

Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad
Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

Rugero Anderson Vaz Bulzing

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA
SOBRE O DÉFICT BILATERAL PARA EXTENSÃO
E FLEXÃO DE JOELHOS

Rio de Janeiro
2017

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA
SOBRE O DÉFICIT BILATERAL PARA EXTENSÃO E FLEXÃO DE JOELHOS

Rugero Anderson Vaz Bulzing

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Inácio Salles Neto

Rio de Janeiro
Novembro 2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
INTO/BIBLIOTECA SÉRGIO EDUARDO VIANNA

- B879i Bulzing, Rugero Anderson Vaz.
A Influência do treinamento de força sobre o déficit bilateral para flexão e extensão de joelhos / Rugero Anderson Vaz Bulzing. — 2017.
58f.
- Orientador: José Inácio Salles Neto.
Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético) — Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, Rio de Janeiro, 2017.
1. Déficit Bilateral. 2. Seleção dos Exercícios. 3. Exercícios de Força. 4. Treinamento de Força. 5. Ortopedia. I. Salles Neto, José Inácio, orient. II. Título.

NLM WE 870

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA
SOBRE O DÉFICIT BILATERAL PARA FLEXÃO E EXTENSÃO DE JOELHOS

Rugero Anderson Vaz Bulzing

Prof. Dr. José Inácio Salles Neto

Dissertação de Mestrado submetida ao Curso de Pós-graduação em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Dr. Eduardo Branco de Sousa - Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad (INTO)

Dr. Marcos de Sá Rego Fortes - Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad (INTO)

Dr. Carlos Gomes de Oliveira – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Rio de Janeiro
Novembro 2017

A minha esposa Jô e aos meus filhos: Rugero Junior e Théó.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desta pesquisa resultou da colaboração Institucional entre o Exército Brasileiro (EB), através da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx) e do Ministério da Saúde (MS), por meio do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO), que possibilitaram a realização deste trabalho científico com a colaboração de seus recursos humanos e com a cessão de suas instalações na cidade do Rio de Janeiro.

Primeiramente agradeço a oportunidade de trabalhar sob a orientação do estimado professor Dr José Inácio Salles Neto, do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO); que sempre disponibilizou seu tempo para indicar os passos a seguir na elaboração e execução deste estudo científico e sempre estimulou a busca do crescimento acadêmico.

A Dra Cintia Botton da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS). Pioneira no estudo do DB no Brasil e que produziu uma vasta literatura sobre o tema que foi de grande valor para o estudo do déficit bilateral. Pelas prontas respostas nos contatos estabelecidos e nos esclarecimentos de algumas duvidas durante o processo.

Ao Dr Carlos Gomes de Oliveira, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) pela colaboração no processamento dos sinais e análise dos dados deste experimento e ao Dr Marcos de Sá Rego Fortes, do Instituto da Capacitação Física do Exército (IPCFEx) que sempre disponibilizou seu tempo para sanar minhas duvidas acerca da Práxis científica.

Aos Profeesores Dr Eduardo Branco de Sousa e Dr Diego Pinheiro Aguiar, pela colaboração durante a realização do Curso de Mestrado em Ciências do Sistema Musculoesquelético, do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO).

Ao professor Dr Wagner Martins, da Universidade Nacional de Brasília (UNB) pelo contínuo estímulo para desenvolvimento da minha carreira como pesquisador.

Ao General de Exército Gleuber Vieira, ex-Ministro Comandante do Exército Brasileiro e ao General de Exército Augusto Heleno, ex-Comandante do Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx) pelo apoio e incentivo no início de minha vida acadêmica.

Ao General de Brigada Smicelato, atual Comandante do CCFEx, pelo incentivo ao constante aprimoramento técnico profissional do Corpo Permanente desta Organização Militar.

Aos seguintes militares, pelo indispensável apoio prestado à execução deste estudo: General de Divisão Barroso Magno, ex-Comandante do Instituto Militar de Engenharia (IME); Coronel Luiz Fernando, ex-Comandante da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx); Major Girard, ex-Comandante do Contingente do Instituto Militar de Engenharia (PIRF IME); Major Sanfelice, Comandante da Bateria de Comando e Serviços (BCSv); Sub Tenente Marcellus, chefe do Setor Transporte (BCSv) e Cabo José Junior, do Setor de Fisioterapia (CCFEx).

Aos pesquisadores do Laboratório de Pesquisa Neuromuscular do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (PNEURO/INTO): Vitor, Eduardo, Marilena e Ubiratã. Aos colegas fisioterapeutas do Setor de Fisioterapia do Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx): Silvânia, Chaves, Paredes, Augusto e Klinger, pelo apoio no transcurso deste trabalho.

Ao 1º Sgt Leonardo Santanna Freitas pela edição gráfica da dissertação.

A Carolina Rocha Wakoff, da área de ensino do INTO (ARENS/INTO), pelo apoio durante todo o período de realização deste trabalho.

Finalmente aos 69 jovens militares que participaram desse estudo, pela sua assiduidade, responsabilidade e dedicação durante todo o período que durou o estudo.

RESUMO

BULZING, Rugero Anderson Vaz Bulzing. **A influência do treinamento de força sobre o déficit bilateral para extensão e flexão de joelhos**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético) - Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Ministério da Saúde, 2017.

Este estudo teve como objetivo verificar a influência de um treinamento de força (TF), unilateral (UL) ou bilateral (BL), no déficit bilateral (DB). O TF foi composto de 2 (duas) séries de 10 (dez) repetições máximas, na cadeira extensora e flexora de joelho, com duração de 8 (oito) semanas e frequência de 3 (três) vezes na semana. Foram randomizados 69 indivíduos em três grupos: grupo unilateral (GU, n=23), realizou o treinamento com uma perna de cada vez, grupo bilateral (GB, n=23) realizou o treinamento com ambas as pernas simultaneamente e o grupo controle (GC, n=23) que não realizou nenhum treinamento neste período. Antes e após o TF, ou não treinamento para o GC, os indivíduos tiveram sua força máxima UL e BL para extensão e flexão de joelho avaliado no dinamômetro isocinético. Tanto o GU quanto o GB produziram aumento estatisticamente significativo ($p<0,001$) no pico de torque (PT) dos extensores (E) e flexores (F) de joelho do momento pré-intervenção para o momento pós-intervenção no membro direito (D), esquerdo (E) e bilateral (B). O GC não apresentou diferenças estatisticamente significantes no PT dos E e dos F do joelho do momento pré-intervenção para o momento pós-intervenção no membro direito ($p=0,769$ e $p=0,252$, respectivamente) e esquerdo ($p=0,903$ e $p=0,114$, respectivamente), no entanto, para o PT dos F de joelho, o GC apresentou aumento estatisticamente significativo ($p=0,004$) no teste BL do momento pré-intervenção para o momento pós-intervenção. Houve redução significativa do DB, do momento pré para o pós, apenas para o grupo que executou treinamento bilateral tanto nos E ($p<0,001$) quanto nos F ($p=0,004$). Comparando as diferenças percentuais entre os PT antes e após o treinamento dos três grupos estudados, o GC apresentou resultado significativamente menor ($p<0,001$) do que os grupos experimentais para E e F. Já os grupos de treinamento não apresentaram diferença significativa entre eles para a avaliação BL ($p=0,822$), ULD ($p=0,542$) e ULE ($p=0,423$). Com a designação do tamanho do efeito (TE) do TF na força em indivíduos destreinados em TF, classificado como: trivial <0.5 , pequeno $>0.5<1.25$, moderado $>1.25<2.0$ e grande >2.0 . Observamos nos E, que o GB produziu um grande ganho de força no teste BL do momento pré para o pós-treinamento e que a execução UL produziu um moderado ganho de força nos testes UL (D e E). Na F observamos que a execução BL produziu também um grande ganho de força nos testes ULD, ULE e BL e na execução UL observamos também um grande ganho de força no teste ULD e um moderado ganho no teste ULE e no BL. Com relação ao TE do TF produzido no DB, observamos que houve uma pequena redução do DB, tanto para os extensores (1.19) quanto para os flexores (0.67) e que o GU e GC também tiveram uma redução do DB, do momento pré para pós-treinamento, mas esta redução foi trivial. Concluímos que qualquer forma de execução do TF, UL ou BL, produz ganho de força em indivíduos destreinados, também verificamos a existência do DB na E e na F de joelhos, em jovens destreinados e que o treinamento BL pode ser mais eficiente na redução do DB em indivíduos destreinados.

Palavras-chave: déficit bilateral, seleção dos exercícios, exercícios de força, treinamento de força.

ABSTRACT

BULZING, Rugero Anderson Vaz Bulzing. **The influence of strength training in bilateral deficit for extension and knee flexion**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertation (Master in Applied Sciences to the Musculoskeletal System) - National Institute of Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health, 2017.

The object of this study was to carry out a force training composed of 2 (two) sets of 10 (ten) maximal repetitions in the knee extensor and flexor chair, with duration of 8 (eight) weeks and frequency of 3 (three) Times in the week. Sixty-nine subjects were randomly assigned to three groups: the Unilateral Group (GU, n=23), performed the training with one leg at a time, Bilateral Group (GB, n=23) underwent training with both legs simultaneously and Control Group (GC, n=23) who did not perform any training in this period. Before and after training, or not training, the individuals had their maximum strength UL and BL for extension (E) and knee flexion (F) evaluated in the isokinetic dynamometer. Both GU and GB produced a statistically significant increase ($p < 0.001$) in peak torque of knee extensors and flexors from the pre-intervention moment to the post-intervention moment in the right, left and bilateral limbs. The CG did not present statistically significant differences in the peak torque of knee extensors and flexors from the pre-intervention moment to the post-intervention moment in the right limb ($p = 0.769$ and $p = 0.252$, respectively) and left ($p = 0.903$ and $p = 0.114$, Respectively). However, for the peak torque of the knee flexors, the CG presented a statistically significant increase ($p = 0.004$) in the bilateral test from the pre-intervention moment to the post-intervention moment. There was a reduction in bilateral deficit, from the pre-post to the post, only for the group that performed bilateral training in both the extensors ($p < 0.001$) and the flexors ($p = 0.004$). Comparing the percentage differences between the torque peaks before and after the training of the three groups studied, the CG presented a significantly lower result ($p < 0.001$) than the experimental groups for the extensors. The training groups did not present significant difference between them for ($P = 0.822$), right unilateral ($p = 0.542$) and left unilateral ($p = 0.423$). With the designation of force effect size in untrained, classified as: trivial < 0.5 , small > 0.5 < 1.25 , moderate > 1.25 < 2.0 and large > 2.0). We observed in the extensors that GB produced a large effect on the force gain in the bilateral pre-post-training test and that UL execution produced a moderate effect on the UL (D and E) strength gain. In flexion we observed that bilateral execution also produced a great effect on the strength gain in the ULD, ULE and BL tests and in the UL execution we also observed a great force gain effect in the ULD test and a moderate effect in the ULE test and the BL test. In relation to the size of the TF effect produced in the DB, we observed that there was a small effect on DB reduction for both extensors (1.19) and flexors (0.67) and that GU and GC also had a reduction in DB, From pre-post-training, but this reduction was trivial. We concluded that any form of force training, unilateral or bilateral, produces a significant force gain in untrained individuals, we also verify the existence of DB in extension and knee flexion in untrained youth and that bilateral training may be more efficient In reducing this DB.

