

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO-SENSU EM  
EDUCAÇÃO FÍSICA

TREINAMENTO ISOCINÉTICO DE CURTA DURAÇÃO:  
EFEITOS DE UM PROTOCOLO DE AÇÕES MUSCULARES  
RECÍPROCAS ENTRE AGONISTAS E ANTAGONISTAS

Rafael Rodrigues da Cunha

BRASÍLIA  
2011

TREINAMENTO ISOCINÉTICO DE CURTA DURAÇÃO: EFEITOS DE UM PROTOCOLO DE  
AÇÕES MUSCULARES RECÍPROCAS ENTRE AGONISTAS E ANTAGONISTAS

RAFAEL RODRIGUES DA CUNHA

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Educação Física da Universidade de Brasília,  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Educação Física.

**ORIENTADOR:** MARTIM FRANCISCO BOTTARO MARQUES

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 993319.

C972t Cunha, Rafael Rodrigues da.  
Treinamento isocinético de curta duração : efeitos de um protocolo de ações musculares recíprocas entre agonistas e antagonistas / Rafael Rodrigues da Cunha. -- 2011.  
ix, 76 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2011.

Inclui bibliografia.

Orientação: Martim Francisco Bottaro Marques.

1. Educação física. 2. Músculos. 3. Fadiga. I. Marques, Martim Francisco Bottaro. II. Título.

CDU 796.015.6

RAFAEL RODRIGUES DA CUNHA

TREINAMENTO ISOCINÉTICO DE CURTA DURAÇÃO: EFEITOS DE UM PROTOCOLO DE  
AÇÕES MUSCULARES RECÍPROCAS ENTRE AGONISTAS E ANTAGONISTAS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Martim Francisco Bottaro Marques  
(Orientador – Universidade de Brasília - UnB)

---

Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes  
(Examinador Externo – Universidade Estadual de Campinas - Unicamp)

---

Prof. Dr. Ricardo Moreno Lima  
(Examinador Interno – Universidade de Brasília - UnB)

Brasília – DF, 11 de agosto de 2011

*“Não seja escravo do seu passado. Mergulhe em mares grandiosos, vá bem fundo e nade até bem longe, e voltarás com respeito por si mesmo, com um novo vigor, com uma experiência a mais que explicará e superará a anterior.”*

(Ralph Waldo Emerson)

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Ildete e Joaquim; aos meus irmãos, Marcelo e Daniel e a todos os mestres e amigos. Sem a ajuda dos meus pais seria impossível. Sem o companheirismo dos meus irmãos, seria muito mais difícil. Sem a existência dos amigos e mestres, algumas coisas não fariam o menor sentido.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Joaquim Souza da Cunha e Ildete Rodrigues Souza, por me auxiliarem durante toda essa trajetória e, apesar de todas as dificuldades, terem sempre buscado proporcionar o melhor caminho para o meu futuro. A Marcelo e Daniel, que além de irmãos, são grandes amigos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Martim Bottaro, pelo comprometimento e preocupação com a formação das pessoas e com a área e, também, pelos ensinamentos que tem me proporcionado ao longo desses dois anos. Sou muito grato por criar as oportunidades que auxiliaram, e muito, no meu crescimento pessoal e profissional. Você é “fera”. É uma honra ser seu orientado!

Ao Prof. Dr. Herbert Simões e Dra. Carmem Campbell, pelos incentivos à pesquisa e pela base da minha formação durante a graduação; sempre me motivando para que os obstáculos fossem superados. Obrigado pelo que fizeram por mim.

Ao amigo e parceiro de futebol, Paulo Gentil. Que acreditou no meu potencial. Obrigado pelo auxílio na minha formação junto ao Grupo de Estudo de Treinamento de Força, sempre me tratando com carinho e bom humor. Sou muito grato por tudo que você fez por mim, desde a graduação até esse momento;

Ao prof. Dr. Ricardo Moreno pela participação na banca e auxílio na minha formação pessoal e profissional. Obrigado por dividir comigo todos esses momentos tão significativos.

Ao prof. Dr. Ricardo Jacó, um dos responsáveis pela minha iniciação na pesquisa. Muito obrigado por acreditar e incentivar meu potencial acadêmico.

Ao professor, quase doutor, Rodrigo Carregaro, pela participação direta na elaboração deste projeto. Muito obrigado pela amizade e incentivo profissional.

Ao professor, quase mestre, André Martorelli, que foi muito mais que um colega de mestrado, se tornando um irmão. Sem dúvidas, fez todo esse processo mais divertido e prazeroso. Macalé, muito obrigado!

Ao Saulo, Sergio e Magnolia Martorelli. Que foram uma extensão da minha família e casa durante toda a jornada. Sou privilegiado de fazer parte dessa família.

Ao meu primeiro treinador e mestre, prof. Edno Sane Lucas. Nossos treinamentos ultrapassaram as barreiras do técnico e tático do futsal. Muito obrigado!

A todos os professores que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação. Em especial ao corpo docente da Faculdade de Educação Física pelo convívio e auxílio prestados na construção do conhecimento.

Aos amigos e colegas do futebol. Em especial aos atletas do meu time atual, o fabuloso REMELA de GATO! Obrigado a todos!

Aos colegas de turma Guilherme Nunes, Leandro Correa, Alice e Marcela, que tornaram, sem dúvida, todo esse processo mais divertido;

Aos companheiros acadêmicos do Laboratório de Biomecânica e Força que foram solidários comigo durante todo o processo, além de proporcionar muitos momentos alegres. Em especial aos amigos Rodrigo Celes, Diego Jesus, João Veloso, Tiago Riera, Claudinha e Débora Flores.

Ao amigo e irmão Paulo Russo que me ensinou o quanto é importante sorrir, mesmo nos momentos difíceis. Você é uma pessoa diferenciada! Muito obrigado por me deixar participar da sua vida. Sou muito feliz por te conhecer.

Ao amigo e irmão Marcelo Magalhães, que é uma das pessoas mais simples que conheço. Obrigado por estar sempre ao meu lado com seu jeito alegre e espontâneo. É nessas e em outras qualidades que se fundamenta a nossa amizade. Meu filhote de cruz credo, obrigado!

Meu mentor acadêmico e pessoal, Juliano Moreno. O que sou hoje tem grande contribuição de todas as nossas conversas. Obrigado por me ensinar a cuidar tão bem dos ratos, sem dúvida esse foi o primeiro passo para essa jornada.

Guilherme Puga por contribuir, e muito, para minha formação acadêmica e pessoal. Com certeza um mestre em todos os processos de construção do conhecimento, além de grande amigo.

Ao grande amigo Carlos Ernesto. Obrigado pelos primeiros ensinamentos técnicos laboratoriais no início da graduação. Sou muito feliz por te conhecer. Muito obrigado pelos incentivos e conversas.

Ao mestre e noivo Jeaser Almeida. Nunca pensei que aquele amigo do meu primo, que conheci com dez anos se tornaria um grande amigo e colega de profissão. Espero que continue ao meu lado nessa longa jornada. Muito obrigado.

Ao Rafael Sotero, simplesmente meu amigo! Exemplo de pessoas determinada e sonhadora. Sou muito grato a você que me ajudou a dar os primeiros passos.

Ao amigo Bernado Petriz, que participou junto comigo nos momentos das primeiras coletas de iniciação científica e, também, pela grande amizade que cultivamos durante este período em que nos conhecemos.

À Verusca Najara, que sem dúvida é uma grande contribuinte de toda a jornada. Sem você não teria terminado a graduação.

Ao Eduardo Fontes, pela simplicidade da amizade e confiança. Poderia escrever uma dissertação com os momentos surreais da Maloka. Sou eternamente grato por tudo que você me proporcionou. Um muito obrigado do fundo do coração.

Aos meus colegas da Universidade Católica de Brasília, estudantes da graduação, mestrado, doutorado e professores que contribuíram para minha formação. Em especial àqueles de que sempre guardo boas lembranças: Raphael Mafra, Renato André, Gustavo Fernandes, Wollysom, Benfort, Laila, Wesley, Emersom, Sergio Moreira, Bibiano, Daise, Gisela, Pâmella e a todos aqueles que sabem que fizeram e fazem parte de uma importante fase da minha vida.

À secretaria do curso de mestrado em educação física, por toda a solicitude e eficiência, em especial à Alba, sem a qual, com certeza, as dificuldades teriam sido bem maiores.

A todos os voluntários que participaram dos testes. Sem dúvidas foram fundamentais para a construção do conhecimento.

À Universidade de Brasília por ter oferecido e proporcionado todo o processo e suporte para a realização da pesquisa, em especial ao coordenador da pós-graduação, Prof. Dr. Fernando Mascarenhas.

À Faculdade de Educação Física, por ter sido palco de grandes acontecimentos. Tive a oportunidade de conhecer pessoas indescritíveis durante todo esse processo. Vivenciado

momentos inenarráveis. Em especial, quero agradecer ao meu grande amigo Fábio Gaspar por está presente em todas as etapas. Obrigado Fabão. Um abraço carinhoso a todos os semestres: Calouros, Calango Azul, Laduna, Kahuna, Kaxangá, Capivas, Parangolé, Coiotes, Kawabanga, Coco-loco e Umuarama, dentre outros com os quais tive o privilégio de compartilhar muitos momentos.

À Mai, que em alguns momentos difíceis pelos quais passei, me apoiou e me escutou sem hesitar. E pela tranquilidade que me traz no final de cada dia. Sou feliz por ter te encontrado.

A todos os meus amigos. Sou incapaz de descrever o sentimento que sinto por vocês. Muito obrigado.

À CAPES, que me proporcionou o suporte financeiro necessário para a realização de todo o mestrado.

À Deus, que me mostra todos os dias que ainda tenho muito que aprender e crescer. Ainda não compreendo a complexidade do dia a dia.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	4
GLOSSÁRIO.....	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>11</b>
1 INTRODUÇÃO.....	11
<b>1.1 Objetivo.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>15</b>
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
<b>2.1 Treinamento de Força.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Ação Recíproca.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Treinamento de curta duração e treinamento tradicional.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Eletromiografia e força.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>26</b>
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
<b>3.1 Amostra.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Antropometria.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Procedimentos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 Protocolo de Treinamento.....</b>	<b>28</b>
<b>3.5 Avaliação das diferentes manifestações de força muscular.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.1 Dinamômetro isocinético.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.2 Determinação da taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA), ângulo.....</b>	<b>31</b>
<b>(Angulo<sub>PT</sub>) e tempo para o pico de torque (Tempo<sub>PT</sub>).....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.3 Contração isométrica voluntária máxima.....</b>	<b>32</b>
<b>3.6 Eletromiografia.....</b>	<b>33</b>
<b>3.7 Procedimentos estatísticos.....</b>	<b>36</b>

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	38
4 <b>RESULTADOS</b> .....	38
4.1 <b>Pico de torque (PT) e trabalho total (TT)</b> .....	38
4.2 <b>Taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA), tempo para atingir o pico de torque (Tempo<sub>PT</sub>) e ângulo do pico de torque (Ângulo<sub>PT</sub>)</b> .....	43
4.3 <b>RMS da fase isocinética do vasto medial e bíceps femoral (RMS<sub>VM e BF</sub>) e taxa de co-ativação do bíceps femoral</b> .....	49
<b>CAPÍTULO V</b> .....	53
5 <b>DISCUSSÃO</b> .....	53
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	61
6 <b>CONCLUSÃO</b> .....	61
7 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	62
8 <b>ANEXOS</b> .....	68
8.1 <b>Comitê de Ética</b> .....	68
8.2 <b>Anexo II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido</b> .....	69
8.3 <b>Anexo III - Questionário – Anamnese</b> .....	74

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Valores médios ( $\pm$ DP) das características descritivas dos participantes do grupo de ações recíprocas (REC), tradicional (TRA) e controle (CON).....	38
<b>Tabela 2.</b> Dados da avaliação pré e pós-treinamento, na velocidade de $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ ( $\Delta\%: (Pós - PréPré)*100$ ).....	39
<b>Tabela 3.</b> Dados da avaliação pré e pós-treinamento, na velocidade de $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ( $\Delta\%: (Pós - PréPré)*100$ ).....	42
<b>Tabela 4.</b> Média ( $\pm$ SD) da taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$ e $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ).....	44
<b>Tabela 5.</b> Média ( $\pm$ SD) do tempo para atingir o pico de torque ( $Tempo_{PT}$ ) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$ e $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ).....	47
<b>Tabela 6.</b> Média ( $\pm$ SD) do ângulo em que o pico de torque foi atingido ( $\hat{A}ngulo_{PT}$ ) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$ e $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ).....	48
<b>Tabela 7.</b> Média ( $\pm$ SD) da RMS da fase isocinética do vasto medial ( $RMS_{VM}$ ) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$ e $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ).....	49
<b>Tabela 8.</b> Média ( $\pm$ SD) da RMS da fase isocinética do bíceps femoral ( $RMS_{BF}$ ) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$ e $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ).....	50
<b>Tabela 9.</b> Média ( $\pm$ SD) da taxa de co-ativação (%) no momento do pico de torque dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$ e $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ).....	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Resumo esquemático do estudo .....	28
<b>Figura 2.</b> Dinamômetro isocinético utilizado na pesquisa. ....	31
<b>Figura 3.</b> Eletromiógrafo Miotool 400, da marca <i>MIOTEC - Equipamentos Biomédicos Ltda, Brasil</i> 33	
<b>Figura 4.</b> Posicionamento dos eletrodos da eletromiografia de acordo com o SENIAM. A) vasto medial e B) bíceps femoral. ....	35
<b>Figura 5.</b> Adaptação do banco do dinamômetro isocinético para coleta do sinal eletromiográfico do bíceps femoral.....	36
<b>Figura 6.</b> Pico de torque (N.m) a $60^{\circ}.s^{-1}$ dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. * $p<0,05$ maior do que Pré-treinamento; ‡ $p<0,05$ maior do que CON e TRA ( $p<0,05$ ). ....	40
<b>Figura 7.</b> Trabalho Total (J) a $60^{\circ}.s^{-1}$ dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração.....	41
<b>Figura 8.</b> Pico de torque (N.m) a $180^{\circ}.s^{-1}$ dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. * $p<0,05$ maior do que Pré-treinamento. ....	42
<b>Figura 9.</b> Trabalho Total (J) a $180^{\circ}.s^{-1}$ dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração.....	43
<b>Figura 10.</b> Taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA) a $60^{\circ}.s^{-1}$ dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. * $p< 0,05$ em relação ao Pré-treinamento; ‡ em relação ao grupo CON.....	45
<b>Figura 11.</b> Taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA) a $60^{\circ}.s^{-1}$ dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. * $p< 0,05$ em relação ao Pré-treinamento para o grupo TRA. ....	46
<b>Figura 12.</b> Tempo para atingir o PT ( $Tempo_{PT}$ ) a $60^{\circ}.s^{-1}$ dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. * $p< 0,05$ em relação ao Pré-treinamento; ‡ em relação ao grupo CON.....	47

**Figura 13.** Tempo para atingir o PT ( $\text{Tempo}_{PT}$ ) a  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. \*  $p < 0,05$  em relação ao pré-treinamento; ‡ em relação ao grupo CON. .... 48

**Figura 14.** Co-ativação (COA%) a  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. \*  $p < 0,05$  em relação ao Pré-treinamento para o TRA; ..... 51

**Figura 15.** Co-ativação (COA%) a  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. .... 52

## GLOSSÁRIO

- °.s<sup>-1</sup>** – Unidade de medida de velocidade angular (graus por segundo)
- BF** – Músculo Biceps Femoral
- CON** – Controle
- CVIM** – Contração Voluntária Isométrica Máxima
- EMG** – Eletromiografia
- FM** – Frequência Mediana
- IMC** – Índice de Massa Corpórea
- kg** – Unidade de medida da massa (quilograma)
- kg/m<sup>2</sup>** – Unidade de medida de massa corpórea (quilograma/metro ao quadrado)
- m** – Unidade de medida de distância (metro)
- min** – Unidade de medida de tempo (minutos)
- ms** – Unidade de medida de tempo (milissegundos)
- N.m** – Unidade de medida do torque (Newton \* metro)
- OTG** – Orgão Tendinoso de Golgi
- POS** – Período após a Intervenção (Pós Treinamento)
- PRE** – Período antes da Intervenção (Pré Treinamento)
- PT** – Pico de Torque
- REC** – Recíproco
- RMS** – Amplitude do Sinal Eletromiográfico
- s** – Unidade de medida de tempo (segundos)
- TDA** – Taxa de desenvolvimento de aceleração
- TDF** – Taxa de desenvolvimento de força
- TF** – Treinamento de Força
- TMI** – Torque Máximo Isométrico
- TRA** – Tradicional
- TT** – Trabalho Total
- VM** – Músculo Vasto Medial

## RESUMO

### Treinamento isocinético de curta duração: efeitos de um protocolo de ações musculares recíprocas entre agonistas e antagonistas

**Introdução:** Programas de treinamento baseados na aplicação de exercícios resistidos podem ser considerados um dos meios mais eficazes para gerar adaptações que determinam a melhora da capacidade funcional do sistema neuromuscular. A este contexto somam-se os achados de estudos que têm demonstrado a eficiência de treinamentos de curta duração (variando desde 1-3 sessões até 4-6 semanas de duração), os quais apresentam grande potencial e representam boa alternativa para profissionais de reabilitação e da área desportiva. Considerando a literatura sobre o fenômeno responsável pelo aumento de força e desempenho nas fases iniciais de treinamento e o propósito de se alcançar melhores resultados em concomitância com a diminuição do tempo e do número de sessões, torna-se importante o estudo do treinamento isocinético de curta duração e seus efeitos, não só na geração de torque, mas também em outras variáveis que traduzam o desempenho neuromuscular.

