



MESTRADO EM FISIOTERAPIA NO DESPORTO

**INFLUÊNCIA DA CRIOTERAPIA NO TENDÃO QUADRICIPITAL NA
FORÇA MÁXIMA, NA SENSAÇÃO DE FORÇA PRODUZIDA E NA
FUNCIONALIDADE DO MEMBRO INFERIOR**

FILIPA SILVA¹

RUI TORRES²

¹ESTSP – Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto / Instituto Politécnico do Porto
ATCFT– Área Técnico-Científica da Fisioterapia

Índice Geral	Pág.
1. Introdução.....	5
2. Métodos.....	9
2.1 Amostra.....	9
2.2 Ética	10
2.3 Instrumentos e Procedimentos.....	10
2.5 Estatística.....	15
3. Resultados.....	17
4. Discussão	21
5. Conclusão.....	25
6. Bibliografia.....	27

Indice de Figuras	Pág.
Figura 1 - Demonstração do desenho Y-test e sua execução.....	14
Figura 2- Comparação da média e respectivos desvios-padrão dos valores da diferença entre o <i>torque</i> alvo e o <i>torque</i> médio produzido da sensação de força produzida (N-M) obtidos a 20% e 50% da CIM (p<0,05).....	19
Figura 3- Figura 3: Comparação da média e respectivos desvios-padrão dos valores realizados no Y-test (p<0,05).....	20

Indice de Tabelas	Pág.
Tabela 1 - Caracterização global da amostra: médias e respetivos desvios-padrão (DP) relativos á idade, peso, altura, percentagem de gordura corporal e prega quadricipital.....	17
Tabela 2- Comparação das médias e respetivos desvio-padrão (DP) nos valores de pico médio de contração isométrica máxima em N-M, antes e após a intervenção.....	17
Tabela 3 - Comparação das médias e respetivos desvio-padrão (DP) dos valores da diferença entre o <i>torque</i> alvo e o <i>torque</i> médio produzido da sensação de força produzida (N-M) obtidos a 20% e 50% da CIM entre grupos, antes e após intervenção.....	18
Tabela 4: Comparação das médias e respetivos desvio-padrão (DP) do resultado final do Y-Teste em cm entre os grupos, antes e após intervenção.....	19

Resumo

Enquadramento: A aplicação de crioterapia utiliza-se como coadjuvante na reeducação neuromuscular e tem como objetivo atingir o mais rápido possível a capacidade funcional, devido aos seus efeitos analgésicos e anti-inflamatórios, contudo, o seu efeito negativo ao nível da propriocepção tem vindo a ser questionado. **Objetivo:** Verificar se a aplicação de crioterapia no tendão quadricipital tem influência na força máxima, na sensação de força produzida e na funcionalidade do membro inferior. **Metodologia:** Tratou-se de um estudo experimental, do tipo laboratorial e com um desenho cruzado. Quarenta sujeitos foram distribuídos inicialmente e de forma aleatória em um grupo experimental e um grupo controlo, sendo que, após uma semana os elementos que pertenceram ao grupo experimental passaram para grupo controlo e vice-versa. O grupo experimental foi submetido a um programa com gelo dinâmico durante 10 minutos, avaliando-se a força máxima, sensação de força produzida e funcionalidade do membro, enquanto grupo controlo esteve em repouso o mesmo período de tempo. **Resultados:** Verificaram-se que não houve diferenças estatisticamente significativas relativas a todas variáveis estudadas ($p > 0,05$). **Conclusão:** O uso da crioterapia na região mio-tendinosa do quadríceps não provoca défices significativos ao nível das respostas sensório-motoras do joelho, e que à luz destes resultados, esta pode ser utilizada antes da realização de outras técnicas terapêuticas, sem qualquer risco adicional a nível motor.

Palavras - Chaves: CRIOTERAPIA; FORÇA MÁXIMA; SENSÇÃO DE FORÇA PRODUZIDA; FUNCIONALIDADE.

Abstract

Background: The application of cryotherapy is used as an adjuvant in neuromuscular reeducation and it has as aims to achieve the fastest possible the functional capacity, due to its analgesic and anti-inflammatory effects, however, its negative effect on the proprioception has been questioned . **Objective:** To check if the application of cryotherapy in the quadriceps tendon, it has influences the maximum force, the force sence and functionality of the lower limb. **Methods:** It was a laboratory experimental study, with a crossover design. Forty subjects were distributed initially and randomly in experimental group and control group, that after a week, the experimental group elements passed to the control group and the control group elements passed to the experimental group. The experimental group was submitted a dynamic program with ice for 10 minutes, to evaluate the maximum force, the force sence and the functionality of the limb, while the control group was at rest in the same time. **Results:** There were not statistically significant differences for all variables ($p > .05$). **Conclusion:** The use of cryotherapy doesn't cause significant deficits, in the quadriceps tendon, to the sensoriomotor responses of the knee, and in the light of these results, it can to be used prior to other therapeutic techniques, without any additional risk level motor.

Keys Words: CRYOTHERAPY; MAXIMAL FORCE; FORCE SENCE; FUNCTIONALITY

1. INTRODUÇÃO

Atualmente utiliza-se cada vez mais a crioterapia como coadjuvante na reeducação neuromuscular, tanto no desporto como na fisioterapia. (Rosa & Coelho, 2008).

Por crioterapia pode considerar-se todo e qualquer uso de gelo ou aplicações de frio para fins terapêuticos, ou seja, é a aplicação terapêutica de qualquer substância ao corpo no qual resulta a remoção de calor corporal e, conseqüentemente, diminuição da temperatura dos tecidos (Knight, 2000; Cameron, 2003; Marini & Forti; Rosa & Coelho, 2008).

Tendo a crioterapia efeitos analgésicos e anti-inflamatórios, é utilizada na reabilitação como meio de promoção da recuperação da capacidade funcional. (Rosa & Coelho, 2008; Cameron, 2003; Knight, 2000; Yeng et al, 2001).

Além destes efeitos, a literatura sugere que, a aplicação da crioterapia diminui a atividade metabólica, diminui o espasmo muscular, estimula o relaxamento, permite a mobilização precoce, melhora a amplitude de movimento, diminui velocidade de condução do nervo, reduz edema e hematoma, preserva a integridade das células do tecido lesado (Marini et al, 2001; Cameron, 2003; Knight, 2000; Delisa & Gans, 2002).