Key words: bilateral deficit, exercise selection, strength exercises, strength training.

SUMÁRIO

Resumo.....	VII
Abstract.....	VIII
Sumário.....	IX
Lista de siglas e abreviaturas.....	XI
Lista de figuras.....	XII
Lista de tabelas.....	XIII
Lista de equações.....	XIV
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Déficit bilateral.....	15
1.2 Treinamento de força no déficit bilateral na extensão e flexão do joelho.....	18
2 JUSTIFICATIVA	25
3 OBJETIVOS.....	26
3.1 Objetivo principal	26
3.2 Objetivos específicos	26
4 MÉTODOS.....	27
4.1 Amostra.....	27
4.2 Avaliação da força isocinética.....	28
4.3 Caracterização do peso inicial do treinamento	29
4.4 Índice de déficit bilateral de força.....	29
4.5 Treinamento de força	30
4.6 Análise dados.....	32
5 RESULTADOS	34
5.1 Caracterizações da amostra	34
5.2 Carga do treinamento.....	34
5.3 Torque muscular.....	35
5.4 Déficit bilateral.....	38
6 DISCUSSÃO.....	39
7 CONCLUSÕES.....	46

8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
	ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	51
	ANEXO B - LICENÇA DA COMISSÃO DE ÉTICA DO INTO (CEP/INTO).....	53
	APÊNDICE A - TERMO DE RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR.....	54
	APÊNDICE B – CARTA DE ACEITE DE CESSÃO INSTALAÇÕES.....	55
	APÊNDICE C – QUADROS DE TRABALHO SEMANAL (SEMANAS 1 A 10).	56

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACSM	American College of Sports Medicine
BL	Bilateral
D	Direito
DB	Déficit Bilateral
DP	Desvio Padrão
E	Esquerdo
EsEFEx	Escola de Educação Física do Exército
F	Força
FB	Facilitação Bilateral
GB	Grupo Treinamento Bilateral
GC	Grupo Controle
GU	Grupo Treinamento Unilateral
IBPT	Índice Bilateral de Pico de Torque
INTO	Instituto Nacional de Traumatologia Ortopedia
Kg	Quilograma
m	Metro
MI	Membro Inferior
MS	Ministério da Saúde
Nm	Newton Metro
PT	Pico de Torque
RM	Repetições Máximas
SNC	Sistema Nervoso Central
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
TE	Tamanho do Efeito
TF	Treinamento Força
UL	Unilateral
ULD	Unilateral Direito
ULE	Unilateral Esquerdo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Avaliação isocinética unilateral e bilateral.....	28
Figura 2. Montagem com exercícios realizados no treinamento.	31
Figura 3. Evolução da carga de treinamento na cadeira extensora (EXT) e flexora (FLE) do joelho.....	35
Figura 4. Valor médio e DP da diferença percentual entre os picos de torque pré e pós-treinamento para os grupos controle (GC), de treinamento unilateral (GU) e bilateral (GB), obtidos nos extensores (EXT) e flexores (FLE).	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela demonstrativa do treinamento realizado pelos GB e GU.....	31
Tabela 2. Escala para determinar a magnitude dos tamanhos de efeito em pesquisa de TF....	33
Tabela 3. Dados demográficos da amostra estudada. Média (Desvio Padrão).	34
Tabela 4. Valores dos picos de torque extensor em Newtom Metro (Nm), significância estatística e tamanho do efeito, obtidos na comparação dos testes pré e pós-treinamento.	36
Tabela 5. Valores dos picos de torque flexor em Newtom Metro (Nm), significância estatística e tamanho do efeito, obtidos na comparação dos testes pré e pós-treinamento.	36
Tabela 6. Valores médios (desvio padrão) do déficit bilateral (valor %) antes (PRE) e após (POS) o treinamento (dois momentos para o GC), valor p e tamanho do efeito (TE) obtidos na comparação entre antes e depois do treinamento.....	38

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Fórmula para cálculo do Índice Bilateral de força.....	30
Equação 2. Fórmula matemática para cálculo amostral prévio.	32
Equação 3. Fórmula para cálculo do tamanho do efeito.....	33

1 INTRODUÇÃO

1.1 Déficit bilateral

Nos últimos anos, o conhecimento sobre os conceitos referentes ao controle motor humano tem sido aprofundado, nos remetendo a diferentes possibilidades de elaboração de procedimentos para uma sociedade fisicamente ativa. No entanto, alguns problemas pendentes permanecem sem solução e dentre eles encontra-se a questão do déficit bilateral (DB) (ŠKARABOT et al., 2016). Uma série de estudos definem a existência do DB como uma redução na força voluntária máxima durante as contrações musculares bilaterais simultâneas (JANZEN; CHILIBECK; DAVISON, 2006; TANIGUCHI, 1997; SCHANTZ et al., 1989). A produção de força voluntária máxima compartilhada por ambos os membros, tanto pelos superiores quanto pelos inferiores, atuando simultaneamente, tem sido demonstrado ser menor quando comparada com a força total de cada membro, somada após ação máxima individual (HOWARD; ENOKA, 1991; VANDERVOORT; SALE; MOROZ, 1984; HENRY; SMITH, 1961). Ou seja, o DB ocorre quando a força produzida por ambos os membros que trabalham juntos é inferior a soma de ambos os apêndices trabalhando separadamente nas ações contrateis isométricas e isotônicas, ocorrendo em diferentes populações e em ambos os gêneros (BOTTON; RADAELLIA, 2013; KURUGANTI; SEAMAN, 2006; JAKOBI; CHILIBECK, 2001; OWINGS; GRABINER, 1998; HÄKKINEN et al., 1996; HOWARD; ENOKA, 1991; SCHANTZ et al., 1989; VANDERVOORT; SALE; MOROZ, 1984)

A observação da discrepância na comparação de produção de força bilateral foi descrita inicialmente por HENRY e SMITH (1961), sendo motivo de pesquisas posteriores para melhor entender o DB que vem sendo categorizado como fenômeno (BOTTON et al., 2016; BEURSKENS et al., 2015). No rastro do entendimento do DB, surge a proposta de

quantificá-lo por meio de uma equação, que foi proposta por HOWARD e ENOKA (1991), a qual define o índice bilateral. A determinação do índice bilateral vem possibilitando a abrangência do conhecimento sobre o DB gerando a compreensão de sua magnitude, sobretudo para os experimentos que investigam os efeitos do treinamento de força muscular sobre o referido fenômeno (BOTTON et al., 2016; JAKOBI e CAFARELLI, 1998; OWINGS e GRABINER, 1998).

No entanto, apesar da existência do DB ser constatada, não há um consenso estabelecido sobre seu mecanismo subjacente. As hipóteses propostas para explicar o DB transcorrem dos conceitos da inibição do sistema nervoso central no nível encefálico associada ao menor nível de ativação dos hemisférios cerebrais na condição bilateral (POST et al., 2007; OWINGS; GRABINER, 1998; TANIGUCHI, 1997) e no nível da medula espinal relacionado a reflexos espinais inibitórios (KHODIGUIAN et al., 2003; ODA; MORITANI, 1994) e entre as estratégias de recrutamento de unidade motora (KURUGANTI; MURPHY; PARDY, 2011; VANDERVOORT; SALE; MOROZ, 1984).

No contexto da integração de mecanismos corticais sobre o controle motor, vale ressaltar que o DB não ocorre quando contrações sincronizadas são programadas para serem executada entre segmentos não homônimos. Ou seja, durante a execução de contrações musculares de um membro superior combinada com a contração de um membro inferior (HOWARD; ENOKA, 1991; SCHANTZ et al., 1989). Destaca-se também a influência de questões eminentemente biomecânicas no DB, nas quais a participação indireta de outros seguimentos do corpo promove adição no torque resultante. Isto ocorre através de ajustes corporais durante configuração mecânica unilateral quando o restante do corpo está estabilizado, tal qual foi proposto recentemente como único mecanismo responsável pela ocorrência do DB (SIMONEAU-BUESSINGER et al., 2015). Outra teoria proposta em alguns estudos é que ocorra uma mitigação da atividade motora nas fibras de ação rápida do

tipo II em movimentos que exijam solicitação simultânea de grupamentos musculares análogos (JAKOBI e CAFARELLI, 1998).

Um aspecto importante relacionado ao DB é que nos experimentos aplicados nos membros inferiores, os índices de DB são mais acentuados (ŠKARABOT et al., 2016). A coordenação dos membros inferiores durante a locomoção está intimamente ligada à atividade rítmica de circuitos neuromusculares que controlam o movimento humano (BIZZI et al., 2000; DIETZ, 2002, 2003). A especificidade das ações dos músculos dos membros inferiores, observadas a partir no DB, podem ser causados pela maioria dos movimentos nas atividades diárias e nos esportes.

Existe uma evidência cada vez maior de que os desequilíbrios entre forças do quadríceps e isquiotibiais são críticos para a estabilidade das articulações do joelho (LUDWIG; KELM, 2016; EVANGELIDIS; PAIN; FOLLAND, 2015). O quadríceps tem a função de gerar impulso para a locomoção além de atenuar a energia na extremidade inferior, enquanto os isquiotibiais são necessários para desacelerar o joelho e prevenir as forças anteriores da gaveta tibial (YU et al., 2008; TORRY et al., 2000; MORE et al., 1993; YASUDA; SASAKI, 1987). Portanto, tanto o quadríceps quanto os isquiotibiais proporcionam a estabilidade funcional a absorção de choque na articulação tibial (SHARMA et al., 2003). A capacidade reduzida de recrutar e modular as interações musculares para produzir movimentos controlados de flexão e extensão do joelho pode afetar a capacidade do sistema neuromuscular para minimizar as cargas potencialmente prejudiciais para a articulação (KRISHNAN et al., 2008). Assim, o controle muscular voluntário entre quadríceps e os isquiotibiais com níveis de força adequados é um fator importante na manutenção da estabilidade dinâmica da articulação do joelho, e que pode ser comprometido pelo acentuado DB (WILLIAMS et al., 2004).

Os diferentes achados observados nas investigações sobre o efeito do TF no DB, tanto para a extensão do joelho quanto para a flexão do joelho podem ser atribuídos às diferenças metodológicas empregadas nos protocolos de treinamento de força aplicados nos estudos. Estas diferenças podem conduzir a resultados divergentes, dificultando, portanto, conclusões a respeito das evidências encontradas nas recentes investigações (BOTTON; PINTO, 2012). A literatura demonstra que o treinamento bilateral reduz o DB, enquanto o treinamento unilateral acentua o DB (BOTTON et al., 2016; BEURSKENS et al., 2015; JANZEN; CHILIBECK; DAVISON, 2006; KURUGANTI et al., 2005; TANIGUCHI, 1997). No entanto, outros estudos não encontraram efeito do TF sobre o DB, independente da forma de execução empregada, unilateral ou bilateral (JAKOBI; CHILIBECK, 2001; KANNUS; BEYNNON, 1993).

