UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - RIO CLARO

EDUCAÇÃO FÍSICA

Ardiles Vitor dos Santos

Os efeitos da crioterapia no tratamento da fase aguda de uma lesão do músculo tibial anterior de ratos.

Rio Claro
2011

Ardiles Vitor dos Santos

Os efeitos da crioterapia no tratamento da fase aguda de uma lesão do músculo tibial anterior de ratos.

Orientador: Carlos Alberto Anaruma

Co-orientador:

Supervisor:

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Rio Claro
2011

796.022 Santos, Ardiles Vitor dos
S237e Os efeitos da crioterapia no tratamento da fase aguda de uma lesão do músculo tibial anterior de ratos. / Ardiles Vitor dos Santos. - Rio Claro : [s.n.], 2011
30 f. : il., gráfs., tabs., fots.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Carlos Alberto Anaruma

1. Cinesiologia. 2. Regeneração muscular. 3. Terapia com gelo. 4. Polimorfonucleares. 5. Células de inflamação. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Agradecimentos

Agradecer a Deus é mais do que lógico por ter colocado em meu caminho pessoas que me apoiaram ou que tentaram me desmotivar em relação à busca de um objetivo.

A quem me apoiou os meus mais sinceros agradecimentos, esse título também é de vocês. Àqueles que por algum momento tentaram me desmotivar, dizendo que faculdade pública era algo inalcançável, o meu muito obrigado, pois serviram para me encorajar a superar mais esta dificuldade.

À família que me forneceu subsídios para eu ser quem sou, que não ofereceu resistência quando precisei escolher em fazer o que sonhava e em contrapartida precisaria deixa-los, abrir mão de trabalho, proximidade de amigos, acompanhar de perto o envelhecimento dos meus pais, o crescimento dos meus pequenos sobrinhos, que agora se completam três. Sim, fiquei pra tio, mas não me arrependo, fui feliz na escolha e a faria novamente. Pai, mãe, irmã, cunhado, o que dizer? Saber que sua irmã chorou pensando que eu não mais voltaria, não tem preço. Pessoas mais que especiais, de onde tirei força para suportar a distancia e pressão de olhar ao lado e ver que estava em uma cidade desconhecida, com pessoas desconhecidas.

Aos poucos e verdadeiros amigos que acompanharam o processo de escolha e a realização de um sonho, vai o meu muito obrigado, por diversas vezes me ouvirem falar incansavelmente que um dia eu realizaria esse sonho. Thaís de Camargo Penteado, irmã de duas décadas, nossas histórias à beira mar em Angra dos Reis, nos renderiam um livro. O que me deixa mais contente é ver que hoje, oito anos após nossa viagem, todos os nossos planos se realizaram, sabe que nossa parceria é infinita, hoje fortificada pelo laço que temos. Obrigado por me escolher padrinho da minha única sobrinha. Aos atentados, simplesmente agradecer, se torna redundante, mais uma vez, muito obrigado. Maria Paula Serafim Rodrigues Alonso (soberinha) parceira para os momentos de relaxamento, shows e principalmente pelo elo que criamos.

Àqueles que me acompanharam pela graduação, tudo que aconteceu foi válido. Sempre trouxe um pensamento comigo: “não vim para fazer amigos ou agradar”. Hoje saio formado e com alguns amigos

Aos funcionários da UNESP, Ciça, Mônica, Meire, longas horas de resenha na portaria ou na recepção dos ingressantes, pessoa sem igual, aos integrantes da SAEPE- IB, obrigado por me atenderem quando solicitei e por fazerem parte desse momento mais que especial.

Aos professores do curso de Educação Física da UNESP de Rio Claro que em sua maioria dedicam suas vidas na construção das nossas carreiras.

Ao meu orientador que por vários momentos me aturou, valeu véio, quatro anos de teste de paciência, isso lhe garante uma casa no céu. Obrigado mesmo.

Obrigado a todos aqueles que fizeram parte da minha graduação, seja nos momentos felizes, tensos, de surtação e nos mais tranquilos também.