**Objetivo:** Avaliar e comparar os efeitos de um treinamento isocinético, de ações recíprocas (REC), de curta duração, no desempenho neuromuscular dos extensores do joelho em homens jovens.

**Metodologia:** Fizeram parte deste estudo 29 homens ( $21.1 \pm 2.3$  anos;  $73.3 \pm 9.2$  kg;  $1.76 \pm 0.1$ m;  $23.6 \pm 2.6$  kg/m<sup>2</sup>) aleatorizados em 3 grupos: 1) Grupo Controle (CON=8) - foram submetidos somente às avaliações pré e pós-treinamento; 2) Grupo Recíproco (REC=10) - foram submetidos a um protocolo de exercício recíproco de antagonistas/agonistas (1 repetição de flexão do joelho [FJ] imediatamente seguido por 1 de extensão do joelho [EJ]); e 3) Grupo Tradicional (TRA=11) - foram submetidos a um protocolo de treinamento isocinético somente de EJ. O treinamento foi constituído por 3 sessões separadas por 72 horas, com 4 séries de 10 repetições isocinéticas concêntricas máximas a  $60^\circ \cdot s^{-1}$  e 1 minuto de intervalo de recuperação entre as séries. As avaliações foram caracterizadas por 2 séries de 4 repetições isocinéticas concêntricas de extensão do joelho em 2 velocidades: (1) lenta ( $60^\circ \cdot s^{-1}$ ) e (2) intermediária ( $180^\circ \cdot s^{-1}$ ). Essas avaliações foram realizadas pré e após 72h da 3ª sessão de treinamento. Sinal eletromiográfico dos músculos vasto medial (RMS<sub>VM</sub>) e bíceps femoral (RMS<sub>BF</sub>) foram registrados pré- e pós-treinamento. O pico de torque (PT), trabalho total (TT), taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA), Ângulo e Tempo para o pico de torque (Tempo<sub>PT</sub>, Ângulo<sub>PT</sub>) e Coativação foram as variáveis dependentes do estudo. Utilizou-se uma Análise de Variância (ANOVA) 3 x 2 (protocolos x momentos) com o teste *post-hoc* de Tukey, com o intuito de se verificar diferenças nas variáveis dependentes.

**Resultados:** Foram encontrados ganhos significativos para o PT na velocidade de  $60^\circ \cdot s^{-1}$  (REC e TRA) e  $180^\circ \cdot s^{-1}$  (REC) após 3 sessões de treinamento. O PT do REC foi significativamente maior que TRA e CON na velocidade de treinamento ( $60^\circ \cdot s^{-1}$ ). Não houve diferença significativa no TT para ambos os grupos e velocidades. A TDA foi maior para os grupos REC e TRA a  $60^\circ \cdot s^{-1}$  e somente TRA a  $180^\circ \cdot s^{-1}$ . Não foi verificada mudanças na RMS<sub>VM</sub> em ambos os grupos e velocidade, e no RMS<sub>BF</sub> somente o TRA obteve diferença significativa a  $60^\circ \cdot s^{-1}$ , sem modificação a  $180^\circ \cdot s^{-1}$ . A co-ativação teve queda no REC e TRA, no entanto, somente foi verificada significância a  $60^\circ \cdot s^{-1}$ .

<sup>1</sup>, no TRA. O Tempo<sub>PT</sub> foi menor a 60°.s<sup>-1</sup> e 180°.s<sup>-1</sup> para REC e somente a 180°.s<sup>-1</sup> para TRA. O Ângulo<sub>PT</sub> não foi modificado em nenhum dos grupos e velocidades. O CON não apresentou modificação em nenhuma das variáveis estudadas. **Conclusão:** Os resultados indicam que 3 sessões de treinamento isocinético foram suficientes para induzir ganhos de força (REC e TRA), entretanto, o REC, apresentou transferência nos ganhos de força para a velocidade não treinada em jovens universitários. Sugere-se, neste caso, a inclusão de exercícios com contrações recíprocas de músculos agonistas e antagonistas em programas de treinamento e reabilitação de curto prazo.

**Descritores:** Treinamento de força, isocinético, força muscular, eletromiografia.

## ABSTRACT

### Short-term isokinetic training: effects of a reciprocal action protocol between agonist and antagonist muscles

**Introduction:** Training programs based on the application of resistance exercise can be considered one of the most effective means for generating adaptations that determine the improvement in functional capacity of the neuromuscular system. In this context add to the findings of studies that have demonstrated the effectiveness of short-term training (sessions ranging from 1-3 up to 4-6 weeks of duration), which have great potential and represent a good alternative for rehabilitation and professionals of the sports area. Considering that little is known about the reasons for increased strength and performance in the early stages of training and purpose to achieve better results in conjunction with the reduction of time and number of sessions, it is important the study of short-term isokinetic training and its effects, not only in generating torque, but also other variables that reflect neuromuscular performance. **Objective:** To evaluate and compare the effects of a short duration isokinetic training of reciprocal actions (REC) in neuromuscular performance of the knee extensors in young men. **Methodology:** The sample comprised 29 men ( $21.1 \pm 2.3$  years,  $73.3 \pm 9.2$  kg,  $1.76 \pm 0.1$ m,  $23.6 \pm 2.6$  kg/m<sup>2</sup>) randomized into 3 groups: 1) control group (CON = 8) - were submitted only to the pre-and post-training evaluations, 2) Reciprocal Group (REC = 10) - underwent a reciprocal protocol of antagonists / agonists exercise (a repetition of knee flexion [KF] immediately followed by an extension of the knee [KE]), and 3) Traditional Group (TRA = 11) - underwent an isokinetic training protocol only KE. The training consisted of three sessions separated by 72 hours, with 4 sets of 10 maximal isokinetic concentric  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  and 1 minute of rest interval between sets. The evaluations were characterized by two sets of 4 repetitions of isokinetic concentric knee extension at two speeds: (1) slow ( $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ ) and (2) intermediate ( $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ). These assessments were performed 72 hours after the 3rd training session. Electromyographic signal of the vastus medialis (RMS<sub>VM</sub>) and biceps femoris (RMS<sub>BF</sub>) were recorded pre- and post-training. The peak torque (PT), total work (TW), rate of acceleration development (RAD), angle and time to peak torque (Time<sub>PT</sub>, Angle<sub>PT</sub>) and coactivation (%) were the dependent variables of the study. We used an analysis of variance (ANOVA) 3 x 2 (protocol x time) for repeated measures, with *post-hoc Tukey*, in order to determine differences in dependent variables. **Results:** We found significant gains for the PT at  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  (REC and TRA) and  $180^{\circ}\cdot s^{-1}$  (REC) after three training sessions. The PT of the REC was significantly higher than CON and TRA in the speed of training ( $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ ). There was no significant difference in the TW for both groups and speeds. The RAD was greater for TRA and REC at  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  and only TRA for  $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ . There was no change in RMS<sub>VM</sub> for both groups and speed and RMS<sub>BF</sub> only TRA have significant difference obtained at  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  but not at  $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ . The co-activation had a decrease in REC and TRA, however, significance was only observed at  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  in the TRA. The Time<sub>PT</sub> was lower than  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  and  $180^{\circ}\cdot s^{-1}$  to REC and only  $180^{\circ}\cdot s^{-1}$  to TRA. The Angle<sub>PT</sub> was not changed in either group and speeds. The CON showed no change in the variables studied. **Conclusion:** The results indicate that three training sessions were sufficient to induce isokinetic strength gains (REC and TRA),

however, the REC had better results compared to the TRA in university students. It is suggested in this case, the inclusion of exercises with reciprocal contractions of agonist and antagonist muscles in training programs and short-term rehabilitation.

**Key-words:** Resistance exercise, isokinetics, muscle strength, electromyography.

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF), realizado por meio de exercícios com pesos, também conhecido como musculação ou treinamento resistido, é utilizado em diferentes modalidades esportivas e tornou-se popular há mais de 70 anos (1-2). DeLorme e Watkins, após a segunda Guerra Mundial demonstraram a importância do treinamento com pesos para aumento da força e da hipertrofia muscular para na reabilitação dos militares feridos em combate (3). Desde então, o TF tem sido alvo de pesquisas em diversas áreas de conhecimento (2, 4-5).

Durante muitos anos, acreditou-se que o TF teria sua importância somente na perspectiva do esporte de alto rendimento. No entanto, pesquisas realizadas ao longo das últimas duas décadas têm indicado a relevância desse tipo de treinamento para outras populações, haja vista a sua importância para o incremento nos níveis de força muscular em crianças e adolescentes (6), adultos e idosos (2, 7-9). Atualmente, o TF é praticado por um grande número de pessoas e recomendado pelas principais organizações de saúde do mundo (2, 10). No meio desportivo, o TF tem ganhado muita importância por favorecer o desempenho e diminuir a incidência de lesões (11-12).

Moritani & DeVries (13) apresentaram os primeiros achados relativos aos ganhos de força nas fases iniciais do TF. Os autores demonstraram a contribuição neural e hipertrófica sobre os ganhos de força dos flexores do cotovelo após oito semanas de treinamento. Após a intervenção, todos os voluntários aumentaram a força e com mudanças na atividade eletromiográfica (EMG), assegurando que nas primeiras semanas os fatores neurais apresentam

uma maior participação nos ganhos de força muscular e, entre a terceira e quinta semana, os fatores morfológicos (hipertrofia) começam a se destacar. As adaptações neurais, neste caso, podem ser caracterizadas pelo aumento da facilitação neural, além do aumento da ativação muscular, melhora da sincronização de unidades motoras ativas, e diminuição da co-ativação dos músculos antagonistas (14).

A este contexto somam-se os achados de estudos que têm demonstrado a eficiência de treinamentos de curta duração (variando desde 1-3 sessões até 4-6 semanas de duração), os quais apresentam grande potencial e representam boa alternativa para profissionais de reabilitação e da área desportiva (14). Entretanto, poucos trabalhos avaliaram os efeitos de programas com curtíssima duração (1 a 3 sessões) e as evidências, apesar de escassas, são controversas em relação aos ganhos de força e melhora do desempenho motor (14-17).

Prevost et al. (15) avaliaram dois grupos que treinaram a extensão de joelho por duas sessões nas velocidades lenta ( $30^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) e rápida ( $270^{\circ} \cdot s^{-1}$ ), adotando um volume de três séries com 10 repetições cada. Os autores encontraram que apenas o treino em velocidade rápida determinou aumento significativo de 22% no pico de torque médio. Por outro lado, Brown & Whitehurst (16) e Beck et al. (14) não verificaram os mesmos efeitos. Brown & Whitehurst (16) adotaram duas sessões de treinamento e um volume de três séries com oito repetições cada, e demonstraram aumentos apenas para a taxa de aceleração do movimento (TDA) sem mudanças no pico de torque (PT). Beck et al. (14) também não observaram ganhos, apesar de terem adotado um volume de seis séries com 10 repetições. Portanto, os efeitos e mecanismos do treinamento de curta duração nas diferentes manifestações de força muscular ainda são escassos e controversos. Por outro lado, com o objetivo de aumentar o desempenho muscular

e alcançar melhores resultados, métodos de treinamento têm sido desenvolvidos, no entanto, poucos estudos embasam sua aplicação (18-19).

A utilização de ações recíprocas (REC) entre agonistas e antagonistas é um dos métodos de TF que também é de interesse o treinamento e a reabilitação. Esse método consiste em realizar uma ação muscular concêntrica antagonista imediatamente antes de uma ação concêntrica agonista (20). Jeon et al. (20) avaliaram as REC em uma série com cinco repetições em três diferentes velocidades ( $100^{\circ} \cdot s^{-1}$ ,  $200^{\circ} \cdot s^{-1}$ ,  $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). Os mesmos demonstraram que durante  $100^{\circ} \cdot s^{-1}$  a contração concêntrica dos flexores do joelho, seguida imediatamente pela contração do agonista propiciou a geração de maior torque do extensor do joelho quando comparado a  $200^{\circ} \cdot s^{-1}$  e  $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ . A maioria dos estudos que sugerem que REC possam favorecer o desempenho do músculo agonista, foram realizados utilizando séries simples (20-21). Buscando elucidar esse método, Carregaro et al.(22) recentemente conduziram um estudo em jovens com o objetivo de avaliar e comparar os efeitos agudos de um protocolo de ação recíproca e um protocolo de super-set sobre o desempenho muscular durante séries múltiplas de exercício isocinético, na velocidade lenta ( $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) e intermediária ( $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). Os resultados indicaram que na REC houve uma manutenção do torque durante as séries, tanto na velocidade lenta quanto na velocidade rápida.

Este método pode ser interessante para profissionais ligados a reabilitação, bem como nos esportes, pois pode permitir o aumento no desempenho muscular e da capacidade de trabalho (20-21, 23), permitindo maior volume de treinamento em um curto período de tempo. No entanto, é importante compreender a influência de cada sistema sobre o desempenho muscular, a fim de elaborar programas de treinamento eficazes. Portanto, considerando que

pouco se sabe sobre o fenômeno responsável pelo aumento de força e desempenho nas fases iniciais de treinamento (16, 24) e o propósito de se alcançar melhores resultados em concomitância com a diminuição do número de sessões (19), torna-se importante o estudo do treinamento isocinético de curta duração principalmente utilizando métodos que envolvam ações musculares agonistas/antagonistas.

### **1.1 Objetivo**

Avaliar e comparar os efeitos de um treinamento isocinético de ações recíprocas (REC) de curta duração no desempenho neuromuscular dos extensores do joelho em homens jovens.

## **CAPÍTULO II**

### **2 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **2.1 Treinamento de Força**

Desde os primeiros registros da história, a capacidade de produzir força tem fascinado a humanidade. Tumbas egípcias de 2500 a.C. foram descobertas com figuras nas paredes mostrando disputas de força de vários tipos. Na China, testes de força eram utilizados para propósitos militares durante a dinastia Chou (1122 a 255 a.C.) (25). O TF é apontado na literatura como intervenção efetiva no aumento da força (26), ativação muscular (27) e massa muscular (28-29).

DeLorme & Watkins (3), após a segunda Guerra Mundial, demonstraram a importância do TF em aumentar a força e a hipertrofia muscular para a reabilitação dos militares feridos em combate. Somando aos achados anteriores, Berger (30-31) e Capen (32) investigaram a eficácia das diferentes combinações de séries, repetições e intensidades, contribuindo para a ampliação do conhecimento científico e, desde então, o TF tem sido alvo de pesquisas em diversas áreas de conhecimento (2, 5, 22).

Durante muitos anos acreditou-se que o TF teria sua importância somente na perspectiva do esporte de alto rendimento. Entretanto, pesquisas realizadas ao longo dos últimos anos têm indicado a relevância deste tipo de treinamento para outras populações, haja vista a sua importância no incremento da força muscular, tanto em crianças e adolescentes (33), como em adultos e idosos de ambos os sexos (2, 7, 9). Os incrementos de força estão

relacionados tanto à mudança no padrão de atividade muscular (27), quanto a mudanças morfológicas (29).

A prescrição de programas de TF induz a uma série de mudanças fisiológicas adaptativas (morfológicas, metabólicas e funcionais) e melhora, quando bem planejada e estruturada, a coordenação das atividades corporais em relação às regulações nervosas, hormonais e celulares. Contudo, tais mudanças dependem da manipulação de diversas variáveis, como: tipo, ordenação e forma de execução dos exercícios; número de séries e repetições; intensidade; velocidade de movimento e intervalos de recuperação entre as séries e entre as sessões de treinamento (1, 18).

A origem dos ganhos de força mediante processo de treinamento é neural e morfológica. Na perspectiva neural, quanto maior o número de unidades motoras recrutadas e suas respectivas frequências de disparo, maior será a força produzida (34). Remple et al. (35) apontam alguns achados da importância da influência neural na produção de força, tais como: a) ganhos de força sem ocorrência de hipertrofia, b) ganhos de força aos músculos não treinados. Estas são evidências de que a força gerada no músculo durante o treinamento pode ser explicada não somente pela hipertrofia como também pelo sistema nervoso central e periférico.

Häkkinen & Häkkinen (27) avaliaram os efeitos de 12 semanas de TF com intensidades entre 30 e 80 % da força máxima, em homens e mulheres de meia idade e idosos. O pico de torque (PT) do quadríceps, amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral e a área de secção transversa (ressonância magnética) foram avaliados. A força muscular aumentou significativamente após as 12 semanas em todos

os grupos, sem diferenças significativas entre os grupos no percentual de aumento. Também foram observados aumentos significativos em todos os grupos na EMG dos músculos treinados, área de secção transversa do quadríceps, bem como na força máxima relativa à área muscular após 12 semanas, sugerindo que adaptações neurais e morfológicas foram responsáveis pelo aumento na força muscular.

