

PAULO HENRIQUE FOPPA DE ALMEIDA

**EFEITO CRÔNICO DO ALONGAMENTO REALIZADO
ANTES OU APÓS TREINAMENTO DE FORÇA DE
ISQUIOTIBIAIS NA FLEXIBILIDADE E NA FORÇA**

Dissertação de Mestrado defendida
como pré-requisito para a obtenção do
título de Mestre em Educação Física, no
Departamento de Educação Física,
Setor de Ciências Biológicas da
Universidade Federal do Paraná.

PAULO HENRIQUE FOPPA DE ALMEIDA

**EFEITO CRÔNICO DO ALONGAMENTO REALIZADO
ANTES OU APÓS TREINAMENTO DE FORÇA DE
ISQUIOTIBIAIS NA FLEXIBILIDADE E NA FORÇA**

Dissertação de Mestrado defendida como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, no Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Anna Raquel Silveira Gomes

A todos os corajosos e guerreiros profissionais de Educação Física brasileiros

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que sempre me iluminou, conduziu e permitiu que eu desenvolvesse este trabalho com qualidade e tranquilidade.

À minha querida família que sempre me apoiou o máximo possível, sem a qual eu nada teria alcançado. Em especial à minha querida esposa Franciele que me acompanha há 13 anos, a qual admiro muito e atribuo minha paixão pelo estudo.

Meu especial agradecimento à professora Anna Raquel, minha orientadora, que me acolheu mesmo sem me conhecer, confiou no meu trabalho, me aconselhou, incentivou e escutou. Sou muito grato pela compreensão, apoio, dedicação, atenção e interesse. De fato ela é um exemplo para a comunidade acadêmica e tenho muito orgulho em tê-la como orientadora e amiga.

Aos professores doutores André Rodacki, Carlos Ugrinowitsch, Heleodório dos Santos e Neiva Leite, que colaboraram com este estudo desde a qualificação do mesmo, e, se vi algo, foi porque estava “sobre ombros de gigantes”.

Ao companheiro Raphael de Souza, formado ao meu lado na UFPR, irmão de farda, meu atual “calouro” no mestrado, pelo incondicional apoio a esta pesquisa.

Às colegas de mestrado Bianca e Daniela que sempre que possível me apoiaram nos estudos, instrumentos e burocracias. Quando desenvolvemos algo ao lado de pessoas agradáveis, educadas e interessadas tudo se torna mais prazeroso.

Agradeço ainda aos integrantes do Colégio Militar de Curitiba, em especial ao Capitão Braatz, com o qual eu tive a oportunidade de servir anteriormente na 5ª Cia Com Bld; e aos recrutas que pertenceram à amostra e participaram com afinco aos treinamentos propostos para este estudo, sempre com boa vontade e respeito.

Não poderia deixar de citar ainda os mestres e futuros mestres com quem tive a oportunidade de aprender no decorrer destes dez anos no Departamento de Educação Física: Sérgio Gregório, Raul Osiecki, Wagner de Campos, Vera Israel, Juliano Machado, Danieli Ribas, Danielle Brandalize e Suelen Góes. Muito Obrigado!!

Aos que me atiraram pedras meu muito obrigado.
Foi com elas que construí o meu castelo.

Autor desconhecido

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
2.1 Geral.....	04
2.2 Específicos.....	04
2.3 Hipóteses a serem testadas.....	04
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	06
3.1 Treinamento de Força.....	06
3.2 Alongamento.....	08
3.3 Força Muscular.....	09
3.4 Flexibilidade.....	13
3.5 Influência do Treinamento de Força na Flexibilidade.....	14
3.6 Influência do Alongamento na Força Muscular.....	15
4. SUJEITOS E PROCEDIMENTOS.....	17
4.1 População e Amostra.....	17
4.2 Instrumentos e Procedimentos.....	18
4.3 Análise dos Dados.....	24
5. RESULTADOS.....	25
5.1 Força de 1RM de Isquiotibiais.....	25
5.2 Força de 1RM de Quadríceps.....	26
5.3 Flexibilidade de Isquiotibiais.....	26
5.4 Flexibilidade de Quadríceps.....	27
5.5 Força de Contração Isométrica Voluntária Máxima.....	27
5.6 Taxa de Desenvolvimento de Força.....	29
6. DISCUSSÃO.....	30
7. CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS.....	36
ANEXO I.....	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Design da pesquisa experimental.....	17
FIGURA 2 - Alongamento dos isquiotibiais.....	20
FIGURA 3 – Posicionamento para os testes de FCIVM e TDF.....	22
FIGURA 4 - Mensuração da flexibilidade dos isquiotibiais.....	23
FIGURA 5 - Mensuração da flexibilidade do quadríceps.....	24
FIGURA 6 - Percentuais da força de 1RM de isquiotibiais no pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.....	25
FIGURA 7 - Percentuais da força de 1RM de quadríceps no pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.....	26
FIGURA 8 - Percentuais de flexibilidade de isquiotibiais no pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.....	27
FIGURA 9 - Percentuais de flexibilidade de quadríceps no pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.....	28
FIGURA 10 - Médias da FCIVM de isquiotibiais do pré e pós-treinamento.....	28
FIGURA 11 - Médias da TDF de isquiotibiais do pré e pós-treinamento.....	29

RESUMO

Introdução: A literatura indica que tanto o alongamento como o treinamento de força podem aumentar a força e a flexibilidade. Porém, não se sabe se a realização concomitante das duas atividades pode incrementar estes ganhos. **Objetivo:** Verificar o efeito do alongamento realizado antes ou após os treinos de força dos músculos isquiotibiais na flexibilidade e na força muscular. **Métodos:** Foram recrutados 35 militares ($18,5 \pm 0,41$ anos), os quais foram distribuídos de forma balanceada e aleatória pela força normalizada de isquiotibiais em 4 grupos: Treinamento de Força (TF) (n=9) - exercício para isquiotibiais duas vezes por semana, durante 8 semanas; Alongamento Antes (AA) (n=9) - alongamento dos isquiotibiais imediatamente antes do treinamento de força; Alongamento Depois (AD) (n=9) - alongamento dos isquiotibiais imediatamente depois do treinamento de força; Controle (CC) (n=8). O treinamento de força consistiu de exercício para os isquiotibiais, composto por 3 séries de 8-12 repetições máximas. O alongamento foi realizado em posição estática para isquiotibiais em duas repetições, com duração de 30 segundos e intervalo de 10 segundos. Foi utilizada a célula de carga e o teste de 1RM para medir a força muscular e fotogrametria para medir a flexibilidade, nos músculos isquiotibiais e quadríceps. A análise estatística foi realizada pela comparação entre grupos, por meio de análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, *post hoc* Fisher, com significância $p \leq 0,05$. **Resultados:** Foi observado aumento da força nos grupos TF e AA tanto nos músculos isquiotibiais ($12,78 \pm 5,4\%$ e $11,37 \pm 5,7\%$) como no quadríceps ($7,11 \pm 6,4\%$ e $7,48 \pm 12,4\%$) respectivamente. No entanto, ocorreu diminuição da flexibilidade de isquiotibiais no grupo AA ($-9,39 \pm 10,7\%$). O grupo AD apresentou aumento apenas da força de isquiotibiais ($5,73 \pm 8,8\%$), sem qualquer prejuízo da flexibilidade. Foi observado ainda aumento da Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) dos isquiotibiais apenas no grupo TF ($70,51 \pm 85,3\%$; $p=0,005$). **Conclusões:** O treinamento de força isolado causou ganho de força nos músculos agonistas e antagonistas do exercício, sem alteração da flexibilidade, sendo ainda o único treinamento que gerou aumento da TDF nos músculos flexores do joelho. A adição de alongamento antes do treino de força não interferiu nos ganhos de força, mas acarretou diminuição da flexibilidade dos músculos agonistas. No entanto, quando o alongamento foi posicionado após o treino de força a flexibilidade foi mantida.

Palavras-chave: exercício resistido, exercício de alongamento, torque, amplitude de movimento, taxa de desenvolvimento de força.

ABSTRACT

Background: Literature points that both stretching and resistance training can increase strength and flexibility. However, it is not known if the combined effects of these activities may improve these gains. **Aim:** investigate the effects of chronic stretching performed before or after hamstring strength training in the muscle flexibility and strength. **Methods:** It was selected 35 army recruits ($18,5 \pm 0,41$ years), quartilized by hamstring normalized force into 4 groups: strength training (TF) (n=9) – hamstring strength training performed twice a week, during 8 weeks; stretching before (AA) (n=9) - hamstring stretching performed immediately before strength training; stretching after (AD) (n=9) - hamstring stretching immediately after strength training; Control (CC) (n=8). The strength training consisted of 3 sets of 8-12 maximum repetitions for the hamstring muscles. Stretching was performed on static position, two repetitions for 30 seconds each, with 10 seconds resting. It was used a load cell and the 1RM test for muscle force measure and the photogrammetry for hamstring and quadriceps flexibility measure. The analysis among the groups were compared by the analysis of variance (ANOVA) for repeated measures, post hoc Fisher, significance level set at $p \leq 0,05$. **Results:** It was observed a strength increase in the TF and AA groups both in the hamstring ($12,78 \pm 5,4\%$ and $11,37 \pm 5,7\%$) and quadriceps ($7,11 \pm 6,4\%$ and $7,48 \pm 12,4\%$). Hamstring flexibility decrease for the AA ($-9,39 \pm 10,7\%$). The AD group displayed increase only in the hamstring strength ($5,73 \pm 8,8\%$), without flexibility variation. It was observed a hamstring rate of force development (RFD) increase only in the TF group ($70,51 \pm 85,3\%$; $p=0,005$). **Conclusions:** Isolated strength training induced gains of strength in agonists and antagonists muscles of exercise, with no flexibility alteration, was still the only training that induced gains of RFD of knee flexor muscles. Stretching before resistance training did not impair strength gains, but decreased flexibility in the agonist muscles. Nevertheless, stretching after strength training did not interfere in flexibility.

Key-words: resistance training, stretching exercises, torque, range of motion, rate of force development.

1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força muscular e os exercícios de alongamento são largamente utilizados em academias, clubes, clínicas de fisioterapia e seus efeitos estão amplamente descritos na literatura (ALMEIDA *et al*, 2009; ACSM, 2002; CYRINO *et al*, 2004; DIAS *et al*, 2005; KOKKONEN *et al*, 2007; SHRIER, 2004). Apesar do elevado número de estudos que têm sido publicados, apenas os efeitos isolados desses dois tipos de treinamento têm sido abordados de forma crônica. Estudos que tenham analisado os efeitos combinados desses estímulos no longo prazo têm sido menos explorados (NÓBREGA *et al*, 2005). No entanto, na prática é comum a realização do treinamento de força associado ao alongamento, sendo este muitas vezes adicionado ao aquecimento prévio das atividades que demandam força muscular.

Diversos estudos (FOWLES *et al*, 2000; LAROCHE *et al*, 2008; MCBRIDE *et al*, 2007; POWER *et al*, 2004) apontam que o alongamento, quando realizado previamente a um esforço máximo (efeito imediato), pode diminuir a capacidade de produzir elevadas performances nas quais a força e a potência muscular são reduzidas. Dessa forma, o alongamento não tem sido recomendado como parte das rotinas de aquecimento, especialmente antes de atividades que precedem elevadas demandas de força e potência muscular. Por outro lado, programas de treinamento que envolvem apenas rotinas de alongamento estático (impostas de forma crônica) e que não apresentam atividades que requeiram o desenvolvimento de força, são capazes de aumentar a força muscular, a resistência de força e a potência muscular (KOKKONEN *et al*, 2007; NÓBREGA *et al*, 2005). Além disso, vários estudos (BANDY *et al*, 1997; CHAN *et al*, 2001; CIPRIANI *et al*, 2003; NÓBREGA *et al*, 2005; ZACHEZEWSKI, 1989) demonstraram que a realização regular de exercícios de alongamento acarreta aumentos na flexibilidade¹ quando efetuados ao longo de um programa de treinamento. Portanto, exercícios que envolvem rotinas de alongamento podem produzir efeitos positivos em longo prazo e causar melhorias sobre a performance.

