutos de caminhada na esteira rolante. Tal adaptação foi realizada em apenas uma das duas sessões de adaptação ao dinamômetro isocinético para todos os sujeitos. Todos os testes foram realizados sob temperatura controlada e no mesmo horário do dia para evitar possíveis interferências externas nos resultados obtidos.

O experimento foi desenvolvido ao longo de 6 semanas, sendo a primeira semana destinada à aplicação dos pré-testes, as semanas de 2 a 5 para a aplicação do protocolo de treinamento e na última semana foram realizados os pós-testes. No primeiro dia da primeira semana foi realizada a mensuração da AST da musculatura da coxa por meio de ultrasonografia. Após dois dias os sujeitos voltaram ao laboratório novamente para que fosse realizada a coleta de dados referentes à força muscular no dinamômetro isocinético e a atividade muscular por meio da EMG. Para tentar equalizar as intensidades de treinamento a velocidade no declive foi um pouco maior que na condição controle pelo fato do declive apresentar um menor custo energético em relação ao plano (HUNTER, HENDRIX e DEAN, 2010)

Os voluntários foram divididos randomicamente em 2 grupos (GCaD e GCON) como já descrito anteriormente e, a partir da segunda semana, iniciaram o protocolo de treinamento, com 28 sessões de treinamento no total, sendo 7 sessões por semana realizadas de segunda a sexta feira com duas sessões extras realizadas de terça e quinta feira para completar as 7 sessões semanais. Após o término de todo o protocolo do treinamento houve três dias de descanso passivo e então foram realizadas as mesmas medidas e os mesmos testes da primeira semana nos dois grupos.

O delineamento experimental por meio de um fluxograma segue representado na Figura 1.

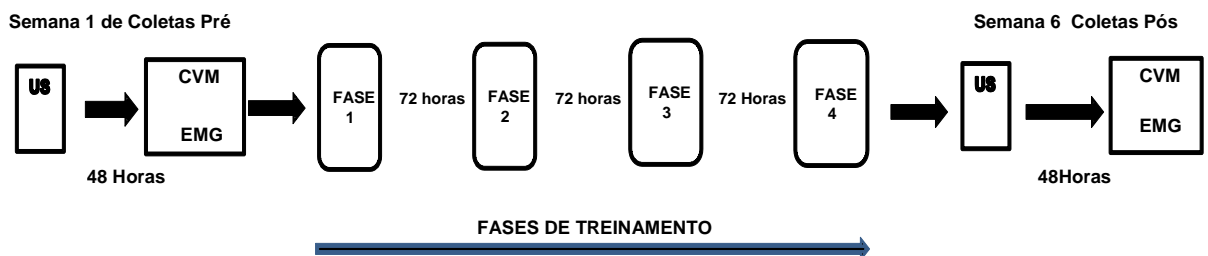


Figura 1. US - ultrasonografia, EMG - eletromiografia de superfície, CVM - contração voluntária máxima.

5.3. Treinamento de CaD

O treinamento dos dois grupos foi realizado em uma esteira rolante (Pulsar – H/P/Cosmos – Nussdorf Traunstein, Alemanha). A velocidade inicial de caminhada para o grupo GCaD foi de 5 km/h, com 16% de declive, o grupo GCON com velocidade inicial de 4,5 km/h, com 0% de inclinação. Para ambos os grupos a velocidade foi aumentada em 0,5 km/h sempre ao início de cada semana onde cada sessão de treinamento teve duração total de 20 minutos para ambos os grupos.

5.4. Determinação do pico de torque isométrico (PTI), trabalho total (TT) e taxa de desenvolvimento de torque (TDT) em diferentes momentos da contração

A determinação do PTI, TT e TDT dos músculos EX e FL em diferentes momentos da contração foi realizada em um dinamômetro isocinético (Biodex System 3, Biodex Medical Systems, Shirley, NY, EUA). Foram realizadas 2 contrações isométricas máximas dos músculos EX e FL, com 5 s de duração e um período de 3 minutos de recuperação entre elas. Os voluntários foram instruídos de forma padronizada, a realizar o esforço o mais rápido e forte possível. Para a análise dos valores foi considerada a contração de maior valor de pico de torque. Os voluntários foram analisados na posição sentada. A estabilização dos voluntários no equipamento foi feita por dois cintos cruzados à frente do tronco a partir do ombro, um cinto que foi passado à frente do quadril e um cinto no terço distal da coxa. O ângulo entre o quadril e a coxa foi de 85° e entre a coxa e a perna foi de 75° (0° = extensão total). O braço de alavanca foi posicionado na perna do voluntário, acima do tendão calcâneo e com o eixo de rotação alinhado com o côndilo lateral do fêmur.

Todos os testes de força foram realizados no dinamômetro isocinético sincronicamente a um módulo de aquisição de sinais biológicos (EMG System®, Brasil), com frequência de sinal de 1000 Hz. Os dados de torque foram filtrados (filtro Butterworth, quarta ordem) e analisados no *software* MatLab 6.5. O PTI foi considerado o maior valor de torque produzido. Todos os valores de torque foram normalizados pelo PTI (%PTI) para determinar o início da contração, que correspondeu ao ponto em que o valor de torque ultrapassou 2,5% da diferença entre o PTI e a linha de base da contração (ANDERSEN e AAGAARD, 2006; ANDERSEN et al., 2010). O TT correspondeu à área da curva do torque na contração na qual o maior valor de torque foi atingido. A TDT foi determinada por meio da inclinação da curva torque-tempo, a 30 ms, 50 ms, 100 ms, 150 ms e 200

ms após o início da contração. Para remover a possível influência da variação do PTI, a TDT foi calculada também de forma normalizada (TDTn) ($\%PTI \cdot s^{-1}$) (ANDERSEN e AAGAARD, 2006; ANDERSEN et al., 2010).

5.5. Determinação da *root mean square* (RMS) e frequência mediana (FM) no PTI e da RMS da TDT nos diferentes momentos da contração

Os testes de força foram realizados com a coleta do sinal eletromiográfico, com um módulo de aquisição de sinais biológicos de quatro canais. Os eletrodos foram colocados nos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL), semitendinoso (ST) e bíceps femoral (BF). Os eletrodos foram colocados de acordo com o SENIAM (HERMES et al., 1999), após a realização de tricotomia, abrasão da pele com lixa fina e limpeza da pele com álcool. Este procedimento foi realizado para se tentar evitar possíveis interferências na captação do sinal eletromiográfico. O eletrodo de referência foi colocado no processo estilóide da ulna. Os eletrodos utilizados foram de Ag/AgCl, de superfície, descartáveis, passivos e de contato bipolar, e foram conectados a um pré-amplificador de ganho de 100 vezes. As coletas foram iniciadas com valores de atividade EMG abaixo de 5 μV . O ganho promovido no eletromiógrafo foi de 20 vezes, o que totalizou um ganho de 2000 vezes. Foram utilizados um filtro de passa alta (Butterwoth de 2^a ordem) em 20 Hz de frequência de corte e um filtro de passa baixa (Butterwoth de 4^a ordem) em 500 Hz de frequência de corte. Os sinais analógicos foram transformados em digitais por uma placa A/D com faixa de entrada de -5 a +5 V e foram analisados por um software específico com a frequência de amostragem calibrada em 1000 Hz. Os dados foram analisados no *software* MatLab 6.5 e foram realizadas rotinas específicas para a determinação das variáveis eletromiográficas RMS, FM e DELM. A RMS e a FM foram determinadas no PTI e na TDT nos diferentes momentos da contração. Foi utilizado um janelamento (período) de um segundo (0,5 antes de 0,5 depois do PT) dos valores do pico de PTI. A RMS foi determinada a partir de séries temporais e normalizada pelo valor da RMS máxima ($\%RMS_{max}$) obtida na condição da MCV para determinação do PTI e a FM a partir do espectro das frequências da atividade EMG.

