

# Comparação do efeito da técnica de facilitação neuromuscular proprioceptiva com a técnica de músculo energia no alongamento muscular dos isquiotibiais a curto prazo

PAULA RAMOS TAVARES DA SILVA<sup>1</sup>

RUI MACEDO<sup>2</sup>

RUBIM SANTOS<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ESTSP –Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto / Instituto Politécnico do Porto  
<sup>3</sup> CEMAH –Centro de Estudos do Movimento e Atividade Humana

## Resumo

**Introdução:** A aplicação das técnicas de Contrair-Relaxar com Contração do Antagonista (CRCA) e de Músculo Energia (TME) promovem um aumento da flexibilidade muscular, contudo poucos estudos comparam a eficácia de ambas. Apresentam aspectos comuns como a contração prévia do músculo a alongar sendo esta máxima na CRCA e uma percentagem da máxima na TME. Contudo, alguma evidência sugere que não existe correspondência entre a força produzida e a desejada pelo que este aspecto da TME carece de explicação.

**Objectivos:** Confirmar se a técnica CRCA e a TME são efectivas no alongamento muscular dos isquiotibiais a curto prazo, caso sejam determinar qual a mais efectiva. Pretende-se ainda avaliar se a percepção ao esforço durante a aplicação da TME corresponde à força efectivamente realizada.

**Métodos:** Efectuou-se um estudo experimental com 45 voluntários distribuídos aleatoriamente pelos grupos CRCA, TME e Controlo. Avaliou-se a amplitude articular passiva de extensão do joelho antes e depois de aplicar as técnicas, utilizando um goniómetro. Nos participantes submetidos à TME avaliou-se a percepção ao esforço, solicitando uma contração submáxima isométrica de 40% medida através do dinamómetro de mão.

**Resultados:** Verificou-se um efeito das técnicas entre as avaliações (Teste ANOVA medidas repetidas factor tempo:  $p < 0,001$ ) e entre os grupos (tempo\*grupo:  $p < 0,001$ ). Comparando os grupos dois a dois, verificaram-se diferenças entre o grupo CRCA e o grupo Controlo (Teste Post Hoc Games-Howell:  $p = 0,001$ ) e entre o grupo TME e o grupo Controlo ( $p = 0,009$ ), não existindo diferenças entre os grupos CRCA e TME ( $p = 0,376$ ). Os grupos CRCA e TME obtiveram um ganho de  $10,7^\circ$  e de  $11,4^\circ$  respectivamente, não havendo diferenças significativas entre os ganhos (Teste T-Student Independente:  $p = 0,599$ ). Existiram diferenças significativas entre os 40% CMVI produzida e desejada (Teste Wilcoxon:  $p = 0,018$ ).

**Conclusão:** Ambas foram efectivas no aumento da flexibilidade muscular dos isquiotibiais a curto prazo. Os efeitos foram comparáveis, mas dada a menor complexidade e menor solicitação a TME foi considerada mais

eficiente. A percepção ao esforço durante a aplicação da TME não correspondeu ao esforço desejado, existindo uma tendência para a produção de intensidades de contrações maiores.

**Palavras-Chave:** Flexibilidade, CRCA, TME, percepção ao esforço.

## **Abstract**

**Background:** The application of the Contract-Relax with Antagonist Contraction (CRAC) and Muscle Energy Techniques (MET) increased muscle flexibility, yet few studies have compared the effectiveness of both. Exhibit common features such as muscle contraction prior to stretch and this is maximum in CRAC and a maximum percentage in the MET. However some evidence suggests that there is no correspondence between the desired and the produced force whereby this aspect of MET explanation is needed.

**Objectives:** Confirm if CRAC and MET are effective in stretching the hamstring muscle in the short term, if both are determine the most effective. Another objective is to evaluate whether perceived effort during the application of MET corresponds with the force actually performed.

**Methods:** We conducted an experimental study with 45 volunteers randomly assigned to groups CRAC, MET and Control. We evaluated the passive knee extension range before and after applying the techniques, using a goniometer. In participants underwent MET was previously assessed effort perception, requesting a submaximal isometric contraction of 40% measured with a hand-held dynamometer.

**Results:** There was an effect of the techniques between assessments (ANOVA repeated measures factor time:  $p < 0,001$ ) and between groups (time \* group:  $p < 0,001$ ). Comparing the two by two groups, there were differences between the CRAC group and the Control group (Post Hoc Test Games-Howell:  $p = 0,001$ ) and between the MET group and Control group ( $p = 0,009$ ), with no differences between groups CRAC and MET ( $p = 0,376$ ). CRAC and MET groups achieved a gain of  $10,7^\circ$  and  $11,4^\circ$ , respectively, with no significant differences between gains (Independent Student's T-Test:  $p = 0.599$ ). Significant differences existed between produced and desired 40% CMVI (Wilcoxon Test:  $p = 0.018$ ).

**Conclusion:** Both were effective in increasing the flexibility of the hamstring muscle in the short term. The effects were comparable, but because of the lower complexity and lower request MET was considered more efficient. The perception of effort during the application of MET does not correspond to the effort required and there is a tendency to produce contractions intensities greater than those requested.

**Key words:** Flexibility, CRAC, MET, perceived effort

## **1 Introdução**

A flexibilidade muscular pode ser definida pela capacidade do músculo alongar através de uma ou mais articulações, sendo avaliada pela amplitude de movimento disponível (Alter, 2004, pp. 3-4; Coelho, 2008; Page, 2012). As técnicas utilizadas no seu ganho ou manutenção desempenham um papel importante na prevenção de desequilíbrios musculares e posturais (Alter, 2004, p. 7), na manutenção das amplitudes articulares completas, favorecendo a realização das actividades da vida diária com qualidade (Badaro, da Silva, & Beche, 2007), na optimização da função muscular (Schuback, Hooper, & Salisbury, 2004), na prevenção de lesões, na reabilitação e na melhoria da performance desportiva (Spernoga, Uhl, Arnold, & Gansneder, 2001).

Existem várias técnicas para promover o alongamento muscular e conseqüentemente o aumento das amplitudes articulares. São exemplo delas, o alongamento estático, balístico e as técnicas de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (PNF) (Mahieu, Cools, De Wilde, Boon, & Witvrouw, 2009). Embora seja contestado por alguns autores (Page, 2012; Puentedura et al., 2011; Shadmehr, Hadian, Naiemi, & Jalaie, 2009), as técnicas de PNF são frequentemente apontadas como as mais eficazes no aumento das amplitudes articulares (Etnyre & Lee, 1988; Guissard, Duchateau, & Hainaut, 1988; Page, 2012; Rashad & El-Agamy, 2010; Shadmehr et al., 2009) e, dentro destas, a técnica de Contrair-Relaxar com Contração do Antagonista (CRCA) a que apresenta resultados mais significativos (Etnyre & Abraham, 1986a, 1986b)

A técnica de CRCA envolve o alongamento passivo do músculo até ao limite de amplitude tolerável pelo sujeito, solicitação de contração máxima voluntária isométrica, seguida de contração isotónica concêntrica máxima assistida do músculo antagonista (Eston, Rowlands, Coulton, McKinney, & Gleeson, 2007; Etnyre & Abraham, 1986a; Etnyre & Lee, 1988; Rowlands, Marginson, & Lee, 2003).

Para além destas técnicas, têm surgido estudos que demonstram a eficácia da Técnica de Músculo Energia (TME) no alongamento muscular, com conseqüente aumento das amplitudes articulares (Alcântara, Firmino, & Lage, 2010; Ballantyne, Fryer, & McLaughlin, 2003; Shadmehr et al., 2009; Smith & Fryer, 2008; Waseem, Nuhmani, & Ram, 2009).

A TME consiste em alongar passivamente o músculo até à sensação de desconforto /barreira, seguida da contracção isométrica submáxima do mesmo, relaxamento e alongamento passivo até uma nova barreira (Ballantyne et al., 2003; Chaitow, 2006, p. 156; DeStefano, 2011, pp. 106-107; Smith & Fryer, 2008; Waseem et al., 2009).

Entre as explicações propostas para o funcionamento das técnicas de alongamento muscular a curto prazo estão: 1) as modificações nas propriedades biomecânicas e 2) os mecanismos neurofisiológicos (Coelho, 2008; Spornoga et al., 2001).