Os treinamentos de força e alongamento (realizados a médio e longo prazo) podem gerar incrementos de força e flexibilidade. Tais ganhos têm sido atribuídos a um aumento imediato na síntese protéica e hipertrofia muscular (até três semanas), que são caracterizados pelo aumento da área de secção transversa das fibras musculares e adição de sarcômeros em série (COUTINHO *et al*, 2004; MELONI, 2005; SECCHI *et al*, 2008; SEYNNES *et al*, 2007), que parece ocorrer de forma linear durante os primeiros 6 meses de treinamento de força (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). O grande aumento inicial da força muscular, nas primeiras quatro a oito semanas de treinamento de força, também tem sido apontado como decorrente de adaptações neurais (ACSM, 2002; BARROSO *et al*, 2005) que são fundamentais para o desenvolvimento da coordenação intra e intermusculares (CAROLAN e CAFARELLI, 1992; ENOKA, 1997). Desta forma, desde o início do treinamento de força e/ou alongamento, são gerados ajustes fisiológicos decorrentes da interação de mecanismos neurais e morfológicos.

Embora não tenham sido encontrados na literatura estudos que tenham verificado o efeito crônico do alongamento realizado antes do treinamento de força, existem evidências de que o alongamento realizado após exercícios de força (duas vezes por semana), resulta em ganhos de flexibilidade semelhantes àqueles obtidos pela realização de exercícios apenas de alongamento. Além disso, tal associação resulta em ganhos de força semelhantes àqueles obtidos pela realização do treinamento de força isolado (NÓBREGA *et al*, 2005).

Contudo, não encontra-se na literatura estudos que comparem o posicionamento do alongamento em relação ao treinamento de força, isto é, se há diferenças entre alongar antes ou após este no longo prazo. Tal aspecto gera muitas dúvidas na prática diária das academias e clínicas, pois não se sabe se a ordem destes exercícios gera benefício aos ganhos de força e flexibilidade dos sujeitos.

Além da força dinâmica, outras variáveis de força como a força isométrica e a taxa de desenvolvimento de força (TDF) são fundamentais para uma maior compreensão deste fenômeno e os ajustes fisiológicos resultantes. A TDF é um

¹ Flexibilidade e amplitude de movimento (ADM) são tratadas como sinônimas nesta dissertação.

importante indicador fisiológico, pois determina a força que pode ser gerada rapidamente no início da contração muscular. O treinamento de força aumenta a TDF resultando em maior força muscular explosiva, isto é, possibilidade de gerar uma determinada força em menor tempo ou uma força maior num mesmo período de tempo. Tal ganho é importante tanto para atletas de potência (ex. velocistas e lutadores) como para a população idosa, na qual a habilidade de gerar uma resposta rápida de força muscular pode reduzir a incidência de quedas (AAGAARD *et al*, 2002).

Sabe-se que há estudos que verificaram ganhos de força nos músculos antagonistas do exercício (BATISTA *et al*, 2008; SEYNNES *et al*, 2007), onde tanto o alongamento crônico ativo como o treinamento de força acarretaram em ganhos de força nos músculos antagonistas. Por este motivo, decidiu-se investigar também o efeito da interação entre o treinamento de força e o alongamento na força e na flexibilidade da musculatura antagonista àquela treinada.

Nesta pesquisa experimental foram escolhidos os músculos isquiotibiais para estudo (bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso) que estão localizados posteriormente na coxa. São músculos biarticulares, encontrados comumente em condição de encurtamento. Tal condição limita a extensão do joelho com o quadril flexionado, e a flexão do quadril com o joelho estendido (ACHOUR JUNIOR, 2006).

De forma geral, o alongamento e o treinamento de força podem prover aumentos na força e na flexibilidade no longo prazo. Porém, não se sabe se a realização concomitante desses dois estímulos, assim como a ordem dos mesmos, pode potencializar os ganhos de flexibilidade e força muscular. Assim, se fazem necessários mais estudos objetivando o esclarecimento destas questões apresentadas e as circunstâncias envolvidas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar o efeito crônico do alongamento realizado antes ou após os treinos de força dos músculos isquiotibiais sobre a flexibilidade e a força muscular.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Analisar a influência do treinamento de força na flexibilidade dos músculos agonistas e antagonistas.

b) Analisar os efeitos do alongamento realizado antes ou após o treinamento de força na flexibilidade e força muscular dos músculos agonistas e antagonistas.

c) Analisar a influência do treinamento de força dinâmico na força de 1RM, força isométrica e taxa de desenvolvimento de força.

c) Analisar os efeitos do alongamento realizado antes ou após o treinamento de força na força de 1RM, força isométrica e taxa de desenvolvimento de força.

2.3 HIPÓTESES A SEREM TESTADAS

H1) Todos os protocolos com treinamento de força dinâmica aumentam a força de 1RM dos sujeitos.

H2) Todos os protocolos com treinamento de força dinâmica aumentam a força isométrica dos sujeitos.

H3) O treinamento de força dinâmica isolado aumenta a TDF dos sujeitos.

H4) O alongamento crônico realizado após cada sessão de treinamento de força propicia maiores ganhos na força de 1RM dos sujeitos quando comparado à realização de alongamento antes das sessões de treinamento de força ou sem a realização de exercícios de alongamento.

H5) O alongamento crônico realizado após cada sessão de treinamento de força propicia maiores ganhos na força isométrica dos sujeitos quando comparado à realização de alongamento antes das sessões de treinamento de força ou sem a realização de exercícios de alongamento.

H6) Todos os protocolos com treinamento de força aumentam a força de 1RM dos músculos antagonistas.

H7) O alongamento crônico realizado após cada sessão de treinamento de força propicia maiores ganhos na flexibilidade dos sujeitos quando comparado à realização de alongamento antes das sessões de treinamento de força ou sem a realização de exercícios de alongamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi realizada objetivando apresentar o “estado da arte” do tema em questão de forma sucinta e objetiva. Para tanto, foram selecionados mais de 30 artigos, na grande maioria de periódicos internacionais indexados, preferencialmente publicados recentemente. Ela foi estruturada de forma a abordar os treinamentos de força e alongamento, ajustes fisiológicos decorrentes destas práticas e suas influências tanto na força muscular como na flexibilidade.

3.1 TREINAMENTO DE FORÇA

Diversas variáveis podem ser manipuladas em um treinamento de força, como a escolha dos exercícios, ordem dos exercícios, tempo de intervalos entre séries e exercícios, número de séries e repetições em cada exercício, velocidade das repetições, intensidade do exercício e a frequência de treinamento (KRAEMER e RATAMESS, 2004).

Em estudo clássico de DELORME (1945) foi sugerido que para desenvolver a força muscular deveria ser aumentada a carga (peso) e não o número de repetições. Desta forma, foram introduzidos os conceitos de repetição máxima (força de 1 RM) e força de 10 RM², para o estabelecimento da sobrecarga de treinamento. Assim, o treinamento seria específico para o desenvolvimento da força, mantendo-se a intensidade de treinamento alta. Caso a sobrecarga utilizada fosse mantida constante, com o treinamento seria necessário aumentar o número de repetições, resultando em melhorias não mais na força máxima, mas na resistência de força. O máximo de hipertrofia é obtido com cargas entre 80 e 95% da 1RM (FRY, 2004). No entanto, uma sobrecarga em torno de 60% a 80% da capacidade geradora de força de um músculo proporciona um estímulo suficiente para aumentar a força muscular. Geralmente esta carga permite completar cerca de 10 repetições de um determinado exercício (MCARDLE *et al*, 2003). No entanto, dependendo do nível de resistência de força do indivíduo e do exercício realizado, este número de repetições para um percentual da

² Número de 10 repetições máximas, onde o indivíduo não consegue realizar nenhuma repetição completa acima deste número, isto é, falha ao tentar realizar a 11ª repetição.

1RM é bastante variável. Parece que em exercícios como o supino, extensão de joelhos e puxada alta é possível realizar cerca de 10RM com um percentual de 80% da 1RM, embora na flexão de joelhos este percentual permite realizar em média apenas 6RM. Tal número de repetições são muito influenciadas pelo músculo exercitado, visto que é comum a realização de cerca de 7 a 8RM na rosca direta e 15RM no leg press (KRAEMER e RATAMESS, 2004).

O intervalo ideal entre as séries de exercícios depende do objetivo do treinamento. Para otimizar a hipertrofia são realizados intervalos curtos, com duração de 1 a 2 minutos ou menos, pois resultam em grande produção de metabólitos e hormônios. Contudo, deve-se estar atento ao fato de que muitos sujeitos não conseguem manter o número de repetições máximas estabelecidas (ex. 3 séries de 10 repetições), conforme as normativas previstas na literatura, com um intervalo curto de 90 ou 120 segundos de recuperação (LIMA *et al*, 2006). Para priorizar o desenvolvimento da força ou potência, o ideal são intervalos de descanso mais longos, com 3 a 5 minutos de duração, para possibilitar o restabelecimento da reserva de fosfagênios (KRAEMER e RATAMESS, 2004).

Quanto ao volume de treinamento, a realização de três séries tem apresentado maiores ganhos quando comparada a execução de apenas uma ou duas séries em cada exercício e são recomendados de 2 a 3 dias de frequência semanal para novatos e intermediários, sendo que estes últimos podem treinar de 3 a 4 dias por semana, estimulando cada grupo muscular de 1 a 2 vezes por semana (ACSM, 2002). Para cada treino, o ideal é que fossem realizados de 8 a 10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares (HASS *et al*, 2001). A realização correta do exercício sempre é prioridade e parece que a velocidade ideal de execução das repetições para o ganho de força é a moderada, correspondendo a cerca de 180 a 240 graus da articulação trabalhada por segundo (ACSM, 2002).

De todas as variáveis apresentadas, acredita-se que a intensidade do exercício seja a mais importante para o desenvolvimento da força e hipertrofia muscular. No entanto, deve-se lembrar que tanto a intensidade de 1RM como a de 25RM são máximas, pois são esforços máximos na percepção do esforço (FRY, 2004). Por este

motivo, define-se intensidade máxima no presente estudo como o percentual mais elevado da 1RM.

3.2 ALONGAMENTO

O músculo desenvolve tensão isométrica máxima quando os sarcômeros de suas fibras musculares encontram-se em comprimento próximo àquele em situação de repouso (2.0 – 2.25 μm). Nesta posição há sobreposição ótima entre os filamentos de actina e miosina (GORDON *et al*, 1966). Como estes filamentos possuem comprimento constante, a adaptação dos músculos a diferentes comprimentos funcionais ocorreria por meio da remoção ou adição de sarcômeros em série ao músculo, objetivando a manutenção do comprimento fisiológico e funcional dos sarcômeros na fibra muscular (WILLIAMS, 1988; WILLIAMS, 1990). Por este motivo, a prática do alongamento acarreta em adição de sarcômeros em série às miofibrilas, além de aumentar a complacência do tecido conjuntivo (ACHOUR JUNIOR, 2006), resultando em maior flexibilidade.