5.6. Ultrassonografia muscular e circunferência da coxa

Para a determinação da AST da coxa foi utilizado um aparelho de ultrassonografia (GE Health Care – Product Technology – Voluson E8, Áustria). Durante a avaliação da AST, os voluntários permaneceram em decúbito dorsal para mensurar a espessura do tecido adiposo da região anterior da coxa e em decúbito ventral para mensurar o tecido adiposo da região posterior da coxa permanecendo desta forma com o membro inferior estendido e totalmente relaxado. Posteriormente, um transdutor foi posicionado perpendicularmente sobre o membro avaliado. Para a aquisição da imagem, foi utilizado um gel à base de água, que promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão sobre a pele. Nestas condições, foi mensurada a circunferência da coxa dos voluntários. A AST foi determinada pela seguinte equação 1:

$$\text{Equação 1: } AST = \pi \cdot [r - (TA_A + TA_P)/2]^2.$$

Onde r é o raio calculado do membro em questão pela equação 2, TA_A é o tecido adiposo anterior, TA_P tecido adiposo posterior e π , representa o número equivalente à razão entre a perímetro da circunferência e o diâmetro de um círculo (π : 3,1415...).

$$\text{Equação 2: } Cir = 2 \cdot \pi \cdot r$$

Onde Cir é a circunferência da coxa, π (3,1415...) e r é o valor do raio a ser determinado pela equação.

A determinação da AST foi realizada nos pontos descritos por ABE et al. (2006), no segmento dominante e todas as medidas foram realizadas pelo mesmo avaliador, que foi um médico especialista em ultrassonografia musculoesquelética.

5.7. Análise estatística

Os dados foram expressos com média \pm DP. A existência da normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk. Para as variáveis que apresentarem distribuição normal, a análise dos efeitos do treinamento foi realizada pela ANOVA two-way (grupo x tempo) complementada pelo teste LSD. As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram comparadas pelo teste de

Friedman (medidas repetidas) ou Kruska-Wallis (medidas não repetidas). Em todos os testes o nível de significância foi de $p \leq 0,05$.

6. RESULTADOS

As características antropométricas dos GCON e GCaD estão descritas na Tabela 1. Não houve diferença significativa nas variáveis entre os grupos ($p > 0,05$).

Tabela 1. Características antropométricas dos GCON e GCaD. Média \pm DP.

	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	Índice de massa corpórea (IMC)
GCON	21,0	72,7	1,75	23,6
N = 5	1,2	8,7	0,06	3,71
GCaD	23,0	79,9	1,73	26,2
N = 7	3,5	21,1	0,09	4,8

A Tabela 2 apresenta os valores médios \pm DP do PTI, TT dos músculos FL e EX para os GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Não houve modificação nas variáveis ($p > 0,05$).

Tabela 2. Valores médios \pm DP do PTI, TT dos músculos FL e EX para os grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

		FL		EX	
		Pré	Pós	Pré	Pós
PTI (N.m)	GCON	116,9	119,9	233,9	255,5
	N = 5	27,9	25,5	61,0	77,8
	GCaD	109,9	112,2	245,3	257,6
	N = 7	35,5	33,2	59,3	62,9
TT (J)	GCON	509,9	513,6	1021,2	1120,5
	N = 5	123,7	104,7	314,5	389,7
	GCaD	473,5	488,1	1108,2	1163,1
	N = 7	182,7	164,0	310,7	319,6

A Tabela 3 apresenta os valores médios \pm DP da TDT medida a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, para os músculos EX e FL dos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Houve aumento significativa da TDT a 150 e 200 ms dos FL no grupo GCaD após o treinamento ($p < 0,05$).

Tabela 3. Valores médios \pm DP da TDT medida a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, para os músculos EX e FL dos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

GCON (N = 5)		30	50	100	150	200
EX (N.m.s ⁻¹)	Pré	1104,8	1219,3	1160,9	972,9	813,7
		298,4	251,5	150,7	178,0	171,5
	Pós	1106,8	1229,4	1179,6	1012,1	894,8
		420,9	400,4	353,0	311,0	277,4
FL (N.m.s ⁻¹)	Pré	533,4	600,3	643,8	547,2	465,0
		232,1	218,7	180,0	125,4	109,5
	Pós	448,5	541,9	678,0	574,8	482,4
		170,1	129,8	191,8	154,8	143,7
GCaD (N = 7)						
EX (N.m.s ⁻¹)	Pré	991,2	1121,2	1160,8	1015,2	884,3
		260,8	282,9	235,9	169,3	167,8
	Pós	1123,2	1281,5	1235,5	1054,0	912,2
		223,0	292,0	293,9	236,8	213,7
FL (N.m.s ⁻¹)	Pré	380,1	434,2	482,7	423,0	364,7
		171,0	190,2	155,5	123,0	107,9
	Pós	425,0	486,8	551,0	488,3	422,5
		212,3	210,2	130,0	103,7*	90,8*

* $p < 0,05$ em relação ao Pré no mesmo grupo.

A Tabela 4 apresenta os valores médios \pm DP da TDTn medida a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, para os músculos EX e FL nos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Não houve modificação significativa da TDTn após o treinamento ($p > 0,05$).

Tabela 4. Valores médios \pm DP da TDTn medida a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, para os músculos extensores do joelho (EX) e flexores do joelho (FL) nos grupos controle (GCON) e treinamento (GCaD), antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

GCON (N = 5)		30	50	100	150	200
EX (%PT.s ⁻¹)	Pré	480,2	549,2	1516,3	430,4	361,2
		42,8	70,4	91,0	63,5	71,3
	Pós	431,4	491,3	477,6	405,8	357,4
		91,7	119,6	131,6	94,6	76,1
FL (%PT.s ⁻¹)	Pré	443,6	506,1	548,9	471,6	399,8
		125,6	111,8	64,2	51,4	37,4
	Pós	377,0	460,3	561,5	477,0	389,9
		117,6	105,7	75,6	59,1	62,6
GCaD (N = 7)		30	50	100	150	200
EX (%PT.s ⁻¹)	Pré	410,2	463,6	477,1	416,9	361,8
		122,7	131,0	95,1	61,8	50,5
	Pós	533,0	602,6	578,9	495,0	426,3
		262,7	284,0	269,9	234,7	200,7
FL (%PT.s ⁻¹)	Pré	356,9	407,4	452,1	392,4	336,8
		162,4	178,8	141,1	88,0	68,4
	Pós	390,0	441,9	505,6	443,5	383,3
		211,1	194,3	124,4	63,1	49,8

A Tabela 5 apresenta os valores médios \pm DP da RMS na contração voluntária máxima dos músculos FL e EX dos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Não houve modificação significativa da RMS após o treinamento ($p > 0,05$).