1.2 Treinamento de força no déficit bilateral na extensão e flexão do joelho

O treinamento de força (TF) é uma das ferramentas que os profissionais das áreas da educação física e reabilitação utilizam para prescrever e orientar os indivíduos, tanto para o propósito do fitness e desempenho esportivo quanto para a saúde. *O American College of Sports Medicine* (ACSM) reconhece a força muscular como sendo um componente treinável do condicionamento físico e necessário à manutenção da saúde e da qualidade de vida (GARBER et al., 2011). O treinamento de força tem a sua aplicabilidade ampliada de forma a aperfeiçoar a aptidão física de crianças (ALLEYNE, 1998), adultos (GARBER et al., 2011) e idosos (MARTINS et al., 2013). O desenvolvimento regular e sistemático do TF tem o propósito de aprimorar a força muscular, que pode ser explicada a partir de adaptações neuromusculares e, conseqüentemente, tem relação com o aumento na capacidade de recrutamento das unidades motoras (ROBBINS; MARSHALL; MCEWEN, 2012).

A prática do TF pode ser realizada com a utilização de pesos livres e equipamentos desenvolvidos especificamente para esta atividade. Sua prescrição implica na administração de determinadas variáveis ligadas ao TF, como o volume e a intensidade, que podem ser regulados através do controle do número de repetições, quantidade de séries, períodos de intervalo de recuperação entre as séries e, principalmente, a carga imposta (ROBBINS; MARSHALL; MCEWEN, 2012). O constante incremento de pesos no TF se faz fundamental para que ocorram as adaptações neuromusculares como resposta e consequente aumento da força muscular (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

São poucos os estudos que investigaram a questão da forma de execução do exercício do TF, execução unilateral ou bilateral, e suas influências no ganho de força e no DB (BOTTON et al., 2016; BEURSKENS et al., 2015; JANZEN; CHILIBECK; DAVISON, 2006; TANIGUCHI, 1997; HÄKKINEN et al., 1996). Dentre estes, a articulação do joelho sempre se fez presente durante esta abordagem, sendo utilizado o teste em contração voluntária máxima nos movimentos de extensão e/ou flexão do joelho (BOTTON et al., 2016; TANIGUCHI, 1998) e, por vezes, o exercício leg press (BEURSKENS et al., 2015; JANZEN; CHILIBECK; DAVISON, 2006).

No primeiro estudo investigando o efeito do TF sobre o DB, WEIR et al., (1995) utilizaram um TF peculiar, onde a investigação da influência do TF sobre o DB ocorreu através de um TF aplicado apenas no membro inferior não dominante para a extensão excêntrica de joelho, em uma população de homens adultos jovens. O TF teve duração de 8 semanas com 3 sessões em cada uma destas e intensidade de 80% de 1 RM e seguiu uma periodização, na qual na primeira semana foram aplicados 3 séries de seis repetições, na 2ª semana, 4x6 repetições e da 3ª a 8ª, aplicaram 5x6 repetições. Para a análise do DB foi realizado teste na mesma condição de treinamento, ou seja, na extensão excêntrica de joelho, através do qual foi demonstrado acréscimo de força muscular no membro treinado, no

membro não treinado e na condição bilateral e a presença de DB nos momentos pré-treinamento, pós-treinamento, no qual teve sua magnitude aumentada e que permaneceu após 8 semanas de destreinamento. Já em um segundo estudo do mesmo grupo (WEIR et al., 1997), diferenciando-se apenas na contração utilizada no TF e no teste de 1 RM durante avaliação, a qual foi realizada de forma concêntrica, os resultados foram similares em relação aos aumentos de força no membro treinado, no membro não treinado e na condição bilateral assim como para os índices de DB nos momentos pré-treinamento, pós-treinamento e pós-destreinamento.

No estudo de HÄKKINEN et al., (1996) foi realizado um TF isotônico para extensão e flexão de joelhos, durante 12 semanas com duas sessões por semana, em homens e mulheres de meia idade e idosos. Porém, apenas a extensão de joelhos foi avaliada para o DB. O treinamento seguiu o conceito de periodização, no qual enquanto se aumentava o número de séries e a carga imposta, diminuía-se o número de repetições da seguinte forma: 1-4ª semana: (3-4)x10-12 repetições (40-50% 1RM) / 5-8ª semana: (3-5)x 6-8 repetições (60-80% 1RM) / 9-12ª semana: (4-6)x 3-6 repetições (70-90% 1RM). O teste utilizado para avaliar o índice de DB foi o teste de 1RM através de um dinamômetro para a condição concêntrica. Contudo, nenhum dos grupos demonstrou presença de DB para o exercício avaliado e constatou-se que tanto exercícios bilaterais quanto unilaterais são eficazes para os ganhos na força muscular das populações envolvidas. Contudo, a magnitude do aumento da força demonstrou ser bastante específica para o tipo de exercício utilizado, apoiando o princípio da especificidade do treinamento.

Nos dois estudos de TANIGUCHI, (1997 e 1998), foi utilizado treinamento de força isocinético, tanto para o grupo unilateral quanto bilateral. Em seu primeiro estudo em 1997 foi aplicado TF isocinético para a extensão de joelho em homens e mulheres adultos jovens. O programa de TF para extensão de joelho consistiu de sessões com 3 séries de 6 repetições de

força voluntária máxima, três vezes por semana, durante seis semanas, para cada um dos grupos (TF unilateral e TF bilateral). O teste para extensão de joelho foi realizado no mesmo equipamento utilizado para o TF. Após intervenção, foi demonstrado acréscimo significativo de força apenas no grupo treinado na condição bilateral, ou seja, o grupo TF bilateral demonstrou aumento apenas na condição bilateral, o que não ocorreu com o grupo de TF unilateral, o qual não demonstrou aumentos significativos na força muscular unilateral e nem bilateral. Assim como para o aspecto da força muscular, em relação ao índice de DB, apenas o TF bilateral exerceu efeito significativo sobre seu índice, diminuindo o DB para este grupo. Já o grupo de TF unilateral aumentou o DB, porém sem significância estatística. Em sua segunda investigação do mesmo tema em 1988, o referido autor utilizando-se dos mesmos protocolos de TF e avaliação do seu estudo prévio, obteve resultados similares ao primeiro.

Um TF bilateral e que ocorreu em dinamometria isocinética a 45°/s foi utilizado por KURUGANTI et al. (2005) durante um período de seis semanas, cada uma com três sessões para a extensão e flexão de joelho, sendo de 2 a 3 séries consistindo de 8 a 12 contrações voluntárias máximas. A população estudada em questão consistiu de homens e mulheres jovens e de meia idade. O DB esteve presente para a extensão e flexão de joelhos, não diferindo em sua magnitude entre os sexos e as faixas etárias, sendo demonstrado que as intervenções aplicadas em cada grupo reduziram o DB para ambos os movimentos, extensão e flexão de joelhos.

Outro estudo que avaliou o efeito do TF sobre o DB, no exercício *leg press*, foi o de JANZEN; CHILIBECK; DAVISON (2006). Nesta investigação aplicou-se TF isotônico, durante 26 semanas com três sessões por semana, para mulheres pós-menopáusicas de meia idade. Para os membros inferiores, foram aplicados os exercícios *leg press*, cadeira extensora e cadeira flexora, com duas séries para a faixa de 8 a 10 repetições e intensidade entre 50 e 60 % de 1RM, em condição unilateral ou bilateral, de acordo com o grupo de treinamento.

Outros exercícios integraram o TF para os membros inferiores; exercícios de extensão do tronco e adução, abdução, flexão e extensão de quadril em condição unilateral, os quais foram realizados com carga que permitisse completar 12 repetições em duas séries. Contudo, para os membros inferiores, apenas os exercícios *leg press* e extensão de joelho foram analisados para o DB, que ocorreu através de teste de 1RM, sendo constatado DB apenas durante o exercício *leg press*, não sendo observada sua ocorrência para a extensão do joelho, com exceção de alguns sujeitos. Após o período de treinamento, observou-se que o grupo submetido ao TF bilateral demonstrou diminuição nos índices de DB enquanto o grupo submetido ao TF unilateral não demonstrou efeito significativo sobre os mesmos índices.

Já no trabalho de BOTTON et al. (2016) foi aplicado um TF isotônico para a extensão de joelho em mulheres adultas jovens. Especulou-se que o TF unilateral provocaria maiores adaptações músculo esqueléticas quando comparado com o TF bilateral e, consequentemente, analisou-se seus respectivos efeitos sobre os índices de DB. Os treinamentos de força, tanto o unilateral quanto o bilateral, aplicados no estudo consistiram de 2 sessões por semana durante 12 semanas com a seguinte periodização; da 1 a 3ª semana utilizou-se 2x12-15 repetições, da 4 a 6ª semana, 3x9-12 repetições, da 7 a 9ª semana, 3x7-10 repetições e da 10 a 12ª semana, 4x5-8 repetições. Foram aplicados dois testes, 1 RM dinâmico isotônico no mesmo equipamento utilizado para o treinamento e um teste isométrico em dinamômetro isocinético, ambos para extensão de joelho. Em relação aos resultados, constatou-se que os aumentos da força muscular não foram restritos à condição específica de treinamento, mas a especificidade do treinamento foi demonstrada para o grupo com TF unilateral, o qual apresentou maiores cargas de trabalho ao final do treinamento para a condição específica de treinamento, ou seja, unilateral. Em relação ao índice de DB, a especificidade do teste influenciou sua magnitude de forma distinta. No teste de 1 RM isotônico dinâmico o grupo de TF unilateral demonstrou ocorrência de DB enquanto o grupo de TF bilateral demonstrou facilitação bilateral após o

TF, já que nesta condição de teste, no momento pré-treinamento, não foi demonstrado DB significativo em nenhum dos resultados. Já no teste isométrico em dinamômetro isocinético, os índices não foram alterados significativamente por nenhuma das conformações do TF, mantendo-se o DB em ambos os grupos submetidos ao TF.

Em outra investigação recente sobre os efeitos do treinamento sistemático no DB, incluindo-se o TF isotônico bilateral e o treinamento de equilíbrio unilateral, nos quais as sessões ocorreram três vezes por semana durante um período de treze semanas, observou-se diminuição nos índices do DB após ambos os tipos de intervenção (BEURSKENS et al., 2015). A população na qual foram aplicadas as intervenções consistiu de homens idosos, os quais foram divididos de forma randomizada nos grupos de TF bilateral e de treinamento de equilíbrio unilateral. Adicionalmente, foi incluído na avaliação pré-treinamento um grupo de homens adultos jovens para que se comparassem os níveis de força e seus respectivos índices de DB com os desempenhos obtidos pelos idosos, nos momentos pré e pós-treinamento. O TF bilateral consistiu dos exercícios *leg press*, extensão de joelho, flexão plantar e dorsi-flexão, composto por 3 séries de dez repetições com intensidade de 80% de 1RM, enquanto o treinamento de equilíbrio unilateral consistiu de exercícios conduzidos em tábuas onduladas, esteiras finas e superfícies irregulares, composto por 4 séries de 20 segundos de duração. Os testes foram conduzidos através do exercício *leg press* isométrico através de uma plataforma de força. Os resultados iniciais demonstraram menores níveis de força e maiores índices de DB nos idosos em comparação aos adultos jovens. Após ambas as intervenções, os dois grupos de idosos demonstraram aumentos significativos nos níveis de força, demonstrando que os diferentes treinamentos aplicados são eficazes para aprimorar esta capacidade física, demonstrando também reduzir os índices de DB na população que sofreu as intervenções.