Assim, poder-se-á verificar uma alteração da propriocepção, não só pela redução generalizada da velocidade da condução nervosa, mas também por ação direta da crioterapia nos proprioceptores musculares, nomeadamente nos órgão tendinosos de Golgi (OTG) e fusos neuromusculares (FNM), que se pensa terem a sua função com redução da temperatura (Bell & Lehmann, 1987; Mense, 1978; Michalski & Seguin, 1975).

Os OTG, localizados nas junções mio-tendinosas, permitem-lhes providenciar ao SNC um *feedback* constante relativamente aos níveis de tensão muscular. Os OTG encontram-se principalmente ativos quando são sujeitos a tensões musculares ativas (resultado de contração muscular), não fornecendo grande informação quando sujeitos a tensões passivas (realizada por exemplo durante o alongamento muscular passivo) (Jami, 1992; Riemann & Lephart, 2002).

O sentido de tensão muscular é usualmente avaliado através da capacidade discriminativa de pesos, e da capacidade de replicar determinadas magnitudes de força (Riemann et al., 2002; Jones, 1986). Toda a informação das diferentes fontes proprioceptivas é processada através de um eixo central e de duas áreas associadas. O eixo central é composto por três níveis do controlo motor: a medula espinal; o tronco cerebral; e o córtex cerebral. As duas áreas associadas, o cerebelo e os núcleos da base, são responsáveis pela modulação e pela regulação dos comandos motores (Riemann & Lephart, 2002; Bosco, 2001). A proprioceptividade encontra-se assim dependente da integridade funcional de todos estes mecanismos, sendo que, apesar do SNC utilizar uma grande variedade de informação para o controlo motor, esta poderá não ser suficiente para compensar adequadamente falhas ou interferências a nível periférico (Riemann & Lephart, 2002; Grigg, 1994).

O funcionamento destes mecanismos sensório-motores depende do tempo de aplicação do arrefecimento. Neste caso há um consenso de que a duração de aplicação de qualquer método de crioterapia não deverá exceder os 20 minutos (Enwemeka et al., 2002; Swenson et al., 1996; Melnyk et al., 2006; Myrer et al., 1998; Myrer et al., 2001). Isto porque durações de aplicação superiores, poderão produzir efeitos contrários aos desejados, como por exemplo a vasodilatação reflexa, reação conhecida como reflexo/reação de *Hunting*, e que ocorre quando a temperatura é reduzida ao ponto de comprometer a viabilidade tecidual (Swenson et al., 1996; Mac Auley, 2001). Mesmo quando a diminuição da temperatura não compromete a viabilidade tecidual, algumas das alterações fisiológicas por si induzidas, poderão produzir efeitos negativos, justificando assim uma reflexão mais cuidada, devido a eventuais implicações clínicas. Nestas alterações encontram-se a diminuição da velocidade de condução nervosa (Ashworth et al., 1998; Rutkove, 2001), e as alterações na função dos proprioceptores musculares, nomeadamente dos FNM, bem descritos na literatura (Bell & Lehmann, 1987; Mense, 1978; Michalski & Seguin, 1975) e dos OTG (Mense, 1978), importantes fontes de informação proprioceptiva (Riemann & Lephart, 2002; Jami, 1992; Proske, 1997).

No que respeita aos OTG (Fibras Ib), Mense (1978) registou uma ligeira diminuição da sua atividade quando sujeitos a diminuições da temperatura.

Desde então não tem sido dado muito ênfase ao estudo das alterações dos OTG induzida pelo arrefecimento.

Com uma baixa temperatura dos tecidos profundos, leva a uma diminuição da velocidade da condução nervosa e a transmissão sináptica na junção neuromuscular, nesse caso, ocorrerão alterações na ativação da unidade motora, e se a um nível muscular há um aumento da viscosidade das fibras, então provavelmente, verificar-se-ão modificações na força produzida pela contração muscular (Siqueira *et al.*, 2002).

Atendendo que alterações na produção de força poderão advir da aplicação de crioterapia, as alterações na funcionalidade do respetivo membro também poderão ser equacionadas, contudo a literatura não é muito concordante.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi verificar qual efeito da aplicação de crioterapia no tendão quadricipital, tanto a nível da reprodução de força como da estabilidade do membro inferior.

2. MÉTODOS

Foi realizado um estudo experimental, do tipo laboratorial, com desenho cruzado, uma vez que de modo aleatório, todos os elementos pertenceram ao grupo experimental e controle.

Neste estudo a variável independente foi a aplicação de gelo no tendão quadricipital, enquanto a variável dependente foi o teste de força máxima, a sensação de força e o teste funcionalidade.

2.1 AMOSTRA

A amostra foi recrutada por conveniência, respeitando os seguintes critérios de inclusão de forma a torná-la mais homogênea: (i) ter idade compreendida entre os 18 e os 24 anos; (ii) ser sedentário, sem atividade física regular; (iii) ter percentagem de gordura corporal entre 12% a 18% (Pitanga, 2004).

Foram excluídos do estudo todos os indivíduos que referissem: (i) dor ou desconforto no membro inferior; (ii) história de cirurgia ou patologia no membro inferior dominante; (iii) qualquer condição patológica músculo-esquelética ou neuro-muscular no membro inferior que pudesse comprometer a recolha e/ou interpretação dos dados recolhidos; (iv) alteração de sensibilidade ou qualquer tipo de reação adversa ao frio; (v) doenças vasculares periféricas ou qualquer outro tipo de contra-indicação à aplicação da crioterapia; (vi) limitações da amplitude de movimento que comprometessem a recolha dos dados.

Previamente à realização do estudo foi solicitado o preenchimento de um breve questionário a 40 jovens estudantes do sexo masculino, de forma a recolher dados que pudessem indicar a presença de critérios de inclusão e de exclusão, e para posterior análise e caracterização da amostra. De acordo com os critérios de inclusão e de exclusão definidos, a amostra contou com a participação voluntária desses 40 jovens do sexo

masculino. A amostra foi constituída apenas por jovens do sexo masculino de forma torná-la mais homogénea.

Os 40 participantes deste estudo foram distribuídos inicialmente de forma aleatória por dois grupos experimentais: um sujeito à aplicação de gelo (Grupo experimental) e um de controlo não sujeito a aplicação de gelo (Grupo controlo), posteriormente (após uma semana) todos os elementos do grupo experimental passaram a controlo e vice-versa.