Agradecimento especial à PIBIC, que permitiu através deste trabalho o reconhecimento de minha iniciação cientifica. Àqueles que durante os 4 anos de graduação caminharam junto na busca de melhores condições de ensino e de expressão para os alunos. À galera que passou pelo Centro Acadêmico, muito obrigado pela paciência.

Não poderia esquecer aqueles que por dias e noites tinham que aturar minha caricatura em casa. Morar fora, se torna mais fácil quando nos identificamos com algumas pessoas, na mesma situação. Não é fácil, mas pode ser divertido, nem que seja caçando varejeira a 01 da manhã. Flavião, Paulo, Vanderley, Pedro, João. Valeu mesmo.

Na tentativa de contemplar aqueles que se encontram nos grandes grupos:

Família

Zeneide, Adilson, Paula, Anderson, Gabriel, Arthur, Márcia, Nilton, Kaio, Kamila, Gustavo, Udinéia, Jair, Luzia, Thaís, Diego, Beatriz, Maria Paula, Família Cecarelli.

Amigos

Aline, Irlla, Rebeca, Flávio, Pedro Henrique, João Paulo, Flores, Sofia, Nyna, Patrícia, Marina, Rafael.

De forma particular, todos interferiram na minha formação, sendo assim, mais uma vez, muito obrigado.

Temos então o fechamento de um ciclo e o início de outro. E para acabar fica uma música que retrata o momento.

Que venha o mestrado, doutorado e tudo mais. Só não pode faltar garra e determinação.

Pra declarar minha saudade (Maria Rita)

Fiz uma canção
Pra declarar minha saudade
Do tempo em que a alegria dominou meu coração
Eu era bem feliz
Mas desabou a tempestade
Levando um lindo sonho pelas águas da desilusão
Eu fiz uma canção
Pra declarar minha saudade
Usei sinceridade que
Me dá certeza que você
Quando ouvir o meu cantar,
Vai se lembrar que deixou
Do lado esquerdo do meu peito essa dor
Que tá difícil de curar
Tenho certeza que você
De onde ouvir
Meu soluçar em forma de uma canção
Vai se lembrar que nosso amor é tão bom
E que pra sempre vai durar

Acabou!

Sumário

Introdução 1
Objetivo 3
Revisão Bibliográfica 3
Material e Método 11
Resultados e Discussão 15
Conclusão 18
Referências Bibliográficas 19
Referências Digitais 19

Introdução

Vários meios terapêuticos têm sido utilizados para diminuir o impacto agudo da inflamação sobre as lesões do tecido musculoesquelético. Para o tratamento agudo da lesão pode ser lançado mão de meios eletroterapêuticos, como o Ultra Som, o Laser, ou ainda de meios físicos, como o frio ou o calor. Trabalhos que comprovam, do ponto de vista morfológico, a eficácia dos diferentes métodos terapêuticos são escassos e são importantes para conhecermos cada vez mais os seus efeitos sobre a fisiopatologia das lesões.

As lesões musculares podem ocorrer por mecanismos diretos ou indiretos. As lesões diretas podem ser causadas basicamente por sobrecarga repetitiva ou por traumatismo direto, tendo como conseqüência a inflamação no local da lesão. As lesões indiretas acontecem por problemas neurológicos (lesão de neurônio motor) ou vasculares (isquemia).

Segundo Robbins (1986), a inflamação é uma reação do tecido vivo vascularizado a uma lesão local. Estas podem ser causadas por infecções microbianas, agentes físicos, substâncias químicas, tecidos necróticos e reações imunológicas. O papel da inflamação consiste em conter e isolar a lesão, destruir os organismos invasores, inativar as toxinas liberadas e iniciar o processo de cura e reparo. Os sinais da inflamação foram primeiramente descritos por Cornelus Celsus, um escritor romano do século primeiro A.C, são eles: calor, tumor, rubor e dor, e mais tarde Galeno inclui a perda de função do órgão como um dos sinais (ROBBINS *et al* 1986, p.39).