Parece existir um consenso na maior parte das evidências encontradas na literatura que indicam que tanto a execução unilateral, quanto a bilateral do TF aumentam a produção de

força (BOTTON; PINTO, 2012). Além disso, a maior parte dos estudos demonstrou que exercícios realizados de forma BL exercem efeito de redução do DB (BEURSKENS et al., 2015; JANZEN; CHILIBECK; DAVISON, 2006; KURUGANTI et al., 2005).

No entanto o assunto ainda é pouco estudado, existindo a necessidade de melhor entendimento das relações entre os exercícios realizados de forma unilateral ou bilateral e a magnitude do DB. Portanto, novos estudos são necessários para se elucidar os mecanismos subjacentes ao DB e sua relação com os diferentes tipos de TF. Além da necessidade da incorporação de novas metodologias estatísticas, como a do Tamanho do Efeito, visando uma melhor compreensão do efeito de um tipo de TF no DB.

2 JUSTIFICATIVA

É importante que os profissionais que prescrevem o TF com objetivos pré-determinados entendam melhor as diferenças das adaptações neuromusculares e biomecânicas, proveniente dos treinamentos realizados de forma unilateral ou bilateral, que possam se refletir na força, no controle motor e no desempenho físico. Em virtude do aumento da população humana nos grandes centros urbanos e do estilo de vida moderno, que faz com que as pessoas sejam submetidas a maiores períodos de inatividade física e sedentarismo, se faz necessário a criação de estratégias para a manutenção da saúde musculoesquelética, uma das principais é a disponibilização de salas de musculação com equipamentos adequados e recursos humanos habilitados a prescrever o TF baseado em evidências científicas, maximizando os resultados. Portanto, face à necessidade de ampliar o conhecimento visando atender a grande demanda pelo incremento da força muscular, pelos mais variados motivos é imperativo pesquisar as diferenças entre o TF UL e o BL, principalmente relacionadas ao DB.

O treinamento de força é uma das áreas da atividade física que deve ser divulgada e incentivada a sua prática, pois os estudos prévios demonstram uma correlação entre o treinamento de força e a manutenção da saúde do sistema músculo esquelético e a qualidade de vida, então é necessário que se estude cada vez mais o tema para desenvolver a área do treinamento de força.

Podemos melhorar a prescrição do exercício UL ou BL, conforme objetivos prévios e metas estabelecidas, como por exemplo favorecer um treinamento BL para o indivíduo que tem dificuldades de passar da posição sentada para em pé, ou utilizar o treinamento UL para melhorar o equilíbrio entre os dois MI's.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo principal

Comparar o efeito do treinamento de força unilateral ou bilateral no DB da musculatura extensora e flexora do joelho.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar o valor do PT extensor do joelho, antes e após TF.

Avaliar o valor do PT flexor do joelho, antes e após TF.

Determinar o valor do DB para os extensores, antes e após o TF.

Determinar o valor do DB para os flexores, antes e após o TF.

4 MÉTODOS

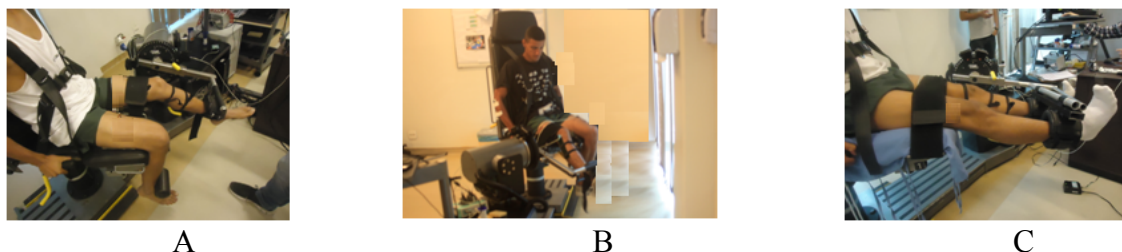
4.1 Amostra

Os participantes foram recrutados na Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), localizada na Urca - Rio de Janeiro, através de divulgação interna via aviso oral durante formatura matinal (07:15 horas) e cartazes espalhados pelas instalações da referida Escola, para que os sujeitos interessados em participar pudessem entrar em contato com o pesquisador responsável no período de até duas semanas antes da avaliação inicial. Para serem incluídos no estudo os sujeitos deveriam ser fisicamente saudáveis e não possuir experiência prévia com treinamento de força e não estarem envolvidos em nenhum tipo de treinamento no momento da pesquisa. Enquanto os critérios de exclusão avaliaram qualquer relato de problemas musculoesqueléticos prévios ou desenvolvidos durante o treinamento, assim como três faltas às sessões de treinamento. Os indivíduos foram informados sobre os procedimentos metodológicos da investigação, seus benefícios, assim como a forma que ocorreria o treinamento. Aqueles que se enquadraram nos critérios de inclusão e que aceitaram participar, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jammil Haddad (INTO-MS), registrado no CAAE sob o número 45293515.8.0000.5273 em 18/05/2015 (anexo 1). Durante as avaliações, assim como, durante o período de treinamento, os indivíduos foram instruídos a comparecerem no local vestindo o uniforme de treinamento físico do Exército Brasileiro, medida adotada para padronização e permitir a fácil identificação dos participantes.

4.2 Avaliação da força isocinética

O protocolo de teste compreendeu o conjunto de avaliações isocinéticas de extensão e flexão do joelho de maneira unilateral (direito - ULD e esquerdo - ULE) e bilateral (BL), em um dinamômetro isocinético (CSMI HUMAC NORM). Todos os testes foram conduzidos com os sujeitos em posição sentada com o quadril a aproximadamente 90° e fixados ao banco por meio de cintos. Antes de cada teste, todos os procedimentos de calibração foram realizados e o participante realizou um processo de familiarização e aquecimento compreendendo movimentos de extensão e flexão do joelho em esforços submáximos. Cada teste (direito, esquerdo e bilateral) (figura 3) consistiu de um conjunto de cinco repetições no modo concêntrico-concêntrico isocinético (extensão seguida de flexão) com esforço máximo à velocidade angular de 60°/s. O teste bilateral foi realizado por meio de um aparelho customizado, desenvolvido no Laboratório de Pesquisa Neuromuscular do INTO (Pneuro) e o teste unilateral utilizou adaptador unilateral componente do equipamento original. Todos os testes foram realizados no mesmo dia, sendo que a ordem BL ou UL foi escolhida aleatoriamente, assim como na execução UL foi escolhida a sequencia direita ou esquerda. Um intervalo mínimo de 30 minutos e máximo de 1 hora foram dados entre as condições. Este procedimento de avaliação foi realizado antes e depois do período de TF.

Figura 1. Avaliação isocinética unilateral e bilateral



A) Condição de teste UL, esquerda, no dinamômetro isocinético. (Fonte: Arquivo pessoal). **B)** Condição de teste UL, direita, no dinamômetro isocinético. (Fonte: Arquivo pessoal). **C)** Condição de teste BL, no dinamômetro isocinético. (Fonte: Arquivo pessoal).

Os sinais de todos os testes realizados foram registrados e ao final convertidos em arquivos de formato 'txt', para serem lidos em ambiente *Matlab 7.02c* (*MATHWORKS, USA*). Uma rotina desenvolvida em *Matlab* fazia a leitura dos sinais. Cada sinal foi filtrado por um filtro passa-baixa *Buterworth* bilateral de 2ª ordem, com frequência de corte de 10 Hz para retirar artefatos presentes no mesmo. A rotina reconhece automaticamente o início e o fim de cada ciclo de extensão e de flexão realizada pelo joelho. De cada ciclo, foi determinado o pico de torque. Para cada um dos dois movimentos (extensão e flexão), o ciclo que apresentou o maior pico de torque (PT) foi registrado, para cálculos futuros.

4.3 Caracterização do peso inicial do treinamento

No 1º dia de treinamento, antes da primeira sessão do TF ser executada foi realizado o teste de 10 repetições máximas (RM), para a extensão de joelhos na cadeira extensora e para flexão de joelhos na cadeira flexora, procurando estabelecer o valor da carga inicial a ser utilizada no início do TF. Um intervalo mínimo de 30 minutos de recuperação foi dado entre o teste e a série inicial de treinamento e de 10 minutos entre as tentativas de teste 10 RM, sendo realizadas no máximo cinco tentativas. Caso conseguissem realizar um número maior de repetições a carga seria incrementada e o teste seria executado novamente até que se chegasse a um valor de carga de dez repetições máximas (RM). As cargas foram sendo incrementadas, tentando obter as 10 RM de cada indivíduo em todo o treinamento.

4.4 Índice de déficit bilateral de força

Para verificar o DB na força máxima, foram utilizados os valores de PT, em Newton Metros (Nm), para extensão e flexão de joelhos. Foi utilizada para o cálculo do Índice

Bilateral de Força (IB_{PT}) a seguinte fórmula matemática (equação 1 - HOWARD; ENOKA, 1991):

Equação 1. Fórmula para cálculo do Índice Bilateral de força

$$IB_{PT} = \{100 \times [PT_{BL}/(PT_{ULD} + PT_{ULE})]\} - 100$$

IB_{PT} - Índice bilateral peak de torque; PT_{BL} - peak torque bilateral; PT_{ULD} - Peak torque unilateral direito; PT_{ULE} - Peak torque unilateral esquerdo.

Onde o PT_{BL} é relativo ao maior PT dos membros em condição BL; PT_{ULD} é relativo ao maior valor do pico de torque na condição ULD; PT_{ULE} é relativo ao maior valor ao valor do pico de torque na condição ULE. Valores de IB_{PT} menores que zero indicaram presença de DB, enquanto valores maiores que zero indicam uma facilitação bilateral (FB) na força muscular.

4.5 Treinamento de força

Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em três grupos: grupo treinamento unilateral (GU), grupo treinamento bilateral (GB) e grupo controle (GC). Os grupos de treinamento realizaram oito semanas de treinamento, três vezes na semana, sempre as segundas, quartas e sextas. A intensidade do esforço físico foi determinada pelo acréscimo constante do peso, para que as repetições fossem máximas em uma faixa de 8 a 12 repetições. Sendo que o peso não poderia ser tão pesado que apenas 8 repetições fossem realizadas e não tão leve que possibilitasse as realização de 12 repetições. Os sujeitos foram instruídos a realizarem as repetições com velocidade constante e movimento equilibrado. Os exercícios utilizados foram à extensão e a flexão de joelhos realizada de forma UL e BL, na cadeira extensora e na cadeira flexora, respectivamente (tabela 1 e figura 2). Cada sessão de

treinamento foi separada pelo período mínimo de 48 horas (segunda à quarta e quarta à sexta) e máximo de 72 horas (sexta à segunda) e teve duração de aproximadamente uma hora. Todas as sessões de treinamento foram controladas pelo o mesmo pesquisador.