Relativamente à primeira é entendido que a unidade músculo-tendinosa exhibe propriedades visco-elásticas, caracterizado pela deformação dos tecidos face à aplicação de uma força constante ao longo do tempo e de “stress relaxation”, que consiste na diminuição da força necessária ao longo do tempo para manter um determinado comprimento dos tecidos (Magnusson et al., 1996; Shrier & Gossal, 2000).

Existe ainda a influência da tixotropia dos tecidos como factor explicativo, definida pela propriedade de um tecido para se tornar mais líquido com o movimento devido à quebra de ligações entre os filamentos de actina e miosina e de retomar um estado mais rígido com o repouso (Hagbarth, Hägglund, Nordin, & Wallin, 1985; Walsh, 1992 citado por Spornoga et al., 2001).

Relativamente às propriedades visco-elásticas tem surgido alguma contestação pois apesar do fenómeno de “stress relaxation” ter sido demonstrado no músculo esquelético humano, estudos que procederam à medição do torque passivo, demonstraram que é necessária e tolerada pelo indivíduo uma força maior para atingir o aumento da amplitude articular, após a aplicação das técnicas de alongamento de PNF – Contrair-Relaxar (CR) (U. H. Mitchell et al., 2007) e TME (Ballantyne et al., 2003).

Uma alteração nas propriedades visco-elásticas seria evidente caso o aumento no comprimento muscular fosse conseguido usando um torque constante. No entanto, Ballantyne et al., (2003) registaram um aumento da amplitude articular após a aplicação da TME acompanhado do aumento da força necessária para promover o alongamento antes do desconforto ocorrer, sugerindo como explicação o aumento na tolerância ao alongamento, na ausência de modificações visco-elásticas.

A segunda explicação para a efectividade destas técnicas são os mecanismos neurofisiológicos que estão na base do conceito PNF e consistem na utilização da informação aferente excitatória dos fusos neuromusculares (FNM) e/ou inibitória dos órgãos tendinosos de golgi (OTG) (Holt, 1974 citado por Burke et al., 2001; Chaitow, 2006, pp. 8-9).

Um dos efeitos da TME no aumento da flexibilidade muscular a curto prazo, decorre do fenómeno de relaxamento pós-isométrico, explicado pelo mecanismo de inibição autogénica (Chaitow, 2006, p. 8; Mitchell & Mitchell, 1995, pp. 10-11; Richter & Hebgen, 2009, p. 108) na qual estimulação das fibras aferentes dos OTG produzem uma inibição dos neurónios motores alfa do músculo homónimo (U. H. Mitchell et al., 2009; Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Enquanto que o efeito da técnica de CRCA, baseia-se na adição do efeito de inibição autogénica, promovida pela contracção isométrica máxima do músculo que se pretende alongar com o efeito de inibição recíproca através da contracção concêntrica do músculo oposto (Cornelius & Hands, 1992; Etnyre & Abraham, 1986a, 1986b; U. H. Mitchell et al., 2009; Sharman et al., 2006) .

O papel dos OTG é controverso (Chalmers, 2004), na medida em que alguns autores referem que a utilização de contracções isométricas tradicionalmente máximas durante a execução das técnicas de PNF teria como objectivo aproveitar este efeito de inibição autogénica (Sharman et al., 2006), uma vez que se acreditava que os OTG apenas reagiam a forças elevadas, no entanto existe evidência que são também sensíveis a forças muito baixas, (Edin & Vallbo, 1990). Assim, a aplicação da TME que pressupõe a utilização de contracções submáximas, resultaria igualmente no aumento da amplitude articular.

Relativamente aos mecanismos neurofisiológicos subjacentes, uma revisão da literatura não suporta a teoria comumente aceite que a contracção do músculo alongado prévia ao alongamento, ou a contracção do músculo oposto produzam um relaxamento muscular (Chalmers, 2004). Referem um aparente paradoxo dado que, aumentos na amplitude articular coincidem com aumentos na actividade electromiográfica dos músculos alongados (Condon & Hutton, 1987; U. H. Mitchell et al., 2009; Sharman et al., 2006).

O estudo de Mitchell et al., (2009) realizado no sentido de perceber como estes mecanismos contribuem para o sucesso desta técnica, avaliaram a amplitude articular passiva do joelho e a actividade electromiográfica do quadricípite e isquiotibiais com eléctrodos de superfície e de fio, antes e após a aplicação das técnicas de PNF contrair – relaxar (CR) e CRCA, tendo verificado que o aumento da amplitude articular nos sujeitos submetidos a ambas as técnicas foi acompanhada por um aumento na actividade electromiográfica dos isquiotibiais, quando comparado com os valores da *baseline*.

Considerando então que as alterações nas propriedades visco-elásticas e as explicações neurofisiológicas são provavelmente insuficientes para compreender os resultados obtidos com a TME (Fryer, 2011) e com o PNF (U. H. Mitchell et al., 2009), alguns autores atribuem à alteração na tolerância ao alongamento a responsabilidade pelo aumento da flexibilidade muscular a curto prazo (Chalmers, 2004; U. H. Mitchell et al., 2007; Sharman et al., 2006; Weppeler & Magnusson, 2010)

O aumento da tolerância ao alongamento, menos dor aquando do alongamento, para a mesma força aplicada (Shrier & Gossal, 2000) foi verificado no estudo de Mitchell et al., (2007) que observaram que mantendo o mesmo nível de desconforto referido pelo sujeito numa Escala Numérica de Dor Verbal de 11 pontos (ENDV), o executante exerceu um aumento significativo na força de alongamento durante a aplicação de 4 repetições da técnica de CR. Também Ballantyne et al., (2003) registaram um aumento da amplitude articular após a aplicação da TME acompanhado do aumento da força necessária para promover o alongamento antes do desconforto ocorrer.

A justificação é ainda desconhecida (Chalmers, 2004; Weppeler & Magnusson, 2010), embora alguns autores sugiram uma interrupção na transmissão da dor como plausível (Magnusson et al., 1996) podendo ser mediada centralmente ou periféricamente (Weppeler & Magnusson, 2010). Mitchell et al., (2007) referem uma possível explicação para este facto, sabendo-se da associação existente entre o exercício isométrico e a analgesia (Koltyn, 2000), podendo desta forma, alterar a percepção ao alongamento.

Independentemente da controvérsia relativamente à fundamentação, diferentes estudos demonstram que a aplicação da técnica de CRCA permite obter resultados mais significativos (Etnyre & Abraham, 1986a, 1986b), quando comparada com o alongamento estático ou balístico (Mahieu et al., 2009) sendo igualmente efectiva à TME (Alcântara et

al., 2010). Ainda assim, os estudos que comparam o efeito de ambas as técnicas são escassos, emergindo apenas o estudo de Alcântara et al.,(2010).

Apesar da TME ser uma técnica simples (Waseem et al., 2009), comum (Richter & Hebgen, 2009, p. 106) e de demonstrar resultados significativos, utilizando intensidades de contracções submáximas (Ballantyne et al., 2003; Smith & Fryer, 2008), existem alguns aspectos referentes à aplicação desta técnica que não estão completamente esclarecidos nomeadamente o tempo de alongamento após a contracção e a intensidade da contracção (Fryer, 2011).

Relativamente ao tempo, alguns autores sugerem poucos segundos antes de atingir uma nova barreira, enquanto que outros recomendam até 60 segundos (Chaitow, 2006, p. 116). Também não existe consenso quanto à intensidade da força de contracção prévia ao alongamento sendo que Smith e Fryer, (2008) referem 40%, Shadmehr et al.,(2009) 50% ou Ballantyne et al., (2003) e Waseem et al., (2009) 75% da sua força máxima isométrica.

Outro aspecto relativo à TME que necessita de clarificação refere-se à forma como é determinada a intensidade de contracção que é solicitada ao indivíduo. Diferentes descrições da TME referem que é solicitada ao indivíduo uma percentagem da força máxima, assentando este procedimento no pressuposto que a força solicitada e a produzida são idênticas. Porém, alguma evidência sugere que durante a contracção muscular voluntária, não existe correspondência entre a força produzida e a força desejada (Jackson & Dishman, 2000; Jackson, Dishman, & Martin, 2002; Jackson, Ludtke, Martin, Koziris, & Dishman, 2006; Kumar & Simmonds, 1994; West, Smith, Lambert, Noakes, & Gibson, 2005).

Na maioria dos estudos, demonstraram que ela é perceptualmente sobre-estimada para intensidades de esforço mais elevadas 50% e 75% da força máxima (Jackson & Dishman, 2000; West et al., 2005), entre 30% a 90% (Jackson et al., 2006) e sub-estimada para intensidades mais baixas, cerca de 25% da força máxima (Jackson & Dishman, 2000) e de 10% da força máxima (Jackson et al., 2006).