A inflamação caracteriza-se por dilatação dos vasos sanguíneos com conseqüente aumento do fluxo de sangue no local, aumento da permeabilidade dos capilares com extravasamento de líquidos para os espaços intersticiais e conseqüente edema tecidual. Muitas vezes ocorre a coagulação destes líquidos nos espaços intersticiais devido às quantidades excessivas de fibrinogênio e de outras proteínas que extravasam dos capilares. Nesta fase ocorre migração de granulócitos e monócitos para o tecido. A intensidade do processo inflamatório é comumente, proporcional ao grau de lesão tecidual.

De acordo com Rodrigues (1995), a inflamação pode ser classificada em aguda ou crônica, dependendo da duração, tendo a inflamação aguda uma duração desde poucos minutos até dias, e a crônica a duração de semanas ou meses.

A importância de se escolher o meio fisioterápico onde certamente vamos ter os melhores resultados para a recuperação do local lesado, nos leva a procurar conhecer melhor o efeito efetivo destes meios no prognostico de recuperação de uma lesão. Assim, a recuperação deve ocorrer de maneira mais rápida, específica e menos traumática para os tecidos vizinhos.

Dentre os inúmeros métodos terapêuticos existentes para a recuperação de tecidos lesados em fase aguda, utiliza-se o resfriamento local, ou crioterapia. A crioterapia é um dos recursos mais baratos, práticos e de há muito recomendado no tratamento imediato de lesões musculoesqueléticas. O principal objetivo da utilização da crioterapia é o de minimizar seqüelas adversas que estão relacionadas ao processo de lesão como a dor, o edema, a hemorragia, o espasmo muscular e, principalmente, reduzir a área de lesão secundária.

Segundo Knight (1976), as respostas fisiológicas provocadas pela inflamação decorrente da lesão primária podem levar a uma lesão secundária por meio de mecanismos enzimáticos e hipóxicos que afetam as células da região periférica à lesão inicial. A lesão secundária ocasionada pela hipóxia pós-traumática deve-se a vários fatores, tais como hemorragia dos vasos lesados, hemostase, diminuição do fluxo sangüíneo por aumento da viscosidade do sangue e aumento da pressão extravascular. Além disso, o edema causado pela lesão pode ocluir pequenos vasos, aumentando ainda mais a área isquêmica.

A crioterapia, quando aplicada no corpo humano, desencadeia inúmeras respostas fisiológicas. Essas respostas variam bastante de acordo com a situação na qual estão sendo usadas, podendo apresentar melhora da vasoconstrição, diminuição da taxa de metabolismo celular, espasmo muscular e diminuição na velocidade de condução nervosa.

Embora a crioterapia associada à compressão seja recomendada como tratamento imediato após lesão muscular, o efeito de sessões intermitentes desses procedimentos na área de lesão muscular secundária não é bem

estabelecido. A descrição morfológica muitas vezes não traz a quantificação das células que participam dos eventos que compõe o quadro inflamatório, que antecede a regeneração do tecido lesado. Portanto, a falta de informação conclusiva da eficácia do tratamento da crioterapia, do ponto de vista da morfologia dos tecidos lesados, motivou-nos à elaboração deste trabalho.

Objetivo

O objetivo deste estudo foi analisar as alterações morfofuncionais das fibras musculares estriadas esqueléticas, do tecido conjuntivo adjacente e do processo inflamatório no músculo tibial anterior de ratos sedentários, que foram lesados experimentalmente e submetidos a aplicações intermitentes de crioterapia.

Revisão Bibliográfica

Crioterapia *significa, literalmente, "terapia com frio"* (KNIGHT, 2000)*. Assim, todo e qualquer uso de gelo ou aplicações de frio para fins terapêuticos é crioterapia. Em outras palavras, é a aplicação terapêutica de qualquer substância ao corpo que resulta em remoção do calor corporal, diminuindo, assim, a temperatura dos tecidos* (KITCHEN e BAZIN,1996)*.* Na fisioterapia a crioterapia tem sido utilizada de diferentes maneiras, como: aplicação de gelo ou compressas geladas para o atendimento imediato de lesões agudas; massagem com gelo; criocinética (aplicações alternadas de frio e exercício ativo); crioalongamento (aplicações alternadas de frio e alongamento muscular); banhos de água fria (piscina fria ou imersão em um "balde com gelo parcialmente derretido"); aplicação de gelo ou compressa gelada após cirurgia ortopédica, etc.