Tabela 1. Tabela demonstrativa do treinamento realizado pelos GB e GU.

Grupo Bilateral – n = 23	Grupo Unilateral – n = 23
2 séries de 10 repetições bilateralmente, extensores	2 séries de 10 repetições unilaterial direita, extensores
2 séries de 10 repetições bilateralmente, flexores	2 séries de 10 repetições unilaterial esquerda, extensores
Intervalo de três minutos entre séries	2 séries de 10 repetições unilaterial direita, flexores
	2 séries de 10 repetições unilaterial esquerda, flexores
	Intervalo de três minutos entre séries

Figura 2. Montagem com exercícios realizados no treinamento.



A) extensão de joelho bilateral. **B)** extensão de joelho direito. **C)** extensão de joelho esquerdo. **D)** flexão de joelhos bilateral. **E)** flexão de joelho direito. **F)** flexão de joelho esquerdo.

4.6 Análise dados

O número amostral foi estabelecido por um cálculo amostral prévio – equação 2 (LEVIN, 1987; LEVINE; BERENSON; STEPHAN, 2000; TRIOLA, 1999).

Equação 2. Fórmula matemática para cálculo amostral prévio.

$$n = \frac{Z^2 (1 - \alpha) \times 0,25}{\epsilon^2}$$

n = tamanho da amostra; 0,25 = variância proporcional; $Z_{(1-\alpha)}$ = nível de confiança; ϵ^2 = erro amostral admitido cometer; α = 5% nível de significância

Por não se conhecer as características da população a ser estudada, adotou-se como variância 0,25. Além disso, tomou-se como nível de confiança $Z_{95\%} = 1,96$ e o erro admitido de se cometer de 12%. Assim, obteve-se como tamanho amostral o montante de 67 indivíduos, mas por se pretender estudar três grupos do mesmo tamanho, decidiu-se trabalhar com 69 indivíduos, 23 em cada grupo. Foram utilizadas as estatísticas descritivas (média e desvio padrão) para representar as variáveis. Inicialmente foi aplicado teste de *Shapiro Wilk* para normalidade das variáveis que demonstrou que as mesmas poderiam ser assumidas como tendo distribuição normal ($p < 0,05$). Foi realizada uma ANOVA para medidas repetidas comparando as cargas das 8 semanas de treinamento. Adotou-se como critério, caso o princípio da esfericidade fosse ferido, utilizar a correção do número de graus de liberdade de *Green-House*. Detectada diferença significativa, era realizado um teste de *post hoc* de *Bonferroni*. Os picos de torque e o déficit bilateral dos testes pré e pós foram comparados por meio de testes t para amostras dependentes. Para estes casos, também foram determinando os tamanhos dos efeitos (TE) de acordo com a equação 3 (RHEA, 2004) e para futuras inferências será utilizado a Tabela 2. As comparações entre as variações percentual do PT pré e pós-treinamento foram feitas por meio de ANOVA de três fatores (lado, grupamento

muscular e grupo). Nestes casos, testes prévios de homoesfericidade foram realizados. Além disso, caso fosse encontrada diferença significativa, era feito *post hoc* de *Tukey*. Todos os cálculos foram realizados no software *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS Inc. Chigago, IL, EUA)*. A significância estatística estabelecida foi de $p \leq 0,05$.

Equação 3. Fórmula para cálculo do tamanho do efeito

$$TE = \frac{\bar{X}_{POS} - \bar{X}_{PRÉ}}{S_{PRÉ}}, \text{ onde}$$

TE é o tamanho do efeito; $\bar{X}_{PRÉ}$ é a média do PT pré-treinamento; $\bar{X}_{POS}$ é a média do PT pós-treinamento; $S_{PRÉ}$ é o desvio padrão do PT pré-treinamento

Tabela 2. Escala para determinar a magnitude dos tamanhos de efeito em pesquisa de TF.

	Não treinado	Recente treinado	Altamente treinado
Trivial	< 0.5	< 0.35	< 0.25
Pequena	0.5 – 1.25	0.35 – 0.80	0.25 – 0.50
Moderada	1.25 – 2.0	0.80 – 1.50	0.50 – 1.0
Grande	> 2.0	> 1.5	> 1.0

Classificação do tamanho do efeito no treinamento de força, adaptado de RHEA, (2004). **Não treinado** - indivíduos que não foram treinados consistentemente por 1 ano. **Recente treinado** - indivíduos que foram treinados consistentemente de 1-5 anos. **Altamente treinado** - indivíduos que foram treinados consistentemente por mais de 5 anos.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterizações da amostra

As características da amostra estão apresentadas na tabela 3. Todos os grupos iniciaram o estudo com um número de 24 sujeitos. Contudo, um sujeito do GU se afastou por motivo particular e um sujeito do GB abandonou o estudo. Quanto ao GC um sujeito também abandonou o estudo. Sendo assim, a amostra final foi composta de 69 voluntários, com idade entre 19 ou 20 anos, dividida em três grupos: grupo de treinamento unilateral (GU), grupo de treinamento bilateral (GB) e grupo controle (GC) de maneira aleatória.

Tabela 3. Dados demográficos da amostra estudada. Média (Desvio Padrão).

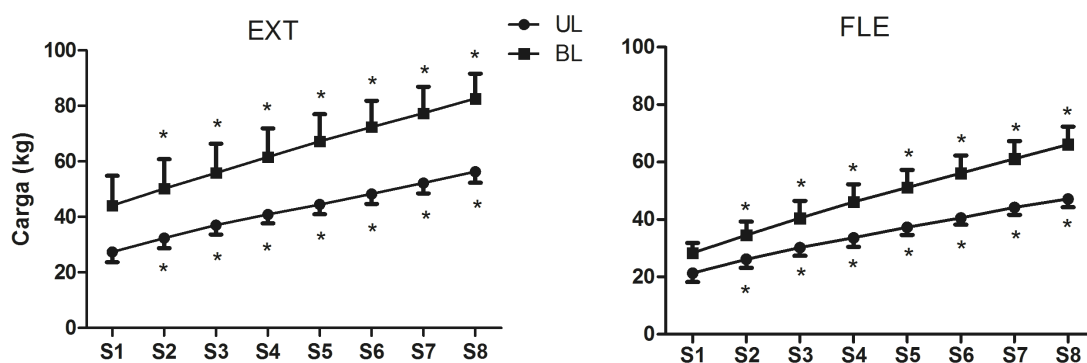
	GU (n=23)	GB (n=23)	GC (n=23)
Idade (anos)	19 (0,42)	19 (0,51)	19 (0,38)
Massa Corporal (kg)	73 (10,66)	70 (8,68)	69 (7,63)
Altura (cm)	178 (0,07)	176 (0,07)	175 (0,05)

GU – grupo unilateral. GB – grupo bilateral. GC – grupo controle. kg – quilograma. cm – centímetros.

5.2 Carga do treinamento

As cargas usadas no treinamento por cada um dos grupos a cada semana estão apresentados na figura 5. Ocorreu interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores (grupo*tempo) e efeito significativo ($p < 0,05$) do tempo isolado.

Figura 3. Evolução da carga de treinamento na cadeira extensora (EXT) e flexora (FLE) do joelho.



EXT – extensão. **FLE** – flexão. **UL** – unilateral. **BL** – bilateral. **S** – semana.* Diferenças significativas nas comparações entre cargas sucessivas ($p < 0,001$), revelado por post hoc de Bon Ferroni.

5.3 Torque muscular

Tanto o grupo de treinamento unilateral quanto o de treinamento bilateral produziram aumento estatisticamente significativo no pico de torque dos extensores ($p < 0,001$ - tabela 4) e flexores ($p < 0,001$ - tabela 5) de joelho do momento pré-intervenção para o momento pós-intervenção no membro direito, esquerdo e bilateral. O grupo controle demonstrou diferença significativa apenas para o pico de torque dos flexores do joelho ($p = 0,004$ - tabela 5). Nenhuma outra medida do GC revelou diferença significativa (tabela 4 e 5). A análise do tamanho do efeito entre as medidas revelou maiores valores para ambos os grupos que treinaram (variando de 1.12 a 2.77 - tabelas 4 e 5), do que o grupo CG demonstrou valores pequenos (variando de 0.02 a 0.44 - tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Valores dos picos de torque extensor em Newton Metro (Nm), significância estatística e tamanho do efeito, obtidos na comparação dos testes pré e pós-treino.

		GC			GU			GB		
		B	D	E	B	D	E	B	D	E
PRE	Média	321	195	195	271	169	171	246	167	157
	DP	53,4	37,2	27,5	60,6	38,5	39,7	46,9	31,2	33,6
POS	Média	336	196	196	363	219	215	350	205	205
	DP	42,7	33,0	30,2	68,7	38,6	41,2	63,5	36,7	36,0
	p	0,059	0,769	0,903	**	**	**	**	**	**
	TE	0,29	0,04	0,02	1,51	1,32	1,12	2,21	1,24	1,42

EXT – extensão. **FLE** – flexão. **PRE** – pré-treino. **POS** – pós-treino. **CG** – Grupo controle. **GU** – Grupo de treino unilateral. **GB** - Grupo de treino bilateral. **Média** – valor médio. **DP** – desvio padrão. **p** – valor p. **TE** – tamanho do efeito do treino (trivial < 0,5; pequeno > 0,5 < 1,25; moderado > 1,25 < 2,0 e grande > 2,0). ** - p < 0,001.

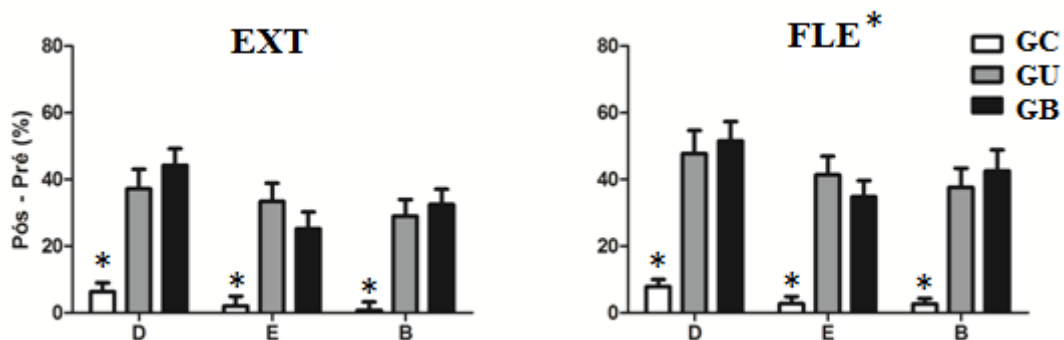
Tabela 5. Valores dos picos de torque flexor em Newton Metro (Nm), significância estatística e tamanho do efeito, obtidos na comparação dos testes pré e pós-treino.