Além da força muscular o TF promove a melhora da velocidade (36), da coordenação (37), do equilíbrio e da funcionalidade em idosos (9). Tais achados ressaltam a importância da aplicação do TF no contexto da funcionalidade e da saúde da população. Com isso sua popularidade vem aumentando nas últimas duas décadas e é atualmente recomendado como parte dos programas de atividades físicas em adultos (2), idosos (38), cardiopatas (10, 38), diabéticos (39), crianças e adolescentes (40), por diversas organizações de saúde.

## **2.2 Ação Recíproca**

Os meios para elaboração e prescrição do treinamento visando à melhora das diferentes manifestações de força estão vastamente documentados na literatura. A prescrição de um programa de TF envolve a manipulação de diversas variáveis, determinadas pelos objetivos do programa e pelas necessidades individuais. Dentre as variáveis mais investigadas destacam-se velocidade de contração, ordem de exercícios, intervalo de recuperação entre as séries, frequência, intensidade e volume de treinamento (2).

Com o objetivo de aumentar o desempenho muscular e alcançar melhores resultados, reduzindo o tempo gasto durante as sessões de treinamento, vários métodos de TF têm sido desenvolvidos, no entanto, os estudos ainda são escassos (1). Grande parte dos métodos de

treinamento não foram criados por estudiosos do esporte, nem por teóricos do TF, mas por atletas e treinadores a partir de sua percepção e instinto (18).

O exercício de ações recíprocas (REC) é caracterizado como um método que alterna musculaturas agonistas e antagonistas. Um dos pontos positivos é o fato de que tal método proporciona uma diminuição no tempo de treinamento ou sessão de reabilitação. O REC é estruturado de modo que: para cada repetição, as contrações dos músculos agonistas devem vir imediatamente após a contração dos antagonistas. Estudos afirmam que a ação recíproca entre agonistas e antagonistas representa componentes de várias atividades funcionais, como chutar uma bola e andar de bicicleta, e indicam que seu estudo torna-se importante do ponto de vista funcional (20).

Em um dos poucos estudos a terem comparado métodos de treinamento com ações alternadas entre agonistas e antagonistas, Carregaro et al.(22), demonstraram que no exercício REC houve uma manutenção do torque e uma maior capacidade de trabalho durante séries múltiplas, tanto na velocidade lenta ( $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) quanto na velocidade intermediária ( $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ ), em comparação com a supersérie. Jeon et al. (20) avaliaram as ações recíprocas em uma série com cinco repetições em três diferentes velocidades ( $100^{\circ} \cdot s^{-1}$ ,  $200^{\circ} \cdot s^{-1}$ ,  $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). Os mesmos demonstraram que durante  $100^{\circ} \cdot s^{-1}$ , a contração concêntrica dos flexores do joelho, seguida imediatamente pela contração dos agonistas propiciou a geração de maior torque do extensor do joelho ( $100.1 \pm 30.7$  N.m) quando comparado a  $200^{\circ} \cdot s^{-1}$  e  $300^{\circ} \cdot s^{-1}$  ( $77.92 \pm 24.99$  N.m e  $54.24 \pm 20.81$  N.m). Bohannon (41) demonstrou que a ação recíproca gerou um torque 10% maior do que na modalidade supersérie em sujeitos acometidos por acidente vascular encefálico. Por outro lado, Bohannon et al. (42) não obtiveram os mesmos resultados ao

comparar o método REC e o tradicional (TRA), em indivíduos saudáveis. Ao que parece, este método pode ser interessante para profissionais ligados a reabilitação, bem como nos esportes, pois pode permitir um melhor desempenho muscular e aumento da capacidade de trabalho (21-22). Entretanto, as evidências ainda são escassas. Embora a maior parte da literatura sugira que as ações recíprocas possam favorecer o desempenho do músculo agonista, estas análises foram realizadas utilizando séries simples (20-21), o que não pode ser transferido para o TF tradicional, onde são realizadas séries múltiplas (22). Além disso, é importante compreender a influência de cada sistema sobre o desempenho muscular, a fim de elaborar programas de TF eficazes. Por fim, não foram encontrados estudos nos quais o método REC tenha sido investigado em treinamentos de curta duração.

### **2.3 Treinamento de curta duração e treinamento tradicional**

O treinamento isocinético tem sido utilizado para determinar a relação força-velocidade do sistema músculo esquelético humano (43), bem como para avaliar força de diferentes populações, apresentando alta confiabilidade (44). Desta forma, o treinamento isocinético pode ser útil em diversas esferas do treinamento e da reabilitação de indivíduos atletas e não atletas.

Os aumentos do pico de toque, decorrentes do treinamento isocinético crônico já foi amplamente relatado na literatura (45-46). Recentemente, alguns autores dedicaram atenção aos possíveis ganhos de força produzidos pelo treinamento isocinético de curto prazo, desde 2 a 3 sessões ou até 2 semanas de treino (14-17, 23, 43). O potencial ganho de força com poucas sessões de treino seria especialmente relevante para profissionais de saúde e pacientes envolvidos no treinamento e reabilitação, uma vez que poderia diminuir o número de

visitas dos pacientes/atletas às clínicas, possivelmente diminuindo custos e aumentando a adesão ao tratamento, além de impor resultados em um curto período de tempo. Tal aspecto pode ser importante no aumento da adesão à prática do exercício, além de apresentar aplicações práticas importantes para a área desportiva, na qual resultados rápidos são almejados. Entretanto, os resultados encontrados ainda são controversos.

Prevost et al.(15) avaliaram dois grupos que treinaram a extensão de joelho em duas sessões nas velocidades lenta ( $30^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) e rápida ( $270^{\circ} \cdot s^{-1}$ ), adotando um volume de três séries com 10 repetições cada. Os voluntários foram testados em três diferentes velocidades (30, 150 e  $270^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). Os autores encontraram que apenas o treino em velocidade rápida teve aumento significativo, de 22,1%, no pico de torque médio gerado pelos sujeitos na velocidade específica de treinamento, não havendo transferências para as demais velocidades. Os resultados foram atribuídos a fatores neurais (aprendizado motor).

Brown & Whitehurst (16), por outro lado, não verificaram os mesmos efeitos. Trinta homens e trinta mulheres foram contrabalanceados e separados em treinamento lento ( $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ ), rápido ( $240^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) e controle. O treinamento era composto por um protocolo com duas sessões de treinamento isocinético e um volume de três séries com oito repetições. Os autores avaliaram o PT e a taxa de desenvolvimento de velocidade (TDA), que até então não havia sido estudada em protocolos de treinamento de curta duração. Os resultados demonstraram aumentos apenas para a TDA em ambos os grupos e na velocidade específica de treinamento, não havendo diferença no PT após duas sessões de treinamento isocinético. O grupo controle não alterou as variáveis estudadas.

Brown & Whitehurst (16) analisando criticamente o estudo de Prevost et al. (15), apontaram falhas metodológicas que podem ter levado ao expressivo aumento. Tais falhas referem-se a não distinção entre as fases do movimento no exercício isocinético (load range, overshooting, aceleração). Segundo Brown, o treinamento isocinético envolve uma fase de aceleração do movimento que pode, artificialmente, aumentar a produção do PT devido ao possível aumento na taxa de produção de velocidade.

Akima et al. (43) relataram significativos aumentos no nível de força muscular do quadríceps femoral após curto período de treino isocinético concêntrico. Os voluntários realizaram nove sessões de treino num período de duas semanas com uma velocidade de treino de  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$  e avaliações em várias velocidades (60, 90, 120, 180, e  $240^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). Os resultados evidenciaram melhora no PT em quase todas as velocidades testadas. Os ganhos de força no estudo são atribuídos à maior atividade contrátil verificada por eletromiografia no pós-teste, uma vez que não houve hipertrofia.

Coburn et al. (17), com o objetivo de analisar os efeitos de três dias de treinamento isocinético sobre o PT e EMG, dividiram aleatoriamente trinta mulheres em três grupos  $30^{\circ} \cdot s^{-1}$ ,  $270^{\circ} \cdot s^{-1}$  e controle. O volume adotado no estudo foi de quatro séries de dez repetições. Os resultados apontaram ganhos significantes, de aproximadamente 24%, após três sessões para o grupo que treinou a extensão do joelho com velocidade de  $30^{\circ} \cdot s^{-1}$  e 40% na velocidade de  $270^{\circ} \cdot s^{-1}$ . No entanto, não houve mudanças na amplitude do sinal eletromiográfico, após o período de treinamento.

Na tentativa de esclarecer melhor o fenômeno responsável pelo aumento da força no treinamento de curta duração, Beck et al (14) avaliaram PT dos flexores e extensores do

cotovelo através de EMG em contrações isocinéticas máximas por duas sessões de treino. Os voluntários de Beck treinaram seis séries de 10 repetições a  $180^{\circ}.s^{-1}$  e foram testados pré e pós-teste em três diferentes velocidades (60, 180 e  $300^{\circ}.s^{-1}$ ). Não foram observadas diferenças no PT em ambas as velocidades testadas. Em adicional, não houve diferença na ativação da musculatura agonista ou redução da co-ativação antagonista, o que sugere que para membros superiores, duas sessões de treino não são suficientes para induzir essas adaptações neurais.

Cunha et al. (23) verificaram aumento no PT na velocidade de treinamento ( $120^{\circ}.s^{-1}$ ) e em uma velocidade lenta ( $60^{\circ}.s^{-1}$ ), em jovens submetidos a três sessões de treinamento isocinético com volume de quatro séries com dez repetições de extensão do joelho, no entanto, os mesmos não utilizaram variáveis para possíveis explicações das estratégias neurais do aumento do PT em tão pouco tempo (TDA e EMG).

Outros estudos observaram aumentos no PT com apenas três (17) ou nove sessões de treino (43). Em contrapartida, Brown (16) e Beck et al. (14) não observaram os mesmos resultados com duas sessões de treino, embora o estudo de Brown & Whitehurst tenha demonstrado melhora na TDA, fato que também seria atribuído a fatores neurais.

Oliveira et al (24) apresentaram ferramentas importantes para o entendimento dos ganhos de força em treinamentos de curta duração. Os mesmos avaliaram o PT, EMG, TDA, taxa de desenvolvimento de força (TDF) e variáveis cinemáticas (ângulo do pico de torque e tempo para o pico de torque) dos extensores do joelho após sessão única de treinamento. Os voluntários (dezessete homens) treinaram duas séries com cinco repetições a 60 e  $180^{\circ}.s^{-1}$  e foram testados pré- e pós-treinamento nas mesmas velocidades. Os autores não encontram

diferenças na EMG, entretanto, houve aumento do PT para 60 e 180°.s<sup>-1</sup> acompanhado de mudanças na TDF e TDA.

Em síntese, a literatura é escassa e apresenta achados controversos no que diz respeito aos ganhos de força e seus mecanismos após o treinamento isocinético de curta duração. Mais estudos são necessários para elucidar as diferenças entre os trabalhos já publicados, como o volume de treino necessário, as velocidades empregadas, bem como a comparação entre diferentes métodos de treinamento.

## **2.4 Eletromiografia e força**

Diante da necessidade de se entender o comportamento muscular nos diferentes métodos de treinamento, a eletromiografia de superfície (EMG) tem sido utilizada como ferramenta para avaliar qualitativamente o padrão de ativação muscular no TF, já que demonstra uma indicação direta e não-invasiva da atividade das unidades motoras (47).

Durante a fase inicial do treinamento, Enoka (48) sugere a ocorrência da maximização da via neural. Dois fatores explicam essa ocorrência no músculo, a freqüência de disparo das unidades motoras e o limiar de recrutamento das unidades motoras. Existem evidências de que a freqüência de disparo das unidades motoras aumenta e o limiar de disparo diminui com o TF (48). Sendo assim, após um período de treinamento, um nível de força mais baixo seria necessário para que todas as unidades motoras fossem ativadas. A monitorização do recrutamento de unidades motoras é feita através da EMG.

A EMG é uma técnica de registro e monitorização dos potenciais de ação das membranas de fibras musculares em contração e que permite o estudo da função muscular

através da análise dos sinais elétricos. O registro destes sinais contém informações importantes sobre o padrão de recrutamento e a variação da frequência dos potenciais de ação das unidades motoras sob diferentes condições de contração (47).

No TF a EMG é usada principalmente como: a) indicativo do início e do término da contração muscular; b) indicativo da relação entre a EMG e a força produzida e c) como um indicador do início do processo de fadiga (47). Poucos estudos abordaram o uso da EMG como ferramenta complementar, procurando entender as respostas do treinamento de curta duração, bem como os efeitos dos métodos REC e TRA (17-20).

Coburn et al. (17), com o objetivo de analisar os efeitos de três dias de treinamento isocinético sobre o PT e EMG, dividiram aleatoriamente trinta mulheres em três grupos  $30^{\circ}.s^{-1}$ ,  $270^{\circ}.s^{-1}$  e controle. Os resultados apontaram ganhos significantes, de aproximadamente 24%, após três sessões, para o grupo que treinou a extensão do joelho com velocidade de  $30^{\circ}.s^{-1}$  e, 40%, na velocidade de  $270^{\circ}.s^{-1}$ . No entanto, não houve mudanças na amplitude da EMG, após o período de treinamento.

Jeon et al. (20) avaliaram a ativação da EMG durante a fase concêntrica de extensão do joelho por meio dos valores de pico e médio do RMS (amplitude do sinal eletromiográfico) e ativação inicial dos músculos vasto medial e lateral. Os resultados indicaram aumento da EMG do quadríceps no método REC. Miller et al. (49) avaliaram o sistema recíproco de flexão e extensão do joelho em três condições, nas quais os sujeitos realizaram a extensão do joelho seguida pela flexão em 1 série de 6 repetições máximas a  $60^{\circ}.s^{-1}$  e  $180^{\circ}.s^{-1}$ , e 1 série de 30 repetições máximas a  $300^{\circ}.s^{-1}$ . Em relação à análise eletromiográfica, o estudo avaliou o RMS e a frequência mediana. Para determinar a fadiga, os autores avaliaram a frequência mediana

na 15<sup>a</sup> e 30<sup>a</sup> repetições na condição de 300°.s<sup>-1</sup>. Os achados demonstraram que o músculo vasto medial apresentou 1,5 vezes mais ativação do que o vasto lateral nas 3 condições e que o bíceps femoral foi o mais ativado durante a flexão. Adicionalmente, tanto o vasto medial quanto o bíceps femoral não apresentaram sinais de fadiga na condição de 300°.s<sup>-1</sup>. Com base no estudo de Miller é possível notar que os músculos vasto medial e bíceps femoral parecem ser os mais importantes durante ações que alternam os músculos agonistas e antagonistas do joelho. No entanto, vale mencionar que Miller e colaboradores avaliaram a atividade eletromiográfica durante séries simples e apenas das repetições nas quais foi gerado o pico de torque. Neste caso, não foi possível observar a resposta muscular ao longo do tempo e, além disso, se haveriam variações no comportamento da amplitude eletromiográfica entre diferentes sistemas de exercício (supersérie e ação recíproca).

Os estudos apontam para a necessidade de esquemas integrados de treinamento e análises das possíveis interações que ocasionam rendimento em determinados exercícios. A comparação das respostas EMG entre métodos REC e TRA é inexistente por conta dos diferentes protocolos empregados nas pesquisas. Sendo assim, faz-se necessário o monitoramento e acompanhamento das possíveis respostas que possam influenciar o desempenho de força.

## CAPÍTULO III

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada na realização do presente projeto de pesquisa foi inicialmente analisada pelo Comitê de Ética de Pesquisas em Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde (FS) da Universidade de Brasília (UnB) (ANEXO I).

#### 3.1 Amostra

Participaram do presente estudo trinta e seis homens ( $21.1 \pm 2.3$  anos;  $73.3 \pm 9.2$  kg;  $1.76 \pm 0.1$  m;  $23.6 \pm 2.6$  kg/m<sup>2</sup>), universitários, fisicamente ativos, com idade compreendida entre 18 e 26 anos, que não praticavam TF há pelo menos seis meses. Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: a) não possuir qualquer tipo de comprometimento cardio-respiratório; b) não possuir qualquer tipo de lesão ósteo-mio-articular; c) não possuir qualquer tipo de doença metabólica; d) não ter participado de qualquer tipo de TF nos últimos seis meses precedentes ao início do experimento.

Os participantes foram selecionados após assinarem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo II), informando sobre os objetivos, procedimentos, riscos e benefícios dos métodos empregados no estudo, de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), além de responderem a um questionário sobre seu histórico médico, físico e nutricional para participação na pesquisa (anexo III).

Os sujeitos selecionados para participarem do presente estudo foram alocados aleatoriamente por meio de sorteio, em três grupos: grupo controle (CON), grupo treinamento

recíproco (REC) e grupo treinamento tradicional (TRA). Foi utilizado um envelope opaco contendo vários cartões com os nomes das intervenções (neste caso, utilizou-se como nomes “CONTROLE”, “RECÍPROCO” e “TRADICIONAL”), tendo assim, garantido o sigilo da alocação dos participantes. Sete voluntários foram excluídos da amostra por não completarem todas as etapas da pesquisa.