Importa salientar que os estudos referidos foram realizados em condições diferentes das do contexto da TME, que pressupõe que o músculo se encontre num estado

de pré-alongamento (Fryer, 2011), cuja informação proprioceptiva é diferente da que ocorre quando o músculo se encontra no curso intermédio (Williams, Chmielewski, Rudolph, Buchanan, & Snyder-Mackler, 2001), podendo desta forma influenciar os resultados.

Pelo exposto, parece ser pertinente comparar o efeito da técnica CRCA com a TME, no alongamento muscular dos isquiotibiais a curto prazo, possibilitando a escolha de uma em detrimento de outra, caso o benefício em termos de eficácia a nível do alongamento muscular seja superior (Alcântara et al., 2010).

Paralelamente será útil verificar se na aplicação da TME a percepção ao esforço corresponde à força solicitada.

Assim os objectivos deste estudo são: 1) verificar se a técnica CRCA é efectiva no alongamento muscular dos isquiotibiais a curto prazo, 2) verificar se a TME é efectiva no alongamento muscular dos isquiotibiais a curto prazo, e caso se verifique efectividade de ambas, 3) outro objectivo será comparar a efectividade de ambas.

Para além destes, pretende-se ainda avaliar se a percepção ao esforço durante a aplicação da TME corresponde de facto ao esforço desejado, quando é solicitada uma contracção voluntária isométrica submáxima de 40%, sem haver previamente solicitação de contracção máxima.

## **2 Métodos**

### **2.1 Amostra**

Este estudo foi do tipo experimental com três grupos, grupo TME, grupo CRCA e grupo de Controlo. O diagrama da figura 1 ilustra a selecção da amostra.

A amostra foi constituída por 45 estudantes voluntários da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto (ESTSP), distribuídos aleatoriamente pelos grupos, o grupo sujeito à CRCA (n=15; 33,3%), o grupo sujeito à TME (n=15; 33,3%), e o grupo Controlo (n=15; 33,3%) (figura 1).

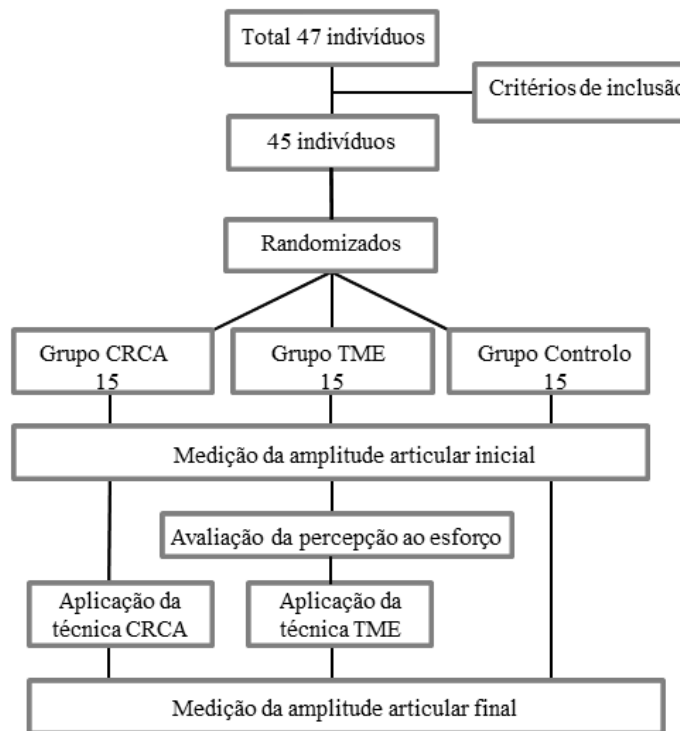


Figura 1: Diagrama da amostra.

O grupo CRCA foi constituído por 12 elementos do sexo feminino (80,0%) e os grupos TME e Controlo foram constituídos por 9 elementos do sexo feminino (60,0%) cada. A mediana da idade foi de 19 anos (AIQ: 3) no grupo CRCA, 19 anos (AIQ: 1) no grupo TME e 19 anos (AIQ: 2) no grupo Controlo.

O grupo CRCA foi constituído por indivíduos com um Índice de Massa Corporal (IMC) de média 22,5 (d.p.2,36), o grupo TME por um IMC de média 25,2 (d.p.3,84) e o grupo Controlo por um IMC de média 22,6 (d.p.2,36).

A amplitude articular inicial foi em média de 19,5° (d.p.6,78) para os sujeitos pertencentes ao grupo CRCA, 22,5° (d.p. 6,34) no grupo TME e 26,1° (d.p. 9,42) no grupo Controlo.

Para poderem participar no estudo aplicou-se previamente um questionário baseado nos seguintes critérios de inclusão e exclusão.

Os critérios de inclusão seleccionaram jovens saudáveis assintomáticos (U. Mitchell et al., 2009; Puentedura et al., 2011) não praticantes de desporto regular (Aquino

et al., 2010; Gama, Medeiros, Dantas, & Souza, 2007), alunos da ESTSP, com encurtamento muscular dos isquiotibiais, definido por uma limitação da amplitude articular de extensão passiva do joelho superior a 10° (Gnat, Kuszewski, Koczar, & Dziewońska, 2010), considerando o movimento de extensão completo os 0°.

Excluíram-se os que apresentavam lesão, patologia ou cirurgia da coluna lombar ou do membro inferior dominante nos últimos 12 meses (Carregaro, Cunha, Cardoso, Pinto, & Bottaro, 2011; Corkery et al., 2007; Hayes et al., 2012; U. Mitchell et al., 2007, 2009; Ross, 2007), em casos de gravidez (Corkery et al., 2007; Y.-M. Lu et al., 2011; U. Mitchell et al., 2007, 2009; Weijer, Gorniak, & Shamus, 2003), realização de actividade prévia à recolha de dados que induza fadiga (Azevedo, Melo, Alves Corrêa, & Chalmers, 2011; Gnat et al., 2010; Y.-M. Lu et al., 2011) e história de doença neuromuscular, cardiovascular ou respiratória (Carregaro et al., 2011; Gama et al., 2007; Y.-M. Lu et al., 2011; Weijer et al., 2003).

Dos 47 indivíduos recrutados inicialmente 2 não foram incluídos, um por apresentar limitação na amplitude articular de extensão passiva do joelho inferior a 10 graus e outro por referir sintomatologia dolorosa nos isquiotibiais, por motivo de realização de exercícios no ginásio no dia anterior (figura 1).

## **2.2 Instrumentos**

Foi utilizado um goniómetro universal em plástico Patterson Medicales Sammons Preston ® para avaliar a amplitude articular passiva de extensão do joelho dominante antes e após a aplicação das técnicas.

O goniómetro universal é um instrumento válido, segundo Brosseau et al., (2001) apresenta validade de critério, quando comparado com a medição através de radiografia, cujo valor do coeficiente de correlação de Pearson variou entre 0,39 a 0,44.

Para identificar a contracção submáxima produzida pela percepção ao esforço, avaliar a CMVI dos isquiotibiais e garantir que o sujeito efectuava uma percentagem de 40% da sua contracção máxima durante a execução da TME foi utilizado o dinamómetro de mão SS25LA, conectado com a unidade de aquisição de sinal MP35 Biopac Systems, Inc.

Procedeu-se à calibração do dinamómetro de mão, para garantir a precisão das medições efectuadas (Maffiuletti, 2010) com o auxílio de uma balança, comparando os valores obtidos com pesos comprovados (Bohannon, 1997).

Este instrumento foi considerado válido e fiável para avaliar força muscular em indivíduos saudáveis (Kolber & Cleland, 2005; Maffiuletti, 2010; Stark, Walker, Phillips, Fejer, & Beck, 2011; Trudelle-Jackson, Jackson, Frankowski, Long, & Meske, 1994).

A validade de critério (concorrente), por comparação com o dinamómetro isocínético obteve valores de ICC de 0,83 a 0,85 (Trudelle-Jackson et al., 1994) e a fiabilidade intra-observador, valores de ICC a variar entre 0,91 a 0,96 e SEM entre 0,03 a 0,13 kilogramas durante a avaliação da força muscular dos isquiotibiais (Kelln, McKeon, Gontkof, & Hertel, 2008).