Segundo Knight (2000) as técnicas crioterapêuticas podem ser classificadas, com base nos objetivos de seu uso, em cinco categorias principais:

Atendimento imediato: resfriamento agudo de tecido musculoesquelético lesado logo após a lesão, como parte dos primeiros socorros;

Reabilitação: resfriamento do tecido durante a reabilitação de várias patologias musculoesqueléticas como adjunto de outra terapia;

Auxiliar cirúrgico: resfriamento de tecidos antes, durante ou após procedimentos cirúrgicos;

Criocirurgia: congelamento de tecido para fins cirúrgicos;

Diversas: técnicas que não se enquadram nas categorias anteriores.

O principal objetivo durante o atendimento imediato é prevenir lesões posteriores e minimizar as sequelas (eventos que acompanham a lesão e resultam dela).

A maioria das lesões musculoesqueléticas agudas acaba por impedir que a pessoa acidentada desenvolva suas atividades diárias. Os atletas, por exemplo, em geral são afastados dos treinos ou dos jogos quando lesionados.

As sequelas provenientes das lesões são as ditas lesões secundárias, a dor, o edema e o espasmo muscular. Contrariamente à crença popular, porém, a inflamação não é uma consequência adversa. Quando há hematoma, o processo inflamatório é necessário para que a cura ocorra (LEADBETTER, 1990). Se as aplicações de frio forem realizadas logo após a lesão, todas as sequelas decorrentes serão diminuídas. Ainda que o frio também reduza a resposta inflamatória, a desaceleração do metabolismo e da hipóxia secundária à lesão é mais do que compensatória.

Os efeitos fisiopatológicos do frio foram examinados por muitos pesquisadores (WISE,1973; KOWAL, 1983; OLSON, 1981). Esses efeitos podem ser classificados em sete categorias principais:

- Diminuição da temperatura;
- Diminuição do metabolismo;
- Efeitos inflamatórios (diminuição ou aumento);
- Efeitos circulatórios (diminuição ou aumento);
- Diminuição da dor;
- Diminuição do espasmo muscular;
- Aumento da rigidez tecidual.

A resposta imediata às aplicações de frio é o resfriamento dos tecidos. Se o resfriamento for intenso o suficiente (-20℃ a -70° C), o tecido é destruído (como na criocirurgia). Durante as aplicações da medicina esportiva, o tecido em geral é

resfriado a uma temperatura superficial de 1℃ a 10℃. O resfriamento a essa temperatura causa as reações teciduais observadas anteriormente.

Os efeitos fisiológicos da aplicação de frio não são tão diretos quanto os antigos clínicos consideravam. Tais efeitos como diminuição de dor, espasmo muscular, metabolismo e inflamação, parecem ser universalmente aceitos, embora os mecanismos de ação não sejam totalmente esclarecidos (KOWAL, 1983; OLSON, 1981). É interessante notar que, aparentemente, alguns tipos de inflamação e espasmo muscular são estimulados em vez de aliviados pelo frio. A literatura é confusa com relação aos efeitos circulatórios das aplicações de frio, havendo relatos de que as aplicações de frio resultam em maior fluxo sanguíneo e outros de que causam diminuição do fluxo sanguíneo, ainda que os proponentes do maior fluxo sanguíneo tenham explicações inexistentes ou arbitrárias sobre sua diminuição ou aumento (KNIGHT, 2000).

Nem todos os efeitos do frio são benéficos durante o tratamento das lesões esportivas, assim, se a crioterapia não for bem empregada, pode ser prejudicial em vez de benéfica.