		GC			GU			GB		
		B	D	E	B	D	E	B	D	E
PRE	Média	205	131	130	176	118	118	165	112	109
	DP	32,9	17,9	18,1	44,9	18,7	26,8	30,3	17,4	16,6
POS	Média	219	134	134	254	166	160	247	151	154
	DP	32,4	21,5	20,0	48,1	27,4	31,1	40,5	24,0	25,4
	p	0,004	0,252	0,114	**	**	**	**	**	**
	TE	0,44	0,18	0,19	1,75	2,54	1,54	2,70	2,26	2,77

EXT – extensão. **FLE** – flexão. **PRE** – pré-treino. **POS** – pós-treino. **CG** – Grupo controle. **GU** – Grupo de treino unilateral. **GB** - Grupo de treino bilateral. **Média** – valor médio. **DP** – desvio padrão. **p** – valor p. **TE** – tamanho do efeito do treino (trivial < 0,5; pequeno > 0,5 < 1,25; moderado > 1,25 < 2,0 e grande > 2,0). ** - p < 0,001.

Os GU e GB demonstraram maiores diferenças percentuais entre os momentos pré e pós-treinamento do que o GC ($p < 0,001$) para todas as comparações, sem diferenças entre eles. A diferença percentual do torque entre pré e pós-treinamento (Figura 4) foi maior nos flexores no lado direito ($p=0,023$), esquerdo ($p=0,008$) e bilateral ($p=0,025$) para GU. No GB os flexores também demonstraram maiores valores no lado esquerdo ($p=0,001$), bilateral ($p=0,003$), no lado direito foi identificado um valor marginal para significância estatística ($p=0,076$).

Figura 4. Valor médio e DP da diferença percentual entre os picos de torque pré e pós-treinamento para os grupos controle (GC), de treinamento unilateral (GU) e bilateral (GB), obtidos nos extensores (EXT) e flexores (FLE).



EXT – extensores. **FLE** – flexores. **GC** – grupo controle. **GU** – grupo unilateral. **GB** – grupo bilateral. **D** – direito. **E** – esquerdo. **B** – bilateral. *Diferença significativa entre o CG e os demais grupos ($p < 0,001$). *Diferença significativa entre FLEX e EXT.

5.4 Déficit bilateral

O déficit bilateral foi reduzido de maneira significativa apenas para o GB ($p < 0,001$), tanto nos extensores quanto nos flexores (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios (desvio padrão) do déficit bilateral (valor %) antes (PRE) e após (POS) o treinamento (dois momentos para o GC), valor p e tamanho do efeito (TE) obtidos na comparação entre antes e depois do treinamento.

	EXT			FLE		
	GC	GU	GB	GC	GU	GB
PRE	17 (11,7)	19 (11,1)	24 (7,8)	21 (8,4)	26 (10,3)	25 (8,9)
POS	13 (9,1)	16 (9,0)	14 (7,6)	18 (8,9)	22 (6,2)	19 (4,6)
p	0,130	0,142	**	0,105	0,054	0,004
TE	0,32	0,29	1,19	0,46	0,39	0,67

EXT – extensão. **FLE** – flexão. **PRE** – pré-treinamento. **POS** – pós-treinamento. **GC** – Grupo controle. **GU** – Grupo de treinamento unilateral. **GB** - Grupo de treinamento bilateral. **p** – valor p. **TE** – tamanho do efeito do treinamento (trivial < 0.5 ; pequeno $> 0.5 < 1.25$; moderado $> 1.25 < 2.0$ e grande > 2.0). ** - $p < 0,001$. Valor p em negrito indica diferença significativa.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo foi elaborado para avaliar o efeito de um TF com resistência, de 8-12 RM, em execução unilateral ou bilateral, para os músculos quadríceps e isquiotibiais sobre o torque máximo, verificando também o impacto sobre o DB. Neste sentido, por meio dos resultados encontrados, tanto os indivíduos que treinaram unilateralmente quanto os indivíduos que treinaram bilateralmente produziram um aumento significativo ($p < 0,001$ - tabelas 4 e 5) no PT dos extensores e também dos flexores de joelho após 8 semanas desse TF. Ambos os grupos experimentais, GU e GB, evoluíram positivamente no PT dos músculos extensores e flexores do joelho tanto para o lado esquerdo, quanto direito e bilateral (tabelas 4 e 5). Entretanto, não foi observada entre os grupos diferença significativa entre os índices de torque nas condições anteriormente mencionadas. Estes dados corroboram com outras pesquisas que também avaliaram o desempenho da força muscular bilateral e unilateral onde o objetivo primário tem sido o DB (BOTTON et al., 2016; BEURSKENS et al., 2015).

A demonstração de interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores grupo e tempo de treinamento e o efeito significativo ($p < 0,05$) do tempo isolado confere ao programa de treinamento entre 8-12 RM uma efetiva relação com a elevação da força muscular. Este aspecto é evidente ao observarmos a evolução da carga de treinamento (figura 3), onde o acréscimo da quantidade de peso na cadeira extensora e flexora, por meio da medida da quantidade do peso na bateria de carga dos equipamentos empregadas nos treinamentos para fortalecimento do quadríceps e isquiotibiais, respectivamente, foram aumentados a cada semana quando referenciados pela medida de 10 RM.

Apesar do DB, identificado no momento pré-treinamento, ter sido mantido no momento pós-treinamento em todos os grupos do estudo, o presente programa promoveu uma

redução significativa do DB nos extensores ($p < 0,001$ – tabela 6) e nos flexores ($p = 0,004$ – tabela 6), do momento pré para o pós-treinamento, exclusivamente no grupo que executou o treinamento de forma bilateral (tabela 6). Estas informações confirmam os achados de JANZEN e CHILIBECK; DAVISON (2006) e KURUGANTI et al., (2005) que também relataram uma redução do DB com o treinamento bilateral. Possivelmente o treinamento bilateral promove a redução do DB devido a especificidade da execução utilizando os dois MI's simultaneamente, com maiores ganhos de força BL com o treinamento executado desta forma (BL).

A prática rotineira e organizada do TF executado de forma bilateral proporciona ganhos maiores na condição do treinamento executado, em comparação com os ganhos obtidos na soma de cada avaliação unilateral isolada. Consequentemente, estes aspectos podem sugerir uma diminuição significativa do DB. Assim como no presente estudo, JANZEN e CHILIBECK; DAVISON (2006) demonstraram através de seus resultados, para extensão de joelhos, que além da redução do DB, para quem treinou bilateralmente, não foi observada alteração significativa no DB, para quem treinou unilateralmente. Podemos então conjecturar que o TF executado bilateralmente deve ser inserido na rotina de treinamento, principalmente quando o objetivo for de melhorar a força durante atividades que exijam solicitações musculares bilaterais, sejam em movimentos produzidos na rotina da vida diária, como levantar de uma cama ou cadeira. Estes aspectos deverão ser considerados também nas atividades esportivas que necessitem de saltos com as duas pernas ou que demandem de contrações bilaterais. Esportes como no remo e na ginástica olímpica, por exemplo, podemos sugerir que seja mais efetivo treinar um pouco mais bilateralmente do que unilateralmente.

A redução significativa ($p = 0,004$ – tabela 6) do déficit bilateral observada no grupo experimental que realizou o treinamento de força para os isquiotibiais de forma bilateral

diverge dos resultados de KURUGANTI et al., (2005) que, em relação ao grupamento muscular flexor, não observaram impacto sobre o DB por meio de treinamento bilateral ($p=0,13$). Este contraste comparativo entre os dois estudos pode ter sido provocado pela nossa opção pelo treinamento dinâmico em equipamentos convencionais, isotônico concêntrico. KURUGANTI et al., (2005), que adotaram o treinamento em equipamento isocinético com velocidade controlada. A contração isocinética, especificamente realizada em dinamômetros, se distancia da forma de contração natural do ser humano frente às ações impostas pela gravidade (FLECK, 1999). Com relação ao tamanho do efeito do TF na flexão do joelho, o GB produziu um grande ganho de força nos testes BL, ULD e ULE (tabela 5). Estes achados demonstram a efetividade do treinamento de força bilateral com a metodologia proposta para o aperfeiçoamento da força dos músculos isquiotibiais e, sobretudo, pelo impacto sobre o DB.

O treinamento do quadríceps realizado pelo GB também segue a tendência observada nos isquiotibiais após 8 semanas de treinamento de força com intensidade de esforço de 8-12 RM. Ou seja, também foi observada redução significativa ($p<0,001$ - tabela 6) no DB por meio do presente programa. Achados similares a este foram encontrados por JANZEN; CHILIBECK; DAVISON, (2006); KURUGANTI et al., (2005) e TANIGUCHI, (1997), que também descreveram em seus estudos uma redução significativa do DB nos extensores do joelho, para os grupos que treinaram bilateralmente. Isto pode ser atribuído ao fato de que o TF executado bilateralmente proporciona estímulos neuromusculares diferenciados daqueles usualmente produzidos nas atividades unilaterais, que são predominantes na rotina de vida e na prática esportiva, sendo assim, com o TF bilateral, há um ganho de força significativo para a execução bilateral, levando a uma consequente redução do DB.

Apesar de não encontrarmos no GU diferenças significativas sobre o DB, numa expectativa em conformidade com os achados de TANIGUCHI et al. (1997) e de WEIR et al., (1995), um resultado não esperado e observado no GU foi um decréscimo do valor percentual

para o DB nos extensores (19% para 16% – tabela 6) e também nos flexores (26% para 22% – tabela 6). Apesar dos achados do presente estudo não terem apresentado diferença significativa no DB por meio do treinamento unilateral, a afirmativa está relacionada ao fato de que estes pesquisadores relataram em seus respectivos estudos que o treinamento unilateral aumenta o índice do DB (TANIGUCHI et al.,1997; WEIR et al.,1995). Estes autores atribuíram este fato ao TF unilateral onde sugeriram que não houve um estímulo para produzir um maior aumento da execução bilateral, levando a um aumento do DB (TANIGUCHI et al.,1997; WEIR et al.,1995).

No presente estudo, mesmo sem alterar significativamente o DB entre o momento pré e pós-treinamento, o GU apresentou grande ganho do PT nos flexores de joelho do lado direito (2.54 - tabela 5) e um moderado ganho do PT no lado esquerdo (1.54 - tabela 5). O teste bilateral demonstrou que o programa do TF resultou em um moderado ganho de força (1.75 - tabela 5). Provavelmente, o expressivo tamanho do efeito do treinamento unilateral do lado direito esteja relacionado ao fato da prevalência dos sujeitos do GU serem destros conferindo a estes participantes do estudo uma melhor absorção aos estímulos do treinamento de força localizado. Além disso, a musculatura flexora do joelho está sempre deficitária quando comparada com os extensores e o equilíbrio muscular é fundamental para evitar a ocorrência de lesões. Alterações desse equilíbrio podem ser consideradas um possível fator predisponente para estiramentos musculares, tendinopatias e outras alterações no sistema musculoesquelético (COOK et al., 2004). Este fato se destaca ao analisarmos o tamanho do efeito do TF nos extensores do joelho, que após o treinamento unilateral, observamos um pequeno e um moderado ganho de PT para o lado direito e esquerdo, respectivamente (tabela 5). Possivelmente, devido ao fato de que os extensores apresentaram no momento pré-treinamento níveis de força mais próximos na condição absoluta do que os flexores. Portanto, os achados por meio do treinamento de força unilateral ratificam os posicionamentos de que

se pode aumentar especificamente a força muscular em indivíduos com déficits neuromusculares (TAYLOR; DODD; DAMIANO, 2005). Neste aspecto destacam-se as recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte sobre a inclusão de treinamento unilateral nos programas de musculação (ACSM, 2009).