## **2.3 Procedimentos**

### **2.3.1. Estudo piloto**

Inicialmente efectuou-se um estudo piloto para determinar a reprodutibilidade intra-observador da avaliação goniométrica numa amostra de nove voluntários que cumpriam os critérios de selecção, tendo-se realizado dois momentos de avaliação com uma semana de intervalo Feland, Myrer & Merrill, (2001) .

### **2.3.2. Protocolo de recolha de dados**

Antes de iniciar a recolha de dados foi simulada a aplicação dos procedimentos num indivíduo não pertencente à amostra, para familiarização e detecção de eventuais falhas.

Foi distribuído um questionário com base nos critérios de inclusão e exclusão para selecção da amostra.

Procedeu-se à aleatorização da amostra por sorteio utilizando um saco com papéis com a designação do grupo ao qual iriam pertencer CRCA, TME ou Controlo.

Posteriormente foi determinado o membro inferior dominante, solicitando ao sujeito para chutar uma bola (Carregaro et al., 2011; Marek et al., 2005) e efectuado um aquecimento com a duração de 5 minutos no cicloergómetro com a resistência padronizada em 75 watts, com uma cadência confortável entre 60 a 70 rotações por minutos (U. Mitchell et al., 2007, 2009).

Procedeu-se à medição da amplitude articular de extensão passiva do joelho dominante através do goniómetro universal (pré-teste).

Para isso, o sujeito foi posicionado em decúbito lateral de forma a serem identificadas as referências anatómicas, grande trocânter, côndilo femural lateral e maléolo lateral com um marcador de tinta que se manteve nas duas medições, pré-teste e pós-teste (Marek et al., 2005; Nagarwal, Zutshi, Ram, & Zafar, 2010; Spernoga et al., 2001; Waseem et al., 2009).

De imediato posicionou-se em decúbito dorsal, com a coxo-femural do membro inferior dominante a 90° de flexão, confirmado com o goniómetro, mantida através do contacto entre a zona anterior da coxa e uma barra transversal em alumínio construída para o efeito (Azevedo et al., 2011; Corkery et al., 2007; Nagarwal et al., 2010; O'Sullivan, Murray, & Sainsbury, 2009; Ross, 2007; Waseem et al., 2009; White, Dolphin, & Dixon, 2009; Youdas et al., 2010). O membro inferior oposto foi estabilizado com uma faixa inextensível ao nível da coxa e na pélvis (Corkery et al., 2007; Nagarwal et al., 2010; Shadmehr et al., 2009; Waseem et al., 2009; Weijer et al., 2003).

O eixo do goniómetro foi colocado no côndilo femural lateral, o braço fixo tendo como referência o grande trocânter e o braço móvel o maléolo lateral (Corkery et al., 2007; Marek et al., 2005; Nagarwal et al., 2010; Waseem et al., 2009; White et al., 2009; Youdas, Krause, Hollman, Harmsen, & Laskowski, 2005).

A amplitude de extensão passiva do joelho foi obtida até à sensação de desconforto e resultou da média de três medições (Batista, Camargo, Aiello, Oishi, & Salvini, 2006). Foram necessários dois investigadores, um para mobilizar o joelho em extensão e o outro para efectuar a medição com o goniómetro (Fasen et al., 2009; J. Brent Feland, J. W. Myrer, & R. M. Merrill, 2001; Youdas et al., 2010; Youdas et al., 2005). Cada investigador manteve a mesma função ao longo do estudo.

O posicionamento do sujeito para aplicação das técnicas de alongamento muscular e para determinar a CMVI dos isquiotibiais foi o mesmo, descrito anteriormente para avaliar a amplitude articular passiva de extensão do joelho (Ballantyne et al., 2003; DeStefano, 2011, p. 442; Nagarwal et al., 2010; Shadmehr et al., 2009; Smith & Fryer, 2008; Youdas et al., 2010).

Os sujeitos pertencentes ao grupo de controlo permaneceram na posição de decúbito dorsal durante 5 minutos, porque foi o tempo necessário para a execução das técnicas nos grupos experimentais (Ballantyne et al., 2003; Nagarwal et al., 2010).

A aplicação da técnica de CRCA consistiu em alongar passivamente os isquiotibiais até à sensação de desconforto, solicitação da contracção isométrica máxima durante 6 segundos, seguido de contracção isotónica máxima concêntrica assistida do quadrícipite durante 3 segundos e repouso durante 2 minutos (Etnyre & Abraham, 1986a; Etnyre & Lee, 1988) fazendo um total de 3 vezes (Cornelius & Hands, 1992; Rowlands et al., 2003).

A TME foi executada segundo Smith e Fryer, (2008) de acordo com a abordagem de Greenman (DeStefano, 2011, p. 106), efectuou-se o alongamento passivo dos isquiotibiais até sensação de desconforto, seguido de solicitação de uma contracção isométrica 40% da CMVI dos isquiotibiais durante 7 segundos, relaxamento de 3 segundos e alongamento até nova barreira/sensação de desconforto, num total de 4 vezes.

Nos sujeitos cujo sorteio designou a aplicação da TME foi previamente efectuada a avaliação da percepção ao esforço.

Um método que permite solicitar ao sujeito para exercer intensidades de contracção aferidas pela sua sensação de percepção de esforço é denominado de produção da magnitude (Cooper, Grimby, Jones, & Edwards, 1979; Pincivero, Coelho, Campy, Salfetnikov, & Suter, 2003; West et al., 2005). Este método Psicofísico foi utilizado em vários estudos tendo por objectivo avaliar a produção de força submáxima isocinética dos flexores e extensores do joelho (Cooper et al., 1979; Jackson et al., 2002; Jackson et al., 2006) e submáxima isométrica do quadrícipite guiada pela sensação de percepção ao esforço (Cooper et al., 1979; West et al., 2005).

Este método foi considerado válido (Kumar & Simmonds, 1994; Pandolf, 1983 citado por West et al., 2005) e fiável, apresentando valores de correlação teste-reteste de 0,91 obtido em duas avaliações com um intervalo de 1 semana, tendo sido solicitado contracções isométricas do quadrícipite com diferentes percentagens de força 20%, 40%, 60%, 80% e 100% (Cooper et al., 1979).

Optou-se por utilizar este método, solicitando ao sujeito que efectuasse 40% da sua CMVI, usando como critério a sua CMVI percebida, ou seja sem realizar previamente a medição da CMVI (Jackson & Dishman, 2000; Jackson et al., 2002; Jackson et al., 2006; West et al., 2005), simulando desta forma a prática clínica (Jackson et al., 2002) e os estudos que aplicaram a TME com o objectivo de avaliar o seu efeito no alongamento muscular. Nestes, foi somente pedido que efectuassem aproximadamente 40% (Smith & Fryer, 2008), 50% (Shadmehr et al., 2009) ou 75% (Ballantyne et al., 2003; Waseem et al., 2009) da sua força máxima isométrica.

Para utilizar o dinamómetro de mão, foi construído um encaixe em aço inox que foi aplicado numa bota Aircast® de modo a garantir o seu suporte e estabelecer uniformidade durante a sua utilização (Kolber & Cleland, 2005). Foi ainda adaptada para zona do ombro do executante uma pequena almofada em espuma para servir de interface, de modo a permitir um contacto mais confortável com o dinamómetro de mão. O posicionamento do executante foi mantido de forma a garantir que o tronco permanecesse perpendicular ao dinamómetro (Kolber & Cleland, 2005) e foi feito o apoio do joelho na marquesa. Adicionalmente foi colocado um degrau em madeira para proporcionar uma correcta execução da técnica.

Solicitaram-se 4 CVI submáximas dos isquiotibiais durante 5 segundos com 10 segundos de repouso entre cada, para familiarização com a utilização do dinamómetro de mão. De seguida solicitou-se ao sujeito que “contraia os isquiotibiais isometricamente com uma intensidade sentida por si como correspondente a 40% da sua força máxima” mantida por 5 segundos (West et al., 2005), sem feedback visual nem verbal (Jackson et al., 2006) e o valor dos 40% CMVI obtido foi registado para comparação posterior com o valor real calculado em percentagem da CMVI dos isquiotibiais.

Procedeu-se à avaliação da CMVI dos isquiotibiais com o auxílio do dinamómetro de mão, pediram-se 3 CMVI dos isquiotibiais de 5 segundos (T.-W. Lu, Hsu, Chang, &

Chen, 2007), com 1 minuto de repouso entre cada (Bohannon, 1997), tendo sido dado encorajamento verbal (T.-W. Lu et al., 2007). Foi calculada a média dessas 3 repetições (Y.-M. Lu et al., 2011) e do valor obtido foi calculado 40% para servir de referência durante a execução da TME, pela visualização do gráfico no monitor.