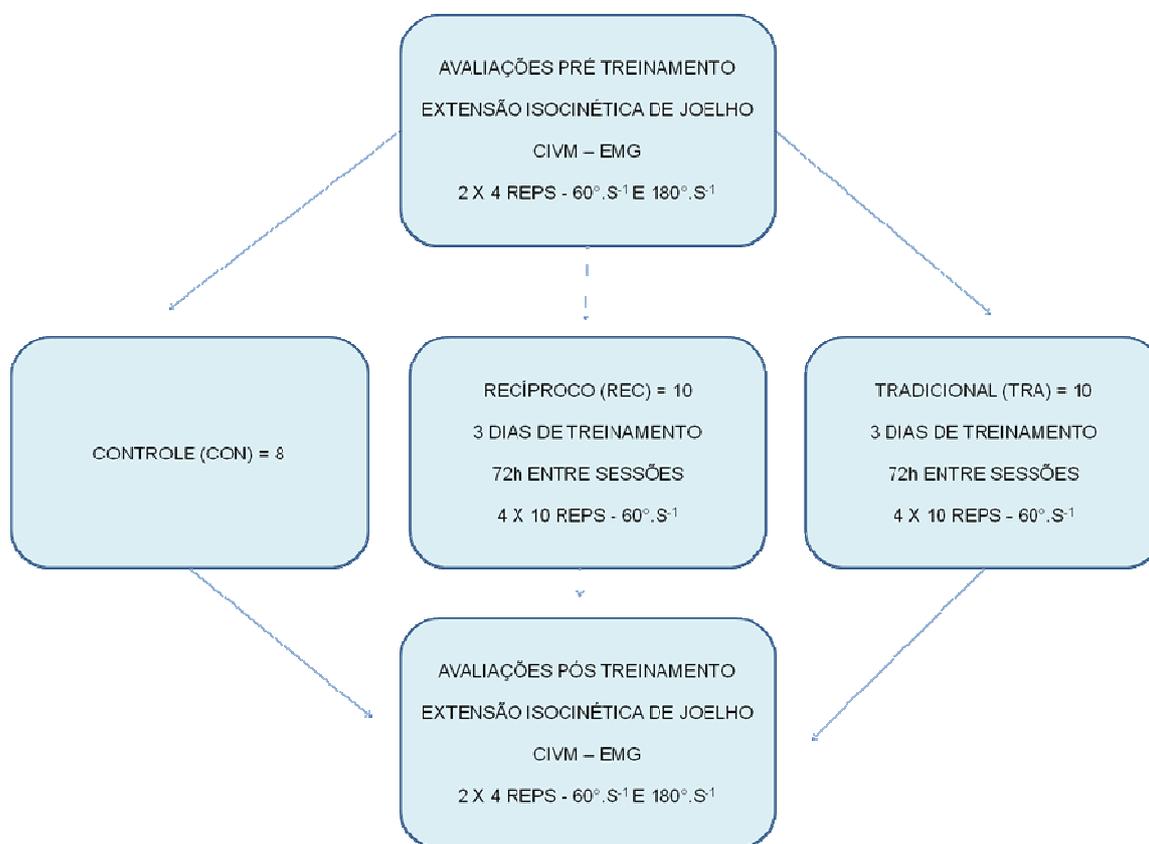
### **3.2 Antropometria**

Com o objetivo de melhor descrever a amostra foram mensuradas a estatura e a massa corporal. Na mensuração da massa corporal foi utilizada uma balança de plataforma digital, com resolução de 0.1 kg. O avaliado se posicionou em pé, de costas para a balança, com afastamento lateral dos pés, estando a plataforma entre eles; e a estatura foi determinada em um estadiômetro com precisão de 0,1 cm, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon et al. (50). O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pelo quociente massa corporal/estatura<sup>2</sup>, sendo a massa corporal expressa em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m).

### **3.3 Procedimentos**

Para um melhor entendimento do delineamento do estudo, um resumo esquemático está apresentado na Figura 1. Os voluntários compareceram ao laboratório no mínimo em duas ocasiões (CON) e no máximo em cinco diferentes ocasiões (REC e TRA), com um intervalo de 72 horas entre cada visita (REC, TRA e CON). Após a leitura e compreensão dos

procedimentos da pesquisa, todos os voluntários assistiram a vídeos referentes aos procedimentos dos testes e treinamento a fim de esclarecer os métodos utilizados em toda a pesquisa. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Força e Biomecânica, localizado na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília, na presença do pesquisador responsável. Os voluntários foram instruídos a comparecerem aos testes com vestimenta adequada.



**Figura 1.** Resumo esquemático do estudo

### 3.4 Protocolo de Treinamento

Os sujeitos selecionados para participarem deste estudo foram divididos em 3 grupos:

1) Grupo Controle (CON, n = 8): foram submetidos somente às avaliações pré e pós-treino. Os mesmos não realizaram nenhum tipo de treinamento e lhes foi solicitado que continuassem com suas atividades de rotina.

2) Grupo Recíproco (REC, n = 10): foram submetidos a um protocolo de três sessões de treinamento isocinético concêntrico imediato de agonistas e antagonistas. Este formato preconiza que, em cada repetição, haja o movimento de flexão concêntrica do joelho imediatamente seguido pela sua extensão concêntrica. O exercício foi dividido em quatro séries de 10 repetições cada, na velocidade de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ . Entre as séries, houve um intervalo de recuperação de um minuto (52).

3) Grupo Tradicional (TRA, n = 11): foram submetidos a um protocolo de três sessões de treinamento isocinético concêntrico somente dos extensores do joelho. O exercício foi dividido em quatro séries de 10 repetições cada, com velocidade de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ . Entre as séries, também houve um intervalo de recuperação de um minuto (52).

### **3.5 Avaliação das diferentes manifestações de força muscular**

#### **3.5.1 Dinamômetro isocinético**

O pico de torque (PT) e o trabalho total (TT) gerado pelo movimento foram mensurados em um dinamômetro isocinético, modelo Biodex System III (Biodex Medical, Inc., Shirley, NY), do Laboratório de Força e Biomecânica da UnB. A calibração do dinamômetro foi realizada de acordo com as recomendações do fabricante. O membro direito foi utilizado para padronização do teste uma vez que estudos anteriores não encontraram diferença nas variáveis isocinéticas

entre os membros inferiores, dominante e não dominante, em indivíduos não treinados (51). Os testes para avaliação do desempenho foram caracterizados por duas séries de quatro repetições máximas de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho, em duas velocidades angulares ( $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ , e  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ ), com um intervalo de um minuto entre as séries e dois minutos entre cada velocidade (52), utilizando-se uma amplitude de movimento de flexo-extensão de  $80^{\circ}$ . Todas as avaliações foram precedidas por um aquecimento de uma série de quatro repetições submáximas a  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$ . Durante os testes, os voluntários se sentaram de modo que o eixo de rotação do dinamômetro ficasse alinhado com o eixo de rotação do joelho direito. O braço de alavanca foi ajustado e fixado aos maléolos do tornozelo. Os ajustes da cadeira e do dinamômetro para cada indivíduo foram anotados para assegurar que o posicionamento fosse o mesmo entre os diferentes testes. Os indivíduos foram fixados ao equipamento por tiras com velcro nas coxas, pélvis e tronco para estabilizar o corpo e prevenir movimentações indesejadas. A correção da gravidade foi obtida medindo-se o torque exercido pelo braço de resistência e a perna do avaliado (relaxada), na posição de extensão terminal. Os valores das variáveis isocinéticas foram automaticamente ajustados para gravidade pelo programa Biodex Advantage Software.

Na realização do teste, foi pedido aos voluntários que mantivessem seus braços cruzados na altura do tórax (53). Além disso, foi dado encorajamento verbal e feedback visual pelo monitor do computador do dinamômetro, na tentativa de se alcançar o nível de esforço máximo (54-55). O procedimento de teste foi realizado pelo mesmo investigador para todos os sujeitos (44) (Figura 2).



**Figura 2.** Dinamômetro isocinético utilizado na pesquisa.

### **3.5.2 Determinação da taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA), ângulo ( $\text{Angulo}_{PT}$ ) e tempo para o pico de torque ( $\text{Tempo}_{PT}$ )**

Os sinais eletromiográficos e isocinéticos foram processados por meio de uma rotina de análise no programa Matlab (*version 7.8 release 2009, MathWorks Inc, USA*) o que permitiu a sincronização das variáveis isocinéticas e eletromiográficas. Adotou-se um filtro butterworth de 4<sup>a</sup> ordem com frequência de passa-banda entre 20Hz a 450 Hz, para filtragem do sinal eletromiográfico. Os dados de posição, velocidade angular e torque foram filtrados com um filtro de passa-baixa de 30Hz. Os valores da taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA) foram

calculados com base na inclinação da curva torque X tempo, durante a fase inicial da contração isocinética concêntrica, representando o tempo despendido até se atingir a fase isocinética (fase na qual a velocidade de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  ou  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$  era atingida). A partir deste marco, a rotina delimitou o início e fim da fase isocinética. Com base na demarcação, todos os dados foram processados tendo como referência este período. A repetição com o maior PT foi utilizada para análise pré- e pós-treinamento das seguintes variáveis:

1) Tempo para o pico de toque ( $Tempo_{PT}$ ): é o tempo despendido até o PT, calculado em milissegundos (ms). 2) Ângulo do pico de torque ( $\hat{A}ngulo_{PT}$ ): é o ângulo no momento em que o PT é atingido, expresso em graus ( $^{\circ}$ ). 3) Taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA): é o tempo despendido para alcance da velocidade angular estabelecida, expresso em ( $s^{-1} \cdot s^{-1}$ ).

### **3.5.3 Contração isométrica voluntária máxima**

Todos os sujeitos foram submetidos a um teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM) no dinamômetro isocinético. Como padronização adotou-se a orientação de Aagaard et al. (56), orientando o voluntário que realizasse o “chute” o “mais rápido e forte”. Três comandos verbais foram adotados para o início do teste “atenção, prepara... vai”. O protocolo consistiu de duas contrações isométricas máximas, de três segundos de duração com a articulação do joelho posicionada a aproximadamente  $120^{\circ}$  ( $180^{\circ}$  extensão máxima). Como orientação foi solicitado que o voluntário buscasse atingir o mais rápido possível sua força máxima e que o mesmo sustentasse por três segundos. Entre as contrações houve um intervalo de um minuto de recuperação (52).

### 3.6 Eletromiografia

O registro e processamento dos sinais eletromiográficos foram baseados nas recomendações e cuidados propostos pela Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (51) e nas recomendações de Soderberg & Knutson (59). Os registros eletromiográficos dos testes isocinéticos foram obtidos por um eletromiógrafo portátil, de 8 canais (Miotool 400, da marca *MIOTEC - Equipamentos Biomédicos Ltda, Brasil*), com resolução de 14bits, nível de ruído < 2LSB e modo de rejeição comum de 110db. Os sinais foram ajustados a 2000Hz amostragens por segundo, com um ganho final de 1000 e transmitidos em conexão a um microcomputador via porta USB (Figura 3).

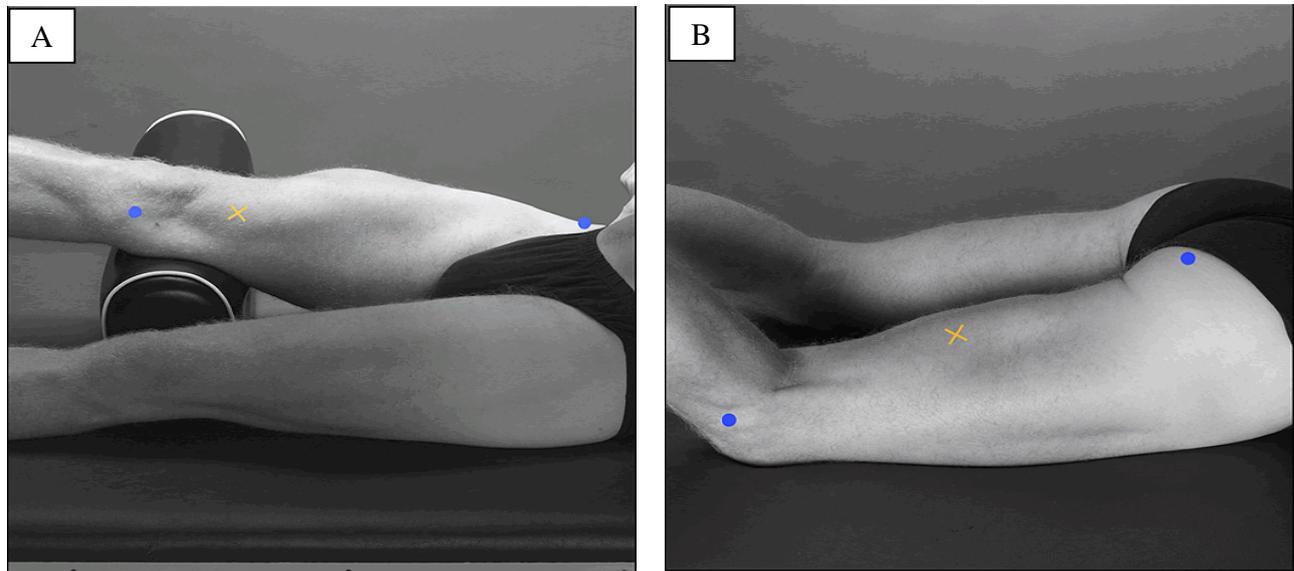


**Figura 3.** Eletromiógrafo Miotool 400, da marca *MIOTEC - Equipamentos Biomédicos Ltda, Brasil*

Os eletrodos ativos simples diferencial (impedância de entrada de  $10^{10}$  Ohm) circulares e de modelo duplo, possuem espuma de polietileno com adesivo medicinal hipoalérgico, gel

sólido aderente, contato bipolar de Ag/AgCl e distância entre os pólos de 20 mm (HAL Indústria e Comércio Ltda). Os pares de eletrodos foram posicionados sobre os ventres musculares e em paralelo às fibras musculares do BF e VM, segundo a descrição clássica de Basmajian e Deluca (57), e em acordo com a metodologia proposta pelo SENIAM (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles) (Figura 4). Antes da colocação dos eletrodos, a área onde os mesmos foram colocados foi tricotomizada, e em seguida abrasada com álcool 70%, para diminuir a impedância da pele. O eletrodo de referência foi posicionado na sétima vértebra cervical (C7). Além disso, a pele foi marcada com caneta do tipo “marcador para retroprojeter” a fim de certificar o mesmo posicionamento dos eletrodos ao longo dos testes. As marcas foram refeitas ao final de cada treinamento e/ou teste. A amplitude do sinal eletromiográfico foi calculada por meio da RMS (root mean square/amplitude do sinal eletromiográfico) durante a fase isocinética do PT.

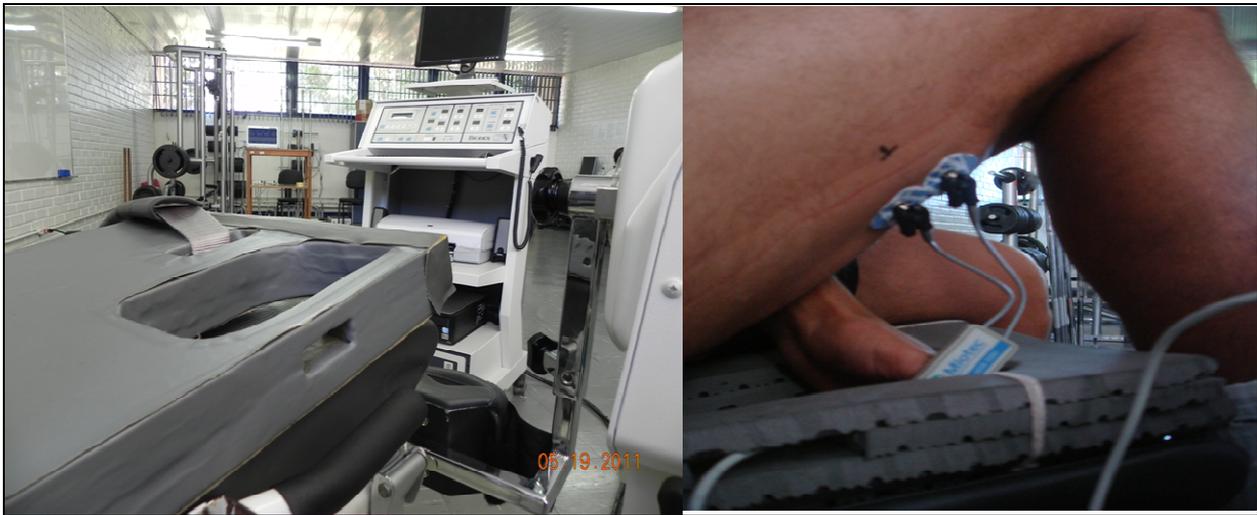
O sinal captado pelo eletromiógrafo foi gravado em um microcomputador no software Miograph (*Miotec Equipamentos Biomédicos* Ltda, Brasil) para posterior análise. Primeiramente, foram retirados os ganhos do sinal nos arquivos brutos e, então, quando necessário, realizada a filtragem digital do sinal, utilizando-se filtros do tipo Passa-banda Butterworth, de 5ª ordem, com frequência de corte entre 20 e 450 Hz, que remove picos automáticos. A RMS corresponde à área do sinal após ele ser elevado à segunda potência, ser extraída sua raiz quadrada (retificação) e após seus valores serem convertidos em percentuais do pico máximo do próprio sinal (normalização) (47). Foi adotado um processo de normalização em relação à porcentagem da contração voluntária isométrica máxima (CVIM).