COUTINHO *et al* (2004) aplicaram um protocolo de alongamento muscular estático em ratos (40 minutos, 3 vezes por semana) onde verificaram um aumento tanto no número de sarcômeros em série como na área de secção transversa das fibras musculares. SECCHI *et al* (2008) também encontraram aumento na área de secção transversa das fibras musculares quando foi realizado alongamento em ratos apenas 2 vezes por semana (sessões de 40 minutos). O mesmo resultado foi obtido no grupo que realizou exercício contra-resistido 3 vezes na semana. No entanto, o grupo que realizou ambos os treinamentos (totalizando 5 dias na semana, pois os treinos de alongamento e contra-resistido foram realizados em dias separados) apresentou diminuição no comprimento muscular e sarcômeros em série, provavelmente devido à frequência diária de treinamento, impossibilitando a recuperação muscular ideal entre os estímulos. Esta ocorre com pelo menos 36 a 48 horas, visto que este é o período de pico de síntese protéica após o exercício (ACSM, 2002; HASS *et al*, 2001).

Um dos efeitos esperados do alongamento é a redução da resistência passiva da unidade musculotendínea. Contudo, no estudo de CHAN *et al* (2001) foi verificado

que embora os treinamentos com 5 repetições de 30 segundos, 3 vezes por semana, por 8 semanas ou com 2 séries de 5 repetições de 30 segundos, 3 vezes por semana, por 4 semanas (totalizando ambos 3600 segundos de efetivo alongamento) foram igualmente efetivos para o desenvolvimento da flexibilidade (ADM) dos isquiotibiais. No entanto, ocorreu aumento significativo da resistência passiva apenas no treinamento de 4 semanas. No treinamento de 8 semanas a resistência passiva não se alterou.

BANDY *et al* (1994) demonstraram que uma série de 30 ou 60 segundos de alongamento estático realizado 5 dias por semana durante 6 semanas foram mais efetivos para aumentar a flexibilidade muscular do que 15 segundos de alongamento nestas mesmas condições. Não houve diferenças nos resultados de 30 ou 60 segundos de alongamento. Tal resultado foi confirmado mais tarde pelos mesmos pesquisadores, onde verificaram que os alongamentos de 30 ou 60 segundos, realizados em uma ou três séries por dia (com intervalos de 10 segundo entre as mesmas), 5 dias por semana, durante 6 semanas, todos resultaram em melhorias na flexibilidade, não havendo diferenças estatísticas nos resultados entre as diversas situações de alongamento, indicando que o alongamento de apenas 30 segundos realizado em uma repetição por dia já produziu ganhos similares às outras condições (BANDY *et al*, 1997).

3.3 FORÇA MUSCULAR

A força muscular aumenta aproximadamente 40% em indivíduos destreinados, 20% nos moderadamente treinados, 16% nos treinados, 10% nos avançados e 2% em atletas de elite de força em períodos compreendidos entre 4 semanas e 2 anos quando submetidos ao treinamento com sobrecarga (ACSM, 2002).

Segundo o ACSM (2002) estudos de curta duração (11 a 16 semanas) mostraram que a maior parte dos ganhos de força ocorrem nas primeiras 4 a 8 semanas de treinamento com sobrecargas. O sistema nervoso tem função fundamental nestes ganhos de força iniciais observados nas primeiras fases de adaptação ao treinamento (ACSM, 2002; BARROSO *et al*, 2005; ENOKA, 1997). O aumento rápido da força nas primeiras duas semanas de treinamento é resultante de ajustes neurais (FOLLAND

e WILLIAMS, 2007). Tal fato ocorre com o desenvolvimento da coordenação intra e intermuscular.

A coordenação intramuscular é representada pelo recrutamento de um número maior de unidades motoras, que pode ser verificado pelo aumento na atividade eletromiográfica (ENOKA, 1997) e pela diminuição ou remoção da inibição autogênica pelos órgãos tendinosos de Golgi (OTG). Estes são mecanismos de inibição neural, sensíveis à tensão muscular, localizados em série com algumas fibras musculares. Quando a tensão atinge níveis que podem causar danos ao sistema muscular, os OTG aumentam suas atividades elétricas inibindo a descarga neural dos motoneurônios para os músculos ativos, levando à diminuição da força produzida ou impedindo o seu aumento (BARROSO *et al*, 2005).

A coordenação intermuscular é representada pela redução na co-ativação dos antagonistas, aumentando a força resultante no sentido desejado (CAROLAN e CAFARELLI, 1992; ENOKA, 1997) e pela melhor coordenação entre os músculos agonistas, sinergistas e fixadores. Em idosos, o aumento da força ocorre na faixa de 40 a 300%, com apenas 8 a 12 semanas de treinamento de força, sendo que somente 10 a 15% deste aumento pode ser explicado por ganho de massa muscular. Até mesmo a realização de treinamento mental (imaginário) acarreta em ganhos de força (ENOKA, 1997). Desta forma, ficam claras as mudanças que ocorrem na coordenação neural dos músculos. Contudo, com 6 a 7 semanas de treinamento de força a hipertrofia muscular torna-se evidente e a contribuição das adaptações neurais para o ganho de força tende a diminuir (ACSM, 2002; BARROSO *et al*, 2005).

A hipertrofia muscular é caracterizada pelo aumento do volume das miofibrilas e adição de sarcômeros à fibra muscular, que ocorre em resposta adaptativa aos exercícios com sobrecargas e alongamento crônico (COUTINHO *et al*, 2004; FOLLAND e WILLIAMS, 2007; MELONI, 2005). Alguns estudos fornecem consideráveis dados que sugerem ainda a ocorrência do aumento no número de fibras musculares em seres humanos, caracterizando a hiperplasia muscular, existindo, contudo, controvérsias no meio científico a este respeito (MELONI, 2005). Embora os mecanismos celulares responsáveis pela hipertrofia muscular não estejam totalmente

esclarecidos, o treinamento de força eleva a taxa de síntese de proteínas, adicionando novos filamentos contráteis à fibra muscular preexistente, levando o músculo a gerar uma maior força (GLASS, 2003). A hipertrofia ocorre preferencialmente nas fibras tipo II e a síntese protéica tem início evidente após apenas 4 horas da sessão de treinamento com sobrecargas (FRY, 2004). Em virtude das fibras tipo II apresentarem maior plasticidade, a hipertrofia ocorre mais rapidamente nas mesmas e as pesquisas de curta duração (6 a 10 semanas) têm encontrado hipertrofia preferencialmente nestas fibras (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). Embora há pesquisas que demonstram a ocorrência de aumentos significativos na área de secção transversa das fibras musculares somente após cerca de 8 semanas de um programa de exercícios (ENOKA, 1997), recentemente foi apresentada a possibilidade de alterações na morfologia muscular com apenas duas semanas de treinamento de força (SEYNNES *et al.* 2007). Neste estudo foi encontrado, por meio de ultrasonografia, aumento da área de secção transversa das fibras musculares. Ocorreu também aumento da força máxima e da atividade eletromiográfica. Tais achados sugerem que a hipertrofia muscular ocorre mais rapidamente do que o reportado previamente, contribuindo com os ganhos neurais para o aumento da força nas primeiras fases do treinamento. Além disso, não parece ocorrer qualquer platô nos ganhos de hipertrofia nos primeiros seis meses de treinamento de força (FOLLAND e WILLIAMS, 2007).

O processo de síntese protéica envolve a ativação dos genes específicos, sua transcrição e tradução. A maioria dos genes presentes em todas as células do organismo normalmente está suprimida, apenas uma pequena fração em cada célula está ativada, e esta ativação depende de uma série de fatores tanto endógenos como exógenos (ZOPPI, 2005). Um dos principais estímulos exógenos para que ocorra a hipertrofia e o ganho de força é o treinamento com ações excêntricas (alongamento do músculo com concomitante geração de tensão), que acarreta em maior ocorrência de danos à fibra muscular, maior grau de tensão sobre cada fibra ativa e alongamento a que a fibra é submetida (BARROSO *et al.*, 2005). Os estímulos endógenos mais importantes são os hormônios e os fatores de crescimento, como por exemplo, o fator de crescimento mecânico (MGF), que regula a expressão do gene que codifica as

moléculas de miosina em resposta ao estresse mecânico da sobrecarga imposta aos músculos. Este fator de crescimento possui muita similaridade com o IGF-1 (fator de crescimento da insulina) que está associado ao processo de ativação gênica, sinalizando aumento da transcrição de proteínas contráteis, sendo apenas ativado em células musculares que foram submetidas à tensão (ZOPPI, 2005).

Com a síntese protéica ocorre um aumento na quantidade de proteínas no interior do sarcoplasma. Como cada núcleo da fibra muscular é responsável por um determinado volume do sarcoplasma, se faz necessária uma maior quantidade de núcleos para a manutenção do domínio mionuclear (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). Isto é conseguido por meio da incorporação de células satélites pela fibra muscular. As células satélites são mononucleadas e se encontram no estado quiescente entre o sarcolema e a membrana basal das fibras musculares (BARROSO *et al*, 2005). Foi verificada uma proliferação rápida de células satélites após 4 dias de uma única sessão de treinamento excêntrico intenso (CRAMERI, 2004).

O aumento na força de um músculo pode ser evidente em uma tarefa (contração dinâmica), mas não em outra (contração isométrica) (ENOKA, 1997). Os ganhos de força em treinamento isométrico são específicos aos ângulos treinados (MOURA *et al*, 2004), sendo que estes podem ser até 50% superiores aos ganhos obtidos nos demais ângulos articulares não treinados (SIMÃO, 2004). É possível que fatores neurais como a aprendizagem do movimento específico que ocorre com o treinamento dinâmico, contribuam para um maior aumento na força de 1RM em comparação aos ganhos na força isométrica (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). Tais fatos sugerem uma baixa transferência do treino dinâmico para o aumento da força isométrica.

A Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) é um importante indicador fisiológico, pois determina a força que pode ser gerada rapidamente no início da contração muscular. O treinamento de força aumenta a TDF resultando em maior força muscular explosiva, isto é, possibilidade de gerar uma determinada força em menor tempo ou uma força maior num mesmo período de tempo. Tal ganho é importante tanto para atletas de potência (ex. velocistas e lutadores) como para a população idosa, na qual a habilidade de gerar uma resposta rápida de força muscular pode reduzir a

incidência de quedas. Este aumento da TDF pode ocorrer em parte pelo aumento da capacidade de liberação de cálcio intracelular que ocorre com o treinamento de força (AAGAARD *et al*, 2002).

3.4 FLEXIBILIDADE

A flexibilidade pode ser definida como a capacidade de um músculo ser alongado, permitindo que a articulação se mova através da amplitude de movimento (ZACHEZEWESKI, 1989). Flexibilidade e rigidez passiva não são sinônimas e devem ser analisadas de maneira independente (AQUINO *et al*, 2006). A rigidez passiva é definida como a razão entre a mudança na tensão de um músculo por unidade de mudança no seu comprimento, quando é alongado sem a presença de atividade contrátil (BLACKBURN *et al*, 2004). Desta forma, enquanto a flexibilidade está relacionada à amplitude do movimento, a rigidez passiva reflete a resistência passiva que as estruturas músculo-articulares apresentam em oposição à realização de uma determinada amplitude de movimento. E quanto maior a rigidez do tecido muscular, maior a sua capacidade de absorver energia sob a ação de forças mecânicas e menor a susceptibilidade à lesão. Esta energia absorvida pode ser armazenada e utilizada no movimento subsequente para potencializar a ação muscular. Mudanças na flexibilidade, avaliadas pela amplitude de movimento (ADM), podem ocorrer na ausência de modificação da rigidez passiva (AQUINO *et al*, 2006).

