

Efeito do Gelo no Momento Máximo de Força Durante o Movimento Concêntrico de Extensão do Joelho

Raquel Duarte * e Rui Macedo **

* raquelasd@yahoo.com.br; ** rmacedo@estsp.pt

Introdução

A crioterapia é um método comumente usado no tratamento de lesões como coadjuvante na reeducação muscular (JUTTE *et al.*, 2001; OSBAHR *et al.* 2002; NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996). Devido ao efeito analgésico do frio, numa fase sub-aguda, a aplicação crioterápica permite iniciar o exercício mais precocemente (SWENSON *et al.*, 1996; BORGMEYER *et al.*, 2004), todavia, as propriedades termodinâmicas da crioterapia podem afectar a habilidade do músculo gerar tensão (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996).

Diferentes modos de crioterapia são frequentemente usados na prática clínica (KNIGHT, 2000; MERRICK *et al.*, 2003) ainda que, a modalidade mais utilizada seja o gelo triturado (NIRASCOU, 1987). A temperatura intramuscular diminui com a aplicação de crioterapia de modo mais lento e em menor magnitude do que a temperatura cutânea (JUTTE *et al.*, 2001; KNIGHT, 2000; MERRICK *et al.*, 2003; NIRASCOU, 1987), e a sua recuperação efectua-se de acordo com uma curva exponencial sem retornar ao valor inicial pelo menos durante três horas e 30 minutos após a remoção do agente (NIRASCOU, 1987). Contudo, o facto das várias modalidades terem diferentes propriedades termodinâmicas poderá resultar em diferentes eficácias de arrefecimento (MERRICK *et al.*, 2003). Sabe-se que a velocidade de decréscimo da temperatura do tecido e a magnitude das alterações da temperatura dependem de múltiplos factores, nomeadamente da diferença de temperatura entre o segmento corporal e a modalidade de frio (JUTTE *et al.*, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; KNIGHT, 2000; MERRICK *et al.*, 2003; JOHNSON, KITCHEN, 1996; MACAULEY, 2001; DOURIS *et al.*, 2003), da capacidade de armazenamento de calor do agente crioterápico (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; KNIGHT, 2000; MERRICK *et al.*, 1996), das dimensões da modalidade de frio (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; KNIGHT, 2000), da região do corpo em contacto com a modalidade crioterápica (JUTTE *et al.*, 2001; NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; KNIGHT, 2000; MERRICK *et al.*, 2003; NIRASCOU, 1987; MACAULEY, 2001), da duração da aplicação (JUTTE *et al.*, 2001; NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; KNIGHT, 2000; NIRASCOU, 1987; JOHNSON, KITCHEN, 1996; DOURIS *et al.*,

* **Fisioterapeuta**

** **Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto**

2003), do uso ou não de compressão (MERRICK *et al.*, 2003), da profundidade do tecido (JOHNSON, KITCHEN, 1996), da variabilidade individual (KNIGHT, 2000) e ainda, da actividade metabólica (MERRICK *et al.*, 2003) e da perfusão sanguínea da região (MERRICK *et al.*, 2003; MACAULEY, 2001). O período de reaquecimento está relacionado com a quantidade de calor retirado do corpo, que por sua vez depende da quantidade e da duração da exposição ao frio, e com a quantidade de calor disponível para reaquecer a região, resultante do metabolismo e do fluxo sanguíneo da região (MERRICK *et al.*, 2003; MACAULEY, 2001; KNIGHT, 2000). Ao nível do tecido cutâneo, a aplicação de frio provoca uma vasoconstrição imediata que é sucedida, quando a temperatura da pele desce abaixo dos 15°C, de uma vasodilatação e, conseqüentemente, uma elevação da temperatura cutânea local (SWENSON *et al.*, 1996; NIRASCOU, 1987; QUESNOT *et al.*, 2001). No músculo, a diminuição da temperatura, após a aplicação da crioterapia, induz um aumento da viscosidade dos tecidos e uma diminuição do fluxo sanguíneo (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996).

Alguns investigadores compararam a eficácia de algumas modalidades na redução da temperatura intramuscular. Zemke *et al.* (1998), compararam a massagem com gelo e um saco com cubos de gelo e concluíram que não existiam diferenças significativas entre as duas modalidades na redução da temperatura intramuscular. Chesterton *et al.* (2002), analisaram o efeito do frio na temperatura cutânea entre saco de gel e gelo triturado, durante 20 minutos na região da coxa anterior, e verificaram que a diminuição da temperatura cutânea foi significativamente menor com a aplicação do gelo triturado. Merrick *et al.*, 2003, obtiveram resultados semelhantes ao anterior, quando compararam as modalidades, gelo triturado, cubos de gelo e saco de gel. Estes investigadores concluíram que, numa aplicação crioterápica de 30 minutos na região anterior da coxa, não existiam diferenças significativas entre os agentes, gelo triturado e cubos de gelo, e que as diferenças na diminuição da temperatura intramuscular entre as modalidades gelo e gel foram-se atenuando à medida que os tecidos eram mais profundos.

A crioterapia pode também alterar a velocidade de condução nervosa periférica e a transmissão sináptica nas junções neuromusculares (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; NIRASCOU, 1987), uma vez que induz um prolongamento do período refractário, o que origina uma maior duração do potencial de acção, diminuindo a velocidade de transmissão do impulso (KNIGHT, 2000).

Diversos autores referem ainda que as alterações de temperatura dos tecidos profundos se correlacionam com a quantidade de tecido adiposo (KNIGHT KL. 2000; MYRER *et al.*, 2001; OTTE *et al.*, 2002). Myrer *et al.* (2001) e Otte *et al.* (2002), concluíram que quanto maior a espessura do tecido adiposo, maior o tempo necessário para o calor ser conduzido e, assim, arrefecer o músculo.

Durante a aplicação de frio local o indivíduo experiencia sensações de frio intenso, queimadura, dor e, por fim, analgesia (JOHNSON, KITCHEN, 1996).

Nirascou, 1987, afirma que a aplicação de crioterapia deve ser de 20 minutos. O gelo não deve ser aplicado directamente sobre a pele, à excepção da modalidade massagem com gelo, devido ao risco de lesão tecidual (MACAULEY, 2001; SWENSON *et al.*, 1996).