2.2 ÉTICA

No que diz respeito ao contexto ético, todos os participantes foram verbalmente informados relativamente aos objetivos do estudo, dos procedimentos básicos a que foram submetidos e eventuais riscos envolvidos no decorrer do estudo. Como prova que compreenderam as condições e aceitaram participar, cada um assinou uma Declaração de Consentimento seguindo os padrões éticos de Helsínquia (1983).

A confidencialidade e anonimato foram garantidos a cada participante e os dados recolhidos apenas poderão ser consultados pelo investigador e única e exclusivamente utilizados para fins mencionados.

2.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

Com o objetivo de recolher os dados necessários à realização deste estudo de forma válida e fiável, e tendo em consideração os instrumentos de recolha de dados disponíveis para o efeito, foram utilizados: um dinamómetro isocinético Biodex System 3 Pro® (Biodex Medical Systems, Shirley, New York, USA), um adipómetro Harpenden® (British Indicators, West Sussex, United Kingdom), um termómetro (HANNA), Y-Test (para avaliação da função do membro inferior).

Todos os procedimentos experimentais foram realizados, num ambiente calmo e com o máximo de privacidade possível.

Os 2 grupos intervenientes no estudo, foram submetidos a um protocolo experimental que consistiu numa avaliação da força máxima, numa avaliação proprioceptiva de sensação de força e realização do Y-Test para cada indivíduo, numa intervenção experimental, e numa reavaliação do estado proprioceptivo após a intervenção. Desta

forma, apenas a especificidade da intervenção experimental distinguiu os protocolos aplicados aos diferentes grupos.

Todos os procedimentos experimentais foram acompanhados pelo mesmo investigador, e avaliados ao membro inferior dominante de cada elemento, sendo este referido pelo participante como o membro inferior com que se sentisse mais confortável para realizar os testes em questão.

Respeitados os princípios éticos referidos anteriormente, os primeiros cinco minutos da sessão foram reservados para a aclimatização à temperatura da sala, que dentro do possível, foi mantida a uma temperatura relativamente constante durante todo o período do estudo. Foi também realizada a preparação dos indivíduos, efetuada uma recolha de dados antropométricos, e um ligeiro aquecimento geral através de cinco minutos num cicloergómetro (Monark). Os participantes realizaram todos os procedimentos experimentais do estudo utilizando calções, e estando completamente descalços.

A recolha de dados antropométricos foi composta pela medição da altura, do peso, das pregas adiposas, nomeadamente: cutânea tricipital, supra-iliaca, subescapular, abdominal, axilar medial, peitoral e região anterior coxa (todas as pregas utilizadas foram recolhidas no lado do membro em teste). Os pontos de referência para a medição das pregas cutâneas foram os seguintes: a prega tricipital foi avaliada sobre o ventre muscular do tríceps braquial, num ponto médio entre o acrómio e o olecrâneo, com o braço em relaxamento; a prega supra-iliaca foi avaliada 5 cm anteriormente ao tubérculo ilíaco; a prega da região anterior da coxa foi avaliada num ponto médio entre a espinha ilíaca antero-superior (EIAS) e o ponto médio do bordo superior da rótula; a prega subescapular foi avaliada na diagonal (45°) exatamente abaixo do ângulo inferior da omoplata; a prega peitoral foi avaliada entre um ponto médio da linha axilar anterior e o mamilo; a prega axilar média foi avaliada entre linha axilar média e a junção xifoesternal; a prega abdominal foi avaliada a 2 cm lateralmente do umbigo. Em todos estes pontos, foi medida a espessura das pregas cutâneas, com os indivíduos na posição de pé, com o membro em teste relaxado e com o joelho ligeiramente fletido. Com o adipómetro perpendicular à pele, e segurando a prega adiposa com o dedo indicador e polegar, foram realizadas 3 medições em cada local, e calculada a respetiva média aritmética. O valor da prega adiposa era registado 2 segundos após se ter largado a pega do adipómetro.

A percentagem de gordura corporal para cada elemento da amostra, foi calculada com o cálculo da densidade corporal através da equação de Jackson e Pollock para homens com 7 pregas (Densidade Corporal = $1,11200000 - [0,00043499 (\text{soma de 7 pregas}) + 0,00000055 (\text{soma das 7 pregas})^2] - [0,0002882 (\text{idade})]$)

Após o cálculo da densidade corporal, a percentagem de gordura corporal foi calculada utilizando esse valor na equação de Siri (Percentagem de Gordura Corporal = $((4.95 / \text{Densidade Corporal}) - 4.5) \times 100$).

O adipómetro Harpenden® foi utilizado para a medição de pregas cutâneas, de forma a recolher dados relativos à espessura da camada adiposa subcutânea na região do tendão quadrípital e das pregas cutânea tricípital, supra-íliaca, subescapular, abdominal, axilar medial, peitoral e região anterior coxa. Este adipómetro é considerado o instrumento de referência na avaliação de pregas cutâneas, sendo um instrumento considerado válido (quando utilizado na previsão da percentagem de gordura corporal) e fiável para o efeito, tendo segundo o fabricante, uma resolução e uma precisão de 0.2 mm (Ostojic, 2006; Lawrence, 1985).

Para avaliar força máxima e sensação de força produzida do joelho em cadeia cinética aberta foi utilizado dinamómetro isocinético Biodex System 3 Pro®. Este é um instrumento considerado válido e fiável para a avaliação de posições angulares e de *torques* musculares, apresentando um Coeficiente de Correlação Intraclasse de 0.99 para ambas as variáveis, e um Erro *Standard* de Medição de 0.58° para as avaliação de posições angulares, e de 0.57 N-m para a medição de *torques* musculares (Drouin, 2004).

Na avaliação da força máxima, foi utilizado um protocolo de avaliação semelhante ao descrito por Dover e Powers (Dover & Powers, 2004). Os participantes no estudo sentaram-se na cadeira do dinamómetro isocinético, de modo a que a fossa poplíteia estivesse a aproximadamente 5 cm de distância da cadeira. O eixo mecânico do dinamómetro foi alinhado com o eixo articular do joelho em teste, e o contacto entre o braço móvel do dinamómetro e a perna dos indivíduos foi realizado aproximadamente 3 cm acima do maléolo lateral. O instrumento foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante.