Tabela 5. Valores médios \pm DP da RMS na contração voluntária máxima dos músculos FL e EX dos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

		GCON (N = 5)		GCaD (N = 7)	
		Pré	Pós	Pré	Pós
EX	Semitendinoso (mV)	5,0	4,7	5,7	6,4
		2,4	1,6	3,3	3,0
	Bíceps femoral (mV)	14,3	13,9	17,5	13,8
		11,9	12,5	18,2	7,0
	Reto femoral (mV)	53,2	66,9	60,4	65,7
		13,2	16,8	6,5	19,9
FL	Vasto lateral (mV)	53,1	65,2	57,5	56,8
		9,0	15,5	11,9	29,1
	Semitendinoso (mV)	58,9	50,5	61,5	74,4
		5,0	18,2	3,6	25,3
	Bíceps femoral (mV)	59,0	39,8	58,4	75,1
		9,0	17,0	10,1	21,3
FL	Reto femoral (mV)	5,5	4,5	4,2	4,0
		2,1	0,8	2,3	2,6
	Vasto lateral (mV)	3,4	2,4	3,9	3,5
		1,3	1,5	3,6	2,3

A Figura 2 apresenta os valores médios \pm DP da AST dos grupos GCON e GCaD antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Não houve modificação significativa da AST ($p < 0,05$).

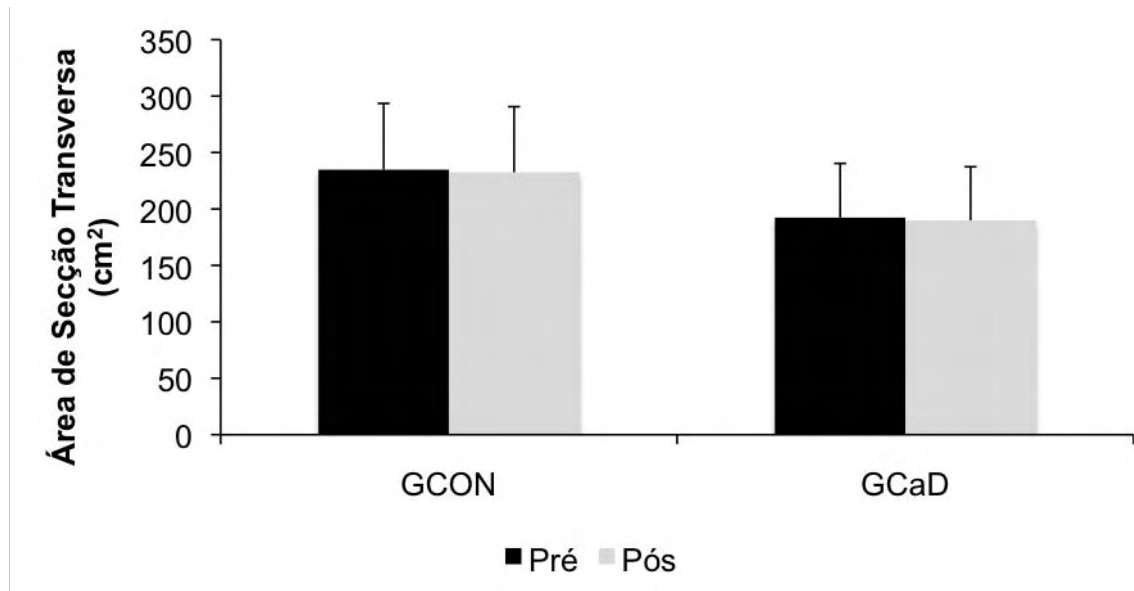


Figura 2. Valores médios \pm DP de área de secção transversa (AST) dos grupos GCON (N = 4) e GCaD (N = 6) antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

A Tabela 6 apresenta os valores médios \pm DP da FM dos músculos ST, BF, RF e VL dos GCON e GCaD antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Houve redução significativa da FM do RF na contração isométrica dos EX, no grupo GCaD ($p < 0,05$).

Tabela 6. Valores médios \pm DP da FM dos músculos semitendinoso (ST), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) dos grupos controle (GCON) e caminhada em declive (GCaD) antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

GCaD (N = 7)		ST (Hz)	BF (Hz)	RF (Hz)	VL (Hz)
Extensão	Pré	93,1	89,8	83,1	89,8
		32,8	20,4	11,6	21,8
	Pós	78,1	78,6	73,1	84,8
		45,7	19,0	14,0*	17,1
Flexão	Pré	89,2	93,7	85,3	82,0
		22,3	19,5	14,5	18,8
	Pós	82,5	93,7	75,3	75,3
		20,3	16,2	19,2	11,4
GCON (N = 5)		ST (Hz)	BF (Hz)	RF (Hz)	VL (Hz)
Extensão	Pré	83,5	78,1	75,7	69,5
		24,1	26,9	10,5	12,1
	Pós	82,8	78,1	80,4	75,0
		26,2	26,7	13,1	18,4
Flexão	Pré	94,5	93,7	79,6	82,0
		23,8	21,5	26,1	24,3
	Pós	86,7	106,2	89,0	96,8
		27,2	24,9	20,9	12,7

* $p < 0,05$ em relação ao Pré no mesmo grupo.

A Tabela 7 apresenta os valores médios \pm DP do DELM dos músculos RF e VL nos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Não houve modificação significativa do DELM após o treinamento ($p > 0,05$).

Tabela 7. Valores médios \pm DP do delay eletromecânico (DELM) dos músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) na contração voluntária máxima dos grupos controle (GCON) e caminhada em declive (GCaD), antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

DELM (ms)					
GCaD (N = 7)			GCON (N = 5)		
	RF	VL		RF	VL
Pré	101,1	88,1	Pré	129,6	126,4
	29,1	28,7		37,2	18,4
Pós	91,7	103,0	Pós	116,2	119,6
	31,0	55,2		31,6	36,1

A Tabela 8 apresenta os valores médios \pm DP do DELM dos músculos ST e BF nos grupos GCON e GCaD, antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Não houve modificação significativa do DELM após o treinamento ($p > 0,05$).

Tabela 8. Valores médios \pm DP do DELM (ms) dos músculos ST e BF na contração voluntária máxima dos grupos controle (GCON) e caminhada em declive (GCaD), antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

DELM (ms)					
GCaD (N = 7)			GCON (N = 5)		
	ST	BF		ST	BF
Pré	72,4	82,0	Pré	148,8	159,8
	19,6	17,7		45,8	42,3
Pós	66,7	91,7	Pós	174,2	167,4
	16,5	25,2		39,1	26,3

A Tabela 9 apresenta os valores médios \pm DP da RMS na TDT a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, na contração voluntária máxima dos EX, dos grupos GCON e GCaD antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Não houve modificação significativa nas variáveis ($p > 0,05$).