Quando utilizadas de modo adequado, as técnicas de crioterapia são instrumentos poderosos para tratar patologias musculoesqueléticas, seja na fase do atendimento inicial em trauma agudo, seja durante a reabilitação de patologias musculoesqueléticas variadas. As aplicações inadequadas, contudo, podem impedir ambas as fases de tratamento da lesão, retardando ou impedindo a aplicação de terapia mais benéfica.

A busca de explicações fisiopatológicas comprovadas para as diversas técnicas de crioterapia deve prosseguir. Dessa forma as técnicas clínicas serão aprimoradas, e os pacientes receberão melhor atendimento de saúde.

Para compreender os efeitos do frio durante o tratamento das lesões esportivas, é preciso entender a inflamação – a resposta patológica do organismo à lesão – e como os tecidos lesados cicatrizam.

Lesão

Qualquer evento que danifique a estrutura ou função do tecido e, portanto, altere a capacidade das células realizarem seus mecanismos homeostáticos

normais ocasionando a resposta inflamatória. Uma lesão pode ser tão insignificante que o indivíduo nem a percebe; porém, a resposta inflamatória ocorre mesmo assim. A maioria das lesões esportivas é causada por trauma, seja *macro trauma,* também chamada de “impacto” ou de “contato”, ou *micro trauma,* conhecida ainda como de “uso excessivo”, “carga cíclica” ou “atrito” (LEADBETTER, 1990). Embora o trauma seja a principal causa de lesão no atletismo, existem muitas outras causas que ocasionam a mesma resposta inflamatória básica. Entre outras, pode-se citar: Agentes físicos como, queimaduras e radiação; Fatores metabólicos como a hipóxia; Agentes biológicos como as bactérias, os vírus ou algum parasita; Agentes químicos como, ácidos, gases, solventes orgânicos e substâncias químicas no interior do corpo; Secreções normais, em locais incomuns, como na gota, ou em maior quantidade em lugares usuais como numa úlcera estomacal; Agentes iatrogênicos como os provocados pelos efeitos colaterais da quimioterapia. Assim, a magnitude de reações específicas pode variar de acordo com o agente causador.

Lesão Secundária

A resposta do organismo aos danos traumáticos primários leva à destruição tecidual adicional, conhecida como lesão secundária. Acontece nas células da periferia da lesão traumática primária (ENNEKING, 1970; MOVAT, 1978; ROBBINS, 1979). Dois mecanismos resultam em lesão secundária: ação enzimática e hipóxia.

Lesão Enzimática Secundária

As enzimas destinadas a digerir os detritos celulares são ativadas e liberadas dos lisossomos das células mortas (ROBBINS, 1979; RYAN, 1977). Se tais enzimas entrarem em contato com as células vivas adjacentes, elas passam a degradar sua membrana celular, levando a mais morte celular.

Lesão Hipóxica Secundária

O termo lesão hipóxica secundária foi introduzido por volta de 1976, para descrever o dano tecidual decorrente de um desequilíbrio metabólico secundário às lesões traumáticas esportivas agudas (Knight, K. L. 1976). A lesão hipóxica secundária resulta de liberação inadequada de oxigênio para os tecidos da periferia de uma lesão traumática primária. O fluxo sanguíneo é interrompido nos vasos lesados distais ao local da lesão e diminui nos outros vasos da região, devido à estase e à aglutinação inflamatórias (NAJAFI, 1973; RYAN, 1976; STEWART, 1974). A falta de oxigênio finalmente ocasiona edema celular e rompimento, acidose e digestão lisossômica, de acordo com a descrição anterior. A degradação da membrana celular e a liberação intracelular de enzimas lisossômicas levam à morte celular. Os detritos que se formam adicionam-se ao hematoma. Assim, aumenta o total de tecido danificado.

Como o Frio Reduz o Edema?

As aplicações de frio em geral são realizadas depois que a coagulação ocorre e, dessa forma, não têm efeito sobre a hemorragia. Além disso, uma vez que o edema se desenvolve, as aplicações de frio não podem reverte-lo. No entanto, o frio pode evitar a ocorrência de edema quando é aplicado o mais rápido possível após a lesão. O frio reduz a lesão hipóxica secundária, de modo que há menos proteína livre nos tecidos. Assim, há menos pressão oncótica tecidual, que é a principal causa de edema (KNIGHT, 1976)..