Nesta posição foi medida a contração isométrica máxima (CIM) do quadrícipete a 50°, através do *torque* máximo registado no movimento de extensão isométrica do

quadríceps a 45° de flexão. Foram realizadas 3 contrações isométricas máximas, tendo cada contração a duração de 6 segundos, com 12 segundos de repouso entre elas, tendo sido registado o *torque* máximo realizado nessas 3 contrações

Seguidamente, procedeu-se a avaliação da sensação de força através do registo da capacidade de reprodução de uma determinada amplitude de força. Os indivíduos realizaram o teste com os olhos vendados, posicionados e estabilizados como na avaliação da força máxima.

Após a obtenção do valor da CIM, foram calculados 20% e 50% desse valor para posterior reprodução. A utilização destas percentagens foram escolhidas tendo por base os resultados de outros autores que sugerem que a 20% e a 50% da CIM, a precisão na capacidade de reprodução de força é maior (Docherty & Arnold, 2008). Após 5 minutos de repouso foi realizada a reprodução destes valores (20% ou 50% da CIM), sendo a sequência destes determinada de forma aleatória. Para a reprodução da percentagem inicial foram realizadas 6 contrações isométricas, com *feedback* visual, para que o indivíduo “memorizasse” a força muscular a reproduzir. Foi-lhe pedido que tentasse realizar a contração muscular de forma a manter o indicador de força do monitor do dinamómetro, o mais perto possível de uma linha que correspondia à percentagem da CIM alvo, e que “memorizasse” a força que estava a reproduzir, tendo sido realizadas para o efeito 6 contrações de 6 segundos, com 6 segundos de repouso entre elas.

De seguida e com os olhos vendados, foi pedido ao indivíduo que reproduzisse o *torque* alvo, realizando novamente 6 contrações de 6 segundos, com 6 segundos de repouso entre contrações. O tempo de contração e de repouso foram controlados pelo dinamómetro, sendo dada informação ao indivíduo através de um estímulo auditivo.

O resultado deste teste consistiu na diferença entre o *torque* médio realizado nessas 6 contrações e *torque* alvo (20% ou 50% da CIM).

Para avaliação da funcionalidade foi usado o Y-test. É um instrumento considerado válido e fiável para a avaliação da estabilidade do membro inferior, apresentando um Coeficiente de Correlação Intraclasse de 0.99 (Plisky et al, 2009).

Para realização deste teste, foi desenhado no chão, através de 3 fitas métricas, a forma de um Y, na qual o voluntário teve de “empurrar ” uma cunha em madeira com membro inferior não apoiado até máximo que conseguir mantendo a anca direita e sem levantar o

calcanhar apoiado, fazendo as três componentes (anterior, póstero-medial, póstero-lateral). (figura 1) Este teste foi realizado em apoio unipodal com membro dominante.

Para calculo da performance final usou-se a fórmula $[(\text{Componente anterior} + \text{componente póstero-medial} + \text{componente póstero-lateral}) / (3 \times \text{comprimento do membro})] \times 100$ (Plisky et al.,2009)

A medição do comprimento membro foi realizada pela distância obtida desde as espinhas ilíacas antero-superior e maléolo medial, em cm.

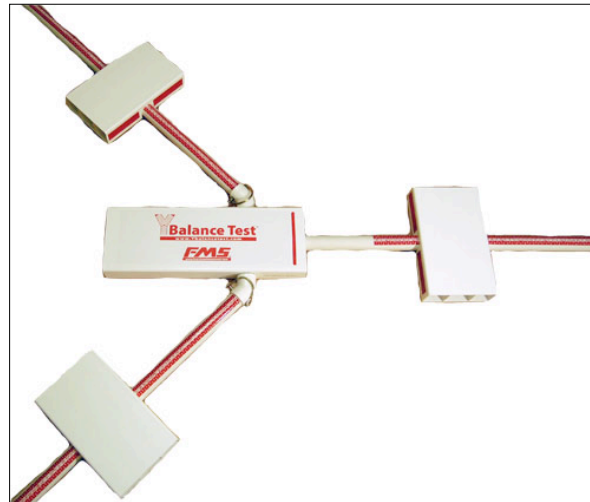


Figura 1: Demonstração do desenho Y-test e sua execução

Entre os dois momentos de avaliação, os diferentes grupos foram submetidos a uma intervenção experimental distinta. Desta forma: os elementos do Grupo Experimental foram sujeitos à aplicação de gelo no tendão quadricipital do membro em teste; os elementos do Grupo Controlo foram mantidos em repouso em decúbito dorsal durante 10 minutos.

Para padronizar a área de aplicação do gelo foram efetuados os seguintes procedimentos: medição da área a aplicar mediu-se em cm desde a cabeça do fêmur e pólo superior da rótula e apenas se aplicou gelo no 1/3 inferior dessa medida; o gelo tinha uma superfície de contato com a pele cerca de 4cm^2 .

Durante a aplicação de gelo todos os indivíduos foram posicionados em decúbito dorsal com os joelhos em ligeira flexão sobre uma almofada. O gelo foi aplicado na forma de gelo dinâmico para permitir um maior arrefecimento cutâneo mais seletivo. O gelo foi

aplicado durante 10 minutos na região tendinosa do quadríceps, baixando a temperatura superficial até a uma média de 10°C.

Após os 10 minutos de gelo, os sujeitos foram submetidos novamente às diferentes intervenções.

2.5 ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi realizada no programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (versão 20.0) e o nível de significância considerado foi de 5%. Para análise dos resultados foi usado a estatística descritiva. Todas as variáveis foram expressas na média e respectivo desvio-padrão.

Após análise exploratória dos dados, e a exclusão de outliers severos, foi efetuado o estudo de normalidade da distribuição das variáveis, tendo-se recorrido ao teste de *Shapiro-Wilk* e análise de histogramas.

Assim sendo, nas variáveis que seguiram uma distribuição normal, foi usado estatística paramétrica. Para comparação dos efeitos de intervenção, foi usado o teste *T-student* para amostras emparelhadas para a comparação entre grupos e dos grupos antes e depois da intervenção, bem como para análise das características gerais da amostra foi usado o teste *T-student* para amostras independentes.