Tabela 9. Valores médios \pm DP da *root mean square* (RMS) na taxa de desenvolvimento de torque (TDT) a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, na contração voluntária máxima dos músculos extensores do joelho, dos grupos controle (GCON) e caminhada em declive (GCaD), antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

GCON (N = 5)		Pré (%RMSmax)				Pós (%RMSmax)			
	ST	BF	RF	VL	ST	BF	RF	VL	
30	3,2	11,4	30,8	27,1	2,4	11,0	39,7	34,4	
	3,4	16,4	6,4	13,4	3,4	16,4	6,4	13,4	
50	3,8	9,7	34,2	36,8	3,3	10,4	33,4	44,9	
	3,7	13,0	11,3	29,8	3,7	13,1	11,3	29,8	
100	4,2	10,9	39,7	44,0	4,1	11,1	38,6	52,5	
	3,2	14,2	13,7	34,5	3,2	14,2	13,7	34,5	
150	4,2	10,7	41,8	44,7	4,3	11,4	42,7	53,7	
	3,1	13,1	14,9	35,6	3,1	13,1	14,9	35,6	
200	4,2	12,9	45,5	38,7	4,1	14,0	60,4	55,2	
	3,0	15,5	10,2	18,1	3,0	15,5	10,2	18,1	
GCaD (N = 7)		Pré (%RMSmax)				Pós (%RMSmax)			
	ST	BF	RF	VL	ST	BF	RF	VL	
30	3,8	10,1	42,6	61,2	3,9	8,7	37,4	25,9	
	2,0	8,7	25,0	62,1	3,6	3,4	10,4	14,0	
50	4,2	7,2	59,4	179,0	4,8	6,6	66,1	38,0	
	2,1	6,9	31,9	257,9	3,8	3,3	40,9	16,3	
100	4,5	7,6	67,6	219,2	5,7	7,6	75,3	46,6	
	2,2	7,0	32,6	265,6	4,2	4,1	49,2	18,7	
150	4,5	8,2	71,4	202,5	5,8	8,5	78,6	61,8	
	2,1	8,0	34,8	246,4	3,9	4,7	48,8	38,8	
200	4,5	12,9	56,9	85,6	5,6	12,8	51,8	46,7	

2,1	10,7	16,8	70,9	3,4	5,9	12,7	22,9
-----	------	------	------	-----	-----	------	------

A Tabela 10 apresenta os valores médios \pm DP da RMS na TDT a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, na contração voluntária máxima dos FL, dos grupos GCON e GCaD antes (Pré) e após (Pós) o treinamento. Houve aumento significativo a 30 ms no músculo BF, a 100 ms nos músculos ST e BF, a 150 ms nos músculos ST, BF e VL e a 200 ms nos músculos ST, BF e VL ($p < 0,05$).

Tabela 10. Valores médios \pm DP da *root mean square* (RMS) na taxa de desenvolvimento de torque (TDT) a 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, na contração voluntária máxima dos músculos flexores do joelho, dos grupos controle (GCON) e caminhada em declive (GCaD), antes (Pré) e após (Pós) o treinamento.

GCON (N = 5)	Pré (%RMSmax)				Pós (%RMSmax)			
	ST	BF	RF	VL	ST	BF	RF	VL
30	31,8	28,9	2,0	1,5	23,9	20,9	1,9	1,21
	9,6	14,6	1,0	0,4	10,8	7,1	0,5	0,7
50	42,9	31,4	2,3	2,4	30,7	20,4	2,0	1,7
	10,0	9,8	0,6	1,3	10,1	5,5	1,2	1,5
100	54,5	37,3	3,0	2,9	40,3	25,0	2,6	2,1
	7,8	8,9	0,8	1,4	8,1	5,9	1,7	2,2
150	58,0	39,6	3,2	3,0	44,5	26,9	2,9	2,3
	8,4	8,2	1,0	1,3	10,9	6,9	1,9	2,2
200	61,3	49,4	3,8	2,7	46,4	35,8	3,7	2,1
	9,9	13,5	1,3	0,9	11,3	10,7	0,9	1,1
GCaD (N = 7)	Pré (%RMSmax)				Pós (%RMSmax)			
	ST	BF	RF	VL	ST	BF	RF	VL
30	25,1	27,6	1,6	1,4	41,4	48,4	2,0	1,8
	15,3	16,1	0,6	0,9	20,2	24,0*	1,6	1,4
50	33,5	22,8	2,3	2,0	53,7	39,0	2,6	2,3
	26,0	12,3	1,1	0,8	25,7	18,7	1,2	0,8
100	40,6	26,9	2,7	2,3	65,0	45,1	3,2	3,3
	18,5	12,4	1,1	0,9	26,3*	19,9*	1,5	1,2
150	42,1	27,5	3,0	2,4	70,4	47,6	3,3	3,6
	16,3	12,0	1,2	0,9	27,7*	19,2*	1,5	1,5*
200	44,2	43,4	2,6	2,3	76,3	73,9	3,0	3,4
	17,0	15,4	0,9	1,6	34,8*	25,3*	1,6	1,7*

* $p < 0,05$ em relação ao Pré no mesmo grupo.

7. DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do treinamento de caminhada em declive em variáveis neuromusculares relacionadas à força e potência muscular, testando a hipótese de que em um breve período de treinamento (4 semanas) de CaD resultaria na melhora da força muscular com maior contribuição de adaptações periféricas. Os principais achados deste estudo foram o aumento da TDT na fase tardia da contração e da atividade dos músculos ST e BF no grupo GCaD, sem modificação da AST da coxa, o que sugere que houve aumento do *drive* neural para os músculos, já que nesta fase da contração. No entanto, a força máxima destes músculos não foi modificada com o treinamento.

Os músculos EX têm uma função importante durante a caminhada, pois se contraem de forma excêntrica na fase de contato com o solo para suportar o peso corporal e absorver o impacto do pé com o solo (ESTON et al., 1995). Na caminhada na descida, a maior força que pode ser produzida pelos músculos EX pode facilitar a velocidade de movimento (PARADISIS e CUOKE, 2006). No entanto, a CrD pode gerar maior perda de força e esta ser mais prolongada do que a corrida realizada em um terreno plano (CLARKSON et al., 1992; ESTON et al., 1994), em função do dano muscular gerado pela maior carga proporcionada aos músculos pelas contrações excêntricas. Em animais, Schwane et al. (1983) verificaram que o treinamento no declive e no plano preveniram o dano muscular provocado pela CrD. Em seres humanos, Chen et al. (2007) verificaram uma redução da força isométrica (7-21%) e aumento da CK, mioglobina e DOMS por 4 dias após um exercício de corrida realizado com 15% de declive. Estudos que analisaram as respostas metabólicas e mecânicas ao exercício excêntrico verificaram que uma única sessão de exercício pode ser suficiente para reduzir o dano muscular na sessão subsequente (NOSAKA et al., 2001). Da mesma forma, uma sessão de exercício de CrD pode também reduzir a dor muscular após alguns dias (PIERRYNOWSKI et al., 1987) ou semanas (BYRNES et al., 1985). Portanto, tanto a CaD quanto a CrD parecem gerar importantes estímulos para adaptações relacionadas à força muscular.