Mediu-se novamente a amplitude articular de extensão passiva do joelho dominante (pós-teste) da mesma forma que no pré-teste .

As medições realizaram-se sensivelmente à mesma hora do dia (Corkery et al., 2007; Waseem et al., 2009) para evitar discrepâncias, uma vez que a extensibilidade muscular pode alterar ao longo do dia (Halbertsma & Goeken, 1994).

Os tempos de contração, relaxamento e alongamento foram cronometrados para desta forma garantir igualdade na aplicação dos procedimentos (Nagarwal et al., 2010; Shadmehr et al., 2009).

## **2.4 Ética**

Foi obtida a aprovação deste estudo por parte da Comissão de Ética da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto (ESTSP).

Previamente ao início do estudo foi assinado o Termo de Consentimento Informado por todos os indivíduos tendo sido fornecida informação acerca do estudo, garantida a confidencialidade dos dados e esclarecido que poderiam recusar, a qualquer momento a sua participação no estudo, sem que sofressem qualquer prejuízo.

## **2.5 Estatística**

Para o tratamento dos dados estatísticos, utilizou-se o programa *Statistical Package for the Social Sciences* – Versão 19.0 (IBM SPSS *Statistics* 19.0, Chicago, Estados Unidos da América). O nível de significância para rejeição da hipótese nula em todos os testes estatísticos foi fixado em  $\alpha=0.05$  (intervalo de confiança de 95%).

No estudo piloto foi calculado o coeficiente de correlação intraclasse, *two-way mixed, average measure* (ICC<sub>3,3</sub>). O erro padrão de medição (SEM) foi calculado através da fórmula SEM=desvio padrão da 1ª avaliação x  $\sqrt{(1-ICC \text{ obtido})}$  (Beaton et al., 2001).

Recorreu-se à estatística descritiva para caracterizar os dados recolhidos. As variáveis qualitativas (grupo e sexo) foram descritas através da frequência absoluta (n) e frequência relativa (%). Para a comparação da proporção de elementos de cada sexo pelos grupos foi utilizado o Teste Qui<sup>2</sup>.

Nos dados quantitativos idade, Índice de Massa Corporal (IMC), avaliações goniométricas e 40% da CMVI foi inicialmente verificada a simetria e a normalidade através do teste Shapiro-Wilk ( $n < 30$  indivíduos por grupo). Nos dados com distribuição normal foi utilizada a média como medida de tendência central e o desvio padrão como medida de dispersão, enquanto nos dados com distribuição não normal foi utilizada a mediana como medida de tendência central e a amplitude inter-quartil (AIQ) como medida de dispersão.

Para a comparação das variáveis entre os 3 grupos, utilizou-se a estatística inferencial, tendo-se aplicado o teste para mais que duas amostras independentes, Teste One-Way ANOVA, quando se verificou a normalidade da distribuição das variáveis, ou o correspondente não paramétrico, Teste Kruskal-Wallis, quando não se verificou a normalidade.

Para comparar o efeito da aplicação das técnicas, tendo-se verificado a normalidade e esfericidade das variáveis amplitude inicial e final, foi aplicado o Teste ANOVA Medidas Repetidas a 2 factores (tempo e grupo). Para verificar entre que grupos se encontravam as diferenças, foi aplicado o Teste Post Hoc Games-Howell, devido ao facto de não se ter verificado a homogeneidade de variâncias. De forma a compreender melhor a magnitude dos ganhos, foi calculada a diferença entre a avaliação inicial e final e comparou-se os grupos CRCA e TME através do teste paramétrico T-Student independente.

A diferença mínima detectável (MDC) foi calculada através da fórmula  $MDC = 1,96 \times \sqrt{2} \times SEM$  (Stauffer, Taylor, Watson, Peloso, & Morrison, 2011), sendo que o SEM foi calculado pela fórmula anteriormente referida, substituindo apenas o desvio padrão pelo obtido na primeira avaliação de cada grupo (Beaton et al., 2001).

Para avaliar a percepção ao esforço, foi aplicado o teste não paramétrico para duas amostras emparelhadas, Teste Wilcoxon, por não se ter verificado a normalidade da distribuição das variáveis. O erro relativo, em %, foi calculado através da fórmula (40%

CMVI produzida - desejada) / desejada x 100 e o erro absoluto foi calculado através fórmula  $|(40\% \text{ CMVI produzida - desejada}) / \text{desejada} \times 100|$ .

### 3 Resultados

Relativamente à fiabilidade intra-observador da avaliação goniométrica, obteve-se um coeficiente de correlação intraclassa (ICC) de 0,96 e um erro padrão de medição (SEM) de 1,32°.

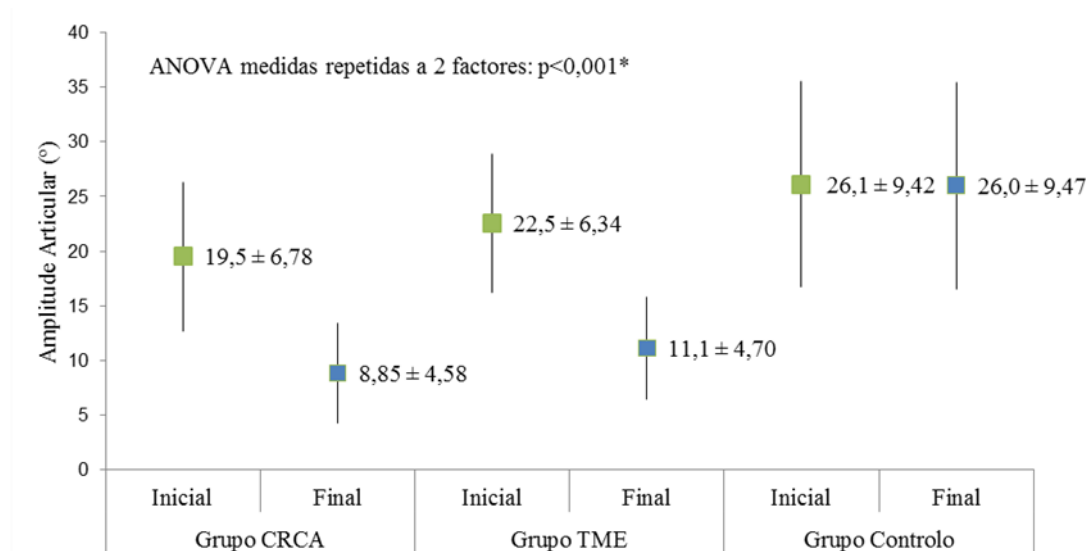
Em relação à variável sexo, os grupos eram comparáveis, uma vez que não se verificaram diferenças estatisticamente significativas na proporção de elementos de ambos os sexos pelos grupos ( $p=0,407$ ).

Os grupos eram também comparáveis em relação à idade ( $p=0,806$ ), no que diz respeito ao Índice de Massa Corporal (IMC) ( $p=0,052$ ) e em relação à avaliação da amplitude articular inicial, visto que não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ( $p=0,073$ ) (tabela 1).

**Tabela 1.** Mediana, amplitude inter-quartil (AIQ), média e desvio padrão (dp) da idade, do índice de massa corporal (IMC) e da avaliação da amplitude articular inicial por grupo e respectiva comparação.

	<b>Grupo CRCA</b>	<b>Grupo TME</b>	<b>Grupo Controlo</b>	
	mediana ± AIQ	mediana ± AIQ	mediana ± AIQ	<i>Teste Kruskal-Wallis</i>
<b>Idade (anos)</b>	19 ± 3	19 ± 1	19 ± 2	p=0,806
	média ± dp	média ± dp	média ± dp	<i>Teste One-way ANOVA</i>
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	22,5 ± 2,36	25,2 ± 3,84	22,6 ± 2,36	p=0,052
<b>Amplitude articular inicial (°)</b>	19,5 ± 6,78	22,5 ± 6,34	26,1 ± 9,42	p=0,073

Quanto à avaliação da amplitude articular (figura 2), verificou-se um efeito global das técnicas entre as avaliações, ou seja entre a avaliação inicial e final (factor tempo:  $p<0,001$ ) e entre os grupos (tempo\*grupo:  $p<0,001$ ). Comparando os grupos dois a dois, foi possível verificar que as diferenças encontravam-se entre o grupo CRCA e o grupo Controlo (Teste Post Hoc Games-Howell:  $p=0,001$ ) e entre o grupo TME e o grupo Controlo (Teste Post Hoc Games-Howell:  $p=0,009$ ), não existindo diferenças entre os grupos CRCA e TME (Teste Post Hoc Games-Howell:  $p=0,376$ ).