As variáveis que não seguiram uma distribuição normal, sendo elas a idade, percentagem de gordura corporal e y-test foi usado estatística não paramétrica. Para a idade e a percentagem de gordura corporal foi usado o teste Mann-Whitney para o Y-test foi usado o teste de wlicoxon.

3. RESULTADOS

Os dados de caracterização da amostra encontram-se sumariados na tabela 1.

Tabela 1: Caracterização global da amostra: médias e respetivos desvios-padrão (DP) relativos á idade, peso, altura, percentagem de gordura corporal e prega quadricipital.

	Grupo Controlo		Grupo Experimental		Valor de p
	Média	DP	Média	DP	
Idade (anos)	20	1,88	20	1,94	0,948
Peso (Kg)	71,9	8	73	10,2	0,469
Altura (metros)	1,78	0,07	1,79	0,07	0,470
Gordura Corporal (%)	12,7	1,3	15,4	1,3	0,990
Prega Quadricipital (mm)	10,4	7,3	10,4	7,9	0,811

Após a análise da tabela 1 é possível registar que não se observaram diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os grupos, assim nas diferentes características da amostra. Os grupos mostraram-se assim semelhantes nas características antropométricas consideradas relevantes para o estudo.

Analisando os resultados apresentados na tabela 2, também é possível verificar que não existem diferenças estatisticamente significativas nos valores de contração isométrica máxima (CIM) entre grupos no momento antes e após intervenção ($p = 0,308$ e $p = 0,463$, respetivamente). Igualmente verificar-se que a intervenção não provocou diferenças estatisticamente significativas no grupo experimental nem no grupo controlo ($p = 0,897$ e $p = 0,458$, respetivamente)

Tabela 2: Comparação das médias e respetivos desvio-padrão (DP) nos valores de pico médio de contração isométrica máxima em N-M, antes e após a intervenção.

	Antes		Após		Valor de p
	Média	DP	Média	DP	
Grupo Controlo	213	36,4	217,1	38	0,458
Grupo Experimental	222	33,4	226	38	0,897

Valor de p	0,308	0,463
-------------------	-------	-------

Relativamente à sensação de força produzida, avaliada através da reprodução de 20% e 50% do valor da contração isométrica máxima, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no momento antes, entre grupos, nem a 20% ($p=0,554$) nem a 50% ($p=0,414$) da contração isométrica máxima.

Após a intervenção, também não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, entre os grupos, tanto a 20% ($p=0,595$) como a 50% ($p=0,837$) da contração isométrica máxima. (Tabela 3)

Tabela 3: Comparação das médias e respetivos desvio-padrão (DP) dos valores da diferença entre o *torque* alvo e o *torque* médio produzido da sensação de força produzida (N-M) obtidos a 20% e 50% da CIM entre grupos, antes e após intervenção

	Reprodução aos 20% da FM				Reprodução aos 50% da FM			
	Antes		Após		Antes		Após	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Grupo Controlo	3,6	1,4	5,4	1,3	6,5	2,4	5,3	2,1
Grupo Experimental	4,3	2,1	5,3	1,1	5,4	2,3	4,7	2,2
Valor de p	0,554		0,595		0,414		0,837	

Os resultados relativos à sensação de força produzida a 20% e a 50% da contração isométrica máxima não mostraram alterações significativas neste parâmetro entre os dois momentos de avaliação em nenhum dos grupos. Aos 20% da contração isométrica máxima, em ambos os grupos, houve um aumento da diferença entre o *torque* alvo e o *torque* médio produzido, ao contrário aconteceu na sensação de força produzida aos 50% da contração isométrica máxima. No entanto esta diferença não foi estatisticamente significativa, como se pode verificar na figura 2.

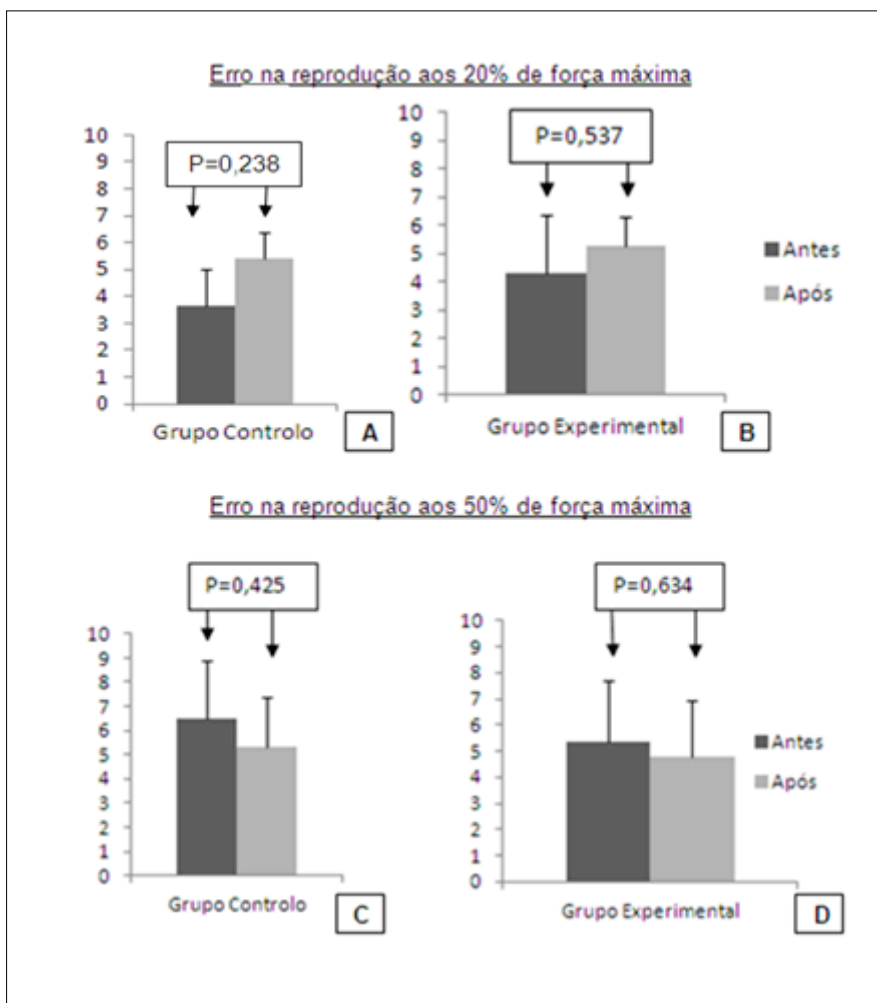


Figura 2: Comparação da média e respectivos desvios-padrão dos valores da diferença entre o *torque* alvo e o *torque* médio produzido da sensação de força produzida (N-M) obtidos a 20% e 50% da CIM ($p < 0,05$).