Apesar de estudos terem verificado que uma sessão com exercícios excêntricos pode reduzir o dano muscular produzido por sessões de exercícios

subsequentes (ESTON et al., 1996; CHEN et al., 2012), e que o treinamento excêntrico pode produzir ganhos proporcionalmente maiores do que o treinamento concêntrico (FARTHING e CHILLIBECK, 2003), as informações sobre os efeitos do treinamento de CaD ou CrD em aspectos neuromusculares relacionados à força muscular é escassa (SCHAWNE et al., 1983; YANG et al., 2010).

7.1. Pico de torque isométrico (PTI) e trabalho total (TT)

No presente estudo, o treinamento não modificou a capacidade de gerar força e trabalho muscular dos músculos EX em nenhum dos grupos analisados. Somente alguns estudos na literatura analisou os efeitos crônicos da CaD na força muscular em humanos (YANG et al., 2010; GAULT e WILLEMS 2013). No estudo de Yang et al. (2010), os indivíduos eram idosos e caminharam em declive de 3% durante 30 minutos por um período de 4 semanas. O treinamento resultou em uma significativa melhora da força muscular dos EX (23%) e da performance da marcha, o que contribuiu para a manutenção da postura torácica destes indivíduos. Citar os outros estudos. Como em nosso estudo, os indivíduos eram jovens e fisicamente ativos, provavelmente este treinamento não foi suficiente para provocar modificações nestes parâmetros.

Com relação aos músculos FL, não houve aumento significativo do PTI e do TT em nenhum dos grupos analisados. A não melhora do PTI dos FL após o treinamento de CaD concorda com os dados de Yang et al. (2010), que também não verificaram melhora do PTI dos FL. Na caminhada realizada no plano, enquanto que os EX tendem a apresentar uma maior ação no início da fase de apoio e no final da fase de balanço, a atividade dos FL tende a ser proporcionalmente baixa. Em condições de caminhada similares às do nosso estudo, ou seja, declive de 15% e velocidade de ~4,5 km/h, Hunter et al. (2010) verificaram que a atividade dos músculos FL aumenta na fase média do balanço. Nas condições de velocidade, declive, volume e duração do treinamento de CaD do deste estudo, a capacidade máxima de produção destes músculos não foi modificada. No entanto, não se pode desconsiderar que o não aumento da força destes músculos possa ter sido influenciado pelo efeito do erro tipo II.

7.2. Taxa de desenvolvimento de torque (TDT) absoluta e normalizada em diferentes momentos da contração

A TDT tem sido considerada um importante aspecto da potência muscular e representa a capacidade do músculo em desenvolver força rapidamente (AAGAARD et al., 2002). A TDT é definida como a inclinação da curva torque-tempo. No entanto, mesmo em movimentos realizados com alta velocidade e curto período de tempo, Andersen e Aagaard (2006) sugeriram que os mecanismos fisiológicos que podem influenciar a TDT nos diferentes momentos da contração podem ser diferentes. Neste estudo, os autores determinaram a TDT em diferentes intervalos de tempo após o início da contração e verificaram que a correlação entre a TDT e a contração voluntária máxima (i.e., força máxima) foi maior ($r \sim 0,70-0,88$) nas fases mais tardias da contração (> 90 ms), enquanto que nas fases iniciais (< 40 ms) a TDT foi moderadamente correlacionada ($r \sim 0,42-0,70$) com as propriedades intrínsecas do músculo e a contração voluntária máxima. Estudos sugerem que na fase inicial da contração os fatores mais importantes da TDT são as propriedades contráteis intrínsecas e a força máxima (ANDERSEN e AAGAARD, 2006) e o *drive* neural (AAGAARD et al., 2002) e, na fase tardia da contração a área de secção transversa (AAGAARD e THORSTENSSON, 2003) e o *drive* neural (AAGAARD et al., 2002), que são fatores relacionados à força máxima, e *stiffness* do complexo tendão-aponeurose são fatores importantes (BOJSEN-MOLLER et al., 2005).

A TDT expressa em valor absoluto ($N.m.s^{-1}$) representa aspectos de força e de tempo da contração voluntária máxima. A TDT normalizada ($\%PT.s^{-1}$) representa aspectos temporais da produção de força. Blazevich et al. (2008) destacam que a TDT absoluta e a normalizada possuem características distintas e que valores absolutos são muito mais influenciados pela capacidade do músculo em produzir força máxima. Contudo, valores normalizados pela força máxima podem indicar a capacidade de um indivíduo em desenvolver força rapidamente sem a influência da força máxima.

No presente estudo, a TDT foi analisada nos momentos de 30, 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração, para analisar os possíveis mecanismos que poderiam ajudar a explicar as adaptações ao treinamento de CaD. Além deste aspecto, a TDT foi analisada também em valores normalizados pelo PTI no mesmo período de tempo da contração. Para condição de EX não houve aumento significativo da TDT em nenhum momento da contração, tanto em valores absolutos quanto normalizados, em nenhum dos grupos, o que sugere que a força explosiva destes músculos não melhorou com o treinamento.

Como mencionado anteriormente, a TDT apresenta uma relação com a força máxima (MIRKOV et al., 2004), particularmente na fase tardia da contração (ANDERSEN e AAGAARD, 2006). Alguns estudos verificaram aumentos tanto no pico de torque quanto na TDT após um período de treinamento (HAKKINEN et al., 1985; AAGAARD et al., 2002; HOLTERMANN et al., 2007). No entanto, conforme já mostrado na literatura (ANDERSEN e AAGAARD, 2006) os mecanismos que determinam estas variáveis não são exatamente os mesmos. Portanto, o aumento de uma variável não necessariamente no aumento da outra. De fato, Baker et al. (1994) e Sleivert et al. (1995) verificaram manutenção da TDT e aumento na força máxima. Da mesma forma, Holtermann et al. (2007) verificaram manutenção do pico de torque e aumento da TDT em diferentes momentos da contração, com instruções diferentes verbais no teste. Os autores verificaram também diferentes percentuais de melhora nestas variáveis após um período de treinamento (HOLTERMANN et al., 2007). Portanto, a força máxima e a TDT podem apresentar respostas diferentes aos procedimentos experimentais, já que os fatores que determinam estas variáveis podem não ser exatamente os mesmos.