**Figura 4.** Posicionamento dos eletrodos da eletromiografia de acordo com o SENIAM. A) vasto medial e B) bíceps femoral.

A co-ativação entre os músculos BF e VM foi calculada com a relação da atividade muscular durante os movimentos de extensão e flexão dos joelhos ( $rmsBF/rmsVM$ ), em cada repetição, no entanto, somente a repetição de maior PT foi utilizado para análise.

Com o intuito de permitir o monitoramento do músculo BF na posição sentada, no presente estudo foi confeccionado um banco de borracha EVA (etil-vinil-acetato) e revestimento em courvin, que possui um orifício na região da coxa. Este banco permitiu a livre movimentação da perna durante as avaliações, sem que o eletrodo acoplado ao BF tocasse o banco do dinamômetro (Figura 5).



**Figura 5.** Adaptação do banco do dinamômetro isocinético para coleta do sinal eletromiográfico do bíceps femoral.

### 3.7 Procedimentos estatísticos

Considerando o erro tipo um ( $\alpha=0.05$ ) e um erro tipo dois ( $\beta=0.20$ ), foi realizado um cálculo amostral tendo como base um poder estatístico de 80%. A significância adotada foi de 5% ( $P<0.05$ ). As análises foram realizadas por meio do programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*), versão 17.0. Os dados são apresentados em relação à média  $\pm$  desvio-padrão, tendo sido verificada a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov. A significância adotada foi de 5% ( $P<0,05$ ). As variáveis independentes são: protocolos (REC, TRA e CON) e momentos (pré e pós-treinamento). As variáveis dependentes são: Taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA), Ângulo e Tempo para o pico de torque (Tempo<sub>PT</sub>, Ângulo<sub>PT</sub>), Coativacão, RMS<sub>VM</sub> e RMS<sub>BF</sub>, pico de torque (PT) e trabalho total (TT). Utilizou-se uma Análise de Variância (ANOVA) 3 x 2 (protocolos x momentos) para medidas repetidas, com o teste *post-hoc* de Tukey, com o intuito de se verificar diferenças nas

variáveis dependentes. O teste de esfericidade de Mauchly's W foi aplicado e, sempre que refutado, as análises basearam-se na correção de Greenhouse-Geisser.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS

As características antropométricas dos participantes dos três grupos estão apresentadas na Tabela 2. Todas as variáveis (idade, peso, altura e IMC) foram submetidas ao teste de normalidade (KS), obtendo aprovação na distribuição gaussiana ( $p > 0,1$ ) e, portanto, distribuição normal, caracterizando a amostra como homogênea.

**Tabela 1.** Valores médios ( $\pm$ DP) das características descritivas dos participantes do grupo de ações recíprocas (REC), tradicional (TRA) e controle (CON).

	<b>REC (n = 10)</b>	<b>TRA (n = 11)</b>	<b>CON (n = 8)</b>
Idade (anos)	21.7 ( $\pm$ 2.1)	20.5 ( $\pm$ 2.8)	20.9 ( $\pm$ 2.0)
Peso (kg)	74.7 ( $\pm$ 9.3)	70.2 ( $\pm$ 9.8)	75.5 (8.0)
Estatura (m)	1.75 ( $\pm$ 0.0)	1.78 ( $\pm$ 0.1)	1.75 (0.1)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24.1 ( $\pm$ 2.4)	22.2 ( $\pm$ 2.3)	24.7( $\pm$ 2.6)

$p > 0,1$  para o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS) em todas as variáveis.

#### 4.1 Pico de torque (PT) e trabalho total (TT)

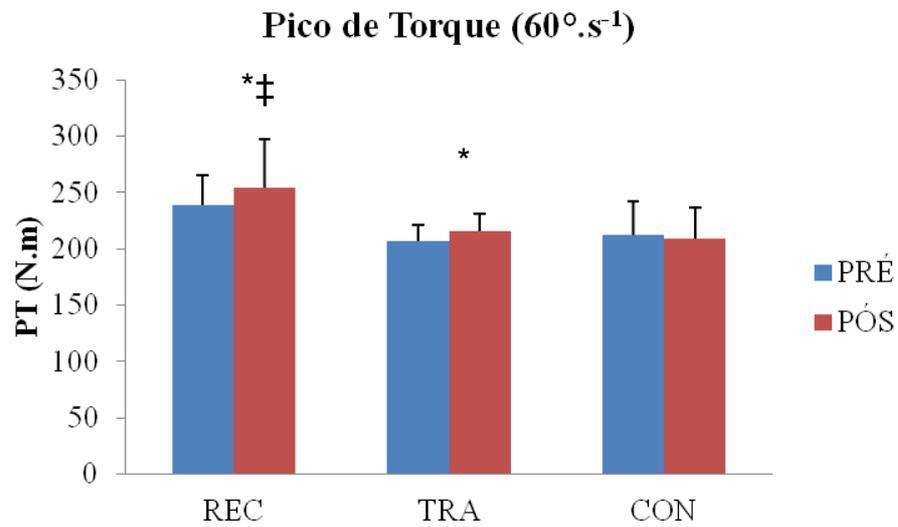
Os valores de PT e TT foram mensurados nos momentos pré e pós treinamento. Os resultados obtidos a  $60^\circ \cdot s^{-1}$  e  $180^\circ \cdot s^{-1}$  podem ser observados nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

**Tabela 2.** Dados da avaliação pré e pós-treinamento, na velocidade de  $60^{\circ}.s^{-1}$  ( $\Delta\%: \frac{Pós-Pré}{Pré} * 100$ ).

	Pico Torque (N.m)			Trabalho Total (J)		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
<b>REC</b>	239,15 $\pm$ 26,34	253,86 $\pm$ 43,05 *	6,14 ‡	833,10 $\pm$ 107,04	842,76 $\pm$ 79,84	1,14
<b>TRA</b>	206,71 $\pm$ 14,76	215,94 $\pm$ 14,92 *	4,47	736,10 $\pm$ 81,1	749,40 $\pm$ 96,4	1,8
<b>CON</b>	212,20 $\pm$ 30,09	209,36 $\pm$ 26,66	-1,33	673,60 $\pm$ 118,7	726,80 $\pm$ 110,1	-7,89

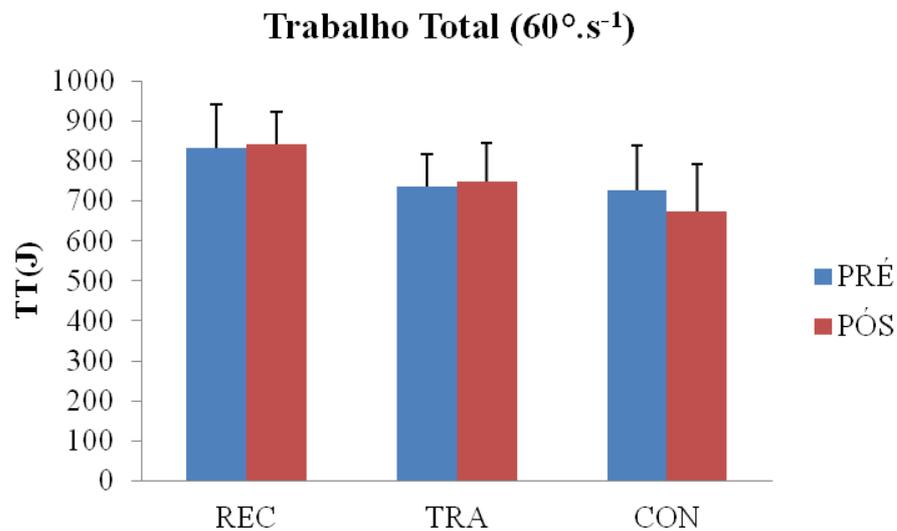
\* $p < 0,05$  maior do que Pré-treinamento; ‡  $p < 0,05$  maior do que CON e TRA.

A Figura 6 apresenta o comportamento do PT a  $60^{\circ}.s^{-1}$  nos momentos pré e pós treinamento para todos os grupos. Diferenças significantes foram encontradas nos grupos REC e TRA após o treinamento ( $p=0,019$  e  $p=0,001$ , respectivamente), sem qualquer alteração no grupo CON. A comparação entre os protocolos demonstrou haver diferenças significantes entre os grupos REC e TRA ( $p=0,029$ ) e REC e CON ( $p=0,014$ ). O grupo TRA apesar de não diferir significantemente do grupo CON, teve um aumento do PT de 4,47 %, enquanto que o grupo CON teve uma queda de 1,33% (Tabela 2).



**Figura 6.** Pico de torque (N.m) a  $60^{\circ}.s^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós-treinamento de curta duração. \* $p < 0,05$  maior do que Pré-treinamento; ‡  $p < 0,05$  maior do que CON e TRA ( $p < 0,05$ ).

O TT não apresentou diferença significativa após intervenção para nenhum dos grupos estudados (Figura 7 e Tabela 2).



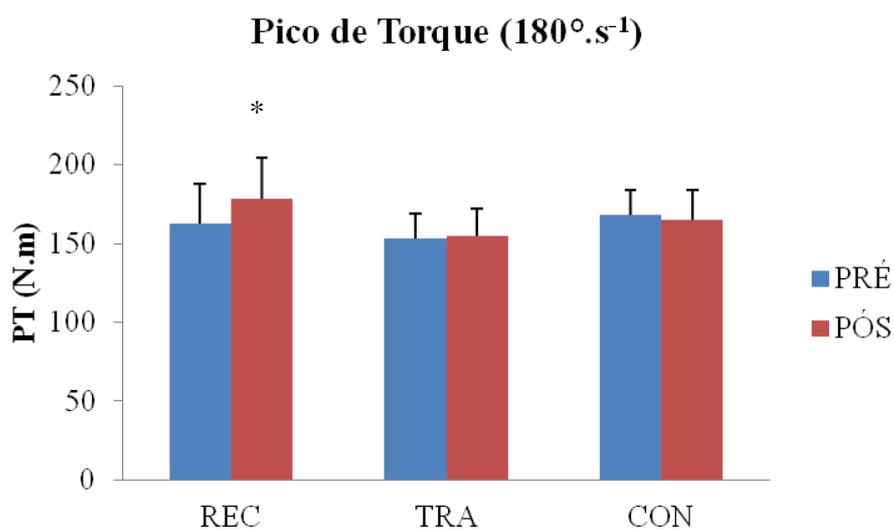
**Figura 7.** Trabalho Total (J) a  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração.

Na velocidade intermediária ( $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ ), somente o grupo REC teve um aumento significativo no PT ( $p = 0,001$ ), no entanto, na análise inter-grupos não foi possível verificar nenhuma diferença entre protocolos (Tabela 3 e Figura 8).

**Tabela 3.** Dados da avaliação pré e pós-treinamento, na velocidade de 180°.s<sup>-1</sup> ( $\Delta\%: \frac{Pós-Pré}{Pré} * 100$ ).

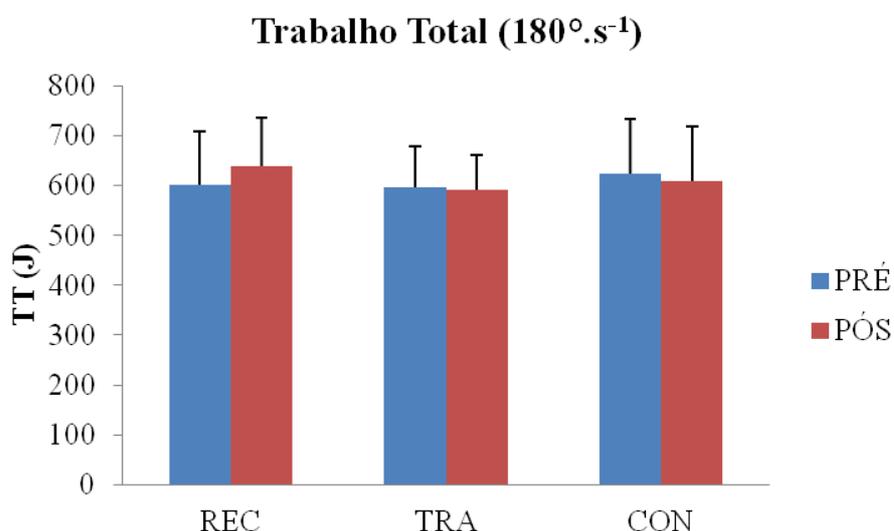
	Pico Torque (N.m)			Trabalho Total (J)		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
<b>REC</b>	162,64 ± 25,15	178,19 ± 26,03 *	9,56	600,44 ± 44,29	637,93 ± 96,95	6,24
<b>TRA</b>	153,5 ± 15,2	154,4 ± 18,0	0,58	595,9 ± 60,6	590,2 ± 71,1	-0,96
<b>CON</b>	167,8 ± 16,1	165,1 ± 18,9	-1,63	622,6 ± 90,0	609,5 ± 108,6	-2,14

\* $p < 0,05$  maior do que Pré-treinamento.



**Figura 8.** Pico de torque (N.m) a 180°.s<sup>-1</sup> dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós-treinamento de curta duração. \* $p < 0,05$  maior do que Pré-treinamento.

Os valores de TT gerados pelos participantes durante a execução dos protocolos na velocidade de  $180^{\circ}.s^{-1}$  estão apresentados na figura 9. Não foram encontradas diferenças pós-treinamento em nenhum dos grupos. Na análise inter-grupos não foram encontradas diferenças significantes do TT entre os protocolos (Tabela 3). Entretanto, é possível notar que o protocolo REC apresentou uma maior  $\Delta\%$  do TT (6,24%) em relação ao protocolo TRA e CON (-0,96 e -2,14% respectivamente).



**Figura 9.** Trabalho Total (J) a  $180^{\circ}.s^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós-treinamento de curta duração.

#### 4.2 Taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA), tempo para atingir o pico de torque ( $Tempo_{PT}$ ) e ângulo do pico de torque ( $\hat{\text{Ângulo}}_{PT}$ )

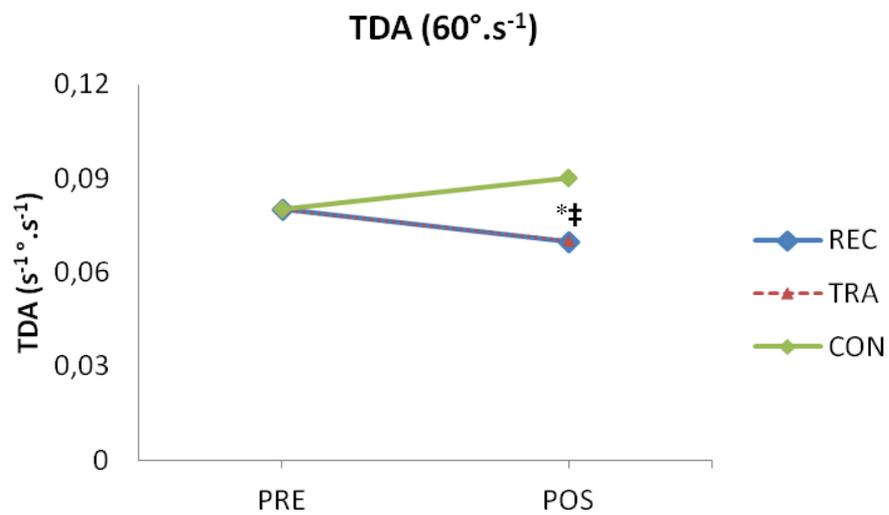
O comportamento da TDA para as diferentes velocidades ( $60$  e  $180^{\circ}.s^{-1}$ ) estão apresentados na Tabela 4 e podem ser observado nas Figuras 10 e 11 respectivamente.

**Tabela 4.** Média ( $\pm$ SD) da taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades (60 e 180 $^{\circ}$ .s $^{-1}$ ).

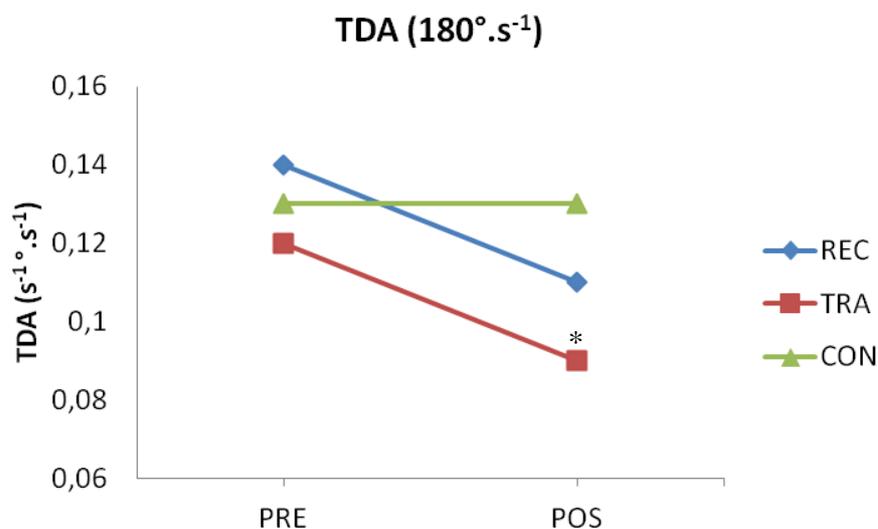
	TDA 60 $^{\circ}$ .s $^{-1}$ (s $^{-1}$ .s $^{-1}$ )			TDA 180 $^{\circ}$ .s $^{-1}$ (s $^{-1}$ .s $^{-1}$ )		
	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$
<b>REC</b>	0.08 $\pm$ 0.02	0.07 $\pm$ 0.01*	-13.0 $\ddagger$	0.14 $\pm$ 0.04	0.11 $\pm$ 0.02	- 21.0
<b>TRA</b>	0.08 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.01*	-13.0 $\ddagger$	0.12 $\pm$ 0.02	0.09 $\pm$ 0.01*	- 25.0
<b>CON</b>	0.08 $\pm$ 0.01	0.09 $\pm$ 0.01	13.0	0.13 $\pm$ 0.02	0.13 $\pm$ 0.03	0.0

\*  $p < 0,05$  em relação ao Pré-treinamento;  $\ddagger p < 0,05$  em relação ao CON.