Na realização do Y-test, observamos através da tabela 4 que não existe diferenças estatisticamente significativas entre os grupos antes e após intervenção ($p=0,057$ e $p=0,154$, respectivamente).

Tabela 4: Comparação das médias e respectivos desvio-padrão (DP) do resultado final do Y-Teste em cm entre os grupos, antes e após intervenção.

	Antes		Após	
	Média	DP	Média	DP
Grupo Controle	98,4	4	98,7	8
Grupo Experimental	94	10	98,2	6,7
Valor de p	0,057		0,154	

Como se pode observar na figura 3, apesar de se verificar um aumento da performance dos sujeitos após intervenção (mais acentuada no grupo experimental), nenhuma destas diferenças podem ser consideradas estatisticamente significativas nos grupos antes e após a intervenção ($p=0,211$ e $p=0,78$, respetivamente). A função, avaliada através do *Y-test*, pareceu assim não ser afetada pela aplicação de crioterapia.

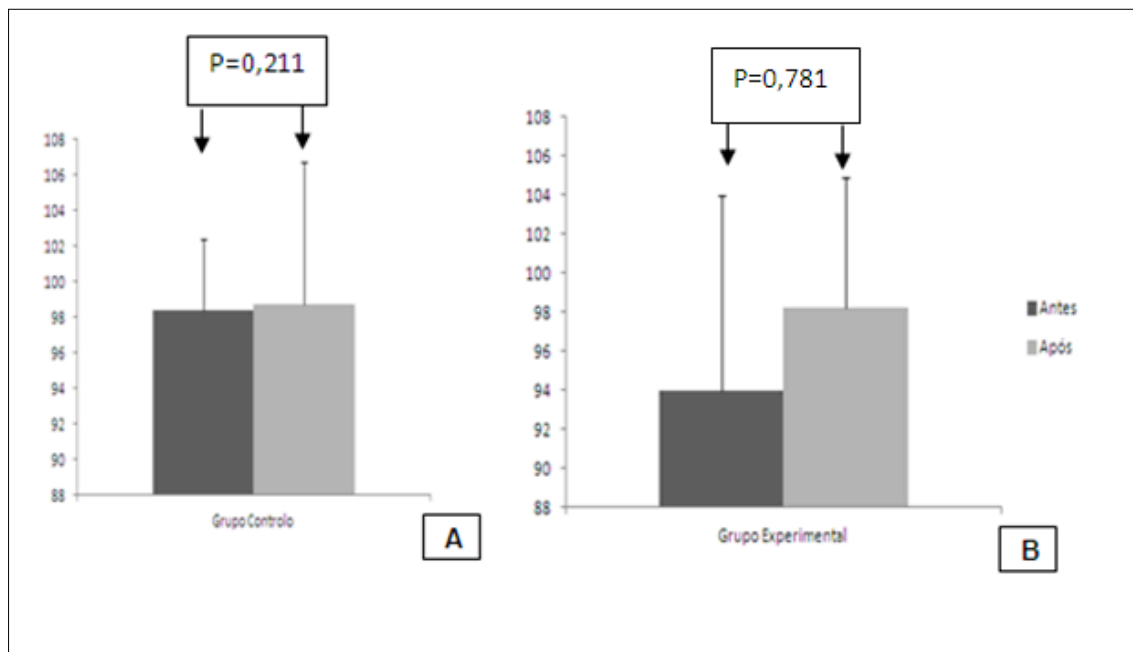


Figura 3: Comparação da média e respetivos desvios-padrão dos valores realizados no Y-test ($p<0,05$).

4. DISCUSSÃO

O presente estudo baseou-se na hipótese de que uma aplicação localizada de gelo, pudesse, pelo fato de diminuir a velocidade de condução nervosa das fibras sensoriais, e possivelmente afetar seletivamente a função dos OTG ter implicações nos parâmetros proprioceptivos deles dependentes e possivelmente na funcionalidade do membro inferior. Após a análise pormenorizada dos resultados, foi possível constatar que tanto a força máxima, como a reprodução de força (20% e 50% CIM) assim como a realização do Y-test não foram afetados pela aplicação de 10 minutos de gelo ao nível do tendão quadricipital não sugere provocar alterações dos OTG bem como na funcionalidade das fibras extrafusais responsáveis pela capacidade de produção de força.

Relativamente à sensação de força produzida, e à possível alteração da função dos OTG, foi possível verificar que não se registaram alterações significativas em nenhum dos grupos em estudo, nem quando se utilizou como referência para reprodução de força os 20% e 50% da contração isométrica máxima. Estes resultados vão ao encontro aos encontrados por Tremblay *et al.*, que investigaram o efeito da aplicação de 20 minutos de gelo nos 2/3 médios da região anterior da coxa, na capacidade discriminativa de pesos do quadríceps, capacidade dependente da sensação de força produzida. Após a análise dos resultados obtidos, concluíram que a acuidade proprioceptiva do quadríceps, refletida pela sua capacidade discriminativa de pesos, não se encontrava alterada após a aplicação de 20 minutos de gelo no seu ventre muscular ($p > 0.05$) (Tremblay et al, 2001). Neste caso, como apenas a aplicação de gelo foi só realizada no ventre muscular, onde só temos FNM, seria já de esperar ausência de efeito na discriminação de pesos.

No que respeita aos OTG (Fibras Ib), Mense registou uma ligeira diminuição da sua atividade quando sujeitos a uma diminuição da temperatura, sendo apenas investigado o efeito da diminuição da temperatura até 30°C (Mense, 1978). Neste estudo, foi possível verificar que uma diminuição da temperatura, não provoca alterações significativas na sensação de força produzida nem aos 20% nem aos 50% do CIM.

Relativamente à produção de força máxima parece haver alguma divergência nos resultados dos estudos que avaliaram o efeito da crioterapia na força muscular. Alguns estudos demonstraram que a ação do frio diminuía (Douris *et al.*, 2003) a força muscular, outros concluíram que aumentava (Sanya & Bello, 1999), contudo outros estudos concluíram que o frio não afetava significativamente a força do músculo (Borgmeyer *et al.*, 2004).