O processo de cicatrização

O reparo nos tecidos compreende processos que substituem células mortas ou danificadas por outras sadias. Em geral a reparação começa logo após a lesão, quando já ocorreu remoção suficiente dos detritos. Quanto menor for o hematoma, mais rápido é o início da cicatrização e menos há para reparar. Alguns profissionais consideram a reparação uma parte da resposta inflamatória (FANTONE, 1990; SCHURMAN, *et al* 1990); outros acreditam que são processos

distintos (ROBBINS, 1979; LEADBETTER, 1990; MARTINEZ-HERMANDEZ . *et al* 1990).

Tipos de Reparação

Existem dois tipos de reparo: reconstituição com o mesmo tipo de células danificadas, e substituição por células mais simples. A reconstituição ocorre nas células que em geral têm alta taxa de *turnover* (depleção e reposição), como as da pele e do fígado. A reconstituição perfeita indica que as células danificadas são substituídas por células idênticas, sem deixar evidências da lesão. A reconstituição imperfeita acontece quando a maioria das células danificadas é substituída por células idênticas, mas algumas células são substituídas por tecido conjuntivo e, assim, forma-se o tecido cicatricial. Isso ocorre no tecido conjuntivo, no músculo, no sistema nervoso central e em qualquer região em que o dano seja extenso o suficiente para romper a estrutura celular básica. Também conhecido como reparação por tecido conjuntivo, esse processo ocorre de duas maneiras. A união primária acontece na região em que há uma pequena incisão, que se enche e cicatriza com muita rapidez. A união secundária ocorre quando há um espaço ou orifício grande a ser preenchido. É mais lenta e produz uma cicatriz maior.

Fases da Reparação

Como acontece com a resposta inflamatória, as fases do reparo tecidual costumam ter uma seqüência, mas pode ocorrer ao mesmo tempo em diferentes partes da região que sofreu a lesão. As quatro fases de reparo são as seguintes (DELEE, 1990; FISHER, et al 1900; GOSLEN, 1988; HUNT, 1980):

Fase Celular

A fase celular é uma extensão da fase fagocitária da inflamação. Nessa fase, os macrófagos recolhem os detritos celulares, e os sistemas circulatório e linfático drenam os resíduos celulares liquefeitos, que são, em grande parte, pequenas partículas de proteína livre. Isso é muito importante, uma vez que quanto mais proteínas permanecerem, maior será a cicatriz. (KNIGHT, 2000)

Resposta Vascular

A resposta vascular é uma fase transitória durante a qual são formados muitos capilares. Esses vasos levam até a região da lesão grandes quantidades de oxigênio e nutrientes necessários para a reparação. Um processo conhecido como *brotamento capilar* é o mecanismo primário da fase vascular. As células endoteliais dos vasos sangüíneos existentes nas bordas da lesão começam a dividir-se por mitose. As novas células afastam-se lentamente, mas mantêm contato com o vaso existente. Novas células arremetem-se entra as já existentes, forçando as terminações celulares a avançar para a região da lesão. Os botões que germinam adjacentes migram em direção uns dos outros, encontram-se e ligam-se, criando um *arco capilar.* O sangue passa a fluir através do arco, e um novo brotamento tem início nele. Logo uma rede desses arcos, ou uma arcada capilar, está formada, a qual, finalmente, se desenvolve em toda a região da lesão. Isso proporciona à área lesada uma circulação abundante, necessária para apoiar a colagenização, que é a fase seguinte. Por fim, depois que a colagenização ocorre e a necessidade de circulação abundante termina, muitos desses neovasos atrofiam-se. Outros formam arteríolas ou vênulas ou, ainda, continuam como capilares (KNIGHT, 2000).