Houve diferença significativa na TDA na velocidade de 60 $^{\circ}$ .s $^{-1}$  para REC e TRA ( $p=0,02$  e 0,02). A 180 $^{\circ}$ .s $^{-1}$  somente o grupo TRA teve aumento na TDA ( $p = 0,02$ ). O grupo CON não apresentou diferenças no pós-teste. Na análise inter-grupos foi possível verificar uma diferença significativa da TDA entre os grupos REC e CON ( $p = 0,04$ ) e TRA e CON ( $p = 0,05$ ) após o treinamento de curta duração à 60 $^{\circ}$ .s $^{-1}$ , sem alterações significativas na velocidade de 180 $^{\circ}$ .s $^{-1}$  (Tabela 4 e Figuras 10 e 11).



**Figura 10.** Taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA) a  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. \*  $p < 0,05$  em relação ao Pré-treinamento; ‡ em relação ao grupo CON.



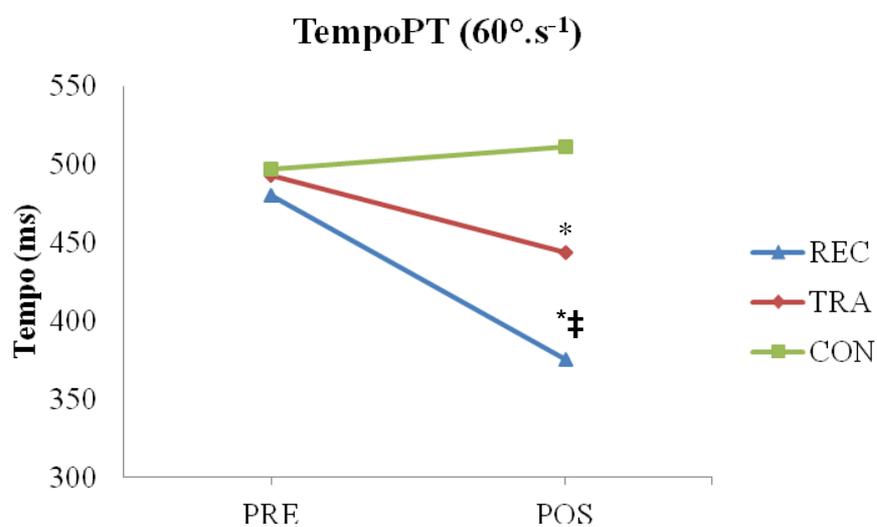
**Figura 11.** Taxa de desenvolvimento de aceleração (TDA) a  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. \*  $p < 0,05$  em relação ao Pré-treinamento para o grupo TRA.

O comportamento do  $Tempo_{PT}$  para as diferentes velocidades ( $60$  e  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) estão apresentados na Tabela 5 e podem ser observado nas Figuras 12 e 13 respectivamente. Foi possível observar que nas velocidades de  $60$  e  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$  o grupo REC atingiu o PT ( $Tempo_{PT}$ ) significativamente mais rápido do que o CON ( $p=0,008$  e  $0,008$ ). O grupo TRA atingiu o PT significativamente ( $p=0,04$ ) mais rápido que o CON apenas na velocidade de  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ . Houve diferença significante entre os protocolos ao longo dos momentos analisados. Na velocidade de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  o grupo REC diferiu do CON ( $p=0,009$ ) após três dias de treinamento. O grupo TRA apresentou uma queda de 10% na  $Tempo_{PT}$  a  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ , no entanto, não diferiu do grupo CON, que teve uma resposta de 3% em relação ao pré-teste. Na velocidade de  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$  o grupo TRA apresentou diferença entre o grupo CON ( $p= 0,03$ ) (Tabela 5 e Figuras 12 e 13).

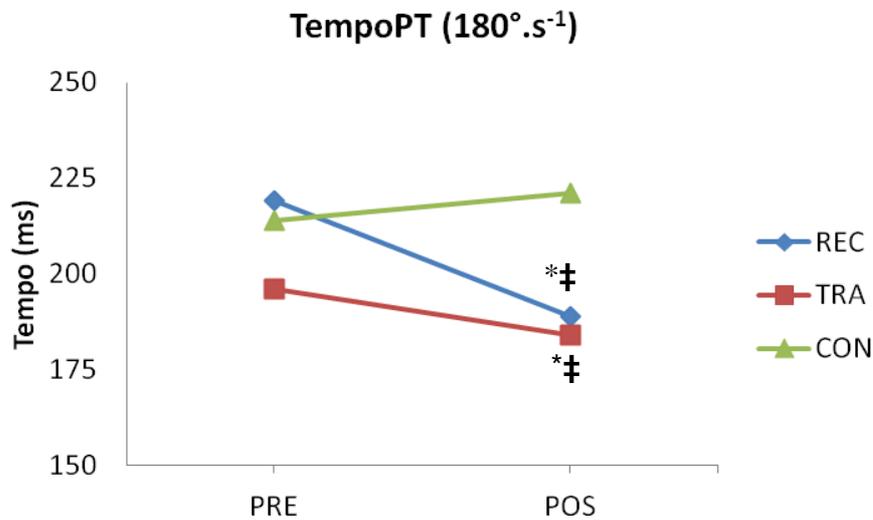
**Tabela 5.** Média ( $\pm$ SD) do tempo para atingir o pico de torque ( $\text{Tempo}_{\text{PT}}$ ) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$  e  $180^\circ\cdot\text{s}^{-1}$ ).

	$\text{Tempo}_{\text{PT}} 60^\circ\cdot\text{s}^{-1}$ (ms)			$\text{Tempo}_{\text{PT}} 180^\circ\cdot\text{s}^{-1}$ (ms)		
	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$
<b>REC</b>	480 $\pm$ 62.51	375 $\pm$ 77.06 *	-28.0 ‡	219 $\pm$ 28.04	189 $\pm$ 15.26 *	- 13.0 ‡
<b>TRA</b>	493 $\pm$ 86.7	444 $\pm$ 73.73	-10.0	196 $\pm$ 18.38	184 $\pm$ 14.01 *	- 6.0 ‡
<b>CON</b>	497 $\pm$ 45.77	511 $\pm$ 32.30	3.0	213 $\pm$ 31.55	221 $\pm$ 23.55	3.0

\*  $p < 0,05$  em relação ao Pré-treinamento; ‡ em relação ao grupo CON.



**Figura 12.** Tempo para atingir o PT ( $\text{Tempo}_{\text{PT}}$ ) a  $60^\circ\cdot\text{s}^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. \*  $p < 0,05$  em relação ao Pré-treinamento; ‡ em relação ao grupo CON.



**Figura 13.** Tempo para atingir o PT ( $\text{Tempo}_{\text{PT}}$ ) a  $180^{\circ} \cdot \text{s}^{-1}$  dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração. \*  $p < 0,05$  em relação ao pré-treinamento; ‡ em relação ao grupo CON.

As alterações do  $\hat{\text{Ângulo}}_{\text{PT}}$  para as diferentes velocidades ( $60$  e  $180^{\circ} \cdot \text{s}^{-1}$ ) estão apresentados na Tabela 6. Não foram verificadas mudanças no  $\hat{\text{Ângulo}}_{\text{PT}}$  após a intervenção em nenhum dos grupos estudados (Tabela 6).

**Tabela 6.** Média ( $\pm$ SD) do ângulo em que o pico de torque foi atingido ( $\hat{\text{Ângulo}}_{\text{PT}}$ ) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$  e  $180^{\circ} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

	$\text{Tempo}_{\text{PT}} 60^{\circ} \cdot \text{s}^{-1} (^{\circ})$			$\text{Tempo}_{\text{PT}} 180^{\circ} \cdot \text{s}^{-1} (^{\circ})$		
	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$
<b>REC</b>	$63.09 \pm 3.55$	$65.84 \pm 3.59$	4.0	$57.88 \pm 5.20$	$60.95 \pm 5.97$	5.0
<b>TRA</b>	$64.64 \pm 4.87$	$67.65 \pm 5.12$	5.0	$64.61 \pm 4.32$	$66.50 \pm 4.51$	3.0
<b>CON</b>	$63.21 \pm 5.3$	$60.04 \pm 3.84$	- 5.0	$64.14 \pm 4.93$	$62.9 \pm 3.84$	- 2.0

### 4.3 RMS da fase isocinética do vasto medial e bíceps femoral ( $RMS_{VM}$ e $BF$ ) e taxa de co-ativação do bíceps femoral

Os achados referentes à  $RMS_{VM}$  a  $60^\circ$   $180^\circ.s^{-1}$  podem ser observados na Tabela 7. Não foram encontradas diferenças significativas em nenhum momento entre os protocolos.

**Tabela 7.** Média ( $\pm$ SD) da RMS da fase isocinética do vasto medial ( $RMS_{VM}$ ) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$  e  $180^\circ.s^{-1}$ ). Valores da RMS expressos em % da CIVM.

	$RMS_{VM} 60^\circ.s^{-1}$			$RMS_{VM} 180^\circ.s^{-1}$		
	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$
<b>REC</b>	$0.97 \pm 0.23$	$1.10 \pm 0.28$	12.0	$0.82 \pm 0.13$	$0.95 \pm 0.28$	16.0
<b>TRA</b>	$0.93 \pm 0.11$	$0.98 \pm 0.10$	5.0	$0.87 \pm 0.15$	$0.92 \pm 0.12$	6.0
<b>CON</b>	$0.86 \pm 0.17$	$0.97 \pm 0.17$	13.0	$0.91 \pm 0.08$	$0.95 \pm 0.16$	4.0

Já a  $RMS_{BF}$  não apresentou a mesma resposta entre os protocolos. O TRA obteve uma diminuição significativa do  $RMS_{BF}$  a  $60^\circ.s^{-1}$  após o treinamento ( $p= 0,04$ ). Entre REC e CON não foi verificada alteração significativa. Não foi observado mudanças significativas na velocidade  $180^\circ.s^{-1}$  apesar de ambos os grupos apresentarem quedas na  $RMS_{BF}$  (Tabela 8).

**Tabela 8.** Média ( $\pm$ SD) da RMS da fase isocinética do bíceps femoral ( $RMS_{BF}$ ) dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades ( $60$  e  $180^{\circ}.s^{-1}$ ). Valores da RMS expressos em % da CIVM.

	$RMS_{BF} 60^{\circ}.s^{-1}$			$RMS_{BF} 180^{\circ}.s^{-1}$		
	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	$\Delta\%$
<b>REC</b>	$0.1 \pm 0.06$	$0.08 \pm 0.02$	- 20.0	$0.09 \pm 0.06$	$0.06 \pm 0.01$	- 32.0
<b>TRA</b>	$0.12 \pm 0.03$	$0.10 \pm 0.03$ *	- 17.0	$0.09 \pm 0.09$	$0.07 \pm 0.02$	- 22.0
<b>CON</b>	$0.09 \pm 0.07$	$0.08 \pm 0.01$	- 11.0	$0.09 \pm 0.05$	$0.08 \pm 0.07$	- 13.0

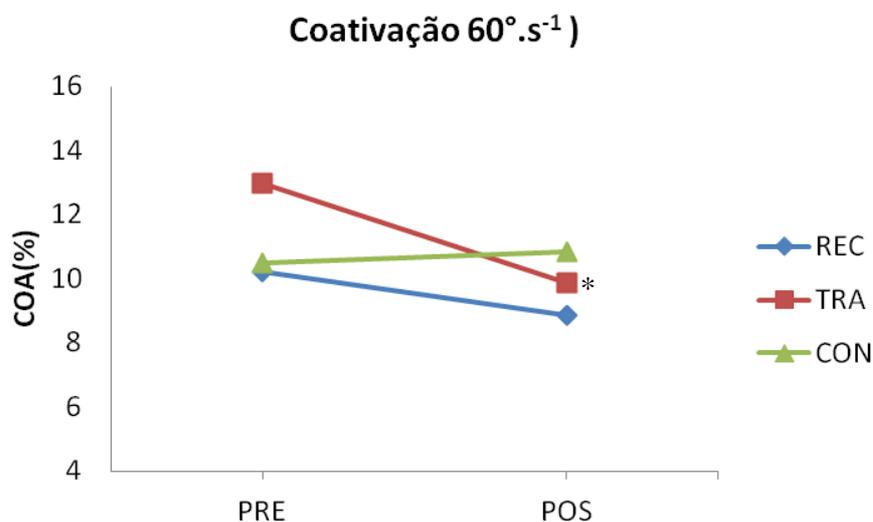
\*  $p < 0,05$  em relação ao pré-treinamento.

Na taxa de co-ativação foram observadas quedas significativas no TRA a  $60^{\circ}.s^{-1}$  ( $p=0,013$ ), o mesmo não verificado nos grupos REC e CON. Apesar da ausência significância o protocolo REC teve queda de 14 % em contraste com uma queda de 3% no CON. Na velocidade de  $180^{\circ}.s^{-1}$  nenhuma diferença foi observada, entretanto, os grupos REC e TRA tiveram uma diminuição considerável da co-ativação (-37 e -33%, respectivamente). (Tabela 9 e Figuras 14 e 15).

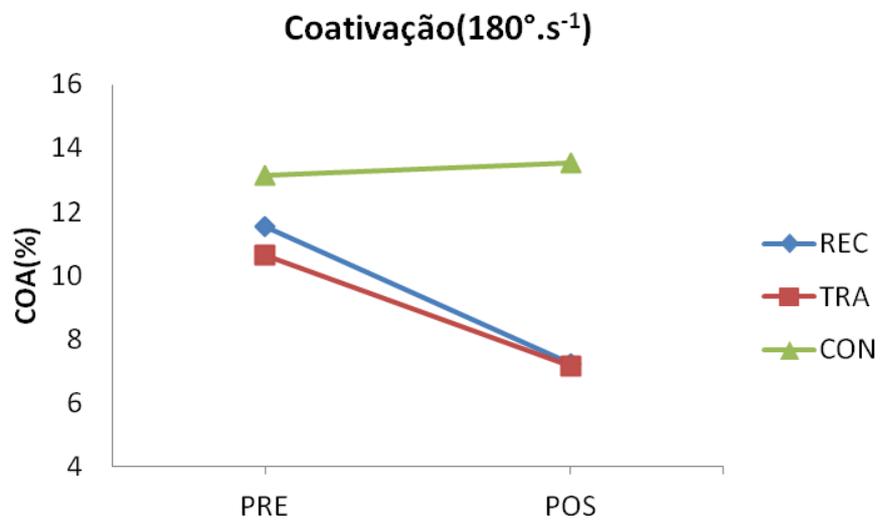
**Tabela 9.** Média ( $\pm$ SD) da taxa de co-ativação (%) no momento do pico de torque dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) para as diferentes velocidades (60 e 180°·s<sup>-1</sup>). Valores expressos em % da CIVM.

	Coativação 60°·s <sup>-1</sup> (%)			Coativação 180°·s <sup>-1</sup> (%)		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
<b>REC</b>	10.22 $\pm$ 7.65	8.84 $\pm$ 0.87	- 14.0	11.55 $\pm$ 6.97	7.22 $\pm$ 2.41	- 37.0
<b>TRA</b>	12.97 $\pm$ 3.52	9.87 $\pm$ 3.16	- 24.0*	10.63 $\pm$ 9.70	7.16 $\pm$ 2.29	- 33.0
<b>CON</b>	10.49 $\pm$ 8.71	10.85 $\pm$ 6.91	- 3.0	13.16 $\pm$ 13.3	13.53 $\pm$ 12.31	3.0

\*  $p < 0,05$  em relação ao Pré-treinamento.



**Figura 14.** Co-ativação (COA%) a 60°·s<sup>-1</sup> dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós-treinamento de curta duração. \*  $p < 0,05$  em relação ao Pré-treinamento para o TRA;



**Figura 15.** Co-ativação (COA%) a 180°.s<sup>-1</sup> dos grupos controle (CON), tradicional (TRA) e recíproco (REC) pré- e pós- treinamento de curta duração.