Douris *et al.* (2003) propuseram-se a estudar o efeito da crioterapia na máxima força isométrica dos extensores do punho imediatamente após a remoção da modalidade e ao longo de 15 minutos após a retirada do agente frio. O protocolo consistia em submergir o antebraço num banho frio por cinco, dez, 15 ou 20 minutos. Os resultados deste trabalho indicaram que houve uma significativa diminuição na força isométrica quando o antebraço foi imerso durante cinco, dez, 15 ou 20 minutos, não tendo ocorrido uma total recuperação da força máxima durante o período de recuperação em nenhum dos tratamentos (Douris *et al.*, 2003).

Contrariamente, Sanya e Bello (1999) obtiveram resultados distintos quando investigaram o efeito da crioterapia na força máxima isométrica do músculo quadríceps em 60 indivíduos, previamente à aplicação do agente frio e, imediatamente e dez minutos após a remoção da modalidade. Obtendo um aumento significativo da força isométrica imediatamente e dez minutos após o tratamento comparativamente com os valores basais (Sanya & Bello, 1999).

Borgmeyer *et al.* (2004), realizaram um trabalho em que mediram o momento máximo de força, a velocidade constante, produzida pelos flexores do cotovelo com aplicação de massagem com gelo durante dez minutos na região do bicipite braquial. Neste trabalho não foram encontradas diferenças com aplicação de gelo.

Os resultados do nosso estudo vão de encontro ao estudo de Borgmeyer *et al.* (2004), uma vez que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na aplicação de 10 minutos de crioterapia.

Segundo Siqueira *et al.* (2002), à medida que a temperatura dos tecidos profundos baixa, a velocidade de condução nervosa diminui e a transmissão sináptica na junção neuromuscular diminuem. Assim, deverão ocorrer alterações na ativação da unidade motora, levando a um aumento da viscosidade das fibras muscular, conseqüentemente a

modificações na força produzida pela contração muscular (Siqueira *et al.*, 2002). No nosso estudo não se verificaram diferenças na força máxima pois a aplicação da crioterapia foi apenas na zona do tendão quadricipital e não no ventre muscular.

Atendendo a que o arrefecimento poderá interferir nos OTG, diminuindo assim a sua ativação, e levando conseqüentemente a uma diminuição do reflexo miotático inverso, por isso seria mais esperado um aumento da produção da força máxima, que de acordo com os resultados obtidos tal fato não se verificou. Também, uma diminuição de força máxima não seria esperada dado que a aplicação da crioterapia não foi efetuada diretamente no músculo, mais propriamente nas fibras extrafusais, mas sim ao nível do tendão quadricipital.

Os resultados obtidos no teste funcional utilizado mostraram que a função se manteve inalterada tanto no grupo controlo como no grupo experimental, indiciando que a função do joelho, e do membro inferior como um todo, não se encontrou alterada com a aplicação de gelo no tendão quadricipital. Estes resultados são compatíveis com os de Evans *et al.* (1995), que observaram que a imersão do pé em água gelada durante 20 minutos não provoca alterações na agilidade ($p > 0.05$). Contrariamente a estes resultados, Cross *et al.* (1996) observaram alterações em alguns testes funcionais ao membro inferior após a imersão da perna em gelo durante 20 minutos ($p < 0.01$). No entanto convém salientar que a proprioceptividade é apenas uma das componentes necessários à função, e que défices funcionais não podem ser explicados exclusivamente com base em possíveis alterações proprioceptivas.

Como em qualquer estudo, estão sempre presentes limitações sendo neste estudo a avaliação da proprioceptividade. Esta limitação deve-se à dificuldade em avaliar seletivamente o contributo de cada fonte de informação proprioceptiva, uma vez que o SNC utiliza uma grande variedade de informação sensorial para codificar os parâmetros proprioceptivos. Apesar de na elaboração da metodologia deste estudo se ter tentado avaliar de forma seletiva a função dos OTG, é virtualmente impossível limitar o contributo de outras fontes de informação sensorial, que poderão ter uma maior preponderância aquando de défices nos principais recetores associados aos diferentes parâmetros proprioceptivos. A possível compensação através de informação de origem cutânea, articular e central, ser “resistente” à técnica de crioterapia utilizada, poderá ter estado na origem dos resultados observados, ajudando a explicar a ausência de

alterações nos diferentes parâmetros proprioceptivos estudados, bem como na função do membro inferior.

Atendendo a estes resultados, a utilização da crioterapia imediatamente antes de outras intervenções terapêuticas não parece estar assim posta em causa, uma vez que a manutenção da acuidade nos diferentes parâmetros proprioceptivos, não deverá, devido a alterações no controlo motor, predispor ao aparecimento ou ao agravamento de lesões músculo-esqueléticas.

5. CONCLUSÃO

Tendo em conta os objetivos definidos à partida, e após a realização deste estudo, é possível concluir que a aplicação de gelo, como realizada neste estudo, na região mio-tendinosa do quadríceps, não provoca défices significativos nos parâmetros da proprioceptividade do joelho, nomeadamente na sensação de força produzida.

É também possível concluir que a aplicação do gelo nesta região, não provoca alterações significativas na força máxima nem na funcionalidade do joelho, quando avaliada através do y-test.

Conclui-se assim que a aplicação da crioterapia na região mio-tendinosa do quadríceps não provoca défices significativos ao nível das respostas sensório-motoras do joelho, e que à luz destes resultados, esta pode ser utilizada antes da realização de outras técnicas terapêuticas, sem qualquer risco adicional a nível motor.