**Figura 2.** Média e desvio padrão (dp) da avaliação da amplitude articular por grupos, antes e após a aplicação das técnicas CRCA e TME ou sem intervenção (Controlo) e a respectiva comparação; \*  $p < 0,05$

Analisando a evolução dentro de cada grupo, verificou-se que os grupos CRCA e TME aumentaram significativamente a amplitude (figura 2). Da avaliação inicial para a final, verificou-se um ganho de  $10,7^\circ$  (dp: 3,36) no grupo CRCA e de  $11,4^\circ$  (dp: 4,08) no grupo TME, não havendo diferenças significativas entre os ganhos nos dois grupos (Teste T-Student Independente:  $p=0,599$ ).

Inicialmente foi calculada a diferença mínima detectável (MDC), ou seja, a diferença mínima necessária para se verificarem efeitos que não sejam derivados dos erros de medição, tendo-se constatado que esse valor era de  $3,71^\circ$  para o grupo CRCA, de  $3,47^\circ$  para o grupo TME e de  $5,15^\circ$  para o grupo Controlo. Assim, para os indivíduos pertencentes ao grupo CRCA seria necessário obter um ganho superior a  $3,71^\circ$  no valor de amplitude articular após a execução desta técnica, para se considerar que ocorreu efeito e no grupo TME seria necessário verificar um ganho superior a  $3,47^\circ$ . Neste sentido, obteve-se efeito com ambas as técnicas, apresentando valores claramente superiores.

Para os sujeitos do grupo TME, foi ainda verificado que existiam diferenças significativas entre os 40% CMVI produzida e a desejada, sendo que a produzida apresentava uma mediana mais elevada (tabela 2). O erro absoluto médio encontrado entre os 40% CMVI foi de 24,1% (dp: 16,06) e o erro relativo médio foi de 18,2% (dp: 22,94), o que nos indica uma tendência para a produção de 40% CMVI mais forte do que o desejado.

**Tabela 2.** Mediana e amplitude inter-quartil (AIQ) de 40% C.M.V.I. produzida e desejada e a respectiva comparação.

40% CMVI (Kg)	mediana (AIQ)	Teste Wilcoxon
Produzida	4,6 (2,9)	$p=0,018^*$
Desejada	4,1 (1,3)	

\*  $p<0,05$  - Existem diferenças estatisticamente significativas.

#### 4 Discussão

Um dos factores que poderia influenciar os resultados do presente estudo seria viés nas medições goniométricas pelo que se procedeu ao estudo da fiabilidade tendo-se constatado que o valor de fiabilidade intra-observador para a avaliação goniométrica utilizando o goniómetro universal está de acordo com o estudo de Brosseau et al., (2001) cujo valor de ICC observado foi de 0,98 com SEM de 0,5° na avaliação da amplitude articular de extensão do joelho.

Relativamente aos objectivos do presente estudo verificou-se que a aplicação da técnica CRCA produziu ganhos significativos imediatos na amplitude articular passiva de extensão do joelho, estando de acordo com os resultados obtidos por outros autores nomeadamente por Mitchell et al., (2009) que observou um ganho médio de 10,07°. A concordância também se verifica relativamente ao estudo de Cornelius e Hands, (1992) e a outros estudos que, não comparando directamente a técnica de CRCA com a TME mas com outras técnicas de PNF, nomeadamente com o Suster-Relaxar (Youdas et al., 2010) ou com o alongamento estático (Etnyre & Abraham, 1986a; Etnyre & Lee, 1988) sugerem que o CRCA promove o aumento da flexibilidade muscular a curto prazo.

Em relação ao efeito da aplicação da TME, os resultados deste estudo estão em concordância com os de Ballantyne et al., (2003) e de Smith e Fryer, (2008) que, ao avaliar o efeito imediato da aplicação da TME no alongamento muscular dos isquiotibiais, concluíram que esta técnica promove um aumento da flexibilidade muscular.

Importa ainda referir o estudo de Alcântara et al., (2010) que, à semelhança dos nossos resultados, referem que execução de ambas as técnicas têm efeito no aumento na

flexibilidade dos isquiotibiais a curto prazo, quando comparadas com um grupo Controlo, avaliada pela amplitude de movimento de flexão da coxo-femural.

No que se refere à comparação da efectividade entre a CRCA e a TME, o presente estudo não demonstrou diferenças clínicas ou estatisticamente significativas, o que está de acordo com Alcântara et al., (2010). Uma vez que seria de esperar que uma técnica mais agressiva como o CRCA produzisse maior efeito, o que se constatou com o presente estudo aponta para a necessidade de desenvolver uma explicação para este resultado.

Independentemente da falta de uma explicação, é possível afirmar que ambas as técnicas podem ser utilizadas para ganho de amplitude articular do joelho e alongamento muscular dos isquiotibiais.

Contudo, consideramos que se deve optar pela utilização da TME em detrimento da CRCA uma vez que é mais simples de se aplicar (Waseem et al., 2009), menos agressiva para as estruturas músculo-tendinosas do paciente e mais económica para o fisioterapeuta, porque envolve contracções submáximas (Smith & Fryer, 2008).

Relativamente à avaliação da percepção ao esforço, os resultados encontrados neste estudo estão, em parte, de acordo com os obtidos por Jackson et al., (2006) na medida que estes não verificaram uma correspondência entre a contracção voluntária isométrica produzida e a desejada, no entanto contrariamente ao verificado no presente estudo, todos os sujeitos efectuaram menos força que a desejada quando foi solicitada uma contracção submáxima de 40%.

A maioria dos sujeitos no presente estudo desenvolveram uma intensidade de contracção superior à desejada. Esta sobreprodução não está claramente definida, no entanto é possível que uma vez que se trata de um grupo muscular que é geralmente envolvido em actividades motoras grosseiras (West et al., 2005), tornar-se relativamente insensível a identificar e efectuar níveis mais baixos de força, resultando em subestimação perceptual (Jones & Hunter, 1982).

Outra explicação poderá ser a ausência de um processo de ancoragem, não permitindo por isso que os sujeitos estabeleçam cognitivamente uma ordem perceptual através da fixação de um valor máximo e mínimo como referência (Pincivero et al., 2003). Contudo, importa realçar que tal não foi efectuado no presente estudo por forma a utilizar a

técnica conforme é utilizada na prática clínica.

Na sequência deste estudo, é possível afirmar que a TME apesar de utilizar contracções submáximas é igualmente eficaz mas mais eficiente que a CRCA e que provavelmente os valores da contracção submáxima indicada pelos diferentes autores não corresponde de facto à realidade. Assim, esta será uma variável da TME a abordar em pesquisas futuras.

Este trabalho de investigação apresenta algumas limitações que afectam a validade externa. A amostra seleccionada foi pequena (N=45), não se tendo verificado a normalidade de algumas variáveis e, como tal, pode não ser representativa da população-alvo da ESTSP, dificultando a generalização dos resultados.

Sugere-se para estudos futuros que seja utilizada uma amostra maior, seleccionada aleatoriamente a partir da população, de forma a permitir a extrapolação de resultados.

Encorajamos outros investigadores a reproduzir esta metodologia para avaliar o efeito destas técnicas sobre a flexibilidade muscular a longo prazo.

## **5 Conclusão**

A técnica de CRCA e a TME foram efectivas no aumento da flexibilidade muscular dos isquiotibiais a curto prazo. Os efeitos foram comparáveis, mas a TME foi considerada mais eficiente.

A percepção ao esforço durante a aplicação da TME não correspondeu ao esforço desejado, quando foi solicitado uma percentagem de 40% da CMVI, existindo uma tendência para a produção de intensidades de contracções maiores do que as solicitadas.

## **6 Agradecimentos**

Ao Orientador e Co-orientador pela disponibilidade, pelos esclarecimentos e sugestões, pela indicação e cedência de bibliografia relevante para a temática em análise e por todo o apoio prestado durante a elaboração e execução deste trabalho.

A todas as pessoas que patrocinaram e emprestaram material de forma a ser possível realizar este estudo.

Aos colegas que prestaram auxílio na recolha e tratamento dos dados.

Aos participantes que constituíram a amostra pela disponibilidade.