Estudos realizados concluíram que a toalha húmida é a barreira que permite um maior arrefecimento cutâneo (MACAULEY, 2001; MERRICK *et al.*, 2003). Alguns trabalhos

investigaram a acção da crioterapia na força muscular. Um desses trabalhos foi realizado por Thornley *et al.* (2003) que analisaram a relação entre a temperatura tecidual local e a máxima força isométrica na extensão do joelho. O protocolo usado foi de 30 minutos de crioterapia na região anterior da coxa e a modalidade utilizada foi um pacote de gel a -17°C (THORNLEY *et al.*, 2003). Os resultados obtidos revelaram que a diminuição da temperatura tecidual não produziu um efeito significativo na força máxima isométrica do quadríceps, apesar de ter havido uma tendência não significativa da força para diminuir imediatamente após a remoção da crioterapia (THORNLEY *et al.*, 2003). Borgmeyer *et al.* (2004) obtiveram resultados semelhantes quando realizaram um trabalho em que mediram o momento máximo de força (MMF), a velocidade constante, produzida pelos flexores do cotovelo com aplicação de massagem com gelo durante dez minutos na região do bíceps braquial. 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 (DOURIS *et al.*, 2003). 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). Sanya e Bello (1999) obtiveram resultados distintos quando investigaram o efeito da crioterapia na força máxima isométrica do músculo quadríceps em 60 indivíduos. Estes investigadores mensuraram a força isométrica do músculo previamente à aplicação do agente frio e, imediatamente e dez minutos após a remoção da modalidade (SANYA e BELLO, 1999). Os resultados obtidos revelaram que a força isométrica aumentou significativamente, imediatamente e dez minutos após o tratamento comparativamente com os valores basais.

Actualmente, ainda não existe consenso quanto à influência do género na performance muscular aquando da aplicação de crioterapia (CORNWALL, 1994). O investigador Cornwall (1994) estudou o efeito da temperatura na força e a sua relação no desenvolvimento de força em ambos os sexos. Neste estudo, os sujeitos submergiram o antebraço durante 20 minutos, em água a dez graus centígrados. Este autor verificou que imediatamente após o tratamento a máxima força voluntária isométrica dos extensores do punho diminuiu significativamente em ambos os sexos. Para além disso, os resultados demonstraram que a variação dos valores da força foi significativamente maior para o sexo masculino comparativamente com o sexo feminino.

Parece haver alguma divergência nos resultados dos estudos que avaliaram o efeito do frio na força muscular. Alguns estudos demonstraram que a acção do frio diminuía (DOURIS *et al.*, 1994) a força muscular, outros concluíram que a força aumentava (KNIGHT, 2000), enquanto outros consideraram que o frio não afectava significativamente a força do músculo (BORGMEYER *et al.*, 1999). Se à medida que baixa a temperatura dos tecidos profundos diminui a velocidade de condução nervosa e a transmissão sináptica na junção neuromuscular, então, ocorrerão alterações na activação da unidade motora, e se ao nível muscular há um aumento da viscosidade das fibras, então provavelmente, verificar-se-ão modificações na força produzida pela contracção muscular (NIRASCOU *et al.*, 1987; SIQUEIRA *et al.*, 2002). Por outro lado, se após uma vasoconstrição ocorre vasodilatação (NIEDA, MICHLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; JOHNSON, KITCHEN, 1996; MacAULEY, 2001; ZEMKE *et al.*, 1998), o fluxo sanguíneo

será maior no local onde se aplica o gelo (NIRASCOU, 1987; SIQUEIRA *et al.*, 2002), conseqüentemente existirá maior quantidade de oxigénio e nutrientes para a produção de energia essencial na contracção muscular (SIQUEIRA *et al.*, 2002).

Considerando que a crioterapia é integrada frequentemente nos programas de tratamento em fisioterapia durante a reabilitação (JUTTE *et al.*, 2001; OSBAHR *et al.*, 2002; NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996) e sabendo que, podem existir alterações na força muscular com a sua aplicação (NIRASCOU, 1987; JOHNSON, KITCHEN, 1996; DOURIS *et al.*, 2003; SIQUEIRA *et al.*, 2002; HOPKINS, STENCIL, 2002), torna-se relevante analisar a influência da modalidade crioterápica na força do músculo. A maioria dos autores referenciados limitou-se a avaliar a força muscular imediatamente após a remoção da modalidade (BORGMEYER *et al.*, 2004; THORNLEY *et al.*, 2003; SIQUEIRA *et al.*, 2002), porém, a informação da variação da força ao longo do tempo permite uma melhor compreensão dos efeitos da aplicação local de frio no músculo, tendo importantes implicações no planeamento de um tratamento terapêutico (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; MacAULEY, 2001; CORNWALL, 1994). Para além disso, a pluralidade dos estudos avaliou o efeito da crioterapia na força isométrica (MacAULEY, 2001; THORNLEY *et al.*, 2003; CORNWALL, 1994; HOPKINS, STENCIL, 2002), sendo escassos os trabalhos que analisaram o seu efeito na força isocinética (BORGMEYER *et al.*, 2004). Levanta-se então a seguinte questão: qual o efeito da crioterapia na força muscular? A hipótese de trabalho é: “a aplicação de gelo triturado afecta significativamente o MMF”.

O objectivo geral deste trabalho de investigação foi avaliar a influência do gelo no valor de MMF, a velocidade constante, no músculo quadríceps. Pretendeu-se investigar a variação do MMF antes e após a aplicação crioterápica, analisando as eventuais alterações deste parâmetro, durante o tempo de recuperação, até 45 minutos após a remoção do agente.

Métodos

1. Participantes ou sujeitos

1.1. População

Todos os sujeitos do sexo masculino entre os 18 e 25 anos de Portugal.

1.2. População alvo

Todos os sujeitos do sexo masculino entre os 18 e 25 anos do primeiro, segundo e terceiro anos do curso de fisioterapia da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto (ESTSP).

1.3. Amostra

O desenho de investigação foi quase experimental. A amostra de conveniência foi constituída por dez indivíduos do sexo masculino, voluntários e estudantes universitários do primeiro, segundo e terceiro anos do curso de fisioterapia da ESTSP. A média de idades foi de 21,8±1,8 anos, a altura de 1,75±0,08 metros, o peso corporal de 67,9±7,5 quilogramas e o Índice de Massa Corporal de 22,2±2,0. Todos os participantes realizaram previamente um questionário (JUTTE *et al.*, 2001; CHESTERTON *et al.*, 2002; HOPKINS, STENCIL, 2002; HOPKINS *et al.*, 2001) para assegurar que não apresentavam qualquer desordem neuro-músculo-esquelética