6. BIBLIOGRAFIA

- Ashworth, N.L.; Marshall, S.C.; Satkunam, L.E. (1998). *The effect of temperature on nerve conduction parameters in carpal tunnel syndrome*. Muscle Nerve.21(8):1089-91.
- Bell, K.R.; Lehmann, J.F. (1987). *Effect of cooling on h- and t-reflexes in normal subjects*. Arch Phys Med Rehabil. 68(8):490-3.
- Borgmeyer, J.A; Scott, B.A; Mayhew, J.L. (2004) *The effects of ice massage on maximum isokinetic torque production*. J Sport Rehabil.13: 1-8.
- Bosco, G.; Poppele, R.E. (2001). *Proprioception from a spinocerebellar perspective*. Physiol Rev. 81(2):539-68.
- Cameron, M. H. (2003). *Physical Agents in Rehabilitation: from research to practice (2^aed)*. Saunders.
- Cornwall, M.W.(1994). *Effect of temperature on muscle force and rate of muscle force production in men and women*. J Orthop Sports Phys Ther. 20(2):74-80.
- Cross, K.M; Wilson, R.W; Perrin, D.H (1996). *Functional performance following na ice immersion to the lower extremity*. J Athl Train.31(2):113-6.
- Delisa, J. A.; Gans, B. M. (2002). *Tratado de Medicina de Reabilitação*. Brasil: Manole.
- Dover, G; Powers, M.E. (2003) *Reliability of joint position sense and forcereproduction measures during internal and external rotation of the shoulder*. 38(4):304-10.
- Douris, P.; Mckenna, R.; Madigan, K.; Cesarski, B.; Costiera, R.; Lu, M. (2003) *Recovery of maximal isometric grip strength following cold immersion*. J Strength Cond Res.17
- Drouin, J.M.; Valovich-mcLeod, T.C.; Shultz, S.J.; Gansneder, B.M.; Perrin, D.H. (2004) *Reliability and validity of the biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements*. Eur J Appl Physiol. 91(1):22-9.
- Enwemeka, C.S; Allen, C.; Avila, P.; Bina, J.; Konrade, J; Munns, S. (2002) *Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy*. Med Sci Sports Exerc. 34(1):45-50.
- Evans, T.A; Ingersoll, C.; Knight, K.L.; Worrell, T. (1995) *Agility following the application of cold therapy*. J Athl Train. 30(3):231-4.
- Grigg, P. (1994) *Peripheral neural mechanisms in proprioception*. J Sport Rehab. 3(1):2-17.

- Jackson, A.S; Pollock, M.L; Ward, A. (1980) *Generalized equations for predicting body density of women*. Med Sci Sports Exerc.12(3):175-81.
- Jami, L. (1992) *Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscle: Functional properties and central actions*. Physiol Rev. 72(3):623-66.
- Jones, L.A. (1986) *Perception of force and weight: Theory and research*. Psychol Bull. 100(1):29-42.
- Knight, K. L. (2000). *Crioterapia no tratamento de lesões esportivas* (1ªed.). Manole LTDA.
- Knight, K.L.; Brucker, J.B.; Stoneman, P.D.; Rubley, M.D. (2000) *Muscle injury management with cryotherapy*, Athletic Therapy Today. 5 (4): 26-30.
- Lawrence, C.M.; Shuster, S.(1985) *Comparison of ultrasound and caliper measurements of normal and inflamed skin thickness*. Br J Dermatol. 112(2):195-200.
- Mac Auley, D.C. (2001) *Ice therapy: How good is the evidence?* Int J Sports Med. 22(5):379-84.
- Marini, R.; Forti, F. (s.d.). *A influência da crioterapia na propriocepção do joelho de indivíduos saudáveis*.
- Melnyk, M; Faist, M; Claes, L; Friemert, B. (2006) *Therapeutic cooling: No effect on hamstring reflexes and knee stability*. Med Sci Sports Exerc. 38(7):1329-34.
- Mense, S. (1978) *Effects of temperature on the discharges of muscle spindles and tendon organs*. Pflugers Arch.374(2):159-66.
- Michalski, W.J; Seguin, J.J. (1975) *The effects of muscle cooling and stretch on muscle spindle secondary endings in the cat*. J Physiol. 253(2):341-56.
- Myrer, W.J; Myrer, K.A; Measom, G.J; Fellingham, G.W; Evers, S.L. (2001) *Muscle temperature is affected by overlying adipose when cryotherapy is administered*. J Athl Train. 36(1):32-6.
- Ostojic, S.M. (2006) *Estimation of body fat in athletes: Skinfolds vs bioelectrical impedance*. J Sports Med Phys Fitness. 46(3):442-6.
- Pitanga, E.J.G (2004). *Testes, medidas e avaliação em educação física e esportes*. São Paulo: Phorte

- Proske, U. (2005) *What is the role of muscle receptors in proprioception?* Muscle Nerve. 31(6):780-7.
- Riemann, B.L; Lephart, S.M. (2002) *The sensorimotor system, part i: The physiologic basis of functional joint stability.* J Athl Train. 37(1):71-9.
- Riemann, B.L; Myers, J.B; Lephart, S.M. (2002) *Sensorimotor system measurement techniques.* J Athl Train. 37(1):85-98.
- Rosa, P.; Coelho, P. (2008). *A influência do gelo na sensação de posição articular do joelho.* EssFisiOnline. 19-31.
- Rutkove, S.B. (2001). *Effects of temperature on neuromuscular electrophysiology.* Muscle Nerve. 24(7):867-82.
- Sanya, A.O.; Bello, A.O. (1999)*Effects of cold application on isometric strength and endurance of quadriceps femoris muscle [abstract],* Afr J Med Med Sci. 28(3,4): 195-8.
- Siri, W.E. (1961) *Body composition from fluid space and density.* Techniques for measuring body composition Washington, DC: National Academy of Science. 223-44.
- Siqueira, C.M.; Pelegrini, F.; Fontana, M.F.; Greve, J.M. (2002) *Isokinetic dynamometry of Knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumper athletes and runner athletes.* Rev Hosp Clin Med. 57(1):19-24.
- Swenson, C; Sward, L; Karlsson, J. (1996) *Cryotherapy in sports medicine.* Scand J Med Sci Sports. 6(4):193-200.
- Thornley, L.J.; Maxwell, N.S.; Cheung, S.S.(2003). *Local tissue temperature effects on peak torque and muscular endurance during isometric knee extension.* Eur J Appl Physiol. 90:588-94.
- Toffin, D; McIntyre, J; Droulez, J; Kemeny, A; Berthoz A. (2003) *Perception and reproduction of force direction in the horizontal plane.* J Neurophysiol. 90(5):3040-53.
- Yeng, L. T., Stump, P., Kaziyama, H. H., Teixeira, M. J., Imamura, M., & Greve, J. M. (2001). *Medicina física e reabilitação em doentes com dor crônica.* Rev.Med. (São Paulo) , 245-255.