Com relação aos músculos FL, a TDT nas fases iniciais da contração não apresentou melhora. Outros estudos também não encontraram melhora da TDT em fase iniciais da contração, mesmo após a realização de um progressivo treinamento resistido por períodos de até 10 semanas ou por períodos maiores de 6 meses com carga de 80%1RM, apesar de terem encontrado também melhora da força e AST (NARICI et al., 1996; HAKKINEN et al., 1998). O fato de não ter sido verificada melhora da TDT nas fases iniciais da contração pode ser explicado pelo fato da especificidade do treinamento, já que no nosso estudo as sessões de treinamento foram realizadas em intensidades moderadas. Estudos que reportaram ganhos nesta fase, durante as sessões de treinamento foram tipicamente executados de maneira acelerada e intencional para essa condição (ANDERSEN et al., 2010). No entanto, apesar dos FL não terem apresentado aumento no PT, a TDT mensurada nos diferentes momentos da contração expressa em valores absolutos aumentou a 150 ms e 200 ms após o início da contração. Embora tenha sido mostrado que a TDT melhorou tanto em fases iniciais como em fases tardias da contração (AAGAARD et al., 2002), alguns estudos verificaram aumento tanto do pico de torque e da TDT somente na fase tardia da contração (150-250 ms) (THORSTENSSON et al., 1976; HAKKINEN et al., 1985; NARICI et al., 1996;

HOLTERMANN et al., 2007). Andersen e Aagaard (2006) verificaram elevados níveis de correlação do pico de torque e da TDT nas fases tardias da contração (150-250 ms) e que a força máxima explicou até 80% da variação da TDT nestas fases da contração. Entre os fatores mais importantes para a força máxima estão a AST (SCHANTZ et al., 1983) e o *drive* neural (HAKKINEN et al., 1985). Em nosso estudo, a AST não foi modificada. Portanto, pode-se hipotetizar que o aumento do *drive* neural pode ter sido um mecanismo importante para o aumento da TDT nos músculos FL. De fato, houve aumento da resposta eletromiográfica destes músculos nestas fases da contração. Ao ser analisada em valores normalizados a TDT não apresentou aumento em nenhuma fase da contração. Alguns estudos verificaram que a TDT normalizada também pode se manter inalterada após sessões progressivas de treinamento resistido (NARICI et al., 1996) ou até mesmo pode diminuir em resposta ao treinamento (HAKKINEN et al., 1985). O aumento da TDT absoluta e manutenção da TDT em nosso estudo sugerem portanto que outros fatores, além do *drive* neural também podem ter contribuído para a melhora da TDT. No entanto, em nosso estudo não é possível identificar quais seriam estes fatores.

Hunter et al. (2010) verificaram que há um aumento importante da atividade dos BF na fase aérea da CaD, o que pode auxiliar a explicar a melhora da TDT verificada no nosso estudo. Segundo Hunter et al. (2010), nesta fase há instabilidade da passada que pode ser reduzida pela ação do BF, que facilitariam um ajuste rápido da postura exigido para nesta condição. Isto ajudaria a explicar o porquê da melhora da capacidade de produção rápida de força dos FL.

7.3. Root mean square (RMS)

A eletromiografia tem sido considerada uma importante ferramenta de avaliação da atividade muscular. Entre as variáveis eletromiográficas mais utilizadas para análise da resposta eletromiográfica dos músculos estão a RMS e a FM, que expressam a amplitude e a frequência do sinal eletromiográfico, respectivamente.

Estudos na literatura mostraram aumento significativo do sinal da EMG, especialmente após curto período de treinamento resistido (3-4 semanas), o que evidenciaria alterações no *drive* neural (MORITANI e De VRIES, 1979; HAKKINEN et al., 2003). Estudos sugerem que a maior atividade EMG após o treinamento representa o maior recrutamento e a maior frequência de disparos das unidades motoras (SUZUKI et al., 2002) e a maior sincronização das unidades motoras

(SEGER e THORSTENSSON, 1994; YAO, FUGLEBAND e ENOKA, 2000). Em nosso estudo, a RMS normalizada não apresentou alteração no PTI nos músculos EX e FL. Narici et al. (1996) também não verificaram aumento da atividade EMG muscular dos agonistas, apesar do pico de torque e da AST terem aumentado após o treinamento. Garfinkel e Cafarell (1992) também não encontraram alteração do sinal de EMG, mesmo sendo observado melhora significativa na força muscular e AST após o período de treinamento resistido. Em outro estudo Gaul e Willems (2013) analisado uma condição semelhante ao presente estudo, não encontraram melhora da RMS na condição de CaD, mesmo tendo observado uma melhora na força do EX de 5%. Interessantemente os autores observaram um aumento ainda maior na força dos EX para o grupo que caminhou no plano acompanhado por um ganho significativo de 38% na RMS após 12 semanas de treinamento. Um outro fator que pode ser considerado para se explicar a não modificação da RMS é a elevada variabilidade da melhora no recrutamento e a variabilidade apresentada pela EMG (BLAZEVIICH et al., 2008).

Para os valores da RMS normalizada na TDT nos diferentes momentos da contração muscular, não houve modificação significativa na contração isométrica máxima dos EX. No entanto, houve aumento significativo da RMS normalizada na contração voluntária máxima dos FL a 30 ms para o músculo BF, a 100 ms nos músculos ST e BF, a 150 ms nos músculos ST, BF e VL e a 200 ms nos músculos ST, BF e VL. Outros estudos verificaram também aumentos de TDT e aumento da ativação muscular dos agonistas (AAGAARD et al., 2002; BARRY, WARMAN e CARSON, 2005). Os valores obtidos nesta condição ajudam a entender a melhora significativa obtida na TDT em valores absolutos para os FL, o que também ajuda a suportar a hipótese da ação dos FL em ajudar estabilizar as passadas no declive.

7.4. Frequência mediana (FM)

A FM tem sido bastante utilizada para analisar aspectos relacionados à fadiga muscular, ou seja, a redução da capacidade de produzir força. No presente estudo houve redução significativa da FM para o RF na contração voluntária máxima dos EX para o grupo GCaD. Aagaard et al. (2000) verificaram também um aumento significativo no pico de torque e amplitude da EMG e redução significativa da FM para os músculos VL e RF após um período de 14 semanas de treinamento de musculação com cargas de 6-10 RM. Como houve um aumento da EMG e redução

da FM neste estudo, os autores sugeriram que poderia haver uma maior sincronização das fibras musculares após o treinamento. Portanto, poderia se hipotetizar que pode ter havido uma melhora do padrão de recrutamento das unidades motoras no nosso estudo, pois para o mesmo torque houve uma redução da FM.

7.5. *Delay* eletromecânico (DELM)

Com relação ao *delay* eletromecânico (DELM), que representa o tempo de atraso entre o início da atividade elétrica e o registro da força (LI e BAUM, 2004), o mesmo não apresentou modificação significativa para as condições estudadas nos dois grupos. No entanto, a grande variabilidade de valores referentes ao início da contração encontrado na literatura (10-150 ms), dificulta a comparação com outros estudos. Alguns estudos apontam que o DELM é influenciado pelo treinamento de força. Kubo et al. (2001) encontraram diminuição do DELM após um período de 12 semanas de treinamento isométrico. Da mesma forma, Häkkinen e Komi (1983) encontraram diminuição do DELM nos EX após 16 semanas de treinamento com cargas entre 80-120%1RM. Portanto, é possível que a intensidade do treinamento utilizada em nosso estudo pode não ter sido suficiente para gerar adaptações nesta variável.

8. CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste estudo, pode-se concluir que um treinamento de CaD pode gerar aumento na capacidade rápida de produção de força e a atividade muscular na fase tardia da contração dos músculos FL. Como o ajuste rápido da postura em situações de menor estabilidade de movimentação pode auxiliar a prevenir quedas, a melhora da capacidade de produzir força rapidamente pode ser uma importante adaptação ao exercício de CaD, já que os FL atuam de forma importante na fase de balanço para auxiliar na estabilização nesta condição.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD, P.; ANDERSEN, J.L. Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.30, p. 1217-22, 1998.

AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 93, p. 1318 - 1326, 2002.

AAGAARD, P. et al. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 22, p. 2309 - 2318, 2002.

ANDERSEN, L.L. et al. Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 99, (1), p. 87-94, 2005.

ANDERSEN, L.L. et al. Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, [S.I.], v. 20 (1), p. 162-169, 2010.

ABE, T.; KEARNS, C.F; SATO Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 100, p. 1460 - 1466, 2006.

ABE, T. et al. Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: A case study. **International Journal of Kaatsu Training Research**, [S. I], v. 1, p. 71 - 76, 2005.

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**, Heidelberg, v. 96, p. 46 - 52, 2005.

ANDERSEN, L.L. et al. Early and late rate of force development: different adaptive responses to strength training? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, [S.I] v. 20, p. 162-9, 2010.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 41, p. 687-708, 2009.

BAKER, D.; WILSON, G.; CARLYON, B. Generality versus specificity: a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed strength. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Heidelberg, v. 68, p. 350-355, 1994.

BALTZOPOULOS, V.; BRODIE, D.A. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations, **Sports Medicine**, Auckland, v. 8, p. 101-116, 1989.

BARRY, B.K.; WARMAN, G.E.; CARSON, R.G. Age-related differences in rapid muscle activation after rate of force development training of the elbow flexors. **Experimental Brain Research**, v. 162, p. 122-132, 2005.

BRASILEIRO, J.S. et al. Functional and morphological changes in the quadriceps muscle induced by eccentric training after ACL reconstruction. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 15, p. 284-290, 2011.

BENTON, M.J.; SCHLAIRET, M.C. Improvements in quality of life in women after resistance training are not associated with age. **Journal of Women Aging**, [S.l.] v. 24, p. 59-69, 2012.

BLAZEVICH, A.J. et al. Effect of contraction mode of slow-speed resistance training on the maximum rate of force development in the human quadriceps. **Muscle and Nerve**, Hoboken, v. 38, p. 1133-1146, 2008.

BRAUN, WA.; DUTTO, D.J. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 90, p. 29-34, 2003.

BOJSEN-MOLLER, J. et al. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 99, p. 986-994, 2005.

BYRNES, W.C. et al. Delayed onset muscle soreness after repeated bouts of downhill running. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 59, p. 710-715, 1985.

BYRNE, C.; TWIST, C; ESTON, R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: Theoretical and applied implications. **Sports Medicine**, Auckland, v. 34, p. 49-69, 2004.

CAMPOS, G.E. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 88, p. 50-60, 2002.

CHEN, T.C. et al. Changes in running economy following a repeated bout of downhill running. **The Journal of Exercise Science and Fitness**, [S.l.], v. 5, p. 109-117, 2007.

CHEN, T.C.; NOSAKA, K; T.U, J.H. Changes in running economy following downhill running. **Journal of Sports Science**, London, v. 25, p. 55-63, 2007.

CHEN, T.C.; NOSAKA, K; WU, C. Effects of a 30-min running performed daily after downhill running on recovery of muscle function and running economy. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 11, p. 271-279, 2008.

COBURN, J.W. et al. Neuromuscular responses to three days of velocity-specific isokinetic training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 20, p. 892-898, 2006.

DESCHENES, MR. et al. Neural factors account for strength decrements observed after short-term muscle unloading. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, Bethesda, v. 282, p. 578-583, 2002.

DVIR, Z. **Isocinética: Avaliações Musculares, Interpretações e Aplicações Clínica**, 1ª Edição, Manole: São Paulo, 2002.

DUCHATEAU, J.; SEMMLER, J.G; ENOKA, R.M. Training adaptations in the behavior of human motor units. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 101, p. 1766-1775, 2006.

EKBLOM, M.M. Improvements in dynamic plantar flexor strength after resistance training are associated with increased voluntary activation and V-to-M ratio. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 109, p. 19-26, 2010.

ESTON, R.G.; MICKLEBOROUGH, J; BALZOPOULOS, V. Eccentric activation and muscle damage: Biomechanical and physiological considerations during downhill running. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v. 29, p. 89-94, 1995.

ESTON, R.G. et al. Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. **Journal of sports sciences**, London, v. 14, p. 291-299, 1996.

FARINA, D. et al. Surface EMG crosstalk between knee extensor muscles: experimental and model results. **Muscle Nerve**, New York, v. 26, p. 681-695, 2002.

FARTHING, J.P.; CHILLIBECK, P.D. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 89, p. 578-586, 2003.

FIMLAND, M.S. et al. Enhanced neural drive after maximal strength training in multiple sclerosis patients. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 110, p. 435-443, 2010.

FOLLAND, J.P.; WILLIAMS, A.G. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. **Sports Medicine**, Auckland, v. 37, p. 145-168, 2007.

FRANZ, J.R.; KRAM, R. The effects of grade and speed on leg muscle activations during walking. **Gait & Posture**, Oxford, v. 35, p. 143-147, 2012.

GAUCHE, E. et al. Neuromuscular fatigue following high versus low-intensity eccentric exercise of biceps brachii muscle. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v. 19, p. 481-486, 2009.

GAULT, M.; CLEMENTS, R; WILLEMS, M. Functional mobility of older adults after concentric and eccentric endurance exercises. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, ahead of print, 2012.

GONÇALVES, M.; SILVA, S.R. Análise de variáveis eletromiográficas durante contração isométrica fadigante. **Salusvita**, Bauru, v. 26, p. 39-51, 2007.

GARFINKEL, S.; CAFARELLI, E. Relative changes in maximal force emg, and muscle cross-sectional area after isometric training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 24, p. 1220-1227, 1992.

HANNINEN, O. et al. On-line determination of anaerobic threshold with rms-EMG. **Biomedica Biochimica Acta**, Berlin, v. 48, p. 493-503, 1989.

HAKKINEN, K.; KOMI, P.V. Changes in neuromuscular performance in voluntary and reflex contraction during strength training in man. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 04, p. 282-288, 1983.

HAKKINEN, K.; ALEN, M; KOMI, P.V. Changes in isometric force and relaxation time, EMG and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during training and detraining. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v. 125, p. 573-585, 1985.

HAKKINEN, K. et al. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, Washington, 53, p. B415-B423, 1998.

HAKKINEN, K. et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 84 (4), p. 1341 – 1349, 1998.

HAKKINEN, K. et al. neuromuscular adaptation during concurrent strength and endurance training versus strength training. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 89, p. 42-52, 2003.

Hermens, H.J.; Boon, K.L; Zilvold, G. The clinical use of surface EMG. **Electromyography and clinical neurophysiology**, Louvain, v. 24, p. 243-265, 1994.

HERMENS, H.J. et al. editors. **SENIAM 8**: European recommendations for surface electromyography. ISBN: 90-75452-15-2: Roessingh Research and Development bv, 1999.

HOLTERMANN, A. et al. Changes in agonist EMG activation level during MVC cannot explain early strength improvement. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 94, p. 593-601, 2005.

HOLTERMANN, A. et al. Enhanced H-reflex with resistance training is related to increased rate of force development. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 101, p. 301-312, 2007.