que comprometesse os resultados do estudo e a integridade física dos sujeitos (JUTTE *et al.*, 2001; CHESTERTON *et al.*, 2002). Para os sujeitos serem incluídos na amostra os critérios foram: possuírem idade compreendida entre 18 e 25 anos; serem do sexo masculino; apresentarem um índice de massa corporal entre 18,5 e 24,9 (BELL *et al.*, 2002). Seriam excluídos todos os sujeitos que apresentassem: história de patologia músculo-esquelética (CHESTERTON *et al.*, 2002; CORNWALL, 1994), que tenha resultado em cirurgia nos últimos dois anos ou que tenha sido concebida nos últimos seis meses (HOPKINS, STENCIL, 2002; HOPKINS *et al.*, 2001), no membro inferior (CHESTERTON *et al.*, 2002; CORNWALL, 1994; HOPKINS, STENCIL, 2002; HOPKINS, 2001) dominante que pudesse influenciar a produção de força (CORNWALL, 1994) do músculo quadríceps; alterações de sensibilidade térmica (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; NIRASCOU, 1987; MacAULEY, 2001; ZEMKE *et al.*, 1998; CHESTERTON *et al.*, 2002); doença cardiovascular (SWENSON *et al.*, 1996; CHESTERTON *et al.*, 2002); insuficiência vascular periférica (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; JOHNSON, KITCHEN, 1996; MacAULEY, 2001; ZEMKE, *et al.*, 1998; CHESTERTON *et al.*, 2002); síndrome de Raynaud (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; JOHNSON, KITCHEN, 1996; MacAULEY, 2001; ZEMKE *et al.*, 1998); crioglobulinemia (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; JOHNSON, KITCHEN, 1996; MacAULEY, 2001; ZEMKE, *et al.* 1998); hemoglobinúria paroxística ao frio (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; JOHNSON, KITCHEN, 1996; MacAULEY, 2001; ZEMKE, *et al.* 1998) e urticária ao frio (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; JOHNSON, KITCHEN, 1996; MacAULEY, 2001; ZEMKE *et al.*, 1998). Nenhum dos participantes foi excluído.

2. Instrumentos

Na realização do trabalho de investigação foi usado um dinamômetro isocinético de marca *Biodex Medical System 3 Pro* (representado em Portugal pela *Enraf Nonius I. Portugal Lda.*) com sede na rua Aquiles Machado 5-J 1900-077 Lisboa, para medir o valor de MMF, um *software* para o *Biodex Medical System 3 Pro* e uma impressora HP 694C. Foi usado ainda no estudo: uma balança *Soehnle*[®] para quantificar um quilograma de gelo triturado; um cronógrafo *Swatch*[®] para cronometrar a duração do tratamento e os períodos de medição da força após o tratamento crioterápico; um adipômetro e uma fita métrica *Harpender*[®] para mensurar a dobra cutânea da região anterior da coxa e para medir o perímetro da coxa, respectivamente (*John Bull British indicators Ltd*); um termómetro *Oregon Scientific*[®] para monitorizar a temperatura ambiente, um termómetro *Labortherm*[®] para mensurar a temperatura axilar; a temperatura cutânea da região anterior da coxa e a modalidade crioterápica foram monitorizadas com um termómetro *Thermoval*[®]; uma ligadura elástica com 15 centímetros de largura para fixar a toalha de feltro com gelo à coxa; e uma régua *Molin*[®] de 15 centímetros para distribuir equitativamente a toalha na coxa.

O dinamômetro isocinético citado é um instrumento com elevada fiabilidade e validade (DROUIN *et al.*, 2001). Os investigadores Drouin, Valovich, Shultz *et al.* (2001), avaliaram a fiabilidade e validade do instrumento para os parâmetros posição, momento e velocidade. Os resultados do coeficiente de correlação intraclass (ICC) para a validade foram de 0,99 para todos os parâmetros (DROUIN *et al.*, 2001). O ICC para a fiabilidade intra-sessão foi de 0,99 em todos os parâmetros, e o erro padrão (SEM) determinado foi de 0,58 para a posição, 0,29 para o momento e 4,63 para a velocidade (DROUIN *et al.*, 2001). Para a fiabilidade inter-

sessão, os valores de ICC foram de 0,99 para todos parâmetros avaliados, e o SEM foi de 0,001 para o momento, de 0,47 a 0,68 para a posição e de 10,44 a 12,09 para a velocidade (DROUIN *et al.*, 2001).

3. Procedimentos

O teste isocinético de extensão do joelho foi realizado no membro inferior dominante (THORNLEY *et al.*, 2003; SIQUEIRA *et al.*, 2002; SCHMITZ, WESTWOOD, 2001), que foi determinado pedindo a cada sujeito para chutar uma bola contra a parede (HORNLEY *et al.*, 2003; SCHMITZ, WESTWOOD, 2001), a adipometria e a perimetria também foram determinadas na coxa do membro dominante.

A dobra cutânea da coxa foi mensurada no ponto médio entre o ligamento inguinal e o pólo superior da rótula (THORNLEY *et al.*, 2003; LOHMAN *et al.*, 1988; MCARDLE *et al.*, 1994). Os sujeitos mantiveram-se na posição ortostática, com a articulação coxo-femoral ligeiramente flexionada a fim de identificar o ligamento enquanto que o ponto de referência distal foi identificado com o joelho do sujeito em extensão (LOHMAN *et al.*, 1988). Com uma fita métrica *standard* determinou-se o ponto médio, localizado entre os dois pontos referenciados, e assinalou-se este com uma cruz (LOHMAN *et al.*, 1988). Pediu-se a cada sujeito para transferir o peso do corpo para o membro inferior não dominante, mantendo o membro dominante relaxado com o joelho ligeiramente flexionado (LOHMAN *et al.*, 1988). O adipômetro foi aplicado sobre o local assinalado com uma cruz, no ponto médio da coxa, formando um ângulo recto entre o instrumento e a coxa (LOHMAN *et al.*, 1988; MCARDLE *et al.*, 1994). Foram realizadas três medições, cada medição foi efectuada num período não superior a quatro segundos (MCARDLE *et al.*, 1994), tendo-se determinado o valor médio das medições para cada indivíduo, correspondendo este ao valor da espessura de tecido adiposo para cada sujeito na região da coxa anterior (MCARDLE *et al.*, 1994). O perímetro da coxa foi mensurado na posição ortostática com o joelho semi-flectido e o membro inferior relaxado, a fita métrica foi aplicada no ponto médio assinalado anteriormente na coxa. Realizaram-se três medições do perímetro da coxa tendo-se determinado para cada indivíduo o valor médio das medições (LOHMAN *et al.*, 1988).