O treinamento de força parece aumentar a rigidez passiva, que influencia a Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) resultando no aumento da capacidade de aplicação rápida da força (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). A área de secção transversa do músculo contribui para a rigidez muscular passiva, onde uma massa muscular maior apresenta maior quantidade de tecido conjuntivo, que implica em maior número de fibras de colágeno em paralelo, influenciando a resistência à deformação do músculo (AQUINO *et al*, 2006). Baseado nestas informações, é possível que um grupo muscular hipertrofiado com o treinamento de força apresente maior rigidez passiva, visto que sua área de secção transversa aumentou de tamanho, mas não apresente redução da sua flexibilidade.

3.5 INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA NA FLEXIBILIDADE

Em estudo de CYRINO *et al* (2004) oito homens jovens, previamente sedentários, obtiveram aumento ou manutenção dos níveis de flexibilidade em diferentes articulações, com a mensuração realizada por meio do flexímetro após 10 semanas de treinamento com pesos. Os exercícios foram realizados três vezes na semana em 3 séries de 8 a 12 RM. No programa de treinamento não foram incluídos exercícios de alongamento e foi respeitada a amplitude completa dos movimentos de musculação. O comportamento da flexibilidade na flexão do quadril com o joelho estendido (onde os isquiotibiais são estendidos) apresentou manutenção da ADM, embora tenham ocorridos pequenos aumentos não significativos estatisticamente. Também em idosos foram verificados ganhos em ADM resultantes apenas do treinamento de força (FATOUROS *et al*, 2006), onde foi observado que estes ganhos foram dependentes da intensidade de treinamento, apresentando melhores resultados as intensidades superiores a 60% da 1RM.

Em estudo de NÓBREGA *et al* (2005) adultos jovens que realizaram treinamento de força isoladamente, duas vezes por semana, com carga inicial de 60% de 1 RM ajustada para a exaustão em 8 a 12 RM, não alteraram sua flexibilidade. Contudo, tal treinamento não interferiu nos ganhos de ADM com exercícios concorrentes de alongamento, realizados após o treinamento de força, não ocorrendo diferenças nos ganhos de flexibilidade entre este grupo e o grupo que realizou apenas exercícios de alongamento.

Segundo SANTAREM (1999) a maior parte dos estudos que analisaram os efeitos do treinamento de força na flexibilidade demonstrou aumento ou manutenção desse parâmetro de aptidão na ausência de exercícios específicos para essa finalidade. Pesquisadores têm indicado baixas correlações entre a força muscular e a flexibilidade tanto em jovens como em idosos (CYRINO *et al*, 2004). Atletas de musculação competitiva e levantadores de peso olímpicos possuem grandes volumes musculares e flexibilidade acima da média (SANTAREM, 1999).

Com base no acima exposto, verifica-se que estudos recentes apresentam que o treinamento de força não prejudica a capacidade de flexibilidade, nem interfere no desenvolvimento desta quando são realizados concomitantemente exercícios de alongamento. E contrariando o que diversos professores de academias acreditam, o treinamento de força pode até mesmo desenvolver a flexibilidade dos sujeitos.

3.6 INFLUÊNCIA DO ALONGAMENTO NA FORÇA MUSCULAR

Diversos estudos apontam que o alongamento, quando realizado previamente a um esforço máximo, diminui a força e a potência muscular, não sendo o mesmo recomendado como parte do aquecimento, especialmente antes de atividades de força e potência (ALMEIDA *et al*, 2009; FOWLES *et al*, 2000; SHRIER, 2004; POWER *et al*, 2004; MCBRIDE *et al*, 2007), além de não contribuir significativamente na prevenção de lesões (SHRIER, 2004). Contudo, um programa apenas de alongamento estático crônico, sem a realização de treinamento de força, desenvolve a força muscular, a resistência de força e a potência (KOKKONEN *et al*, 2007). Estes autores sugerem que é possível que a adição de exercícios de alongamento a um treinamento esportivo baseado nestas capacidades, potencialize os seus resultados. NÓBREGA *et al* (2005) também encontraram aumentos na força e na flexibilidade com exercícios apenas de alongamento. No entanto, com a adição do alongamento após o treinamento de força, realizado duas vezes por semana, não ocorreu maior ganho de força ou flexibilidade musculares.

Nas revisões de SHRIER (2004) e ALMEIDA *et al* (2009) foi verificado que embora os efeitos imediatos do alongamento resultem em diminuição da força e velocidade, a realização regular de exercícios de alongamento acarreta em aumentos na força e na velocidade de contração muscular em longo prazo. Desta forma, foi sugerido que o alongamento deveria ser realizado após a realização de exercícios ou numa sessão à parte.

Os exercícios de alongamento não devem durar muito na fase de aquecimento e as tensões de alongamento estático devem ser baixas, para não provocar deformação plástica no tecido muscular (ACHOUR JUNIOR 2006). Este autor sugere que os

esportistas, ao treinar força máxima e potência, desenvolvam a flexibilidade nos grupos musculares não trabalhados naquele dia.

Com base nos estudos citados nesta revisão de literatura, tanto o treinamento de força como o alongamento realizado no longo prazo (efeito crônico) podem contribuir no aumento da flexibilidade e da força muscular. É preciso salientar que o alongamento agudo parece diminuir a força máxima, enquanto o alongamento crônico parece contribuir para o seu aumento. No entanto, não se sabe o posicionamento ideal dos exercícios de alongamento em relação ao treinamento de força, se no longo prazo geram maiores efeitos na força quando posicionados antes ou após o trabalho com os pesos, pois a literatura apresenta apenas que os exercícios de alongamento realizados após o treinamento de força não parecem potencializar os ganhos obtidos em força, e, esta interação, também não parece influenciar os ganhos de flexibilidade.

4. SUJEITOS E PROCEDIMENTOS

4.1 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Foram recrutados 35 voluntários ($18,5 \pm 0,41$ anos) recém incorporados para cumprir com o serviço militar obrigatório, os quais foram distribuídos de forma balanceada e aleatória entre os quatro grupos da pesquisa por processo de quartilização, considerando como critério hierárquico a força muscular normalizada de isquiotibiais medida antes do início do treinamento. Tal procedimento visou a obtenção de grupos homogêneos. Como critério de inclusão, os sujeitos não poderiam estar envolvidos em atividades que envolvessem sobrecargas ou exercícios de alongamento (figura 1). Logo, a amostra pode ser considerada como “destreinada”. Antes do início do estudo os sujeitos receberam informações sobre os requerimentos para participar do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido de participação. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná.

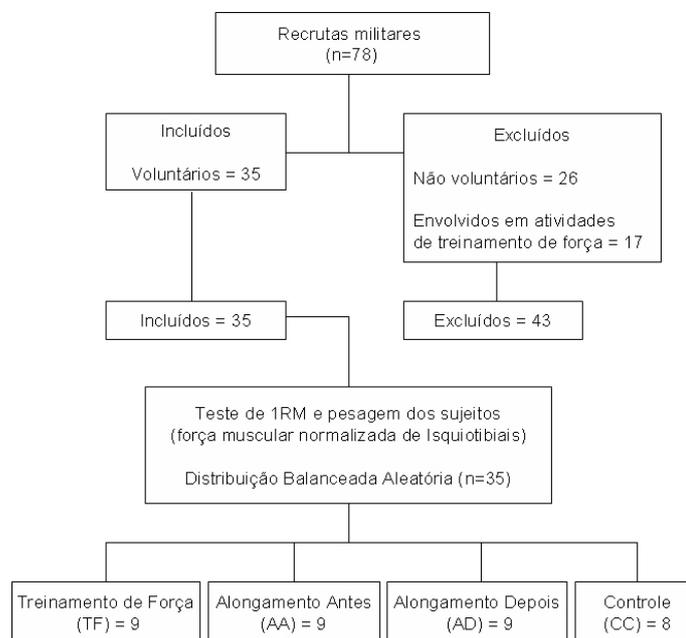


FIGURA 1 – Design da pesquisa experimental

FIGURA 1 – Design da pesquisa experimental. Foram selecionados 35 recrutas voluntários, distribuídos de forma balanceada e aleatória entre os quatro grupos da pesquisa por processo de quartilização, considerando como critério hierárquico a força muscular normalizada de isquiotibiais. Como critério de inclusão, os sujeitos não poderiam estar envolvidos em atividades que envolvessem sobrecargas ou exercícios de alongamento.

Os sujeitos (n=35) foram divididos em 4 grupos experimentais: um grupo-treinamento de força (TF, n=9; 18.4 ± 0.6 anos; 74.3 ± 6 kg; 1.76 ± 0.06 m) que realizou apenas exercícios com sobrecargas voltados à melhoria da força muscular, um grupo que realizou exercícios de alongamento antes do treinamento de força muscular (AA, n=9; 18.5 ± 0.2 anos; 67.4 ± 6 kg; 1.73 ± 0.09 m), um grupo que realizou exercícios de alongamento após o treinamento de força muscular (AD, n=9; 18.5 ± 0.4 anos; 72.5 ± 11 kg; 1.76 ± 0.06 m) e um grupo de controle (CC, n=8; 18.5 ± 0.5 anos; 73.5 ± 11 kg; 1.74 ± 0.05 m) que participou de todas as avaliações mas não realizou treinamento de força ou alongamento sistemático de membros inferiores durante o período do estudo. Não foram encontradas diferenças na idade ($p=0.998$), estatura ($p=0.754$) e massa corporal ($p=0.355$) dos participantes.

4.2 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

Os dados antropométricos (peso e estatura) foram coletados previamente ao estudo para determinar a homogeneidade da amostra. O peso dos participantes foi aferido com uma balança eletrônica portátil (*Plenna*). A balança foi colocada em local plano e os indivíduos foram pesados sem calçados, agasalhos ou objetos nos bolsos. A estatura foi determinada com fita métrica fixada junto à parede e medida em posição ereta, com os braços estendidos para baixo, os pés unidos e encostados à parede. Para a aferição, utilizou-se um esquadro de madeira colocado rente à cabeça (BRASIL, 2004).

Os grupos do estudo foram treinados duas vezes por semana (com intervalo de ao menos 2 dias entre os treinos semanais) durante oito semanas, com exceção do grupo Controle que apenas realizou os testes juntamente com os outros três grupos. Todos os grupos foram fisicamente ativos, contudo, no decorrer das 8 semanas da pesquisa, quaisquer exercícios com sobrecarga ou alongamento de membros inferiores ficaram restritos aos propostos no estudo. Para propiciar comparações no desempenho dos grupos experimentais, os mesmos treinamentos de força (volume total de 48 séries de 8 a 12 RM) e de alongamento (volume total de 16 minutos) foram aplicados para os grupos que tiveram esses tipos de atividades incluídas em suas rotinas de treinamento.

O primeiro grupo - Treinamento de Força (TF, n=9) realizou apenas os exercícios com sobrecargas, exercitando o grupo muscular dos isquiotibiais nos dois treinos semanais (segundas e quintas-feiras), atendendo a frequência semanal proposta por KRAEMER e RATAMESS (2004). Esta frequência possibilita intervalos maiores de repouso e aumenta a aderência a programas de treinamento (HASS *et al*, 2001). O exercício realizado foi o de flexão dos joelhos em decúbito ventral (mesa romana), em equipamento de marca Fisiomaq, modelo *Nexus Leg Curl*. O programa de treinamento foi composto por 3 séries com sobrecarga que possibilitou a realização de 8 a 12 repetições máximas em todas elas. Uma série de aquecimento com 10 repetições a 50% da carga de treinamento³ precedeu a realização do exercício de força. Os intervalos entre as séries foram de 90 segundos, totalizando em 8 minutos a duração total do treino de força. A execução do exercício envolveu a amplitude total do movimento possibilitado pela articulação do joelho e consistiu de 1 segundo de duração na fase concêntrica e 2 segundos na fase excêntrica (KRAEMER e RATAMESS, 2004), aferidos com o cronômetro. Ocorreram aumentos progressivos das cargas no decorrer das oito semanas de treinamento, de forma que a realização de 8-12 RM não foram extrapoladas. Estes ajustes na carga de treinamento foram realizados conforme as recomendações do ACSM (2002) de que as cargas devem ser elevadas quando os sujeitos realizam uma ou duas repetições acima do objetivo, em duas sessões de treinamento consecutivas.