## **Bibliografia**

- Alcântara, M., Firmino, F., & Lage, R. (2010). Efeitos agudos do alongamento: uma comparação entre as técnicas de facilitação neuromuscular. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 18(3), 35-42.
- Alter, M. J. (2004). *Science of flexibility* (3<sup>a</sup> ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Aquino, C. F., Fonseca, S. T., Gonçalves, G. G. P., Silva, P. L. P., Ocarino, J. M., & Mancini, M. C. (2010). Stretching versus strength training in lengthened position in subjects with tight hamstring muscles: A randomized controlled trial. *Manual Therapy*, 15(1), 26-31. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2009.05.006>
- Azevedo, D. C., Melo, R. M., Alves Corrêa, R. V., & Chalmers, G. (2011). Uninvolved versus target muscle contraction during contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Physical Therapy in Sport*, 12(3), 117-121. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.04.003>
- Badaro, A. F. V., da Silva, A. H., & Beche, D. (2007). Flexibilidade versus alongamento: esclarecendo as diferenças. *Saúde (Santa Maria)*, 33(1), 32-36.
- Ballantyne, F., Fryer, G., & McLaughlin, P. (2003). The effect of muscle energy technique on hamstring extensibility: the mechanism of altered flexibility. *Journal of Osteopathic Medicine*, 6(2), 59-63. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1443-8461\(03\)80015-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1443-8461(03)80015-1)
- Batista, L., Camargo, P., Aiello, G., Oishi, J., & Salvini, T. (2006). Avaliação da amplitude articular do joelho: correlação entre as medidas realizadas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético. *Rev bras fisioter*, 10(2), 193-198.
- Beaton, D. E., Bombardier, C., Katz, J. N., Wright, J. G., Wells, G., Boers, M., . . . Shea, B. (2001). Looking for important change/differences in studies of responsiveness. OMERACT MCID Working Group. Outcome Measures in Rheumatology. Minimal Clinically Important Difference. *The Journal of rheumatology*, 28(2), 400-405.
- Bohannon, R. W. (1997). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(1), 26-32. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(97\)90005-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(97)90005-8)
- Brosseau, L., Balmer, S., Tousignant, M., O'Sullivan, J. P., Goudreault, C., Goudreault, M., & Gringras, S. (2001). Intra- and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for measuring maximum active knee flexion and extension of patients with knee restrictions. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(3), 396-402.

- Burke, D. G., Holt, L. E., Rasmussen, R., MacKinnon, N. C., Vossen, J. F., & Pelham, T. W. (2001). Effects of Hot or Cold Water Immersion and Modified Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Flexibility Exercise on Hamstring Length. *J Athl Train*, 36(1), 16-19.
- Carregaro, R. L., Cunha, R. R., Cardoso, J. R., Pinto, R. S., & Bottaro, M. (2011). Efeitos da ordem de pré-ativação dos músculos antagonistas nas respostas neuromusculares dos extensores do joelho. *Rev Bras Fisioter*, 15(6), 452-459.
- Chaitow, L. (2006). *Muscle Energy Techniques* (3<sup>a</sup> ed.): Churchill Livingstone.
- Chalmers, G. (2004). Re-examination of the possible role of golgi tendon organ and muscle spindle reflexes in proprioceptive neuromuscular facilitation muscle stretching. *Sports Biomechanics*, 3(1), 159-183. doi: 10.1080/14763140408522836
- Coelho, L. F. d. S. (2008). O treino da flexibilidade muscular eo aumento da amplitude de movimento: uma revisão crítica da literatura. *Motricidade*, 4(3), 61-72.
- Condon, S. M., & Hutton, R. S. (1987). Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. *Physical Therapy*, 67(1), 24-30.
- Cooper, D. F., Grimby, G., Jones, D. A., & Edwards, R. H. T. (1979). Perception of effort in isometric and dynamic muscular contraction. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 41(3), 173-180. doi: 10.1007/BF00430009
- Corkery, M., Briscoe, H., Ciccone, N., Foglia, G., Johnson, P., Kinsman, S., . . . Canavan, P. K. (2007). Establishing normal values for lower extremity muscle length in college-age students. *Physical Therapy in Sport*, 8(2), 66-74. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2006.11.004>
- Cornelius, W. L., & Hands, M. R. (1992). The Effects of a Warm-up on Acute Hip Joint Flexibility Using a Modified PNF Stretching Technique. *J Athl Train*, 27(2), 112-114.
- DeStefano, L. (2011). *Greenman's Principles of Manual Medicine* (4<sup>a</sup> ed.): Lippincott Williams & Wilkins.
- Edin, B., & Vallbo, A. (1990). Muscle afferent responses to isometric contractions and relaxations in humans. *Journal of neurophysiology*, 63(6), 1307-1313.
- Eston, R. G., Rowlands, A. V., Coulton, D., McKinney, J., & Gleeson, N. P. (2007). Effect of flexibility training on symptoms of exercise-induced muscle damage: a preliminary study. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 5(1), 33-39.
- Etnyre, B. R., & Abraham, L. D. (1986a). Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *American journal of physical medicine*, 65(4), 189-196.

- Etnyre, B. R., & Abraham, L. D. (1986b). H-reflex changes during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 63(2), 174-179. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694\(86\)90010-6](http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694(86)90010-6)
- Etnyre, B. R., & Lee, E. J. (1988). Chronic and Acute Flexibility of Men and Women Using Three Different Stretching Techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(3), 222-228. doi: 10.1080/02701367.1988.10605507
- Fasen, J. M., O'Connor, A. M., Schwartz, S. L., Watson, J. O., Plataras, C. T., Garvan, C. W., . . . Akuthota, V. (2009). A Randomized Controlled Trial of Hamstring Stretching: Comparison of Four Techniques. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 660-667.
- Feland, J. B., Myrer, J. W., & Merrill, R. M. (2001). Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 2(4), 186-193.
- Feland, J. B., Myrer, J. W., & Merrill, R. M. (2001). Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Physical Therapy in Sport*, 2(4), 186-193. doi: <http://dx.doi.org/10.1054/ptsp.2001.0076>
- Fryer, G. (2011). Muscle energy technique: An evidence-informed approach. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 14(1), 3-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijosm.2010.04.004>
- Gama, Z. A. d. S., Medeiros, C. A. d. S., Dantas, A. V. R., & Souza, T. O. d. (2007). Influência da frequência de alongamento utilizando facilitação neuromuscular proprioceptiva na flexibilidade dos músculos isquiotibiais; Influence of the stretching frequency using proprioceptive neuromuscular facilitation in the flexibility of the hamstring muscles. *Rev. bras. med. esporte*, 13(1), 33-38.
- Gnat, R., Kuszewski, M., Koczar, R., & Dziewońska, A. (2010). Reliability of the Passive Knee Flexion and Extension Tests in Healthy Subjects. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 33(9), 659-665. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmpt.2010.09.001>
- Guissard, N., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1988). Muscle stretching and motoneuron excitability. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 58, 47-52.
- Hagbarth, K., Hägglund, J., Nordin, M., & Wallin, E. (1985). Thixotropic behaviour of human finger flexor muscles with accompanying changes in spindle and reflex responses to stretch. *The Journal of physiology*, 368(1), 323-342.
- Halbertsma, J. P., & Goeken, L. N. (1994). Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 75(9), 976-981.