Outro aspecto importante a ser mencionando é que o GC apresentou diferença significativa, para o pico de torque bilateral dos flexores de joelho ($p=0,004$ - tabela 5) após o período de 8 semanas. Porém, quando analisado pelo tamanho do efeito produzido na força, todas as formas de avaliação (BL, ULD e ULE), produziram um ganho trivial de força (tabela 5), o que nos confere a interpretação de que não ocorreu melhora no pico de torque do GC. Estes achados corroboram com os resultados de REJC et al., (2015), que verificaram que o desuso prolongado por 35 dias, em membros inferiores, produziu uma perda de aproximadamente 28% na força explosiva máxima, tanto bilateral quanto unilateral, mas não houve alteração do DB após esse desuso prolongado. A manutenção do valor do DB observada no presente estudo no grupo que não realizou nenhum tipo de treinamento também estão associados com os achados do estudo de WEIR et al., (1995), que demonstraram que após um período de 8 semanas sem treinamento consecutivamente após um período de treinamento de mesma duração, não houve alteração significativa do DB.

O presente estudo realizado com homens jovens demonstra a presença do DB em todos os indivíduos pesquisados, corroborando com os achados de BOTTON et al. (2016), que em seu estudo utilizando avaliação isométrica no dinamômetro isocinético, também relatou a presença do DB em mulheres jovens, tanto no momento pré quanto no momento pós-treinamento. Quando observamos o grupo que treinou unilateralmente, no presente estudo, observamos um decréscimo no valor percentual do DB dos extensores (19% para 16% – tabela 6), sendo essa redução não significativa ($p=0,142$ – tabela 6), divergindo dos

resultados encontrados por BOTTON et al. (2016), que relataram um aumento do valor percentual do DB (10% para 15%) no grupo que treinou unilateralmente, mas esse acréscimo também não foi significativo ($p>0,05$). Segundo BERNASCONI, (2017) não existiriam diferenças determinantes, entre homens e mulheres, para a presença ou não do DB e que causas biomecânicas são as principais influências para a composição do DB. Poderíamos conjecturar, então, que estas diferenças entre os resultados do presente estudo e os de BOTTON, et al., (2016), com relação ao treinamento unilateral, podem estar relacionadas aos exercícios complementares. Ou seja, no estudo de BOTTON, et al., (2016) fizeram parte do TF, além da cadeira extensora e flexora, outros exercícios associados: abdução, adução, glúteo com quatro apoios e alguns exercícios também para membro superior, que podem ter influenciado, com outros exercícios executados, o TF e por consequência os resultados na avaliação deste TF. Outra questão a ser discutida são as diferenças anatômicas e biomecânicas entre os gêneros, como o alargamento da pelve e suas adaptações no membro inferior, que poderiam de alguma forma influenciarem na execução de atividades motoras unilaterais e bilaterais.

Em virtude da limitação de informações acerca do DB nos flexores, mesmo que todas as considerações anteriores sejam pertinentes, os efeitos crônicos de exercícios de força realizados nas condições UL e BL neste grupamento muscular necessitam ser mais investigados. Os resultados do presente estudo parecem sustentar que ambos os tipos de treinamento podem ser utilizados com objetivo de aumentar a força, existindo a necessidade de estudos longitudinais com maior número de sessões para esclarecer como as questões morfológicas se comportam com relação às diferenças da execução do TF. Estudos futuros também podem verificar as implicações da execução UL ou BL do TF nas questões relacionadas ao equilíbrio muscular unilateral e as suas relações com predisposições para

lesões musculoesqueléticas. Também se faz necessário à verificação de possíveis influências da forma da execução do exercício na reabilitação pós-cirúrgica do sistema musculoesquelético.

7 CONCLUSÕES

O presente estudo evidencia que o treinamento de força, unilateral ou bilateral, produz ganho de força significativo em indivíduos destreinados nos exercícios de extensão e flexão de joelhos. Demonstra também a existência do DB na extensão e na flexão de joelhos em jovens destreinados e que o treinamento bilateral pode ser mais eficiente na redução deste DB.

ALLEYNE, J. M. Safe exercise prescription for children and adolescents. **Paediatrics & Child Health**, v. 3, n. 5, p. 337–342, set. 1998.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009.

BERNASCONI, N. **Análise do déficit bilateral de torque entre gêneros na extensão e flexão do joelho**INTO, , 2017.

BEURSKENS, R. et al. Effects of heavy-resistance strength and balance training on unilateral and bilateral leg strength performance in old adults. **PloS One**, v. 10, n. 2, p. e0118535, 2015.

BIZZI, E. et al. New perspectives on spinal motor systems. **Nature Reviews. Neuroscience**, v. 1, n. 2, p. 101–108, nov. 2000.

BOTTON, C. E. et al. Neuromuscular Adaptations to Unilateral vs. Bilateral Strength Training in Women. **Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association**, 29 ago. 2016.

BOTTON, C. E.; PINTO, R. S. Déficit bilateral: origem, mecanismos e implicações para o treino de força. **Revista Brasileira de Cineantropometria e desempenho humano**, 2012.

BOTTON, C. E.; RADAELLIA, R. Bilateral deficit between concentric and isometric muscle actions. 2013.

COOK, J. L. et al. Anthropometry, physical performance, and ultrasound patellar tendon abnormality in elite junior basketball players: a cross-sectional study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 2, p. 206–209, abr. 2004.

DIETZ, V. Do human bipeds use quadrupedal coordination? **Trends in Neurosciences**, v. 25, n. 9, p. 462–467, set. 2002.

DIETZ, V. Spinal cord pattern generators for locomotion. **Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology**, v. 114, n. 8, p. 1379–1389, ago. 2003.

EVANGELIDIS, P. E.; PAIN, M. T. G.; FOLLAND, J. Angle-specific hamstring-to-quadriceps ratio: a comparison of football players and recreationally active males. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 3, p. 309–319, 2015.

FLECK, S. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 2. ed. [s.l.] Artmed, 1999.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, jul. 2011.

HÄKKINEN, K. et al. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 51, n. 1, p. B21–B29, 1996.

HENRY, F. M.; SMITH, L. E. Simultaneous vs separate bilateral muscular contractions in relation to neural overflow theory and neuromotor specificity. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 32, p. 42–47, 1961.

HOWARD, J. D.; ENOKA, R. M. Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 70, n. 1, p. 306–316, jan. 1991.

JAKOBI, J. M.; CAFARELLI, E. Neuromuscular drive and force production are not altered during bilateral contractions. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 84, n. 1, p. 200–206, jan. 1998.

JAKOBI, J. M.; CHILIBECK, P. D. Bilateral and unilateral contractions: possible differences in maximal voluntary force. **Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne De Physiologie Appliquee**, v. 26, n. 1, p. 12–33, fev. 2001.

JANZEN, C. L.; CHILIBECK, P. D.; DAVISON, K. S. The effect of unilateral and bilateral strength training on the bilateral deficit and lean tissue mass in post-menopausal women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 3, p. 253–260, jun. 2006.

KANNUS, P.; BEYNNON, B. Peak torque occurrence in the range of motion during isokinetic extension and flexion of the knee. **International Journal of Sports Medicine**, v. 14, n. 8, p. 422–426, nov. 1993.

KHODIGUIAN, N. et al. Expression of the bilateral deficit during reflexively evoked contractions. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 94, n. 1, p. 171–178, jan. 2003.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 4, p. 674–688, abr. 2004.

KRISHNAN, C. et al. Quadriceps and hamstrings muscle control in athletic males and females. **Journal of Orthopaedic Research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society**, v. 26, n. 6, p. 800–808, jun. 2008.

KURUGANTI, U. et al. Bilateral isokinetic training reduces the bilateral leg strength deficit for both old and young adults. **European Journal of Applied Physiology**, v. 94, n. 1–2, p. 175–179, maio 2005.

KURUGANTI, U.; MURPHY, T.; PARDY, T. Bilateral deficit phenomenon and the role of antagonist muscle activity during maximal isometric knee extensions in young, athletic men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 7, p. 1533–1539, jul. 2011.

KURUGANTI, U.; SEAMAN, K. The bilateral leg strength deficit is present in old, young and adolescent females during isokinetic knee extension and flexion. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 3, p. 322–326, jun. 2006.

LEVIN, J. **Estatística Aplicada a Ciência Humanas**. [s.l.] Editora Harbra Ltda, 1987.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel em Português**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

LUDWIG, O.; KELM, J. Groin Pain and Muscular Imbalance of Quadriceps and Hamstrings in an Elite Soccer Player - A Case Study. **Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin**, v. 30, n. 3, p. 163–167, ago. 2016.

MARTINS, W. R. et al. Elastic resistance training to increase muscle strength in elderly: a systematic review with meta-analysis. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 57, n. 1, p. 8–15, ago. 2013.

MORE, R. C. et al. Hamstrings--an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 2, p. 231–237, abr. 1993.

ODA, S.; MORITANI, T. Maximal isometric force and neural activity during bilateral and unilateral elbow flexion in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 69, n. 3, p. 240–243, 1994.

OWINGS, T. M.; GRABINER, M. D. Normally aging older adults demonstrate the bilateral deficit during ramp and hold contractions. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 53, n. 6, p. B425–429, nov. 1998.

POST, M. et al. Reduced cortical activity during maximal bilateral contractions of the index finger. **NeuroImage**, v. 35, n. 1, p. 16–27, mar. 2007.

REJC, E. et al. A 35-day bed rest does not alter the bilateral deficit of the lower limbs during explosive efforts. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 6, p. 1323–1330, jun. 2015.

RHEA, M. R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 918–920, nov. 2004.

ROBBINS, D. W.; MARSHALL, P. W. M.; MCEWEN, M. The effect of training volume on lower-body strength. **Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association**, v. 26, n. 1, p. 34–39, jan. 2012.

SCHANTZ, P. G. et al. Maximal voluntary force of bilateral and unilateral leg extension. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 136, n. 2, p. 185–192, jun. 1989.

SHARMA, L. et al. Quadriceps strength and osteoarthritis progression in malaligned and lax knees. **Annals of Internal Medicine**, v. 138, n. 8, p. 613–619, 15 abr. 2003.

SIMONEAU-BUESSINGER, E. et al. Bilateral Strength Deficit Is Not Neural in Origin; Rather Due to Dynamometer Mechanical Configuration. **PloS One**, v. 10, n. 12, p. e0145077, 2015.

ŠKARABOT, J. et al. Bilateral deficit in maximal force production. **European Journal of Applied Physiology**, 31 ago. 2016.

TANIGUCHI, Y. Lateral specificity in resistance training: the effect of bilateral and unilateral training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 75, n. 2, p. 144–150, 1997.

TANIGUCHI, Y. Relationship between the modifications of bilateral deficit in upper and lower limbs by resistance training in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 78, n. 3, p. 226–230, ago. 1998.