Embora o alvo do treinamento tenha sido a realização de 10 RM em cada série, número fixo de repetições em todas as séries do exercício conforme as normativas previstas na literatura para o treinamento da hipertrofia muscular, esta faixa de 8 a 12 repetições deveu-se ao fato de que os sujeitos, ao realizarem 12 RM na primeira série, provavelmente não conseguem atingir o mesmo número de repetições máximas nas séries subsequentes, tendendo este número a diminuir a cada série quando respeitado o intervalo de 90 segundos (LIMA *et al*, 2006).

O segundo grupo – Alongamento Antes (AA, n=9) realizou o mesmo treinamento de força do grupo TF, contudo, executou o alongamento estático dos

³ Carga em que o participante conseguia executar de 8 a 12 RM nas 3 séries do exercício.

isquiotibiais (duas repetições de 30 segundos de duração com intervalo de 10 segundos), imediatamente antes do exercício com sobrecarga. O alongamento foi similar ao proposto por BANDY *et al* (1997) onde o sujeito permanece na posição ereta com um dos pés apoiado no solo apontado para frente, sem rotação ou flexão do joelho, enquanto o outro membro é elevado e tem seu calcanhar apoiado em um espaldar, sem rotação ou flexão do joelho, com a ponta do pé deste membro apontada para cima, de forma com que a articulação do quadril elevado apresente um ângulo de 90° de flexão (figura 2). Os ombros são então flexionados em 90° e as mãos ficam à frente do corpo com os cotovelos estendidos. O sujeito move seu tronco levemente para frente até sentir um pequeno desconforto na região posterior da coxa. Neste momento, inicia a contagem do tempo do alongamento enquanto o sujeito permanece imóvel.

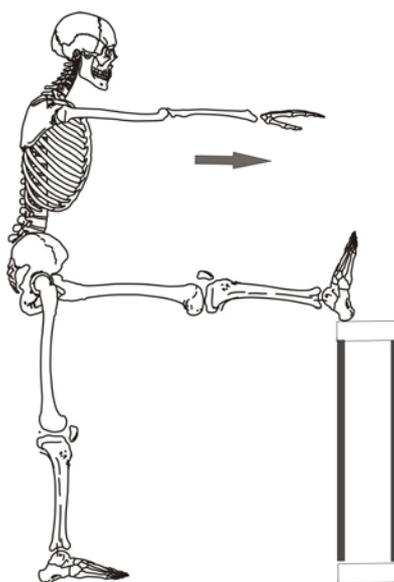


FIGURA 2 – Alongamento dos isquiotibiais

FIGURA 2 - Alongamento dos isquiotibiais - alongamento estático dos isquiotibiais similar ao proposto por BANDY *et al* (1997) onde o sujeito permanece na posição ereta com um dos pés apoiado no solo apontado para frente, sem rotação ou flexão do joelho, enquanto o outro membro é elevado e seu calcanhar apoiado em um espaldar, sem rotação ou flexão do joelho, com a ponta do pé deste membro apontada para cima, de forma com que a articulação do quadril elevado apresente um ângulo de 90° de flexão. Os ombros são então flexionados em 90° e as mãos ficam à frente do corpo com os cotovelos estendidos. O sujeito move seu tronco levemente para frente até sentir um pequeno desconforto na região posterior da coxa, quando então permanece estático por 30s.

O terceiro grupo (AD, n=9) realizou o mesmo treinamento de força do grupo TF e executou ainda o exercício de alongamento similar ao grupo AA, mas imediatamente após o exercício com sobrecarga.

O grupo Controle (CC, n=8) embora tenha participado de todos os testes realizados no estudo não realizou qualquer treinamento de força ou alongamento sistemático de membros inferiores. Contudo, os participantes deste grupo também realizaram diversos exercícios de força para os músculos do tronco e membros superiores, não constantes do protocolo de treinamento desta pesquisa.

Mensuração da Força e Flexibilidade dos Sujeitos

Os testes para avaliação da flexibilidade e força dos sujeitos foram realizados no pré e pós-treinamento. Como a pesquisa dispõe de um grupo controle, não foram feitas sessões de familiarização para os participantes.

A Força de Contração Isométrica Voluntária Máxima (FCIVM) e a Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) dos indivíduos foi medida por meio de uma célula de carga (Kratos, modelo CZC500) que se constitui de componentes sensíveis aos esforços de tração, um conjunto de correias de fixação, uma placa conversora A/D (National Instruments, modelo NI USB 6218) e um amplificador (Kratos, modelo IK-1C), conectados a um computador. O valor da FCIVM foi definida como sendo o pico máximo de força, que foi determinado visualmente no visor do amplificador em kilogramas (Kg). A TDF foi determinada pelo coeficiente de inclinação⁴ da relação de desenvolvimento de força em função do tempo (LAROUCHE *et al*, 2008). Para o processamento dos dados da taxa TDF foram desprezados 20% dos valores mínimos e 20% dos valores superiores da curva obtida, a fim de evitar valores extremos. A frequência de coleta foi de 1kHz.

⁴ O coeficiente de inclinação da linha de tendência resultante da curva obtida foi calculado por meio do *software Microsoft Office Excel 2003*.

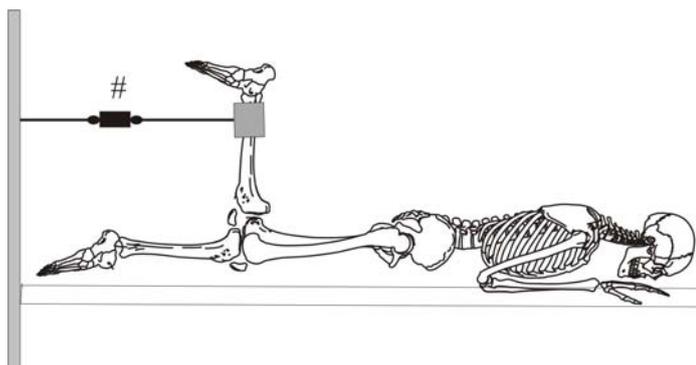


FIGURA 3 – Posicionamento para os testes de FCIVM e TDF

FIGURA 3 – Teste de FCIVM e TDF - a célula de carga (#) foi disposta perpendicularmente (ângulo reto) tanto entre a barra de ferro fixada à parede como ao eixo longitudinal da tíbia dos sujeitos de modo a resistir à flexão da articulação do joelho fixada em 90 graus. O teste foi realizado com os sujeitos deitados em decúbito ventral. A célula de carga foi fixada na articulação do tornozelo no sentido contrário ao movimento. Foram realizadas 3 contrações isométricas voluntárias máximas com intervalos de recuperação de 3 minutos entre as mesmas (SILVA e GONÇALVES, 2003). Para o estudo foi considerada a contração de melhor performance.

Foram medidas a FCIVM e a TDF dos flexores do joelho. Para valores fidedignos, a célula de carga foi disposta perpendicularmente (ângulo reto) tanto entre a barra de ferro fixada à parede como ao eixo longitudinal da tíbia dos sujeitos de modo a resistir à flexão da articulação do joelho fixada em 90 graus (figura 3). O teste foi realizado com os sujeitos deitados em decúbito ventral. A célula de carga foi fixada na articulação do tornozelo no sentido contrário ao movimento. Em virtude da homogeneidade da estatura dos sujeitos, o comprimento da perna dos mesmos para o cálculo do torque foi desprezado. Foram realizadas 3 contrações isométricas voluntárias máximas com intervalos de recuperação de 3 minutos entre as mesmas (SILVA e GONÇALVES, 2003). Foi dada a instrução aos participantes de que eles deveriam realizar um “movimento” o mais rápido e forte possível. Para o estudo foi considerada a contração de melhor performance na FCIVM.

Também foi medida a Força Máxima no teste de 1RM para fins de estabelecimento da carga de treinamento, seguindo o protocolo utilizado por FATOUROS (2006), onde foi realizado um aquecimento de 10 repetições com carga moderada, antes de iniciar as tentativas de alcançar a maior carga possível em uma única repetição máxima (1 RM). O intervalo de recuperação entre cada tentativa foi de 3 minutos e foi prioridade a execução correta do movimento. Este teste foi realizado

para os flexores e extensores do joelho nos equipamentos de musculação onde foi realizado o treinamento. A força obtida em quilogramas (Kg) foi normalizada pela massa corporal dos sujeitos.

A mensuração da flexibilidade foi feita por meio de fotogrametria. As fotografias foram tomadas com uma câmera (*SAMSUNG*, modelo Digimax A402) perpendicularmente ao plano sagital, na altura do quadril e a 2,75m dos sujeitos. Foram identificados os seguintes pontos anatômicos na pele dos participantes, os quais foram marcados com henna a fim de garantir posterior identificação de sua localização entre as sessões de avaliação: trocânter maior do fêmur, epicôndilo lateral do fêmur e maléolo lateral da fíbula. Os ângulos foram quantificados, por meio da ferramenta dimensão angular do *software Corel Drawl* (versão 12) (*DEZAN et al*, 2004).

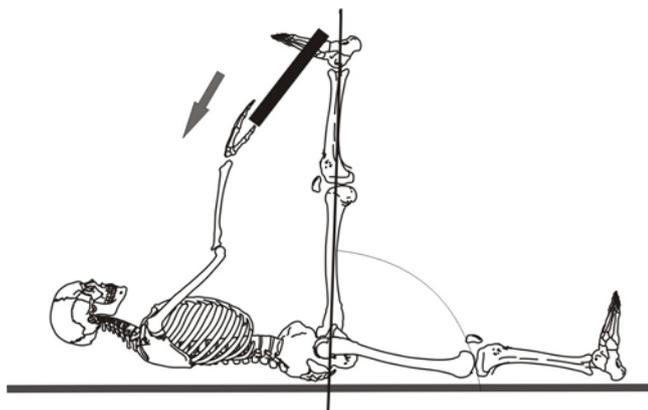


FIGURA 4 – Mensuração da flexibilidade dos isquiotibiais

FIGURA 4 – Os participantes foram posicionados em decúbito dorsal em uma maca e o quadril foi flexionado e tracionado, por meio de uma faixa, pelo próprio sujeito com o joelho estendido até o momento em que este relatou desconforto na região posterior do joelho, ficando o membro oposto fixado e estendido sobre a superfície da maca (*CARREGARO*, 2007). O ângulo medido foi aquele obtido entre a reta formada pelo membro inferior elevado e o plano horizontal.

Para a avaliação da flexibilidade dos músculos isquiotibiais, os participantes foram posicionados em decúbito dorsal em uma maca e o quadril foi flexionado com o joelho estendido até o momento em que o indivíduo relatou desconforto na região posterior do joelho (figura 4), ficando o membro oposto fixado e estendido sobre a superfície da maca (*CARREGARO*, 2007). O ângulo medido foi aquele obtido entre a reta formada pelo membro inferior elevado e o plano horizontal (maca). A avaliação

da flexibilidade do quadríceps foi realizada por meio do teste de Thomas (DEZAN *et al*, 2004). Para esse procedimento, os participantes permaneceram em decúbito dorsal sobre a maca e a coxa do membro inferior não avaliado flexionada a 125°. O ângulo interno do joelho do membro do segmento que permaneceu em repouso sobre a maca foi quantificado (figura 5). Nesse teste, quanto maior a angulação do joelho avaliado, menor é a flexibilidade do conjunto músculo tendíneo do extensor biarticular do joelho (reto femoral).