Todos os sujeitos foram requeridos para assistir a uma sessão de familiarização com o dinamómetro isocinético (THORNLEY *et al.*, 2003; BROWN, WEIR, 2001; KANNUS, 1994; POCHOLLE, CODINE, 1998; RUITER, HAAN, 2001; ROSENE *et al.*, 2001). No início da sessão de familiarização foram preenchidos os questionários e determinados os valores de perimetria e adipometria. Neste pré-teste os indivíduos tiveram oportunidade de efectuar no dinamómetro quatro repetições submáximas para se adaptarem ao aparelho (POCHOLLE, CODINE, 1998) e quatro repetições máximas (BROWN, WEIR, 2001; CHUG-LIN, 1996) para integrarem correctamente o esforço necessário durante o teste à velocidade angular escolhida para o estudo (POCHOLLE, CODINE, 1998): 180°/s (BROWN, WEIR, 2001; DVIR ZEEVI, 1995), num arco de 0°-90° de amplitude (DROUIN *et al.*, 2001; ROSENE, 2001, DVIR ZEEVI, 1995). Ao sujeito, foi explicado que teria de realizar o movimento o mais rápido possível, produzir um esforço máximo durante toda a amplitude considerada de extensão do joelho (MacAULEY, 2001; THORNLEY *et al.*, 2003; CORNWALL, 1994; CAMPENELLA *et al.*, 2000) e estar atento ao *feedback* visual do aparelho (THORNLEY *et al.*, 2003; CHUG-LIN, 1996; CAMPENELLA *et al.*, 2000), e que entre duas repetições o movimento de flexão seria realizado com um esforço moderado

(CHOW *et al.*, 1997). O único comando verbal fornecido em todas as sessões no dinamómetro foi “força, força, força”. Os sujeitos foram posicionados na cadeira do dinamómetro isocinético num ângulo coxo-femoral de 100° e o joelho a 90° de flexão (DVIR ZEEVI 1995). O eixo de rotação do dinamómetro coincidiu com o centro de rotação do joelho (SCHMITZ, WESTWOOD, 2001; POCHOLLE, CODINE, 1998) e o braço da alavanca de resistência do aparelho em posição distal (SANYA, BELLO, 1999; SCHMITZ, WESTWOOD, 2001; CAMPENELLA *et al.*, 2000; GERODIMOS *et al.*, 2003), imediatamente acima do maléolo medial (DVIR ZEEVI, 1995) da articulação tíbio-társica (BROWN, WEIR, 2001; DVIR ZEEVI 1995; CAMPENELLA *et al.*, 2000). Os indivíduos foram estabilizados com duas bandas que cruzavam no tronco (ROSENE *et al.*, 2001; CAMPENELLA *et al.*, 2000), uma banda na região pélvica (DVIR ZEEVI 1995; CAMPENELLA *et al.*, 2000) e uma banda fixada no terço distal da coxa do membro dominante (SANYA, BELLO, 1999; DVIR ZEEVI 1995; CAMPENELLA *et al.*, 2000; WEIR *et al.*, 1996). Os braços do sujeito mantiveram-se cruzados com as mãos a tocar nos ombros (ROSENE *et al.*, 2001; CAMPENELLA *et al.*, 2000). Procedeu-se à correcção da gravidade para o membro dominante previamente ao início do exercício (BROWN, WEIR, 2001; POCHOLLE, CODINE, 1998; ROSENE *et al.*, 2001; CHUG-LIN, 1996). No caso do indivíduo não ter compreendido o exercício no dinamómetro houve a possibilidade de repetir o pré-teste até se esclarecer todas as dúvidas.

Os sujeitos realizaram o teste isocinético no dinamómetro mantendo o posicionamento e as estabilizações acima referidas. O movimento concêntrico do quadricipete realizou-se entre 0°-90° de amplitude e à velocidade angular de 180°/s foram realizadas quatro repetições máximas (DOURIS *et al.* 2003; CHUG-LIN, 1996). Para análise foi usado o maior valor de momento máximo de força (MMF) das quatro repetições realizadas (THORNLEY *et al.*, 2003; WEIR *et al.*, 1996). O estudo foi realizado em duas sessões, na primeira sessão mediu-se o valor de MMF na ausência de gelo e na sessão seguinte o valor de MMF após a aplicação de gelo. No início das sessões os sujeitos permaneceram 15 minutos em repouso para se aclimatizarem à temperatura da sala onde se realizou a parte experimental da investigação (JUTTE *et al.*, 2001; THORNLEY *et al.*, 2003; SIQUEIRA *et al.*, 2002). As sessões foram realizadas após, no mínimo, um período de 48 horas (NIRASCOU, 1987; WEIR *et al.*, 1996) e sempre à mesma hora do dia (SIQUEIRA *et al.*, 2002). Na primeira sessão, após posicionar de forma adequada o sujeito no dinamómetro, foram registadas as referências fornecidas pelo aparelho que permitiram reproduzir a posição exacta, para cada sujeito no aparelho, na sessão seguinte (POCHOLLE, CODINE, 1998).

Sendo assim, no primeiro dia de teste o sujeito sentou-se na cadeira do dinamómetro correctamente posicionado e estabilizado, mediu-se a temperatura ambiente, axilar e cutânea. A temperatura cutânea foi mensurada no ponto médio entre o ligamento inguinal e o pólo superior da rótula. Explicaram-se quais os procedimentos que seriam adoptados durante a sessão e de que forma cada indivíduo deveria proceder e, à velocidade determinada, realizaram-se as quatro repetições máximas. Na segunda sessão, determinou-se novamente o ponto médio da coxa, segundo as referências usadas na adipometria, posicionou-se o indivíduo numa cadeira (OTTE *et al.*, 2002) onde se mediu as temperaturas ambiente, axilar e cutânea, esta última no ponto médio da coxa. De seguida, aplicou-se um quilograma de gelo triturado (KNIGHT, 2000; NIRASCOU, 198), a zero graus centígrados, envolvido numa toalha húmida (MACAULEY, 2001; ZEMKE *et al.*, 1998; CHESTERTON *et al.*, 2002) sobre a superfície anterior da coxa, de forma a que o lado de maior dimensão do invólucro fosse

posicionado ao longo do comprimento do segmento (THORNLEY *et al.*, 2003), durante 20 minutos (SWENSON *et al.*, 1996; MacAULEY, 2001). A toalha com gelo foi posicionada de forma a cobrir o ventre muscular do quadríceps. Para isso traçou-se uma linha imaginária entre o pólo superior da rótula e o ligamento inguinal (NIRASCOU, 1987; CHESTERTON *et al.*, 2002; OTTE *et al.*, 2002), tendo-se aplicado a toalha, com a ajuda de uma régua, equitativamente 14 centímetros para cada um dos lados da linha e mantendo a distância de dez centímetros entre o ligamento e a toalha e, o pólo superior da rótula e a toalha. A toalha foi fixada com uma ligadura elástica de 15 centímetros de largura (JUTTE *et al.*, 2001; KNIGHT, 2000; NIRASCOU, 1987; THORNLEY *et al.*, 2003) sem promover qualquer tipo de compressão (JUTTE *et al.*, 2001; KNIGHT, 2000; NIRASCOU, 1987). Imediatamente após os 20 minutos, retirou-se o gelo, mediu-se a temperatura cutânea e o MMF, realizando as quatro repetições. Após 15 minutos, 30 minutos e ao fim de 45 minutos da retirada do gelo voltou-se a medir a temperatura, no ponto médio da coxa, e de seguida o MMF, realizando para cada momento quatro repetições máximas. Entre os momentos de avaliação, o sujeito manteve-se sentado na cadeira do dinamómetro.