HOWATSON, G. et al. The reliability of electromechanical delay and torque during isometric and concentric isokinetic contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Oxford, v.19, p. 975-979, 2009.

HOWATSON, G.; VAN SOMEREN, K.A. The reproducibility of peak isometric torque and electromyography activity in unfamiliarised subjects using isokinetic dynamometry on repeated days. **Isokinetics and Exercise Science**, Amsterdam v. 13, p. 103-109, 2005.

HUNTER L.C.; HENDRIX, E.C, DEAN, J.C. The cost of walking downhill: Is the preferred gait energetically optimal? **Journal of Biomechanics**, New York, v. 43, p. 1910-1915, 2010.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T; FUKUNAGA, T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 74, p. 2740-2744, 1993.

KARABULUT, M. et al. The effects of low-intensity resistance training whit vascular restriction on leg muscle strength in older man. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v.108, p.147-155, 2010.

KARABULUT, M. et al. Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to KAATSU Training. **International Journal of Kaatsu Training Research**, [S. I], v. 3, p. 1-9, 2007.

KRAEMER, W.J.; NEWTON, R.U. Training for muscular power. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, Philadelphia, v. 11, p. 341-368, 2000.

KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 36, p. 674-688, 2004.

KUBO, K. et al. Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 91, p. 26-32, 2001.

LACOUR, J.R. et al. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 62, p. 77-82, 1991.

LI, L.; BAUM, B.S. Electromechanical delay estimated by using electromyography during cycling at different peddling frequencies. **Journal of Electromyography and kinesiology**, Oxford, v.14, p. 647-652, 2004.

LINDEMAN, E. et al. Surface EMG of proximal leg muscles in neuromuscular patients and in healthy controls. Relations to force and fatigue. **Journal Electromyography and Kinesiology**, Oxford, v. 9, p. 299-307, 1999.

LINDEMAN, E. et al. Progressive resistance training in neuromuscular patients. Effects on force and surface EMG. **Journal of Electromyography and kinesiology**, Oxford, v.9, p.379-384, 1999.

LOENNEKE, J.P.; WILSON, G.J; WILSON, J.M. A Mechanistic Approach to Blood Flow Occlusion. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.31, p.1-4, 2010.

MACINTYRE, D.L. et al. Presence of WBC, decreased strength, and delayed soreness in muscle after eccentric exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.80, p.1006-1013, 1996.

McCALL, G.E. et al. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 81, p. 2004-2012, 1996.

MCNAIR, P.J. et al. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds an continuous passive motion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 33, p. 354-358, 2001.

MILLET, G.Y.; LEPERS, R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. **Sports Medicine**, Auckland, v. 32, p. 105-116, 2004.

MIRKOV, D.M. et al. Muscle strength testing: evaluation of tests of explosive force production. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 91, p. 147-154, 2004.

MORITANI, T.; VRIES, HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. **American Journal of Physical Medicine**, Baltimore, v. 53, p. 115-130, 1979.

MURAOKA, T. et al. Influence of tendon slack on electromechanical delay in the human medial gastrocnemius in vivo. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda V. 96, p. 540-544, 2004.

NARICI, MV. et al. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. **Acta Physiologica Scandinavica**, Oxford, v. 157, p.175-186, 1996.

NORDEZ, A.; CORNU, C; McNAIR, P. Acute effects of stretching on passive stiffness of hamstring muscle calculated using different mathematical models. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v.21, p.755-760, 2006.

NOTTLE, C.; NOSAKA, K. Changes in power assessed by the Wingate Anaerobic Test following downhill running. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 21, p. 145-150, 2007.

NOSAKA, K.; NEWTON, M. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 16, p. 117-122, 2002.

NOSAKA, K. et al. How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last?. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 33, p. 1490-1495, 2001.

PARK, S. et al. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 109, p. 591-600, 2010.

PLATONOV, V. N. **Tratado Geral de Treinamento Desportivo**. SP: Phorte, 1º Ed. 2008.

PASCHALIS, V. et al. The effects of muscle damage on running economy in healthy males. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 26, p. 827-831, 2005.

PARADISIS, G.; CUOKE, C.B. The effects of sprint running training on sloping surfaces. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, p. 767-777, 2006.

PIERRYNOWSKI, M.R.; TUDUS, PM; PLYLEY, M.J. Effects of downhill or uphill training prior to the downhill run. **European Journal of Applied Physiology**, Stuttgart, v. 56, p. 668-672, 1987.

PRASARTWUTH, O; TAYLOR, J.L; GANDEVIA, S.C. Maximal force, voluntary activation and muscle soreness after eccentric damage to human elbow flexor muscles. **The Journal of Physiology**, Cambridge, v. 567, p. 337-348, 2005.

RADAELLI, R. et al. Espessura e qualidade musculares a partir de ultrassonografia: influência de diferentes locais de mensuração. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 13, p. 87-93, 2011.

REEVES, N.D.; MAGANARIS, CN; NARICI, MV. Plasticity of dynamic muscle performance with strength training in elderly humans. **Muscle Nerve**, Hoboken, v.31, p. 355-364, 2005.

STARON, R.F. et al. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 76, p. 1247-1255, 1994.

SCHWANE, J.A.; ARMSTRONG, R.B. Effect of training on skeletal muscle injury from downhill running in rats. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 55, p. 969-975, 1983.

SEGER, J.Y.; THORSTENSSON, A.. Muscle strength and myoelectric activity in prepubertal and adult males and females. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 69, p. 81-87, 1994.

SLEIVERT, G.G.; BACKUS, R.D.; WENGER, H.A. The influence of a strength-sprint training sequence on multi-joint power output. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 27, p. 1655-1665, 1995.

TAKARADA, Y.; SATO, Y; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 86, p. 308-314, 2002.

TAKEKURA, H.; FUJINAMI, N; NISHIZAWA, T. Eccentric exercise-induced morphological changes in the membrane systems involved in excitation-contraction coupling in rat skeletal muscle. **The Journal of Physiology**, Cambridge, v. 533, p. 571-583, 2001.

TAYLOR, H.L.; BUSKIRK, ER; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.8, p. 73-80,1955.

THORSTENSSON, A, et al. Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, Oxford, v. 98, p. 232-236, 1976.

VAN CUTSEM, M.; DUCHATEAU, J; HAINAUT, K. Changes in single motor unit behavior contributes to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. **The Journal of Physiology**, Oxford, v. 513, p. 295-305,1998.

VASSILIS, P. et al. Isokinetic eccentric exercise of quadriceps femoris does not affect running economy. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 22, p. 1222-1227, 2008.

VIKNE, H. et al. Muscular Performance after Concentric and Eccentric Exercise in Trained Men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 38, p.1770-1781, 2006.

WEINECK, J. **Biologia do Esporte**. SP: Manole, 7^a ed. 2005.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J; RAASTAD, T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v. 18, p. 401-416, 2008.

YANG, Y.R. et al. Downhill walking training in individuals with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, Baltimore, v. 89, p. 706-714, 2010.

YAO, W.; FUGLEVAND, R.J.; ENOKA, R.M. Motor-unit synchronization increases EMG amplitude and decreases force steadiness of simulated contractions. **Journal of Neurophysiology**, Bethesda, v. 83, p. 441-452, 2000.