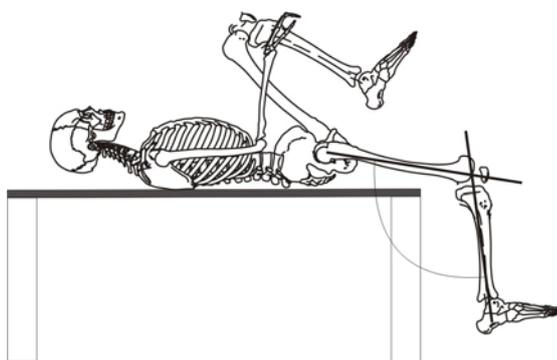


FIGURA 5 – Mensuração da flexibilidade do quadríceps

FIGURA 5 – Teste de Thomas - os participantes permaneceram em decúbito dorsal sobre a maca e a coxa do membro inferior não avaliado flexionada a 125°. O ângulo interno do joelho do membro do segmento que permaneceu em repouso sobre a maca foi quantificado (DEZAN *et al*, 2004). Neste teste, quanto maior a angulação do joelho avaliado, menor é a flexibilidade do conjunto músculo tendíneo do extensor biarticular do joelho (reto femoral).

4.3. ANÁLISE DOS DADOS

Primeiramente foram realizados os testes de Shapiro e Levene para verificar a normalidade e homogeneidade dos grupos, respectivamente. Em seguida, para os resultados normais e homogêneos, foi realizada comparação entre grupos, por meio de análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, e o teste de Fisher⁵ foi aplicado para identificar onde as diferenças ocorreram. Os testes de significância foram testados com $p \leq 0.05$. Os resultados foram analisados por meio do programa estatístico STATISTICA (versão 7).

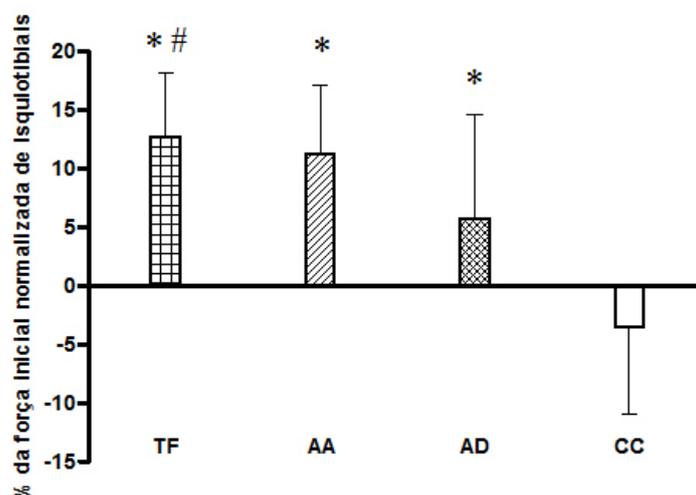
⁵ Este teste é mais liberal e foi utilizado em virtude do excelente controle dos participantes (militares) e por não haver um número (N) grande de sujeitos. Desta forma, visou-se evitar um erro do tipo II, onde a hipótese nula falsa seria aceita (THOMAS, NELSON e SILVERMAN, 2007).

5. RESULTADOS

5.1 FORÇA DE 1RM DE ISQUIOTIBIAIS

Todos os grupos submetidos a treinamento apresentaram melhor performance na força normalizada de isquiotibiais, independentemente do tipo de treinamento aplicado. Os grupos TF e AA apresentaram ganhos similares em relação aos valores encontrados no pré-teste ($12.78 \pm 5.4\%$; $p < 0.001$ e $11.37 \pm 5.7\%$; $p < 0.001$, respectivamente). O grupo que realizou alongamento depois do exercício de força (AD), também apresentou ganhos significativos em relação ao pré-teste ($5.73 \pm 8.8\%$; $p = 0.017$). O grupo controle permaneceu inalterado ao longo do período do treinamento ($-3.66 \pm 7.2\%$, $p = 0.11$). O grupo TF apresentou ainda diferenças em relação ao CC ($p = 0.035$). Os resultados da força dos músculos flexores do joelho podem ser observados na figura 6.

FIGURA 6 – Percentuais da força de 1RM de isquiotibiais no pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.

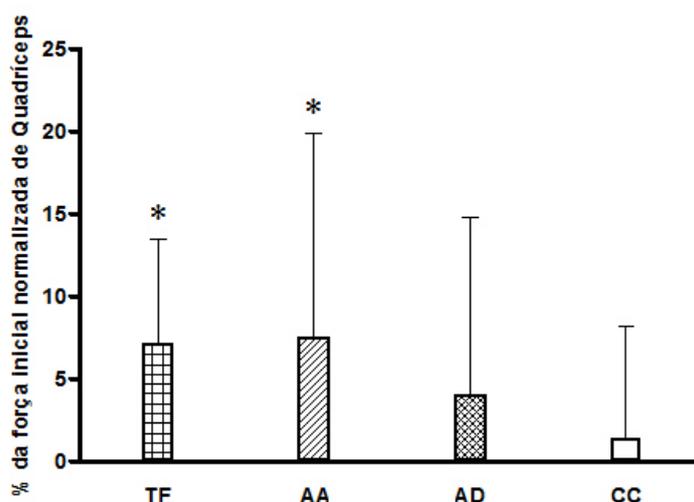


Percentuais de força máxima concêntrica normalizada de isquiotibiais após o treinamento. TF (barra quadriculada) = treinamento de força, AA (barra listrada) = alongamento antes dos treinamentos, AD (barra listrada quadriculada) = alongamento depois dos treinamentos, CC (barra branca) = controle. * Diferença significativa em relação ao pré-treinamento ($p \leq 0,05$); # Diferença significativa em relação ao grupo controle ($p \leq 0,05$).

5.2 FORÇA DE 1RM DE QUADRÍCEPS

O grupo TF apresentou aumento de $7.11 \pm 6.4\%$ em relação ao pré-teste ($p=0.017$), que foi similar ao ganho encontrado no grupo AA ($7.48 \pm 12.4\%$; $p=0.029$). Os grupos AD e CC não apresentaram diferenças significativas na força normalizada do quadríceps em relação ao pré-treinamento ($4.05 \pm 10.7\%$; $p=0.17$ e $1.43 \pm 6.7\%$; $p=0.65$, respectivamente). Não houveram diferenças significativas entre os grupos no pós-treinamento ($p>0.05$). Os resultados da força dos músculos extensores da articulação do joelho (antagonistas) estão apresentados na figura 7.

FIGURA 7 – Percentuais da força de 1RM de quadríceps no pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.

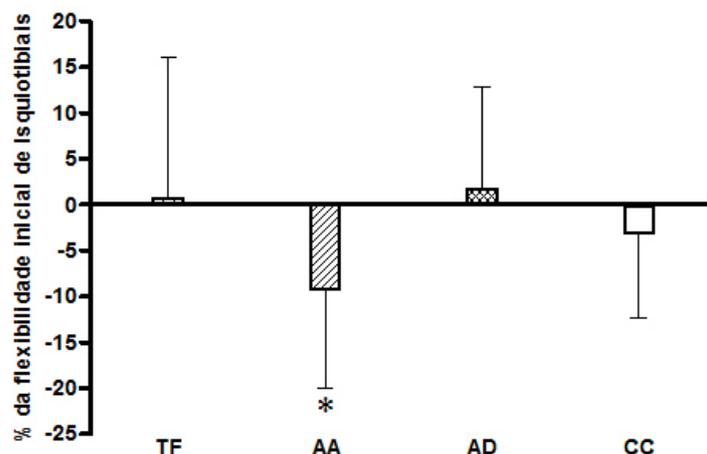


Percentuais de força máxima concêntrica normalizada de quadríceps após o treinamento. TF (barra quadriculada) = treinamento de força, AA (barra listrada) = alongamento antes dos treinamentos, AD (barra listrada quadriculada) = alongamento depois dos treinamentos, CC (barra branca) = controle. * Diferença significativa em relação ao pré-treinamento ($p \leq 0,05$).

5.3 FLEXIBILIDADE DE ISQUIOTIBIAIS

O grupo que realizou alongamento antes do exercício de força para isquiotibiais (AA) apresentou diminuição de $-9.39 \pm 10.7\%$ na flexibilidade ($p=0.018$). Os demais grupos não apresentaram diferenças significativas ao final do período de treinamento. Não foram detectadas diferenças significativas entre os grupos em função dos programas de treinamento ($p>0.05$). Os resultados são apresentados na figura 8.

FIGURA 8 – Percentuais de flexibilidade de isquiotibiais no pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.



Alterações percentuais na flexibilidade de isquiotibiais após o treinamento. TF (barra quadriculada) = treinamento de força, AA (barra listrada) = alongamento antes dos treinamentos, AD (barra listrada quadriculada) = alongamento depois dos treinamentos, CC (barra branca) = controle. * Diferença significativa em relação ao pré-treinamento ($p \leq 0,05$).

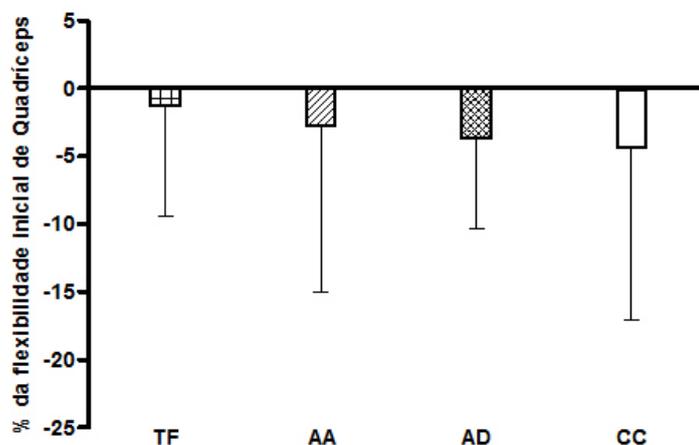
5.4 FLEXIBILIDADE DE QUADRÍCEPS

Nenhum dos grupos apresentou diferenças estatisticamente significativas na flexibilidade de quadríceps entre o pré e o pós-treinamento ($p > 0,05$). Também não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos experimentais, em função dos protocolos de treinamento ($p > 0,05$). Os resultados estão apresentados na figura 9.

5.5 FORÇA DE CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA

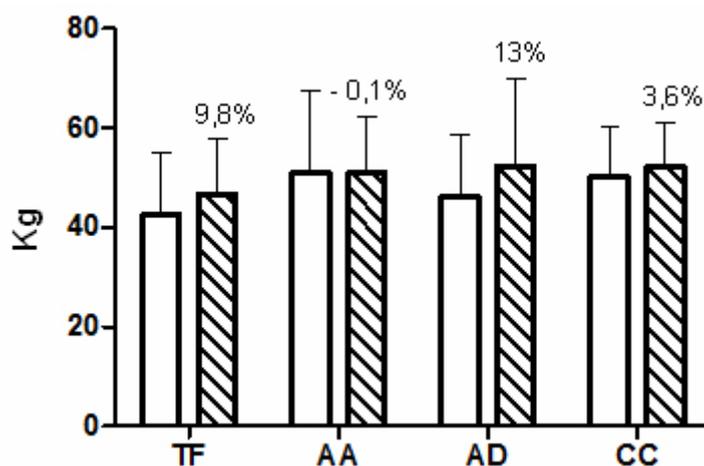
Nenhum dos grupos apresentou diferenças estatisticamente significativas na FCIVM de isquiotibiais em relação ao período que precedeu o treinamento. As variações percentuais em relação ao pré-teste para os grupos TF, AA, AD e CC foram respectivamente: $9,8 \pm 28,9\%$ ($p = 0,292$), $-0,1 \pm 19,5\%$ ($p = 0,993$), $13,0 \pm 17,7\%$ ($p = 0,131$) e $3,6 \pm 25,6\%$ ($p = 0,665$). Foram encontradas normalidade e homogeneidade em todos os grupos pré-treinamento e não houveram diferenças significativas entre os grupos pós-treinamento ($p > 0,05$). Os resultados da FCIVM de isquiotibiais podem ser observados na figura 10.