A utilização do Gelo no Esporte

De modo geral, conseguimos perceber a grande utilização do gelo no tratamento de lesões e este mecanismo está também muito presente nos tratamentos de esportivas, que sempre precisam apresentar rápidos resultados.
Hoje a utilização do gelo nos processos de recuperação vem sendo cada vez mais indicada, seja na recuperação de lesões ou recuperação fisiológica como a remoção de lactado, o que muitas vezes o seu acumulo, pode limitar o desempenho do atleta. Objetivando a recuperação muscular encontramos as mais diversas técnicas, dentre elas temos a crioterapia, massagem, recuperação ativa, alongamento, hidroterapia, eletroestimulação, entre outros.

Uma das técnicas crioterápicas utilizadas é a crio imersão, onde utilizando um tonel de metal com capacidade média de 250 litros promove-se a mistura de gelo e água, de modo que os membros inferiores fiquem imersos, o nível de imersão fica abaixo das gônadas. De acordo com estudo realizado por Baroni al (2010), a utilização da imersão crioterápica não apresentou diferenças significativas quando comparamos com o repouso.

Como forma de recurso do frio para promover a recuperação tecidual podemos utilizar de algumas ferramentas, como:

Imersão no gelo

Baldes de gelo facilitam a aplicação por parte do treinador esportivo. Novamente, um local apropriado deve ser escolhido (onde a água que derrame não seja a preocupação) com o paciente confortavelmente posicionado. A imersão, como o banho de contraste, deve ser mantida até que os resultados desejados sejam alcançados. Se as criocinéticas fazem parte do tratamento, então o recipiente deveria ser grande o bastante para permitir o movimento do segmento do corpo (PRENTICE, 2002) .

Cryo-Cuff

É um aparelho que utiliza simultaneamente banhos frios e compressão. É bastante usado após uma lesão e pós-cirurgia (PRENTICE, 2002).

Criocinética

É uma técnica que possibilita a combinação entre a crioterapia ou a aplicação de frio com exercícios. A meta da criocinética é o adormecimento do membro lesado até o ponto de analgesia e então trabalhar para alcançar a amplitude normal de movimento mediante o exercício ativo progressivo. (PRENTICE, 2002).

Compressa crioterápica

Procedimento que se utiliza de uma fonte de frio, gelo ou bolsa térmica e sua aplicação é realizada diretamente na área lesada, não requer grande

preparação para sua utilização, só recomenda-se atenção com a aplicação do gelo que se colocado diretamente, sem proteção sobre a pele, pode causar queimaduras.

Material e Método

Para este experimento, foram utilizados 14 ratos machos da linhagem Wistar, provenientes do Biotério Central da UNESP - Campus Botucatu-SP, e mantidos no Biotério do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física – IB – Campus de Rio Claro. Os animais, com aproximadamente 90 dias de idade, foram pesados no início do experimento. Cada rato foi numerado e separado em gaiolas coletivas, contendo no máximo 5 animais por gaiola, para comporem os grupos experimentais. Para sua alimentação, foi utilizada ração balanceada para roedores (marca “Labina”), contendo 23% de proteína e água sem restrição.

O biotério foi mantido em temperatura ambiente e com períodos de claro e escuro intercalados a cada 12 horas. O tratamento estatístico se deu através do Teste Mann – Whitney (Teste U), disponível no software *Statística* (Statsoft)

Divisão de grupos

Os animais foram divididos aleatoriamente nos seguintes grupos:

- Grupo Lesado (L): Animais submetidos à lesão cirúrgica e mantidos sedentariamente.
- Grupo Lesado Tratados com Crioterapia (LTC): Animais submetidos à lesão cirúrgica e tratados com crioterapia.

Procedimento cirúrgico

O procedimento cirúrgico foi realizado em sala asséptica do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física – IB – Campus de Rio Claro e aprovado pelo Comitê de Ética Animal processo 224/2009.