- Hayes, B. T., Harter, R. A., Widrick, J. J., Williams, D. P., Hoffman, M. A., & Hicks-Little, C. A. (2012). Lack of neuromuscular origins of adaptation after a long-term stretching program. *J Sport Rehabil*, 21(2), 99-106.
- Jackson, A. W., & Dishman, R. K. (2000). Perceived submaximal force production in young adult males and females. *Med Sci Sports Exerc*, 32(2), 448-451.
- Jackson, A. W., Dishman, R. K., & Martin, S. B. (2002). Perceived leg extension and flexion forces of young adult men and women: comparison to previous findings. *Research quarterly for exercise and sport*, 73(2), 225-228.
- Jackson, A. W., Ludtke, A. W., Martin, S. B., Koziris, L. P., & Dishman, R. K. (2006). Perceived Submaximal Force Production in Young Adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77(1), 50-57. doi: 10.1080/02701367.2006.10599331
- Jones, L. A., & Hunter, I. W. (1982). Force sensation in isometric contractions: a relative force effect. *Brain Research*, 244(1), 186-189. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0006-8993\(82\)90919-2](http://dx.doi.org/10.1016/0006-8993(82)90919-2)
- Kelln, B. M., McKeon, P. O., Gontkof, L. M., & Hertel, J. (2008). Hand-held dynamometry: reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active, young adults. *J Sport Rehabil*, 17(2), 160-170.
- Kolber, M. J., & Cleland, J. A. (2005). Strength testing using hand-held dynamometry. *Physical Therapy Reviews*, 10(2), 99-112. doi: 10.1179/108331905X55730
- Koltyn, K. F. (2000). Analgesia following exercise: a review. *Sports Medicine*, 29(2), 85-98.
- Kumar, S., & Simmonds, M. (1994). The accuracy of magnitude production of submaximal precision and power grips and gross motor efforts. *Ergonomics*, 37(8), 1345-1353. doi: 10.1080/00140139408964913
- Lu, T.-W., Hsu, H.-C., Chang, L.-Y., & Chen, H.-L. (2007). Enhancing the examiner's resisting force improves the reliability of manual muscle strength measurements: comparison of a new device with hand-held dynamometry. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 39(9), 679-684.
- Lu, Y.-M., Lin, J.-H., Hsiao, S.-F., Liu, M.-F., Chen, S.-M., & Lue, Y.-J. (2011). The Relative and Absolute Reliability of Leg Muscle Strength Testing by a Handheld Dynamometer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(4), 1065-1071.
- Maffiuletti, N. A. (2010). Assessment of hip and knee muscle function in orthopaedic practice and research. *J Bone Joint Surg Am*, 92(1), 220-229. doi: 10.2106/JBJS.I.00305
- Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Dyhre-Poulsen, P., McHugh, M. P., & Kjaer, M. (1996). Mechanical and physiological responses to stretching with and

without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(4), 373-378. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90087-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90087-8)

- Mahieu, N. N., Cools, A., De Wilde, B., Boon, M., & Witvrouw, E. (2009). Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(4), 553-560. doi: 10.1111/j.1600-0838.2008.00815.x
- Marek, S. M., Cramer, J. T., Fincher, A. L., Massey, L. L., Dangelmaier, S. M., Purkayastha, S., . . . Culbertson, J. Y. (2005). Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *Journal of Athletic Training*, 40(2), 94-103.
- Mitchell, F. L., & Mitchell, P. K. G. (1995). *The muscle energy manual* (1<sup>st</sup> ed. Vol. 1). East Lansing, Mich.: MET Press.
- Mitchell, U., Myrer, J., Hopkins, J., Hunter, I., Feland, J., & Hilton, S. (2007). Acute stretch perception alteration contributes to the success of the PNF" contract-relax" stretch. *Journal of sport rehabilitation*, 16(2), 85-92.
- Mitchell, U., Myrer, J., Hopkins, J., Hunter, I., Feland, J., & Hilton, S. (2009). Neurophysiological reflex mechanisms' lack of contribution to the success of PNF stretches. *Journal of sport rehabilitation*, 18(3), 343-357.
- Mitchell, U. H., Myrer, J. W., Hopkins, J. T., Hunter, I., Feland, J. B., & Hilton, S. C. (2007). Acute stretch perception alteration contributes to the success of the PNF" contract-relax" stretch. *Journal of sport rehabilitation*, 16(2), 85-92.
- Mitchell, U. H., Myrer, J. W., Hopkins, J. T., Hunter, I., Feland, J. B., & Hilton, S. C. (2009). Neurophysiological reflex mechanisms' lack of contribution to the success of PNF stretches. *Journal of sport rehabilitation*, 18(3), 343-357.
- Nagarwal, A., Zutshi, K., Ram, C., & Zafar, R. (2010). Improvement of Hamstring Flexibility: A Comparison between Two PNF Stretching Techniques. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 4(1), 25-33.
- O'Sullivan, K., Murray, E., & Sainsbury, D. (2009). The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10(1).
- Page, P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International journal of sports physical therapy*, 7(1), 109-119.
- Pincivero, D. M., Coelho, A. J., Campy, R. M., Salfetnikov, Y., & Suter, E. (2003). Knee extensor torque and quadriceps femoris EMG during perceptually-guided isometric contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(2), 159-167. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411\(02\)00096-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411(02)00096-2)

- Puentedura, E. J., Huijbregts, P. A., Celeste, S., Edwards, D., In, A., Landers, M. R., & Fernandez-de-las-Penas, C. (2011). Immediate effects of quantified hamstring stretching: Hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Physical Therapy in Sport, 12*(3), 122-126. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.02.006>
- Rashad, A. K., & El-Agamy, M. I. (2010). Comparing Two Different Methods of Stretching on Improvement Range of Motion and Muscular Strength Rates. *World Journal of Sport Sciences, 3*(4), 309-315.
- Richter, P., & Hebgen, E. (2009). *Trigger points and muscle chains in osteopathy*. Stuttgart ; New York: Thieme.
- Ross, M. D. (2007). Effect of a 15-day pragmatic hamstring stretching program on hamstring flexibility and single hop for distance test performance. *Research in Sports Medicine, 15*(4), 271-281.
- Rowlands, A. V., Marginson, V. F., & Lee, J. (2003). Chronic flexibility gains: effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Research quarterly for exercise and sport, 74*(1), 47-51.
- Schuback, B., Hooper, J., & Salisbury, L. (2004). A comparison of a self-stretch incorporating proprioceptive neuromuscular facilitation components and a therapist-applied PNF-technique on hamstring flexibility. *Physiotherapy, 90*(3), 151-157. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2004.02.009>
- Shadmehr, A., Hadian, M. R., Naiemi, S. S., & Jalaie, S. (2009). Hamstring flexibility in young women following passive stretch and muscle energy technique. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 22*(3), 143-148.
- Sharman, M. J., Cresswell, A. G., & Riek, S. (2006). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: mechanisms and clinical implications. *Sports medicine, 36*(11), 929-939.
- Shrier, I., & Gossal, K. (2000). Myths and Truths of Stretching Individualized Recommendations for Healthy Muscles. *Physician and Sports Medicine, 28*(8), 57-63.
- Smith, M., & Fryer, G. (2008). A comparison of two muscle energy techniques for increasing flexibility of the hamstring muscle group. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 12*(4), 312-317.
- Spernoga, S. G., Uhl, T. L., Arnold, B. L., & Gansneder, B. M. (2001). Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. *Journal of athletic training, 36*(1), 44-48.
- Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A

- Stauffer, M. E., Taylor, S. D., Watson, D. J., Peloso, P. M., & Morrison, A. (2011). Definition of nonresponse to analgesic treatment of arthritic pain: an analytical literature review of the smallest detectable difference, the minimal detectable change, and the minimal clinically important difference on the pain visual analog scale. *International journal of inflammation*, 2011, 1-6.
- Trudelle-Jackson, E., Jackson, A. W., Frankowski, C. M., Long, K. M., & Meske, N. B. (1994). Interdevice reliability and validity assessment of the Nicholas Hand-Held Dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther*, 20(6), 302-306.
- Waseem, M., Nuhmani, S., & Ram, C. (2009). Efficacy of Muscle Energy Technique on hamstring muscles flexibility in normal Indian collegiate males. *Calicut Medical Journal*, 7.
- Weijer, V. C., Gorniak, G. C., & Shamus, E. (2003). The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24 hours. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 33(12), 727-733.
- Weppler, C. H., & Magnusson, S. P. (2010). Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? *Physical Therapy*, 90(3), 438-449.
- West, S. J., Smith, L., Lambert, E. V., Noakes, T. D., & Gibson, A. S. C. (2005). Submaximal force production during perceptually guided isometric exercise. *European journal of applied physiology*, 95(5), 537-542.
- White, L. C., Dolphin, P., & Dixon, J. (2009). Hamstring length in patellofemoral pain syndrome. *Physiotherapy*, 95(1), 24-28. doi:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2008.05.009>
- Williams, G. N., Chmielewski, T., Rudolph, K. S., Buchanan, T. S., & Snyder-Mackler, L. (2001). Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 31(10), 546-566.
- Youdas, J. W., Haeflinger, K. M., Kreun, M. K., Holloway, A. M., Kramer, C. M., & Hollman, J. H. (2010). The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length. *Physiotherapy Theory and Practice*, 26(4), 240-250. doi:  
doi:10.3109/09593980903015292
- Youdas, J. W., Krause, D. A., Hollman, J. H., Harmsen, W. S., & Laskowski, E. (2005). The influence of gender and age on hamstring muscle length in healthy adults. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 35(4), 246-252.