4. Ética

Os procedimentos adoptados na investigação estiveram de acordo com a declaração de Helsínquia (1983) e o protocolo experimental foi aprovado pelo Centro de Medicina Desportiva do Porto, local onde se realizou a investigação. Os indivíduos que constituíram a amostra foram informados previamente de todos os procedimentos do estudo e dos riscos associados à aplicação crioterápica nomeadamente, foi-lhes comunicado que durante a aplicação do agente poderiam experienciar sensações de frio intenso, queimadura, dor e, por fim, analgesia. Para além disso, tiveram que preencher um questionário para identificar possíveis patologias que contra-indicassem a aplicação crioterápica. Todos os indivíduos tiveram conhecimento da possibilidade de recusarem, a qualquer momento, prosseguir com a sua participação na investigação. Foi-lhes comunicado ainda, que não haveriam consequências resultantes da desistência. Os sujeitos que aceitaram as condições referidas declararam o seu consentimento por escrito.

5. Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada no programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (versão 12.0) e o nível de significância considerado foi de 5%. Foram determinadas as medidas de tendência central e de dispersão (médias, desvios padrão, limites máximos e mínimos) para a temperatura ambiente, axilar e cutânea da região anterior da coxa, adipometria, perimetria e MMF. Para a análise estatística dos valores de MMF e tendo em conta o tamanho da amostra (dez indivíduos) utilizou-se o teste *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade das distribuições. Procedeu-se à comparação das médias através do teste $t_{Student}$ para amostras emparelhadas nas distribuições onde se verificou a normalidade e o teste não paramétrico de *Wilcoxon* quando a distribuição não seguiu uma distribuição normal.

Resultados

Os valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos da adipometria e perimetria estão representados na tabela 1.

Tabela 1 - Valores das médias, desvios padrão, mínimos e máximos da adipometria e perimetria da amostra, expressos em centímetros.

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Adipometria	23,6	4,1	18,0	29,2
Perimetria	53,5	5,8	43,3	60,3

Os valores médios da temperatura, ambiente e axilar, nas sessões 1 e 2, evidenciam resultados próximos entre as sessões (tabela 2).

Tabela 2 - Valores, em graus centígrados, da temperatura ambiente (T_{amb1} e T_{amb2}) e axilar ($T_{axilar1}$ e $T_{axilar2}$) nas sessões 1 e 2.

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
T_{amb1}	23,9	0,1	23,8	24,0
T_{amb2}	23,7	0,3	23,2	24,0
$T_{axilar1}$	36,3	0,4	35,8	37,1
$T_{axilar2}$	36,2	0,4	35,5	36,7

Na tabela 3 estão registados os valores da temperatura cutânea monitorizada na região anterior da coxa. As temperaturas cutâneas na sessão 1, previamente à aplicação do teste, e na sessão 2, precedentemente à aplicação crioterápica, apresentam valores semelhantes ($T_{cutânea1}$ e $T_{pré-gelo}$). Os registos evidenciam ainda uma diminuição da temperatura cutânea imediatamente após a remoção da modalidade de frio, comparativamente com o valor registado antes da aplicação do agente, e um aumento gradual da temperatura ao longo do período de recuperação, ou seja, durante os 45 minutos após a remoção da crioterapia. No entanto, a temperatura cutânea no final do período de recuperação não atingiu os valores basais registados pré-aplicação crioterápica.

Tabela 3 - Valores, em graus centígrados, da temperatura cutânea na sessão ($T_{\text{cutânea1}}$) e na sessão 2 ($T_{\text{cutânea2}}$), previamente à aplicação crioterápica ($T_{\text{pré-gelo}}$), imediatamente (T_0), 15 (T_{15}), 30 (T_{30}) e 45 (T_{45}) minutos após a remoção do agente.

	$T_{\text{cutânea1}}$	$T_{\text{cutânea2}}$				
		$T_{\text{pré-gelo}}$	T_0	T_{15}	T_{30}	T_{45}
Média	30,2	30,1	16,6	24,35	25,9	27,8
Desvio padrão	0,7	0,6	0,4	1,4	0,9	1,0
Mínimo	29,0	29,0	16,0	21,0	24,5	27,0
Máximo	31,5	31,0	17,0	26,0	27,0	29,5

Na tabela 4 estão representados os valores individuais de MMF para cada momento de avaliação.

Tabela 4 - Valores, em Newton metro, do máximo momento de força (MMF) para cada indivíduo (Ind) na sessão 1 (MMF_1) e na sessão 2, imediatamente (MMF_0), 15 (MMF_{15}), 30 (MMF_{30}) e 45 (MMF_{45}) minutos após a remoção do agente crioterápico.

Ind	MMF_1	MMF_0	MMF_{15}	MMF_{30}	MMF_{45}
1	141,0	125,0	130,0	132,6	135,1
2	161,6	124,2	127,7	128,0	140,1
3	138,0	116,8	123,4	126,4	132,5
4	137,1	111,9	113,9	122,0	128,0
5	151,3	140,1	137,9	147,7	150,4
6	122,3	97,8	102,8	110,0	123,8
7	167,2	137,6	147,4	155,7	163,3
8	106,3	85,0	93,3	94,1	98,2
9	151,3	145,6	151,5	150,5	150,5
10	147,4	132,5	132,3	139,1	137,4

As médias dos valores do MMF registados nas sessões 1 e 2 estão representados na tabela 5. A análise da tabela evidencia uma diminuição considerável entre o momento MMF_1 e MMF_0 , e uma recuperação do valor de MMF durante os 45 minutos após a retirada do agente crioterápico. No fim do período de recuperação o momento da força manteve-se inferior ao valor alcançado na sessão 1.

Tabela 5 - Valores, em Newton metro, do momento máximo de força na sessão 1 (MMF_1) e na sessão 2 (MMF_2) imediatamente (MMF_0), 15 (MMF_{15}), 30 (MMF_{30}) e 45 (MMF_{45}) minutos após a remoção do agente crioterápico.