## CAPÍTULO V

### 5 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar e comparar os efeitos de um treinamento isocinético de ações recíprocas (REC) de curta duração no desempenho neuromuscular dos extensores do joelho em homens jovens. Os achados demonstraram que o treinamento de ações recíprocas apresentou maiores ganhos de força (6,0%) na velocidade treinada ( $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ ) e maiores ganhos de força (9,56%) também na velocidade intermediária ( $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ) após um treinamento de curta duração. Quanto ao TT, não foram encontradas diferenças entre os grupos na velocidade de  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ . No entanto, apesar da ausência de significância estatística, as quedas do TT no grupo REC foram menores quando comparado com o TRA e CON na velocidade de  $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ . Os nossos resultados corroboram com os achados de Carregaro et al. (22), os quais demonstraram que em séries múltiplas de exercício isocinético ( $60$  e  $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ ) as ações REC tiveram uma menor queda do TT em comparação a outros protocolos, em ambas as velocidades.

Roy e colaboradores (21) sugerem que as vantagens advindas das ações recíprocas se devem a estímulos facilitatórios dos órgãos tendinosos de golgi (OTG), dos músculos flexores e dos fusos musculares dos extensores, atribuídas à flexão prévia. Seus resultados sugerem que a ação recíproca tende a gerar mais torque extensor do joelho, o que poderia explicar as diferenças inter-grupos. Ao que parece, tal resposta seria explicada por um evento neuromuscular causado pela ação do músculo flexor, que ativaria os OTGs e sua rede de

motoneurônios, enquanto que, concomitantemente, os fusos musculares dos extensores (alongados) levariam a uma facilitação e melhor desempenho na contração subsequente.

No presente estudo, três sessões de treinamento com velocidade de  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  potencializaram ganhos significativos de 6% no PT para o grupo REC e 4% para o TRA. Tais achados corroboram o estudo de Coburn et al. (17), que também relatam ganhos significantes de aproximadamente 24% após três sessões para o grupo que treinou extensão do joelho com velocidade de  $30^{\circ}\cdot s^{-1}$  e 40% na velocidade de  $270^{\circ}\cdot s^{-1}$  sem mudanças na EMG para ambos os protocolos. A magnitude dos resultados podem ter diferido devido à diferença entre as velocidades adotadas por Coburn et al. (17) ( $30^{\circ}\cdot s^{-1}$  e  $270^{\circ}\cdot s^{-1}$ ) com a do presente estudo ( $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ ), além disso os mesmos não controlaram variáveis que possam explicar esse aumento no PT durante o treinamento de curta duração como a TDA.

Prevost et al. (15), demonstraram ganhos significantes de PT após duas sessões de treinamento isocinético. Entretanto, os mesmos relataram ganhos de 22%, muito superior ao do presente estudo (~7%) e próximos ao de trabalhos que adotaram de quatro a nove semanas de duração (43, 58). Os autores atribuíram os aumentos na produção de PT aos mecanismos neurais, uma vez que não ocorrem mudanças morfológicas em treinamentos com duração menor que duas semanas (43). Prevost et al. (15) e Coburn et al. (17) não apresentaram ferramentas que explicassem a magnitude de tais resultados, mas Brown e Whitehurst (16) argumentam que essa discrepância pode ter ocorrido devido a falta de controle das fases de aceleração e desaceleração do movimento. Ao que parece, ganhos na faixa de ~30 % com apenas duas ou três sessões podem ter sido influenciados por aumentos de aceleração do

membro inferior (TDA) (16) e/ou pelo aumento da taxa de desenvolvimento de força (TDF) (24, 56).

Brown e Whitehurst (16) buscando reproduzir e elucidar tais achados, verificaram os efeitos de duas sessões de treinamento isocinético a  $60^{\circ}.s^{-1}$  e  $240^{\circ}.s^{-1}$  no PT e na TDA. Apesar de não encontrarem diferença significativa no PT, demonstram achados próximos ao do nosso estudo, com ganhos aproximados de 5% no PT e dos resultados de Cunha et al. (23). Os achados Brown e Whitehurst (16) contribuíram ainda para melhor esclarecimento dos mecanismos envolvidos nos ganhos de força do treinamento de curta duração, pois foram os primeiros a analisarem a TDA durante esse tipo de protocolo. Trinta homens e trinta mulheres foram contrabalanceados e separados em treinamento lento ( $60^{\circ}.s^{-1}$ ), rápido ( $240^{\circ}.s^{-1}$ ) e controle. O treinamento era composto por um protocolo com duas sessões de treinamento isocinético e um volume de três séries com oito repetições. Os autores avaliaram o PT e a TDA, que até então não havia sido estudada em protocolos de treinamento de curta duração. Os resultados demonstraram aumentos para a TDA em ambos os grupos de treinamento na velocidade específica, ou seja, a TDA foi maior no grupo lento ( $60^{\circ}.s^{-1}$ ), somente nesta velocidade, o mesmo ocorrendo para o grupo rápido ( $240^{\circ}.s^{-1}$ ). O grupo controle não alterou as variáveis estudadas.

Os resultados da TDA no presente estudo vão parcialmente ao encontro aos achados de Brown & Whitehurst (16), visto que houve uma transferência para a velocidade não treinada ( $180^{\circ}.s^{-1}$ ). O grupo REC teve melhora significativa somente na velocidade específica de treinamento ( $60^{\circ}.s^{-1}$ ), porém o grupo TRA obteve significância na velocidade de treinamento ( $60^{\circ}.s^{-1}$ ) e em velocidade intermediária ( $180^{\circ}.s^{-1}$ ). Esse possível contraste pode ser explicado

pela diferença no volume de treinamento e nas velocidades adotadas para avaliação. Enquanto, Brown & Whitehurst (16) utilizaram um volume de duas sessões (3 séries x 8 reps) e uma velocidade rápida ( $240^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) o presente estudo utilizou um volume de três sessões (4 séries x 10 reps) e uma velocidade intermediária ( $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ ).

Cunha et al. (23) procurando entender as respostas do treinamento de curta duração avaliaram 11 jovens em um protocolo composto por três sessões (4 séries; 10 reps isocinéticas concêntricas a  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). As avaliações do treinamento foram aplicadas pré- e pós- a 2ª e 3ª sessões em três diferentes velocidades ( $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ ,  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$  e  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). Os autores verificaram aumento no PT a  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  e  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$  após duas sessões de treinamento. O treinamento de curta duração foi suficiente para induzir ganhos de força na velocidade treinada ( $120^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) e em velocidade de contração mais lenta ( $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ ), em indivíduos jovens.

No presente estudo, foram verificados aumentos no PT concomitantes a uma diminuição no  $Tempo_{PT}$  e diminuição da TDA, mas sem alterações no  $Angulo_{PT}$ . Esses resultados corroboram em parte com os achados de Oliveira et al. (24), que após uma sessão única de treinamento isocinético, com volume de duas séries de cinco repetições a 60 e  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ , tiveram aumento no PT e TT, acompanhado de mudanças da TDA e TDF mas, sem alteração na relação comprimento-tensão do músculo, que pode ser inferida tendo como referência o  $Angulo_{PT}$ .

Aagaard et al.(56) demonstraram que aumentos no PT provocados por treinamento de força estão relacionados com um aumento na TDF, índice que descreve as mudanças na excitabilidade do motoneurônio, melhorando a produção de força rápida durante as fases iniciais de programas de treinamento. De fato, a capacidade de gerar velocidade e aceleração,

ao serem mediados por respostas neurais, parecem ser variáveis importantes no estudo dos ganhos iniciais de força. Apesar de não ter sido enfocada no presente trabalho, a TDF é um parâmetro funcional importante que indica mudanças qualitativas como o aumento do recrutamento de motoneurônios e aumento da frequência de disparo (16, 56).

Parece ser um ponto consensual na literatura que a amplitude do sinal eletromiográfico está relacionada com a ativação de unidades motoras (59-60), caracterizando a EMG como importante ferramenta de avaliação das adaptações neurais pós-treinamento. No entanto, nenhuma evidência significativa foi observada no REC e CON na EMG após a intervenção. O grupo TRA teve uma diminuição da  $RMS_{BF}$  acompanhado de uma queda na co-ativação (%) na velocidade de  $60^{\circ}.s^{-1}$ . Na velocidade intermediária ( $180^{\circ}.s^{-1}$ ), nenhuma alteração foi verificada em ambos os grupos. Não foram observadas diferenças na resposta da EMG dos extensores e flexores do joelho entre protocolos. Vários estudos apresentaram resultados semelhantes. Coburn et al (17) e Oliveira et al. (24) encontraram alterações no PT sem mudanças na EMG de flexores e extensores do joelho. No entanto, não podemos deixar de levar em consideração as limitações do uso da EMG, como artefatos de movimento, problemas relacionados a captação e filtragem de sinal, mesmo seguindo todas as recomendações dos principais órgãos do assunto (57, 61)

Hakkinen et al (28) estudaram idosos durante um período de seis meses, em que os mesmos foram submetidos ao TF realizando extensões de joelho. Ao final do estudo observaram aumentos da EMG dos agonistas, com reduções significativas na co-ativação dos antagonistas. Holtermann et al. (58) verificaram em nove sessões de TF aumentos de 15,7% do torque, mas sem um aumento da EMG do músculo treinado. Os autores sugerem que a taxa de

disparo das unidades motoras poderia aumentar o torque, sem alterar a EMG, mas destacam que ainda não se sabe como esta sincronização poderia aumentar a geração de força. Ainda, especulam que o ganho de força não se deve ao aumento da atividade do músculo agonista e sugerem novos estudos para elucidar os sítios específicos de adaptação neural nas fases iniciais de treinamento (58).

Carolan e Cafarelli (62) evidenciaram que após oito semanas de TF utilizando exercícios unilaterais de extensão de joelho, ocorreu a redução de aproximadamente 20% na co-ativação. Eles concluíram que esta diminuição na co-ativação dos antagonistas, seria uma adaptação neural que não provoca hipertrofia do sistema neuromuscular. O grupo TRA apresentou diferença significativa na velocidade de  $60^{\circ}.s^{-1}$  da taxa de co-ativação ( $p= 0,013$ ) e queda considerável a  $180^{\circ}.s^{-1}$  (- 32%), o mesmo ocorrendo com o REC -20 e -22% para  $60^{\circ}.s^{-1}$  e  $180^{\circ}.s^{-1}$ , respectivamente, apesar de não apresentarem resultado significativo.

Em respeito à transferência de ganho de força em outras velocidades, verificou-se que o treinamento em velocidade lenta adotada no presente estudo ( $60^{\circ}.s^{-1}$ ) determinou aumento no torque tanto na velocidade treinada, quanto na intermediária ( $180^{\circ}.s^{-1}$ ), apenas para o protocolo REC. O TRA teve uma resposta significativa na velocidade de  $60^{\circ}.s^{-1}$ , porém sem alteração na velocidade de  $180^{\circ}.s^{-1}$ . Ou seja, os sujeitos submetidos a treinamento de curta duração no REC em velocidade lenta ( $60^{\circ}.s^{-1}$ ) aumentou o PT tanto na velocidade treinada, quanto na velocidade intermediária ( $180^{\circ}.s^{-1}$ ). Somando aos achados do estudo, Prevost et al. (15) verificaram que o treinamento na velocidade de  $270^{\circ}.s^{-1}$  não ocasionou aumentos na velocidade lenta adotada ( $30^{\circ}.s^{-1}$ ). Do mesmo modo, Coburn et al. (17) relataram que o grupo treinado com a velocidade de  $270^{\circ}.s^{-1}$  apresentou ganhos apenas nesta velocidade. Cunha et al. (23)

apresentaram ganhos na velocidade treinada ( $120^{\circ}\cdot s^{-1}$ ) e em velocidade lenta ( $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ ), após três dias de treinamento. De acordo com Coburn et al. (17) as adaptações específicas à velocidade podem ser explicadas pela sobrecarga de unidades motoras de músculos de fibras lentas ou rápidas. O que podemos especular é que além dos mecanismos de especificidade de treinamento envolvido o método utilizado (REC) parece influenciar no mecanismo neural de transferência de torque.

Dentre as aplicações clínicas do protocolo REC, é possível destacar o aumento da estabilidade do joelho ao se fortalecer grupamentos agonistas e antagonistas (63). De acordo com Baratta et al. (64), os músculos antagonistas proporcionam o controle de forças mecânicas que causam uma instabilidade articular, gerada durante a ação dos agonistas. Os autores sugerem que o fortalecimento de grupamentos musculares antagonistas pode restaurar ou aumentar o equilíbrio muscular em uma articulação. Assim, a REC implicaria na redução do risco de lesões ao gerar maior estabilidade articular e, ao mesmo tempo, favorecer o ganho de força muscular.

Neste sentido, recomenda-se que profissionais da área desportiva utilizem estratégias de tratamento/treinamento compostas por exercícios resistidos com ações recíprocas. Tais estratégias podem influenciar as habilidades neuromusculares necessárias para atividades que requerem controle motor de músculos primários e estabilizadores do joelho (65), auxiliar a prevenção de desequilíbrios articulares (66) e estabilização dinâmica em casos de deficiência do ligamento cruzado anterior (63).

Ao que parece, ambos os protocolos podem ser prescritos para estas finalidades, mas especulamos que o método REC seja mais interessante pela condição de tempo (apesar do

tempo não ter sido mensurado, sugere-se que o protocolo REC proporcione sessões mais curtas por trabalhar 2 grupamentos musculares de modo imediato), pela provável estratégia neuromotora otimizada (inibição recíproca) (21, 67) e manutenção do volume em múltiplas séries (22). O potencial de treinamentos de curta duração em aumentar a força e desempenho neuromuscular, tem implicações importantes na reabilitação e prevenção de lesões. Neste contexto, se atletas/pacientes conseguirem seus objetivos e uma ou duas semanas de treinamento, os mesmos estão menos propensos a declinarem da terapia, além disso, em determinadas situações, treinamento isocinético de curta duração pode fornecer uma alternativa de baixo custo para pré- e pós cirúrgicos de lesões de membro inferior (17).

Novos estudos deveriam integrar a medida da TDA e TDF juntamente com medidas de PT e TT, além de adotar diferentes velocidades e populações com o intuito de verificar se há uma velocidade de treino ideal na qual ocorra transferência para outras velocidades, e para verificar se outras velocidades determinariam ganhos no TT após um programa de treinamento isocinético (24). A correlação dessas variáveis pode explicar melhor os mecanismos por trás do aumento de força no treinamento de curta duração.

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que três sessões de treinamento isocinético foram suficientes para induzir ganhos de força no grupo recíproco e tradicional, entretanto, o grupo recíproco apresentou transferência nos ganhos de força para a velocidade não treinada em jovens universitários. Não houve diferença no trabalho total, no entanto, o volume de treinamento foi mantido na modalidade de exercício com ações imediatas entre músculos agonistas/antagonistas. Os valores da RMS foram os mesmos entre os protocolos, entretanto, houve queda na co-ativação para os grupos recíproco e tradicional, com diferença significativa somente para o grupo tradicional, dados que podem explicar em parte os achados de pico de torque. Por outro lado, a prescrição da modalidade recíproca parece ser interessante pela condição de tempo reduzido das sessões e pela manutenção do volume de treinamento em séries múltiplas de exercício resistido. Neste sentido, recomenda-se que profissionais da área desportiva incluam em suas estratégias de tratamento/treinamento, exercícios isocinéticos com ações recíprocas ou tradicional. Neste caso, sugere-se o delineamento de estudos longitudinais para melhor verificar as possíveis adaptações resultantes dos protocolos recíproco e tradicional. Deste modo, será possível elucidar qual modalidade é mais eficaz para o ganho de força e para o desempenho muscular em diferentes populações.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fleck S, Kraemer W. Designing Resistance Training Programs. 4 ed. Champaign: Human Kinetics; 2004.
2. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Mar;41(3):687-708.
3. Delorme TL, West FE, Shriber WJ. Influence of progressive resistance exercises on knee function following femoral fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 1950 Oct;32(A:4):910-24.
4. Gentil P, Bottaro M, Oliveira E, Veloso J, Amorim N, Saiuri A, et al. Chronic effects of different between-set rest durations on muscle strength in nonresistance trained young men. *J Strength Cond Res.* 2010 Jan;24(1):37-42.
5. Bottaro M, Ernesto C, Celes R, Farinatti PT, Brown LE, Oliveira RJ. Effects of age and rest interval on strength recovery. *Int J Sports Med.* 2010 Jan;31(1):22-5.
6. Faigenbaum AD, Milliken LA, Westcott WL. Maximal strength testing in healthy children. *J Strength Cond Res.* 2003 Feb;17(1):162-6.
7. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med.* 2004;34(5):329-48.
8. Izquierdo M, Ibanez J, K HA, Kraemer WJ, Larrion JL, Gorostiaga EM. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sports Exerc.* 2004 Mar;36(3):435-43.
9. Bottaro M, Machado S, Nogueira W, Scales R, Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *European Journal of Applied Physiology.* 2007;99(3):257-64.
10. AACPR. American Association of Cardiovascular & Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for Rehabilitation and secondary prevention programs 3ed. Champaign: Human Kinetics; 1999.
11. Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol.* 1999 May;86(5):1527-33.