TAYLOR, N. F.; DODD, K. J.; DAMIANO, D. L. Progressive resistance exercise in physical therapy: a summary of systematic reviews. **Physical Therapy**, v. 85, n. 11, p. 1208–1223, nov. 2005.

TORRY, M. R. et al. Intra-articular knee joint effusion induces quadriceps avoidance gait patterns. **Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)**, v. 15, n. 3, p. 147–159, mar. 2000.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 7a. ed. [s.l.] Editora Rio de Janeiro: LTC, 1999.

VANDERVOORT, A. A.; SALE, D. G.; MOROZ, J. Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. **Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology**, v. 56, n. 1, p. 46–51, jan. 1984.

WEIR, J. P. et al. The effect of unilateral eccentric weight training and detraining on joint angle specificity, cross-training, and the bilateral deficit. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 22, n. 5, p. 207–215, nov. 1995.

WEIR, J. P. et al. The effect of unilateral concentric weight training and detraining on joint angle specificity, cross-training, and the bilateral deficit. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 25, n. 4, p. 264–270, abr. 1997.

WILLIAMS, G. N. et al. Altered quadriceps control in people with anterior cruciate ligament deficiency. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 7, p. 1089–1097, jul. 2004.

YASUDA, K.; SASAKI, T. Muscle exercise after anterior cruciate ligament reconstruction. Biomechanics of the simultaneous isometric contraction method of the quadriceps and the hamstrings. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, n. 220, p. 266–274, jul. 1987.

YU, B. et al. Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. **Journal of Biomechanics**, v. 41, n. 15, p. 3121–3126, 14 nov. 2008.

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(De acordo com as normas da Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466 de 12/12/2012)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA, UNI E BILATERAL, SOBRE O DÉFICIT BILATERAL PARA FLEXÃO E EXTENSÃO DE JOELHOS”, através de divulgação institucional. Portanto, a sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição proponente.

O objetivo deste estudo é verificar a influência de duas formas de treinamento de força sobre o déficit bilateral, que é a diferença da força gerada quando se executa o movimento de extensão e flexão de uma perna apenas, somando-se os lados direito e esquerdo, em comparação quando se executa com as duas pernas em um aparelho que mede força (dinamômetro isocinético).

Sua participação nesta pesquisa consistirá em ser avaliado no teste de força muscular, seguida ou não de oito semanas de treinamento de força em aparelhos de musculação com três sessões semanais. Você será alocado em um dos três grupos, de treinamento ou sem treinamento, através de sorteio, em que um grupo treinará de forma unilateral, outro de forma bilateral e o terceiro grupo sem treinamento nenhum. Ao término do período de 8 (oito) semanas uma nova avaliação será realizada.

Não existem riscos relacionados ao teste e ao treinamento. Porém, dores musculares, em caráter provisório, provenientes das contrações de alta intensidade, podem aparecer nos dias posteriores ao teste e após as primeiras sessões de treinamento na região analisada e treinada (anterior e posterior de coxa).

Os benefícios relacionados com a sua participação, além de contribuir para o desenvolvimento da ciência, consiste em medir a capacidade máxima de gerar força na musculatura envolvida no teste, antes e posteriormente ao treinamento.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados da pesquisa serão divulgados de forma a não possibilitar sua identificação, sendo somente divulgados os dados resultantes da pesquisa como a força gerada e o possível déficit bilateral, idade, peso e altura dos participantes (média), não sendo assim divulgado o seu nome.

Este Termo foi redigido em duas vias, sendo uma para o participante e outra para o pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal e do Comitê de Ética

em Pesquisa - CEP. Você poderá esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento através dos números dos telefones ou endereço de e-mail disponível neste Termo.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____

Pesquisador responsável: Rugero Anderson Vaz Bulzing

Contato com o pesquisador responsável:

Endereço: Alameda Floriano Peixoto, 11, ap. 303 - Urca - Rio de Janeiro - RJ.

Telefone: (21) 25862253 e (21) 997591025

E-mail: ecofisio@gmail.com; pneuro.pesquisa@gmail.com

Responsável pela aplicação do termo
Assinatura e carimbo

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do INTO.

Endereço: Avenida Brasil, nº 500, 9º andar, sala nº 4 - São Cristóvão - Rio de Janeiro - RJ CEP: 20940-070

Telefone: (21) 2134-5000

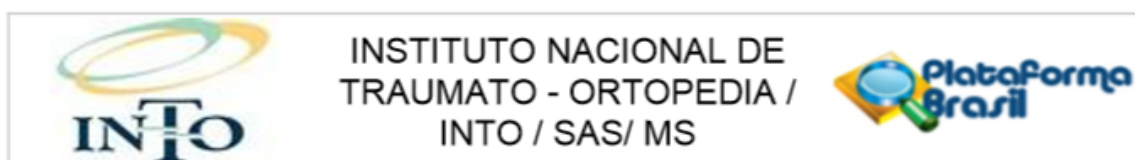
E-mail: cep.into@into.saude.gov.br

Participante da pesquisa:

Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Assinatura do participante da pesquisa

ANEXO B - Licença da Comissão de Ética do INTO (CEP/INTO)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA, EXECUTADO DE FORMA UNI OU BILATERAL, SOBRE O DÉFICIT BILATERAL PARA FLEXÃO E EXTENSÃO DE

Pesquisador: rugero anderson vaz bulzing

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 45293515.8.0000.5273

Instituição Proponente: Instituto Nacional de Traumatologia - Ortopedia / INTO / SAS/ MS - RJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

APÊNDICE A - TERMO DE RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR



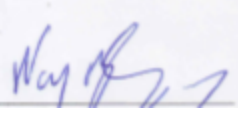
MINISTÉRIO DA SAÚDE SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE INSTITUTO
NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Eu, Rugero Anderson Vaz Bulzing, portador do RG: 011466124-2 e CPF: 660858960-34, pesquisador responsável pelo projeto de pesquisa: A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA, EXECUTADO DE FORMA UNI OU BILATERAL, SOBRE O DÉFICIT BILATERAL PARA FLEXÃO E EXTENSÃO DE JOELHOS, comprometo-me a anexar ao prontuário do sujeito de minha pesquisa, cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo mesmo, avaliado e autorizado pelo CEP conforme resolução CNS nº 466/12, que determina as normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

Rio de Janeiro, 12 de maio de 2015



APÊNDICE B – CARTA DE ACEITE DE CESSÃO INSTALAÇÕES



MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DECEx - CCFEx
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
(C Mil Ede Fis / 1922)

CARTA DE ACEITE

Declaro, para os devidos fins, que concordo em disponibilizar a sala de avaliação física e a sala de musculação deste Estabelecimento Ensino, para o desenvolvimento de atividades referentes ao projeto de pesquisa, intitulado: “A influência do treinamento de força, executado de forma uni ou bilateral, sobre o déficit bilateral para flexão e extensão de joelhos”, sob a responsabilidade do pesquisador Rugero Anderson Vaz Bulzing, aluno especial do curso de mestrado do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO), pelo período de execução previsto no referido projeto.

Rio de Janeiro, 8 de maio de 2015




LUIZ FERNANDO MEDEIROS NÓBREGA – Cel Cav
Comandante da EsEFEx

APÊNDICE C – QUADROS DE TRABALHO SEMANAL (SEMANAS 1 A 10).

DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 01					2015 QTFM				
										29 de junho à 03 de julho 2015			
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável	Sessão Treino		Objetivo da Sessão					
29 de Junho (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 Participantes	5º A	Rugero			Avaliação Isocinética no INTO					
			Sd Ev										
30 de Junho (3a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 Participantes	5º A	Rugero			Avaliação Isocinética no INTO					
			Sd Ev										
01 de Julho (4ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 Participantes	5º A	Rugero	-		Avaliação Isocinética no INTO					
			Sd Ev										
02 de Julho (5ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 Participantes	5º A	Rugero	-		Avaliação Isocinética no INTO					
			Sd Ev										
03 de Julho (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 Participantes	5º A	Rugero	-		Avaliação Isocinética no INTO					
			Sd Ev										

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força										
DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 02					2015 QTFM	
				06 à 10 de julho 2015						
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão		
06 de julho (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 1		
			Sd Ev							
08 de julho (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 2		
			Sd Ev							
10 de julho (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero	-		Treinamento 3		
			Sd Ev							

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força										
DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 03					2015 QTFM	
				13 à 17 de julho 2015						
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão		
13 de julho (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 4		
			Sd Ev							
15 de julho (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 5		
			Sd Ev							
17 de julho (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero	-		Treinamento 6		
			Sd Ev							

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força										
DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 04					2015 QTFM	
				20 à 24 de julho 2015						
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão		
13 de julho (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 7		
			Sd Ev							
15 de julho (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 8		
			Sd Ev							
17 de julho (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero	-		Treinamento 9		
			Sd Ev							

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força									
DECEx CCFex/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 05				2015 QTFM	
				27 à 31 de julho 2015					
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão	
27 de julho (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 10	
			Sd Ev						
29 de julho (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 11	
			Sd Ev						
31 de julho (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero	-		Treinamento 12	
			Sd Ev						

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força									
DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 06				2015 QTFM	
				03 à 07 de agosto 2015					
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão	
03 de agosto (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 13	
			Sd Ev						
05 de agosto (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 14	
			Sd Ev						
07 de agosto (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero	-		Treinamento 15	
			Sd Ev						

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força									
DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 07				2015 QTFM	
				10 à 14 de agosto 2015					
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão	
10 de agosto (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 16	
			Sd Ev						
12 de agosto (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 17	
			Sd Ev						
14 de agosto (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero	-		Treinamento 18	
			Sd Ev						

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força									
DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 08				2015 QTFM	
				17 à 21 de agosto 2015					
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão	
17 de agosto (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 19	
			Sd Ev						
19 de agosto (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 20	
			Sd Ev						
21 de agosto (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero	-		Treinamento 21	
			Sd Ev						

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força									
DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 09				2015 QTFM	
				24 à 28 de agosto 2015					
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão	
24 de agosto (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 22	
			Sd Ev						
26 de agosto (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero			Treinamento 23	
			Sd Ev						
28 de agosto (6ª Feira)	08:00 as 17:00	INTO	Todos	5º A	Rugero	-		Treinamento 24	
			Sd Ev						

QUADRO DE TRABALHO SEMANAL - Treinamento Força									
DECEx CCFEx/FSJ Bia Estácio de Sá				Semana 10				2015 QTFM	
				31 de agosto à 04 de setembro 2015					
Data	Hora	Local	Participantes	Uniforme	Responsável			Objetivo da Sessão	
31 de agosto (2a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 participantes	5º A	Rugero			Avaliação Isocinética final no INTO	
			Sd Ev						
01 de setembro (3a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 participantes	5º A	Rugero			Avaliação Isocinética final no INTO	
			Sd Ev						
02 de setembro (4a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 participantes	5º A	Rugero			Avaliação Isocinética final no INTO	
			Sd Ev						
03 de setembro (5a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 participantes	5º A	Rugero			Avaliação Isocinética final no INTO	
			Sd Ev						
04 de setembro (6a Feira)	08:00 as 17:00	INTO	15 participantes	5º A	Rugero			Avaliação Isocinética final no INTO	
			Sd Ev						