	MMF₁	MMF₂			
		MMF₀	MMF₁₅	MMF₃₀	MMF₄₅
Média	142,4	121,6	126,0	130,6	135,9
Desvio padrão	18,0	19,2	18,5	19,0	17,8
Mínimo	106,3	85,0	93,3	94,1	98,2
Máximo	167,2	145,2	151,5	155,7	163,3

A partir dos valores de prova (tabela 6) é possível constatar que os valores médios de força obtidos em todos os momentos de avaliação, após a remoção do agente de frio, são significativamente diferentes dos valores basais registados na sessão 1 (MMF_{1-0} , MMF_{1-15} , MMF_{1-30} e MMF_{1-45}) e que durante o período de recuperação as diferenças nos valores de MMF ainda são significativas (MMF_{15-0} , MMF_{30-15} e MMF_{45-30}).

Tabela 6 - Níveis de significância para os diferentes momentos de avaliação do momento máximo de força (MMF).

	Valor de prova (p)
MMF₁₋₀	0,000
MMF₁₋₁₅	0,000
MMF₁₋₃₀	0,005
MMF₁₋₄₅	0,012
MMF₁₅₋₀	0,005
MMF₃₀₋₁₅	0,002
MMF₄₅₋₃₀	0,006

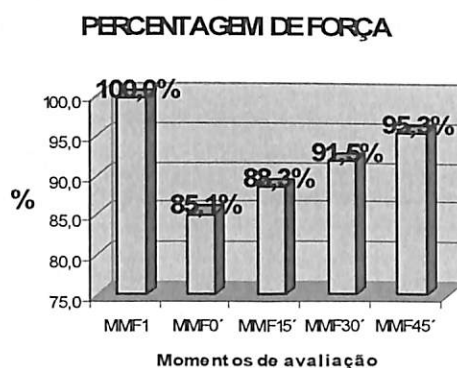


Figura 1 - Gráfico de comparação da percentagem (%) de momento máximo de força (MMF), imediatamente após a remoção do agente crioterápico (MMF_{0'}), 15 (MMF_{15'}), 30 (MMF_{30'}) e 45 (MMF_{45'}) minutos comparativamente com a % de MMF obtido na sessão 1 (MMF₁)

A figura 1 representa a percentagem de MMF em cada momento de avaliação tendo como base o valor médio obtido na sessão pré-aplicação de crioterapia. Considerando que o valor máximo de força foi atingido na primeira sessão de teste, pré-aplicação crioterápica, verifica-se que imediatamente após a remoção do agente (MMF_{0'}) ocorreu uma diminuição de cerca de 14,9% do MMF e, após este período, a força foi aumentando sendo a variação da percentagem, comparativamente com os valores de MMF₁, 11,7%, 8,5% e 4,7% para os momentos de avaliação MMF_{15'}, MMF_{30'} e MMF_{45'}, respectivamente.

Discussão

Para Knight, Brucker, Stoneman, Rubley (2000), nem sempre a crioterapia é utilizada, maximizando os seus efeitos. Existe alguma controvérsia na literatura publicada acerca dos benefícios terapêuticos devido à variedade de modalidades, às heterogenias condições patológicas e ao déficit na compreensão das respostas fisiológicas (ZEMKE *et al.*, 1998). Das investigações publicadas, poucas são as que comparam diferentes modalidades com o mesmo protocolo, muitas vezes, o número de indivíduos incluídos na amostra é reduzido (BORGMEYER *et al.*, 2004; CHESTERTON *et al.*, 2002; THORNLEY *et al.*, 2003; CORNWALL, 1994) e as áreas onde são aplicadas os agentes crioterápicos diferentes, para além da maioria dos trabalhos não controlarem algumas variáveis que poderão influenciar os resultados, nomeadamente a temperatura do agente de frio, a temperatura ambiente, a temperatura dos tecidos (BORGMEYER *et al.*, 2004; ZEMKE *et al.* 1998; CORNWALL, 1994; BLEAKLEY *et al.*, 2004), a profundidade de tecido adiposo da região onde é aplicada a modalidade (MACAULEY, 2001, ZEMKE *et al.*, 1998; CORNWALL, 1994), a área de aplicação do agente (MACAULEY *et al.*,

1998); entre outros (ZEMKE *et al* 1998). O que faz com que a comparação inter-estudos seja difícil (MACAULEY, 2001; ZEMKE *et al.*, 1998).

Durante a investigação realizada nenhum dos sujeitos experienciou qualquer reacção adversa ao protocolo experimental. A monitorização da temperatura ambiente e axilar nas duas sessões de teste permitiram verificar que os valores não sofreram alterações relevantes que pudessem influenciar o estudo. Relativamente à temperatura cutânea monitorizada na primeira sessão, imediatamente antes do teste no dinamómetro, e na segunda sessão, previamente à aplicação do gelo, obtiveram resultados próximos. Após a aplicação crioterápica ocorreu uma diminuição considerável da temperatura cutânea, mas que ao longo dos 45 minutos foi progressivamente recuperada sem atingir, no final deste período, os valores basais. A bibliografia refere que para valores de temperatura cutânea inferiores a 15°C ocorre vasodilatação (SWENSON *et al.*, 1996; JOHNSON, KITCHEN, 1996; ZEMKE *et al.*, 1998). No estudo, quando se mensurou a temperatura cutânea no momento T_0 o valor médio foi ligeiramente superior, contudo, os resultados da temperatura cutânea referem-se à temperatura de interface, por isso, a temperatura ambiente poderá ter influenciado os valores da temperatura da pele (KNIGHT, 2000; ZEMKE *et al.*, 1998).

Tendo em conta que após a remoção do agente, a temperatura intramuscular recupera mais lentamente que a cutânea (JOHNSON, KITCHEN, 1996), e sabendo que no estudo realizado a temperatura cutânea, ao fim dos 45 minutos, não atingiu os valores basais, presume-se que a temperatura intramuscular também se tenha mantido inferior à temperatura intramuscular precedentemente à aplicação de crioterapia.

Da mesma forma, os valores de momento máximo de força (MMF) não atingiram os valores basais no final dos 45 minutos, tendo sido significativamente diferentes. Constatou-se que o MMF diminuiu significativamente com a aplicação de crioterapia e que este, apesar de não alcançar os valores pré-aplicação de gelo, aumentou gradativamente ao longo do período de recuperação. Ou seja, o aumento do MMF ao longo do período de recuperação é significativo comparativamente com o momento de avaliação do MMF que o precedeu. Os resultados deste trabalho são consistentes com os estudos de Lcornwall (1994) e Douris *et al.* (2003), que verificaram que a força máxima isométrica diminuiu significativamente após a modalidade crioterápica. Douris *et al.* (2003) verificaram ainda que a força isométrica não retomou totalmente os valores basais durante o período de recuperação, 15 minutos após a retirada do agente. No entanto, os resultados do estudo contradizem os obtidos por Borgmeyer *et al.* (2004). Estes investigadores verificaram que a força isocinética dos flexores do cotovelo não se alterou significativamente com a aplicação crioterápica (BORGMEYER *et al.*, 2004). A comparação é difícil uma vez que o protocolo é bastante diferente, estes autores usaram gelo dinâmico e um período de aplicação de dez minutos, para além da área de aplicação também diferir (BORGMEYER *et al.*, 2004).