FIGURA 9 – Percentuais de flexibilidade de quadríceps no pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.



Alterações percentuais na flexibilidade de quadríceps após o treinamento. TF (barra quadriculada) = treinamento de força, AA (barra listrada) = alongamento antes dos treinamentos, AD (barra listrada quadriculada) = alongamento depois dos treinamentos, CC (barra branca) = controle.

FIGURA 10 – Médias da FCIVM de isquiotibiais do pré e pós-treinamento.

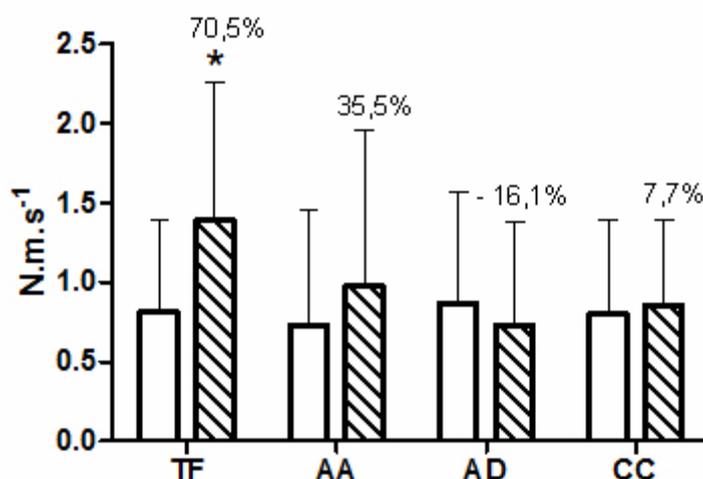


Médias da força de contração isométrica voluntária máxima de isquiotibiais do pré e pós-treinamento. TF = treinamento de força, AA = alongamento antes dos treinamentos, AD = alongamento depois dos treinamentos, CC = controle; barra branca = pré-treinamento, barra hachurada = pós-treinamento. Sobre as barras hachuradas consta a diferença percentual do pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.

5.6 TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA

Apenas o grupo TF apresentou diferença significativa em relação ao pré-treinamento, com aumento de $70,51 \pm 84,3\%$ ($p=0,005$). Embora o grupo AA tenha apresentado tendência a aumento ($35,47 \pm 62,5\%$), a estatística não apontou esta diferença ($p=0,180$). Os grupos AD e CC não apresentaram diferenças significativas na TDF em relação ao pré-treinamento ($-16,14 \pm 59,7\%$; $p=0,462$ e $7,71 \pm 85,9\%$; $p=0,758$ respectivamente). Não foram detectadas diferenças significativas entre os grupos no pós-treinamento ($p>0,05$). Os resultados da TDF dos músculos flexores da articulação do joelho estão apresentados na figura 11.

FIGURA 11 – Médias da TDF de isquiotibiais do pré e pós-treinamento.



Médias da taxa de desenvolvimento de força de isquiotibiais do pré e pós-treinamento. TF = treinamento de força, AA = alongamento antes dos treinamentos, AD = alongamento depois dos treinamentos, CC = controle; barra branca = pré-treinamento, barra hachurada = pós-treinamento. * Diferença significativa em relação ao pré-treinamento ($p \leq 0,05$). Sobre as barras hachuradas consta a diferença percentual do pós-treinamento em relação ao pré-treinamento.

6. DISCUSSÃO

Os treinamentos de força, isolado ou associados ao alongamento, foram suficientes para causar ganhos na força do grupo isquiotibial, após o período de oito semanas de treinamento. Tais resultados indicam que o protocolo empregado foi suficiente para produzir adaptações neuromusculares que possibilitaram ganhos de força muscular. Alguns estudos têm demonstrado que duas (NÓBREGA *et al*, 2005) ou três sessões semanais (DIAS *et al*, 2005) podem causar ganhos similares, enquanto outros têm encontrado ganhos maiores quando comparados aos encontrados no presente estudo (32,8%) (CAROLAN e CAFARELLI, 1992). Todavia, os maiores ganhos reportados por estes autores ocorreram em resposta a uma carga de treinamento derivada de três sessões semanais de exercícios isométricos. Os mesmos verificaram, por meio de eletromiografia, a ocorrência de diminuição da co-ativação dos músculos antagonistas, indicando redução da força que contrapõe ao movimento, resultando em maior produção de força no sentido desejado pelos agonistas. DIAS *et al* (2005) também atribuíram os ganhos de força nestas fases iniciais de treinamento principalmente a fatores neurais, como o desenvolvimento da coordenação intra e intermuscular. No entanto, estes autores apresentam ainda a possibilidade da ocorrência de alterações relevantes na morfologia muscular com apenas duas semanas de treinamento de força. SEYNNES *et al* (2007) encontraram, por meio de ultrasonografia, aumento da área de secção transversa das fibras musculares com apenas três semanas de treinamento de força (20 dias). Ocorreu também aumento da força máxima e da atividade eletromiográfica. Tais achados sugerem que a hipertrofia muscular ocorre mais rapidamente do que o reportado previamente, contribuindo com os ganhos neurais para o aumento da força nas primeiras fases do treinamento.

A associação de exercícios de alongamento realizados antes ou após os treinos de força não incrementou os ganhos de força obtidos com o treinamento de força isolado. Existem argumentos de que a realização de exercícios de alongamento imediatamente antes à realização de atividades que demandam força e potência muscular (efeito agudo) resultam em redução da performance, enquanto que a realização regular de exercícios de alongamento (efeito crônico) acarretam aumentos

na performance (ALMEIDA *et al*, 2009). No entanto, os resultados do presente estudo não indicam vantagens na utilização de protocolos mistos de alongamento e força quando comparados a protocolos que envolvem apenas treinamento de força. NÓBREGA *et al* (2005) também não encontraram diferenças no ganho de força com a adição de alongamento após os treinos de força.

Os grupos TF e AA aumentaram em mais de 7% a força do quadríceps, musculatura antagonista àquela treinada, em relação ao pré-treinamento. Poucos estudos avaliaram os ganhos de força nos músculos antagonistas (BATISTA *et al*, 2008; SEYNNES *et al*, 2007). Nestes estudos, tanto o alongamento crônico ativo como o treinamento de força acarretaram em ganhos de força nos músculos antagonistas. Encontra-se amplamente descrito o fenômeno da co-ativação dos antagonistas durante o esforço, que diminui progressivamente com o treinamento de força (CAROLAN e CAFARELLI, 1992; ENOKA, 1997; LEE e CARROLL, 2007). Embora tal fato seja comprovado pela eletromiografia, se há mecanismos fisiológicos envolvidos, estes são desconhecidos. Hipotetiza-se que ocorra uma diminuição da co-ativação de forma recíproca, aumentando a força por meio de ajustes neurais (contração do músculo que gera o movimento desejado com menor ativação da musculatura que contrapõe ao movimento) tanto nos músculos agonistas como nos antagonistas do exercício treinado.

Foi uma surpresa observar que no grupo que foi realizado o alongamento dos isquiotibiais antes do exercício de força houve diminuição da flexibilidade. No estudo de SECCHI *et al* (2008) quando foram realizados simultaneamente o treinamento de força e o alongamento por oito semanas, em dias alternados, houve diminuição no comprimento muscular e número de sarcômeros em série, que poderia refletir diminuição da flexibilidade, indicando alterações morfológicas nesta duração de treinamento. No presente estudo não ocorreu diminuição da flexibilidade com o grupo que realizou o alongamento após o exercício de força, que de forma semelhante ao grupo que treinou apenas força, manteve sua flexibilidade. No estudo de NÓBREGA *et al* (2005) o treinamento de força não alterou a flexibilidade dos sujeitos, nem interferiu nos ganhos de flexibilidade obtidos com a realização de exercícios de

alongamento após os treinos de força. Têm sido descrito que os ganhos de flexibilidade são mais expressivos quando o músculo está aquecido, isto é, a deformação do tecido conjuntivo depende da temperatura muscular (KNIGHT *et al*, 2001). Desta forma, o alongamento realizado após o treinamento de força teria este benefício que não foi obtido pelo grupo que realizou alongamento antes do exercício de força. A diminuição da flexibilidade apresentada por este grupo é um resultado pouco convencional, porém indica que nem sempre o exercício de alongamento gera aumento na flexibilidade, dependendo do posicionamento e frequência desta atividade com outros tipos de exercício. Tais resultados demonstram que de fato há diferenças entre alongar antes ou após o treinamento de força e especula-se que estes resultados sejam decorrentes da interação de fatores neurais e morfológicos.

O treinamento de força isolado gerou aumento de 70% na TDF em apenas oito semanas. Tal resultado sugere que o protocolo empregado foi suficiente para produzir adaptações neuromusculares que possibilitaram ganhos na TDF. No estudo de AAGAARD *et al* (2002), onde o treinamento de força de membros inferiores teve duração de 14 semanas (38 sessões) em sujeitos destreinados, o quadríceps obteve aumentos na TDF de até 26%, enquanto a eletromiografia (EMG) apresentou incrementos de até 143%. Ambas estão relacionadas à ativação muscular, no entanto o sinal eletromiográfico precede a TDF temporalmente, pois reflete a despolarização muscular, enquanto a TDF revela a resposta muscular para gerar contração, isto é, a fase inicial da contração muscular (0- 200ms). Em outro estudo, com treinamento de força de 8 semanas de duração para membros superiores, foi reportado um aumento de 28% na TDF de militares (SANTTILA *et al*, 2009). Em estudo com idosos também foi verificado aumento expressivo na TDF com o treinamento de força, onde com 12 semanas de duração foram obtidos ganhos médios de 51% (CASEROTTI *et al*, 2008). O treinamento de força dinâmico (13 semanas de duração) parece resultar em ganhos percentuais superiores na TDF (23,8%) em comparação aos ganhos obtidos na força isométrica (8,2%) (ALEGRE *et al*, 2006). Desta forma, a TDF apresenta uma grande capacidade de ajuste em resposta ao treinamento, superior a outras variáveis de força, com aumentos expressivos em curto prazo. Mesmo em estudo com apenas 4 semanas

de treinamento de flexores de cotovelo, onde foram comparados adultos jovens e idosos, o treinamento de força resultou em ganhos na TDF de 25,6% e 28,6% respectivamente (BARRY *et al*, 2005). Este ganho reflete a possibilidade de gerar força mais rapidamente no início da contração muscular (FOLLAND e WILLIAMS, 2007) e pode ocorrer em parte pelo aumento da capacidade de liberação de cálcio intracelular que ocorre com o treinamento de força (AAGAARD *et al*, 2002).