12. Jung AP. The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Med.* 2003;33(7):539-52.
13. Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med.* 1979 Jun;58(3):115-30.
14. Beck TW, Housh TJ, Johnson GO, Weir JP, Cramer JT, Coburn JW, et al. Effects of two days of isokinetic training on strength and electromyographic amplitude in the agonist and antagonist muscles. *J Strength Cond Res.* 2007 Aug;21(3):757-62.
15. Prevost MC, Nelson AG, Maraj BKV. The effect of two days of velocity-specific isokinetic training on torque production. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 1999 Feb;13(1):35-9.
16. Brown LE, Whitehurst M. The effect of short-term isokinetic training on force and rate of velocity development. *J Strength Cond Res.* 2003 Feb;17(1):88-94.
17. Coburn JW, Housh TJ, Malek MH, Weir JP, Cramer JT, Beck TW, et al. Neuromuscular responses to three days of velocity-specific isokinetic training. *J Strength Cond Res.* 2006 Nov;20(4):892-8.
18. Gentil P. Bases científicas do treinamento de hipertrofia. 2 ed. RIO DE JANEIRO: SPRINT; 2005.
19. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED; 2006.
20. Jeon HS, Trimble MH, Brunt D, Robinson ME. Facilitation of quadriceps activation following a concentrically controlled knee flexion movement: the influence of transition rate. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001 Mar;31(3):122-9; discussion 30-2.
21. Roy MA, Sylvestre M, Katch FI, Katch VL, Lagasse PP. Proprioceptive Facilitation of Muscle Tension during Unilateral and Bilateral Knee Extension. *International Journal of Sports Medicine.* 1990 Aug;11(4):289-92.
22. Carregaro RL, Gentil P, Brown LE, Pinto RS, Bottaro M. Effects of antagonist pre-load on knee extensor isokinetic muscle performance. *J Sports Sci.* 2011 Feb;29(3):271-8.

23. Cunha R, Martorelli AS, Carregaro RL, Bottaro M. Treinamento isocinético de curto prazo promove aumento da força muscular em indivíduos jovens. . *Motriz Revista de Educação Física UNESP*. 2010;17(1):138-44.
24. Oliveira AS, Corvino RB, Goncalves M, Caputo F, Denadai BS. Effects of a single habituation session on neuromuscular isokinetic profile at different movement velocities. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Dec;110(6):1127-33.
25. Kraemer WJ, Hakkinen K. *Treinamento de força para o esporte*. Porto Alegre: Artmed; 2004.
26. Izquierdo M, Hakkinen K, Ibanez J, Garrues M, Anton A, Zuniga A, et al. Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. *J Appl Physiol*. 2001 Apr;90(4):1497-507.
27. Hakkinen K, Hakkinen A. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1995 Apr-May;35(3):137-47.
28. Hakkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Malkia E, et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol*. 1998 Apr;84(4):1341-9.
29. Kraemer WJ, Hakkinen K, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, et al. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol*. 1999 Sep;87(3):982-92.
30. Berger R. Effect of Varied Weight Training-Programs on Strength. *Res Quart*. 1962;33(2):168-81.
31. Berger RA. Optimum Repetitions for the Development of Strength. *Res Quart*. 1962;33(3):334-8.
32. Capen EK. The effect of systemic weight training on power, strength and endurance. *Res Quart*. 1950;21:7.
33. Faigenbaum AD, Ratamess NA, McFarland J, Kaczmarek J, Coraggio MJ, Kang J, et al. Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens, and men. *Pediatr Exerc Sci*. 2008 Nov;20(4):457-69.

34. Moritani T. Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. *J Biomech.* 1993;26 Suppl 1:95-107.
35. Remple MS, Bruneau RM, Vandenberg PM, Goertzen C, Kleim JA. Sensitivity of cortical movement representations to motor experience: evidence that skill learning but not strength training induces cortical reorganization. *Behav Brain Res.* 2001 Sep 14;123(2):133-41.
36. Delecluse C, Van Coppenolle H, Willems E, Van Leemputte M, Diels R, Goris M. Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1995 Aug;27(8):1203-9.
37. Rutherford OM, Jones DA. The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1986;55(1):100-5.
38. ACMS. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998 Jun;30(6):975-91.
39. ASSOCIATION AD, MEDICINE ACOS. Joint Statement: Diabetes Mellitus and Exercise. *Medicine and Science and Sports Exercise.* 1997;29(12).
40. PEDIATRICS AAO. Strength training weight and lifting and bodybuilding by children and adolescents. *Pediatrics.* 1990;86:801-3.
41. Bohannon RW. Knee extension torque during repeated knee extension-flexion reversals and separated knee extension-flexion dyads. *Phys Ther.* 1985 Jul;65(7):1052-4.
42. Bohannon RW, Gibson DF, Larkin P. Effect of resisted knee flexion on knee extension torque. *Phys Ther.* 1986 Aug;66(8):1239-41.
43. Akima H, Takahashi H, Kuno SY, Masuda K, Masuda T, Shimojo H, et al. Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training. *Med Sci Sports Exerc.* 1999 Apr;31(4):588-94.
44. Brown LE. *Isokinetics in human performance* Champaign: Human Kinetics; 2000.
45. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989;59(4):310-9.

46. Seger JY, Arvidsson B, Thorstensson A. Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998 Dec;79(1):49-57.
47. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech*. 1997 May;13(2):135-63.
48. Enoka RM. Neural adaptations with chronic physical activity. *J Biomech*. 1997 May;30(5):447-55.
49. Miller JP, Croce RV, Hutchins R. Reciprocal coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow, medium and high speed isokinetic movements. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000 Aug;10(4):233-9.
50. Gordon C, Chumlea W, Roche A. Stature, recumbent length, weight. In: Lohman TG RA, Martorell R, editor. *Anthropometric standardizing reference manual*. Champaign: Human Kinetics 1988. p. 3-8.
51. Davies GJ, Heiderscheit B, Brinks K. Test interpretation. In: Kinetics H, editor. *Isokinetics in human performance*. 1 ed. Champaign: Human Kinetics; 2003. p. 3-24.
52. Parcell AC, Sawyer RD, Tricoli VA, Chinevere TD. Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Med Sci Sports Exerc*. 2002 Jun;34(6):1018-22.
53. Stumbo TA, Merriam S, Nies K, Smith A, Spurgeon D, Weir JP. The effect of hand-grip stabilization on isokinetic torque at the knee. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001 Aug;15(3):372-7.
54. Hald RD, Bottjen EJ. Effect of Visual Feedback on Maximal and Submaximal Isokinetic Test Measurements of Normal Quadriceps - and Hamstrings. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1987;9(3):86-93.
55. Kim HJ, Kramer JF. Effectiveness of visual feedback during isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997 Dec;26(6):318-23.
56. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol*. 2002 Oct;93(4):1318-26.

57. Basmajian J, DeLuca C. *Muscle Alive. Their functions revealed by electromyography*. 5 ed. BALTIMORE: Williams & Wilkins; 1985.
58. Holtermann A, Roeleveld K, Vereijken B, Ettema G. Changes in agonist EMG activation level during MVC cannot explain early strength improvement. *Eur J Appl Physiol*. 2005 Aug;94(5-6):593-601.
59. Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Physical Therapy*. 2000;80(5):485.
60. Hassani A, Patikas D, Bassa E, Hatzikotoulas K, Kellis E, Kotzamanidis C. Agonist and antagonist muscle activation during maximal and submaximal isokinetic fatigue tests of the knee extensors. *J Electromyogr Kinesiol*. 2006 Dec;16(6):661-8.
61. Farina D, Merletti R, Enoka RM. The extraction of neural strategies from the surface EMG. *J Appl Physiol*. 2004 Apr;96(4):1486-95.
62. Carolan B, Cafarelli E. Adaptations in coactivation after isometric resistance training. *J Appl Physiol*. 1992 Sep;73(3):911-7.
63. Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoji H, Bose W, Beck C, et al. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med*. 1987 May-Jun;15(3):207-13.
64. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med*. 1988 Mar-Apr;16(2):113-22.
65. Kisner C, Colby L. *Therapeutic exercise. Foundations and techniques*. Philadelphia: Davis Company; 2007.
66. Poletto P, Santos H, Salvini T, Coury H, Hansson G. Peak torque and knee kinematics during gait after eccentric isokinetic training of quadriceps in healthy subjects. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2008;12(4):331-7.
67. Burke D, Pelham T, Holt L. The influence of varied resistance and speed of concentric antagonist contractions on subsequent concentric agonist efforts. *Journal Strength and Conditioning Research*. 1999 August;13(3):5.

## 8 ANEXOS

### 8.1 Comitê de Ética



Universidade de Brasília  
Faculdade de Ciências da Saúde  
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/FS

#### PROCESSO DE ANÁLISE DE PROJETO DE PESQUISA

Registro do Projeto no CEP: 161/2008

Título do Projeto: Efeitos agudos do exercício concêntrico alternado de agonistas e antagonistas no torque, trabalho e volume de treinamento

Pesquisador Responsável: Rodrigo Luiz Carregaro

Data de Entrada: 29/10/2008

Com base nas Resoluções 196/96, do CNS/MS, que regulamenta a ética da pesquisa em seres humanos, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, após análise dos aspectos éticos e do contexto técnico-científico, resolveu **APROVAR** o projeto 161/2008 com o título: “Efeitos agudos do exercício concêntrico alternado de agonistas e antagonistas no torque, trabalho e volume de treinamento”, analisado na 10ª Reunião Ordinária, realizada no dia 11 de Novembro de 2008.

O pesquisador responsável fica, desde já, notificado da obrigatoriedade da apresentação de um relatório semestral e relatório final sucinto e objetivo sobre o desenvolvimento do Projeto, no prazo de 1 (um) ano a contar da presente data (item VII.13 da Resolução 196/96).

Brasília, 10 de Dezembro de 2008.

Prof. Volnei Garrafa  
Coordenador do CEP-FS/UnB

## **8.2 Anexo II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, em uma pesquisa. No caso de aceitar fazer parte do estudo após ser esclarecido sobre as informações a seguir, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra ficará com o pesquisador responsável.

#### **Informações sobre a pesquisa:**

Título do Projeto: Efeitos do treinamento isocinético de curta duração no desempenho neuromuscular de homens: comparação de diferentes métodos

Pesquisador Responsável: Rafael Rodrigues da Cunha

Telefone para contato: (61) 3376-45050/96526842

Pesquisadores participantes: Dr. Martim Bottaro, Dr. Paulo Roberto Viana Gentil, Rodrigo Carregaro, Rodrigo Celes, Maria Cláudia, Saulo Martorelli, André Martorelli

#### **Esclarecimento sobre o projeto**

O treinamento de força (TF), realizado por exercícios com pesos e utilizado em diferentes modalidades esportivas, tornou-se popular há mais de 70 anos. Durante muitos anos, acreditou-se que o TF teria sua importância somente na perspectiva do esporte de alto rendimento. No entanto, pesquisas realizadas ao longo das últimas duas décadas têm indicado a relevância desse tipo de treinamento para outras populações, haja vista a sua importância para o incremento nos níveis de força muscular.

Atualmente, o TF é praticado por um grande número de pessoas e recomendado pelas principais organizações de saúde do Mundo (ACSM, 1998; ACMS, 2009).

Alguns estudos que têm demonstrado a eficiência do uso de treinamentos de curta duração (variando desde 1-3 sessões até 4-6 semanas de duração), os quais apresentam grande potencial e representam boa alternativa para profissionais de reabilitação e da área desportiva.

O estudo tem como objetivo: avaliar e comparar os efeitos de um treinamento isocinético de curta duração (3 sessões) no desempenho muscular dos extensores do joelho utilizando o método recíproco (RE) e o método tradicional (TR).

Com os resultados poderemos obter informações sobre como os diferentes métodos de treinamento atuam, tornando possível definir quais os melhores métodos para cada objetivo durante o processo de reabilitação muscular.

## **Metodologia**

Para avaliação e realização do estudo será utilizado um aparelho de musculação ligado a um computador que registra informações do exercício. O protocolo consiste na realização de duas séries de quatro repetições (Teste) na velocidade angular de 60°/s e 180°/s e quatro séries com 10 repetições (Treinamento) na velocidade angular de 60°/s de extensões do joelho. Também, será realizada uma análise do sinal elétrico do músculo (eletromiográfica) para melhor entendimento do comportamento da força nas condições propostas. Na avaliação eletromiográfica é necessário a fixação de eletrodos que só é possível após a remoção de pelos e a limpeza da pele no local de fixação.

Ao total, o estudo requer a participação dos voluntários durante 5 dias não consecutivos, separados por até 72h e com duração de 30 minutos à 1 hora por dia, como descritos a seguir:

Primeiro dia: 1) Esclarecimento sobre as condições do experimento – assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido; 2) Anamnese e avaliação antropométrica; 3) Familiarização com o exercício – Teste (1 hora).

Segundo ao quarto dia: Treinamento (REC ou TRA- sorteio) – (30 minutos).

Quinto dia: Reavaliação (30 minutos)

### **Risco e benefício**

O estudo não envolve gastos aos participantes. Todos os materiais e equipamentos necessários para os testes serão providenciados pelos pesquisadores.

Este exercício não tem contra-indicações à população considerada no estudo. Contudo, exercícios físicos podem gerar dor muscular tardia que desaparece em poucos dias.

De uma forma ampla, os dados obtidos no estudo podem trazer informações importantes sobre os ganhos iniciais de força e as respostas do treinamento de curta duração, que representa uma boa alternativa para profissionais de reabilitação e da área desportiva, por possibilitar a prescrição de treinos mais eficientes que possam otimizar a obtenção dos resultados desejados.

### **Responsabilidade dos pesquisadores**

O pesquisador responsável suspenderá a pesquisa imediatamente se perceber algum risco ou dano à saúde do participante, tanto os previstos quanto os não previstos neste termo. No improvável dano físico resultante da participação neste estudo, o tratamento será viabilizado no local mais próximo e apropriado de assistência médica, porém, nenhum benefício especial será concedido, para compensação ou pagamento de um possível tratamento.

### **Responsabilidade dos participantes**

Estar no local dos treinos nos dias e horários marcados. Informar aos pesquisadores qualquer desconforto que por acaso venha a perceber.

### **Resultados obtidos**

As informações obtidas neste experimento poderão ser utilizadas como dados de pesquisa científica, podendo ser publicados e divulgadas, sendo resguardada a identidade dos participantes. Espera-se que a partir dos resultados encontrados possamos entender a aplicação do modelo de treinamento de curta duração, demonstrando a validade e o significado neuromuscular.

### **Liberdade de consentimento**

A sua permissão para participar desta pesquisa é voluntária. Você estará livre para negá-la ou para, em qualquer momento, desistir da mesma se assim desejar.

### **Consentimento da participação da pessoa como sujeito**

Declaro ter lido este termo de consentimento e compreendido os procedimentos nele descritos. Informo também que todas as minhas dúvidas foram respondidas de forma clara e de fácil compreensão. Desta forma, estou de acordo com participar da pesquisa “Efeitos do

treinamento isocinético de curta duração no desempenho neuromuscular de homens: comparação de diferentes métodos”.

Nome do voluntário\_\_\_\_\_

Assinatura:\_\_\_\_\_

**Telefone do Comitê de Ética da UnB: (61) 3307-3799**

### 8.3 Anexo III - Questionário – Anamnese

#### Anamenese - Estilo de Vida e Histórico de Saúde

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos      Peso: \_\_\_\_\_ Kg      Altura: \_\_\_\_\_ cm

Endereço completo: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_

Telefone (s): \_\_\_\_\_ (residência) / \_\_\_\_\_ (celular)

E-mail: \_\_\_\_\_

Telefone de parentes ou amigos (Emergências):

Nome: \_\_\_\_\_ Tel: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Tel: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

1 – Você tem feito atividade regularmente?

Sim       Não

Se sim, qual?

\_\_\_\_\_

Se não, há quanto tempo está sedentário?

\_\_\_\_\_

2 – Com que frequência você se exercita semanalmente?

1 a 2 vezes       3 a 4 vezes       mais de 4 vezes

3 – Marque o tipo de exercício que você geralmente faz (marque mais de uma se necessário).

Musculação     Corrida     Futebol     Basquete     Caminhada     Outros (especifique)

4 – Você já fez/faz esporte com intuito de competição?

Sim       Não

Se sim, qual e durante quanto tempo?

---

5 – Você se exercita com a orientação de um profissional?

Sim       Não

6 – Esta em dieta para ganhar ou perder peso?

Sim       Não

7 – Você já teve algum tipo de lesão praticando atividade física?

Sim       Não

Se sim, qual e há quanto tempo?

---

8 – Foi referido pelo seu médico alguma restrição quanto a prática de exercícios?

Sim       Não

Se sim, qual?

---

**9 – Assinale os itens que se aplica à sua saúde:**

- Hipertensão (pressão alta)
  - Problemas cardiovasculares (histórico pessoal ou família)
  - Diabetes
  - Problemas ortopédicos
  - Fuma cigarro ou faz uso de produtos de tabaco
  - Problemas respiratórios
  - Doenças ou infecções recentes
  - Problemas gastrointestinais
  - Outros
-

**10 – Utiliza ou já utilizou algum medicamento? (inclusive suplementos nutricionais)**

Sim       Não

Se sim, qual e há quanto tempo?

---

---

**11 – Escreva a hora que você geralmente dorme e acorda diariamente:**

Hora que dorme: \_\_\_\_\_ Hora que acorda: \_\_\_\_\_

**12 - Qual é a hora usual que você faz as refeições?**

Café da manhã: \_\_\_\_\_

Almoço: \_\_\_\_\_

Lanche da tarde: \_\_\_\_\_

Jantar: \_\_\_\_\_

**Eu certifico que as respostas dadas por mim para responder esse questionário são todas verdadeiras, precisas e completas.**

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_