Os mecanismos responsáveis pelas alterações de força no músculo após a aplicação crioterápica são ainda muito pouco claros (CORNWALL, 1994). Para este autor, alguns dos possíveis mecanismos podem incluir: alterações nas propriedades mecânicas dos componentes elásticos do músculo; alterações no metabolismo do músculo e no fluxo sanguíneo periférico; aumento da viscosidade do músculo; alterações na propagação do impulso ao longo das fibras nervosas o que provoca alterações na activação da unidade motora;

e a influência da temperatura sobre os fusos aferentes do músculo. Para Douris *et al.* (2003), uma das possíveis explicações para as alterações de força baseia-se na redução da libertação de cálcio do retículo sarcoplasmático a temperaturas baixas, resultando num declinar do ATP disponível (DOURIS *et al.*, 2003). Esta diminuição de ATP disponível impede a formação de pontes miosina-actina resultando numa menor capacidade do músculo gerar força (DOURIS *et al.*, 2003).

A análise dos resultados obtidos neste estudo têm que ter em consideração, por um lado, o tamanho da amostra, apenas dez indivíduos, e por outro, características dos indivíduos como exemplo, a adipometria e a perimetria. Para além disso, a amostra foi constituída por jovens sem lesão, desconhecendo-se se em sujeitos lesionados a resposta seria diferente. Para além disso, os momentos de avaliação de MMF durante o período de recuperação foram realizados todos na mesma sessão. As quatro contracções realizadas em cada momento de avaliação podem ter influenciado os resultados do MMF dos momentos subsequentes uma vez que, a actividade durante o reaquecimento poderá influenciar o fluxo sanguíneo e o metabolismo aumentando a velocidade de reaquecimento do tecido muscular (KNIGHT, 2000; THORNLEY *et al.*, 2003).

A inclusão de crioterapia e exercícios activos no mesmo plano de tratamento deve ser bem ponderada, pois o gelo aplicado previamente ao exercício poderá ter uma acção oposta ao procedimento seguinte, o exercício. Se, por um lado, o gelo promove a analgesia (NIEDA, MICHOLOVITZ, 1996; SWENSON *et al.*, 1996; BORGMEYER *et al.*, 2004; DOURIS *et al.*, 2003; CORNWALL, 1994) facilitando a realização do exercício terapêutico, por outro, de acordo com os resultados obtidos diminui a força muscular, e um dos objectivos do exercício na fase sub-aguda é restaurar a função e a força muscular (KNIGHT *et al.*, 2000). Sendo assim, a aplicação crioterápica poderá promover, quando aplicada previamente ao exercício, a uma lesão (KNIGHT *et al.*, 2000). Nieda (1996) considera que os programas de força devem ser realizados precedentemente à aplicação de crioterapia, porém, Knight *et al.*, (2000), lembra que na fase sub-aguda o exercício realizado durante a reeducação é submáximo, não explosivo e controlado por isso, poder-se-á incluir a crioterapia quando há necessidade nesta fase de atenuar a dor na região lesada.

Conclusão

O gelo afecta o valor de momento máximo de força (MMF). Após a aplicação da modalidade crioterápica, gelo triturado envolvido numa toalha húmida, no músculo quadricípete durante 20 minutos, verificou-se que ocorreu uma diminuição significativa do MMF. Durante o período de 45 minutos, após a remoção da modalidade, o MMF aumentou gradualmente sem nunca atingir os valores obtidos antes da aplicação crioterápica.

Tendo em conta que temperaturas baixas diminuem a velocidade de condução nervosa (KNIGHT, 2000; BORGMEYER *et al.*, 2004; DOURIS *et al.*, 2003; CORNWALL, 1994), nos próximos estudos sugere-se que, após a aplicação crioterápica, se relacione a diminuição da força com o tempo de atingimento do MMF e com o ângulo articular onde é atingido o MMF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, A.C.; ADAIR L.S.; POPKIN, B.M. Ethnic differences in the association between body mass index and hypertension, *Am J Epidemiology*; 2002; Vol.155, pp.346-53.
- BLEAKLEY, C.; MCDONOUGH, S.; MACAULEY, D. The use of ice in the treatment of acute soft-tissue injury, *Am J Sports Med*, 2004; Vol.32, Nº1, pp.251-61.
- BORGMEYER JA, SCOTT BA, MAYHEW JL. The effects of ice massage on maximum isokinetic-torque production, *J Sport Rehabil*, 2004; Vol. 13, pp.1-8.
- BROWN, L.E.; WEIR, J.P. Accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise, Physiologyonline* [serial online], 2001; Vol.4, Nº3, pp.1-21. Available from: URL: <http://www.css.edu/users/tboone2/asep/Brown2.pdf>
- CAMPENELLA, B.; MATTACOLA, C.G.; KIMURA, I.F.; Effect of visual feedback and verbal encouragement on concentric quadriceps and hamstrings peak torque of males and females. *Isokinetics Exerc Sci*, 2000; Vol.8, pp.1-6.
- CHESTERTON, L.S.; FOSTER, N.E.; ROSS, L. Skin temperature response to cryotherapy, *Arch Phys Med Rehabil*, 2002; Vol.83, pp.543-9.
- CHOW, J.W.; DARLING, W.G.; HAY, J.G. Mechanical characteristics of knee extension exercises performed on an isokinetic dynamometer, *Med Sci Sports Exerc*, 1997; Vol.29, Nº6, pp.794-803.
- CHUG-LIN, N.G. *Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation*, Hong-Kong: Williams & Wilkins Asia-Pacific Ltd; 1996.
- CORNWALL, M.W. Effect of temperature on muscle force and rate of muscle force production in men and women, *J Orthop Sports Phys Ther*, 1994; Vol.20, Nº2, pp. 74-80.
- DOURIS, P.; MCKENNA, R.; MADIGAN, K.; CESARSKI, B.; COSTIERA, R.; LU, M. Recovery of maximal isometric grip strength following cold immersion, *J Strength Cond Res*, 2003; Vol.17, Nº3, pp. 509-13.
- DROUIN, J.M.; VALOVICH, T.C.; SHULTZ, S.J.; PERRIN, D.H.; GANSNEDER, B.M. Validity and realibility of the Biodex System 3 isokinetic dynamometer position, torque and velocity measurements, *J Athletic Train*, 2001; Vol.36, Nº2, pp. S-103.
- DVIR ZEEVI. *Isokinetics: muscle testing interpretation and clinical applications*, New York: Churchill Livingstone; 1995. P. 75-109.
- FOX, S.I. *Human Physiology*, 6th ed. Boston: McGraw-Hill; 1999.
- GERODIMOS, V.M.; ZAFEIRIDIS, A.; IOAKIMIDIS, P.; STAVROPOULOS, KELLIES, S. Isokinetic peak torque and hamstring/quadriceps ratios in young basketball players, *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2003; Vol.43, pp. 444-52.