No entanto, quando o treinamento de força foi associado ao alongamento, realizado antes ou após o mesmo, não houve alteração da TDF dos músculos isquiotibiais. Este resultado foi curioso porque tem sido descrito na literatura que quando o alongamento é realizado cronicamente pode gerar ganhos de força (KOKKONEN *et al*, 2007; SHRIER, 2004). Entretanto, estes estudos analisaram apenas o efeito do alongamento na força muscular e não a associação do treinamento de força com o alongamento. Já em estudo no qual analisaram o efeito da combinação de treinamento de força e alongamento após o treinamento, observaram aumento de força muscular similar àquele obtido pela realização do treinamento de força isolado e aumento da flexibilidade semelhante àquele obtido pela realização apenas de atividades de alongamento (NÓBREGA *et al*, 2005). Os resultados do presente estudo sugerem que quando o alongamento é associado ao treinamento de força pode gerar alguma alteração celular e/ou molecular capaz de impedir o ganho da TDF. Em estudo com idosos, onde foi verificado o efeito agudo do alongamento na força e na TDF, foi reportado que a diminuição da força imediatamente após o alongamento parece não estar relacionada à ativação muscular, pois não ocorreu diminuição na TDF (GURJÃO *et al*, 2009). Sabe-se ainda que o treinamento de força aumenta a rigidez passiva, e um aumento nesta produz ganhos na TDF (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). Desta forma, é possível que com a adição do alongamento (que diminui a rigidez músculo tendínea) ao treinamento de força, não tenha ocorrido aumento na rigidez passiva e conseqüentemente na TDF.

O treinamento de força dinâmico, associado ou não a exercícios de alongamento, também não incrementou os ganhos de força isométrica. Ocorreu uma baixa correlação ($r=0,25$) entre a Força Máxima Concêntrica (1RM) e a Força de

Contração Isométrica Voluntária Máxima (FCIVM), indicando que o aumento na força de um músculo pode ser evidente em uma tarefa (contração dinâmica), mas não em outra (contração isométrica) (ENOKA, 1997). Como o treinamento da presente pesquisa foi especificamente dinâmico, nenhum grupo apresentou ganho estatisticamente significativo na FCIVM à 90° de flexão do joelho. Está bem estabelecido na literatura que os ganhos de força em treinamento isométrico são específicos aos ângulos treinados (MOURA *et al*, 2004), sendo que estes podem ser até 50% superiores aos ganhos obtidos nos demais ângulos articulares não treinados (SIMÃO, 2004). É possível que fatores neurais como a aprendizagem do movimento específico que ocorre com o treinamento dinâmico, contribuam para um maior aumento na força de 1RM em comparação aos ganhos na força isométrica (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). Além disso, o exercício de flexão de joelhos em decúbito ventral, utilizado na presente pesquisa, não enfatiza o trabalho à 90° de flexão do joelho. Desta forma, os protocolos de treinamento empregados na presente pesquisa não foram suficientes para gerar aumento da força isométrica no período de 8 semanas.

A limitação do presente estudo foi a ausência de um grupo experimental que realizasse apenas o alongamento muscular, para que fosse possível isolar o efeito do alongamento. Além disso, avaliações com ressonância magnética para mensuração da área de secção transversa muscular, eletromiografia, torque concêntrico e excêntrico, bem como investigações celulares e moleculares contribuiriam significativamente para elucidar os efeitos do alongamento antes ou após o treinamento de força e a relação agonista-antagonista.

7. CONCLUSÕES

O treinamento de força isolado de isquiotibiais aumentou a força nos músculos flexores e extensores do joelho, sem alteração da flexibilidade. A adição de alongamento, de forma crônica, antes do treino de força não interferiu nos ganhos de força, mas acarretou diminuição da flexibilidade dos músculos isquiotibiais. No entanto, quando o alongamento foi posicionado após o treino de força a flexibilidade foi mantida.

Ocorreu ainda aumento da TDF nos músculos flexores do joelho, após o período de oito semanas. A adição de alongamento, de forma crônica, antes ou após o treino de força, não possibilitou ganhos significativos na TDF dos músculos isquiotibiais. O treinamento de força dinâmico, associado ou não a exercícios de alongamento, não gerou ganhos de força isométrica.

Recomenda-se que os exercícios de alongamento não sejam realizados juntamente à sessão de treinamento de força dos grupos musculares treinados naquele momento, e que para o desenvolvimento da força isométrica seja realizado treinamento específico em um determinado ângulo articular.

REFERÊNCIAS

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; 93:1318–26.

Achour Júnior A. Exercícios de alongamento: anatomia e fisiologia. 2ª edição, Barueri, SP: Manole, 2006.

Alegre LM, Jiménez F, Gonzalo-Orden JM, Martín-Acero R, Aguado X. Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. *J Sports Sci* 2006; 24(5):501-8.

Almeida PHF, Brandalize D, Ribas DIR, Gallon D, Macedo ACB, Gomes ARS. Alongamento muscular: suas implicações na performance e na prevenção de lesões. *Fisioterapia em Movimento* 2009; 22:335-43.

American College of Sports Medicine. Position stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34:364-80.

Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Physical Therapy*, 1994; 74:845-852.

Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 1997; 77:1090-6.

Barroso R, Tricoli V, Ugrinowitsch C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. *Rev Bras Ciênc Mov* 2005; 13:111-22.

Barry BK, Warman GE, Carson RG. Age-related differences in rapid muscle activation after rate of force development training of the elbow flexors. *Exp Brain Res* 2005; 162(1):122-32.

Batista LH, Camargo PR, Oishi J, Salvini TF. Effects of an active eccentric stretching of the knee flexor muscles on range of motion and torque. *Rev Bras. Fisioter* 2008; 12: 176-82.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de atenção à saúde. Departamento de atenção básica. Antropometria: como pesar e medir. Brasília: MS, 2004.

Carolan B, Cafarelli E. Adaptations in co-activation after isometric resistance training. *J Appl Physiol* 1992; 73:911-7.

Carregaro RL, Silva LCCB, Coury HJCG. Comparação entre dois testes clínicos para avaliar a flexibilidade dos músculos posteriores da coxa. *Rev Bras Fisioter* 2007; 11:139-45.

Caserotti P, Aagaard P, Larsen JB, Puggaard L. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18(6):773-82.

Chan SP, Hong Y, Robinson PD. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scand J Med Sci Sports*, 2001; 11:81-86.

Cipriani D, Abel B, Pirrwitz D. A comparasion of two stretching protocols on hip range of motion: implications for total daily stretch duration. *J strength cond res* 2003, 17:274-8.

Coutinho EL, Gomes ARS, França CN, Oishi J, Salvini TF. Effect of a passive stretching on the immobilized soleus muscle fiber morphology. *Braz J Med Biol Res* 2004; 37: 1853-61.

Crameri RM, Langberg H, Magnusson P, et al. Changes in satellite cells in human skeletal muscle after a single bout of high intensity exercise. *J Physiol* 2004; 558:333-40.

Cyrino ES, Oliveira AR, Leite JC, Porto DB, Dias RMR, Segantin AQ, Mattanó RS, Santos VA. Comportamento da flexibilidade após 10 semanas de treinamento com pesos. *Rev Bras Med Esporte* 2004; 10: 233-7.

Delorme TL. Restoration of muscle power by heavy resistance exercises. *J. Bone Joint Surg*, 1945; 27:645.

Dezan VH, Sarraf TA, Rodacki ALF. Aterações posturais, desequilíbrios musculares e lombalgias em atletas de luta olímpica. *Rev Bras Ciên Mov* 2004; 12: 35-8.

Dias RMR, Cyrino ES, Salvador EP, Nakamura FY, Pina FLC, Oliveira AR. Impacto de oito semanas de treinamento com pesos sobre a força muscular de homens e mulheres. *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11:224-8.

Enoka RM. Neural adaptations with chronic physical activity. *Journal of Biomechanics* 1997; 30:447-55.

Fatouros IG, Kambas A, Katrabasas I, Leontsini D, Chatzinikolaou A, Jamurtas AZ, Douroudos I, Aggelousis N, Taxildaris K. Resistance training and detraining effects on flexibility performance in the elderly are intensity-dependent. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 634-42.

Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med* 2007; 37(2):145-68.

Fowles JR, Sale DG, Macdougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol* 2000; 89: 1179-88.

Glass DJ. Molecular mechanisms modulating muscle mass. *Trends in Molecular Medicine*, 2003; 09:344-350.

Gordon AM, Huxley AF, Julian FJ. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibers. *J. Physiol. (Lond)*, 1966; 184: 170-192.

Gurjão AL, Gonçalves R, de Moura RF, Gobbi S. Acute effect of static stretching on rate of force development and maximal voluntary contraction in older women. *J Strength Cond Res* 2009; 23(7):2149-54.

Hass CJ, Freigenbaum MS, Franklin BA. Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Med*, 2001; 31(14) 953-964.

Knight CA, Rutledge CR, Cox ME, Acosta M, Hall SJ. Effect of superficial heat, deep heat, and active exercise warm-up on the extensibility of the plantar flexors. *Phys Ther* 2001; 81:1206 –14.

Kokkonen J, Nelson AG, Eldredge C, Winchester JB. Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 1825-31.

Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 674-88.

Laroche DP, Lussier MV, Roy SJ. Chronic stretching and voluntary muscle force. *J Strength Cond Res*, 2008; 22: 589-96.

Lee M, Carroll TJ. Cross Education: Possible Mechanisms for the Contralateral Effects of Unilateral Resistance Training. *Sports Medicine* 2007; 37:1-14.

Lima FV, Chagas MH, Corradi EFF, Silva GF, Souza BB, Moreira Júnior LA. Análise de dois treinamentos com diferentes durações de pausas entre séries baseadas em normativas previstas para a hipertrofia muscular em indivíduos treinados. *Rev Bras Med Esporte* 2006; 12: 175-8.

Mcardle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício – energia, nutrição e desempenho humano. 5ª edição, Guanabara Koogan, 2003.

McBride JM, Deane R, Nimphius S. Effect of stretching on agonist–antagonist muscle activity and muscle force output during single and multiple joint isometric contractions. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17: 54-60.

Meloni VHM. O papel da hiperplasia na hipertrofia do músculo esquelético. *Rev Bras Cine Des Hum* 2005; 07(01): 59-63.

Moura JAR, Borher T, Prestes MT, Zinn JL. Influência de diferentes ângulos articulares obtidos na posição inicial do exercício pressão de pernas e final do exercício puxada frontal sobre os valores de 1RM. *Rev Bras Med Esporte* 2004; 10(4):269-74.

Nóbrega AC, Paula KC, Carvalho AC. Interaction between resistance training and flexibility training in healthy young adults. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 842-6.

Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1389-96.

Santarém JM. Treinamento de Força e Potência. In: Ghorayeb N, Barros Neto TL. *O Exercício*. Atheneu, 4: 35-59, 1999.

Santtila M, Kyröläinen H, Häkkinen K. Changes in maximal and explosive strength, electromyography, and muscle thickness of lower and upper extremities induced by combined strength and endurance training in soldiers. *J Strength Cond Res* 2009; 23(4):1300-8.

Secchi KV, Morais CP, Cimatti PF, Tokars E, Gomes ARS. Efeito de alongamento e do exercício contra-resistido no músculo esquelético de rato. *Rev Bras Fisioter* 2008; 12: 228-4.

Seynnes OR, De Boer M, Narici MV. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *J Appl Physiol* 2007; 102:368–73.

Shrier I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med* 2004; 14:267-73.

Silva SRD, Gonçalves M. Comparação de protocolos para verificação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície. *Motriz* 2003; 09(01):51-58.

Simão R. *Fisiologia e prescrição de exercícios para grupos especiais*. São Paulo: Phorte, 2004.

Thomas JR, Nelson JK, Silverman S. *Métodos de pesquisa em atividade física*. Porto Alegre: Artmed, 2007.

Williams PE. Effect of intermittent stretch on immobilized muscle. *Ann Rheum Dis* 1988; 47:1014-1016.

Williams PE. Use of intermittent stretch in the prevention of serial sarcomere loss in immobilised muscle. *Ann Rheum Dis* 1990; 49:316-317.

Zachezewski JE. Improving flexibility. *Phys Ther* 1989, 698-699.

Zoppi, CC. Mecanismos moleculares sinalizadores da adaptação ao treinamento físico. *Rev Saúde Com* 2005; 01(01):60-70.