- HOPKINS, J.T.; INGERSOLL, C.D.; EDWARDS, J.; KLOOTWYK, T.E. Cryotherapy and transcutaneous electric neuromuscular stimulation decrease arthrogenic muscle inhibition of the vastus medialis after knee joint effusion, *J Athletic Train* 2001; Vol.37, Nº1, pp. 25-31.
- HOPKINS, J.T.; STENCIL, R. Ankle cryotherapy facilitates soleus function, *J Orthop Sports Phys Ther*, 2002; Vol.32, pp. 622-27.
- JOHNSON, L.; KITCHEN, S. *Heat and cold: Conduction methods*. In: Kitchen S, Bazin S, editors. Clayton's Electrotherapy. 10th ed. London: WB Saunders; 1996. pp. 126-40.
- JUTTE, L.S.; MERRICK, M.A.; INGERSOLL, C.D.; EDWARDS, J.E. The relationship between intramuscular temperature, skin temperature and adipose thickness during cryotherapy and rewarming, *Arch Phys Med Rehabil*, 2001; Vol.82, pp. 845-50.
- KANNUS, P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation, *Int J Sports Med*, 1994; Vol.15, pp. S11-S18.
- KNIGHT, K.L.; BRUCKER, J.B.; STONEMAN, P.D.; RUBLEY, M.D. Muscle injury management with cryotherapy, *Athletic Therapy Today*, 2000; Vol.5, Nº4, pp. 26-30.
- KNIGHT, K.L. *Crioterapia no tratamento das lesões esportivas*. 1^a ed. S. Paulo: Manole; 2000.
- LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTONEL, R. *Anthropometric standardization reference manual*. Illinois: Human Kinetics; 1988.
- MacAULEY, D.C. Ice therapy: how good is the evidence? *Inter J Sports Med*, 2001; Vol.22, pp. 379-84.
- MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Essentials of exercise physiology*, Pennsylvania: Lea & Febiger; 1994.
- MERRICK, M.A.; JUTTE, L.S.; SMITH, M.E. Cold modalities with different thermodynamic properties produce different surface and intramuscular temperatures, *J Athletic Train*, 2003; Vol.38, Nº1, pp. 28-33.
- MYRER, J.W.; MYRER, K.A.; MEASOM, G.J.; FELLINGHAM, G.W.; EVERS, S.L. Muscle temperature is affected by overlying adipose when cryotherapy is administered, *J Athletic Train*, 2001; Vol.36, Nº1, pp. 32-6.
- NIEDA, K.; MICHOLOVITZ, S.L. *Cryotherapy*. In: Micholovitz, S.L., editor. Thermal agents in rehabilitation. 3rd edition. Philadelphia: FA Davies Company; 1996. pp. 78-106.
- NIRASCOU, M. Cryothérapie: cinétique des températures cutanées et musculaires lors de différentes applications de froid, *Ann Kinésithér*, 1987; Vol.14, Nº6, pp. 267-79.
- OSBAHR, D.C.; CAWLEY, P.W.; SPEER, K.P. The effect of continuous cryotherapy on glenohumeral joint and subacromial space temperatures in the post-operative shoulder, *J Arthroscopy*, 2002; Vol.18, Nº7, pp. 748-54.
- OTTE, J.W.; MERRICK, M.A.; INGERSOLL, C.D.; CORDOVA, M.L. Subcutaneous adipose tissue thickness alters cooling time during cryotherapy, *Arch Phys Med Rehabil*, 2002; Vol.83, pp. 1501-5.

-
- POCHOLLE, M.; CODINE, P. *Isocinétisme et médecine sportive*. Paris: Masson; 1998.
- QUESNOT, A.; CHANUSSOT, J.C.; CORBEL, I. Cryothérapie rééducation, *Kinésithérapie Scientifique*, 2001; Vol.416, pp. 21-29.
- ROSENE, J.M.; FOGARTY, T.D.; MAHAFFEY, B.L. Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes, *J Athletic Train*, 2001; Vol.36, Nº4, pp. 378-83.
- RUBLEY, M.D.; DENEGAR, C.R.; BUCKLEY, W.E.; NEWELL, K.M. Cryotherapy, Sensation and isometric-force variability, *J Athletic Train*, 2003; Vol.38, Nº2, pp. 113 -19.
- RUITER, C.J.; HAAN, A. Similar effects of cooling and fatigue on eccentric and concentric force-velocity relationships in human muscle, *J Appl Physiol*, 2001; Vol.90, pp. 2109-16.
- SANYA, A.O.; BELLO, A.O. Effects of cold application on isometric strength and endurance of quadriceps femoris muscle [abstract], *Afr J Med Med Sci*, 1999; Vol. 28, Nº3-4, pp. 195-8.
- SCHMITZ, R.J.; WESTWOOD, K.C. Knee extensor electromyographic activity-to-work ratio is greater with isotonic than isokinetic contractions, *J Athletic Train*, 2001; Vol.36, Nº4, pp. 384-7.
- SIQUEIRA, C.M.; PELEGRINI, F.; FONTANA, M.F.; GREVE, J.M. Isokinetic dynamometry of Knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumper athletes and runner athletes, *Rev Hosp Clin Med*, S. Paulo 2002; Vol.57, Nº1, pp. 19-24.
- SWENSON, C.; SWÄRD, L.; KARLSSON, J. Cryotherapy in sports medicine, *Scand J Med Sci Sports*, 1996; Vol.6, pp. 193-200.
- THORNLEY, L.J.; MAXWELL, N.S.; CHEUNG, S.S. Local tissue temperature effects on peak torque and muscular endurance during isometric knee extension, *Eur J Appl Physiol*, 2003; Vol.90, pp. 588-94.
- WEIR, J.P.; EVANS, S.A.; HOUSH, M.L.. The effect of extraneous movements on peak torque and constant joint angle torque-velocity curves, *J Orthop Sports Phy Ther*, 1996; Vol.23, Nº5, pp. 302-8.
- ZEMKE, J.E.; ANDERSEN, J.C.; GUION, W.K.; MCMILLAN, J.; JOYNER, A.B. Intramuscular temperature responses in the human leg to two forms of cryotherapy: ice massage and ice bag, *J Orthop Sports Phy Ther*, 1998; Vol.27, Nº4, pp. 301-07.