Os animais foram anestesiados com pentobarbital sódico a 2% e após a anestesia serão posicionados em decúbito lateral para terem a face anterior da

pata direita posterior tricotomizadas. Após assepsia do local, a pele foi seccionada e o músculo tibial anterior exposto para a realização de um corte transversal em seu terço médio. Assim, com o auxílio do bisturi, realizamos um corte padronizado com aproximadamente 3mm de largura por 3mm de profundidade. Após a secção do músculo, a pele foi suturada. Posteriormente feita assepsia do local com álcool 70% para então recolher os animais às respectivas gaiolas onde serão mantidos sem restrição de água e ração. O músculo tibial anterior do membro posterior esquerdo será mantido como controle; e no local de aplicação do gelo será feita a tricotomia.

Aplicação de gelo

Para o experimento, foi utilizado bolsa plástica com água congelada, moldado na forma de um bastão de 1 cm de diâmetro. Este material será mantido em freezer até o momento de sua utilização.

A primeira aplicação de gelo na lesão ocorreu imediatamente após o procedimento cirúrgico (KNIGHT, K. L. 1976). Esta foi realizada em movimentos circulares na superfície da lesão, terá a duração de 5 minutos e com intervalo de 4 horas cada aplicação durante 3 dias. Estas aplicações ocorreram das 8 horas da manhã até as 18 horas, perfazendo um total de 3 aplicações diárias. Após este período os animais permaneceram em repouso no biotério até o dia seguinte para então, ser dado início à nova etapa de tratamento. Os animais foram sacrificados 12 horas após o último tratamento para terem o terço médio do músculo tibial anterior lesado colhido para análise histológica.

Figura 1: Apresenta o momento de aplicação do Gelo.

Coleta do Músculo

Para a coleta do músculo, os animais foram sacrificados com dose letal de Pentobarbital de sódio a 2%. O músculo é exposto para que a lesão seja localizada. Este foi seccionado de maneira a obter-se uma amostra que contenha toda a área afetada pelo tratamento. Esta amostra é fixada em um suporte de cortiça com a ajuda de um meio de inclusão para congelamento. Neste suporte as amostras serão identificadas e posteriormente envolvidas em talco mineral para serem, então, criofixadas em nitrogênio líquido, onde serão mantidas e conservadas até ficarem estocadas em um freezer a - 80ºC.

O descarte das carcaças dos animais será feito através da sua incineração, de acordo com a aprovação do Comitê de Ética em uso animal processo 224/2009.

Figura 2. Foto mostra a extensão da lesão feita cirurgicamente nos animais lesados.

Cortes e Técnicas Histológicas

Cortes seriados de 10µm de espessura do material congelado serão obtidos em um micrótomo criostato* a -25℃, para análise morfológica das fibras musculares e do tecido conjuntivo adjacente. Os músculos serão congelados em uma posição onde poderão, sempre que possível, fornecer imagens longitudinais das fibras musculares e da fenda incisional gerada pela lesão. Serão colhidas 3 séries de cortes sendo, 1 amostras da superfície da lesão e 2 amostras a 100 µm de profundidade uma da outra. Cada série de cortes fornecerá duas lâminas, as quais serão coradas com as técnicas H/E e Tricrômico de Masson para a análise morfológica do tecido muscular e conjuntivo. (DUBOWITZ *et al*, 1985). Associado à análise morfológica, será feita a documentação fotográfica das lâminas em fotomicroscópio ZEISS**, onde se procurará registrar e documentar as alterações morfofuncionais presentes na lesão.

Os resultados serão analisados e comparados de forma qualitativa e quantitativa.

Resultados e Discussão

Mediante as coletas realizadas, foi possível constatar que o objetivo do estudo foi alcançado, quando analisamos a interferência do gelo no metabolismo local da área lesada. Na gráfico 1, apresentado abaixo, podemos verificar que o numero de leucócitos totais presentes na área lesada é superior no grupo controle devido a manutenção do fluxo sanguíneo, já no grupo tratado, podemos constatar que a sutil queda do número das estruturas celulares presentes se justifica devido ao efeito vasoconstritor do gelo, que promove a redução da luz dos vasos sanguíneos, impedindo com que ocorra um maior fluxo de sangue e consequente presença de células inflamatórias.

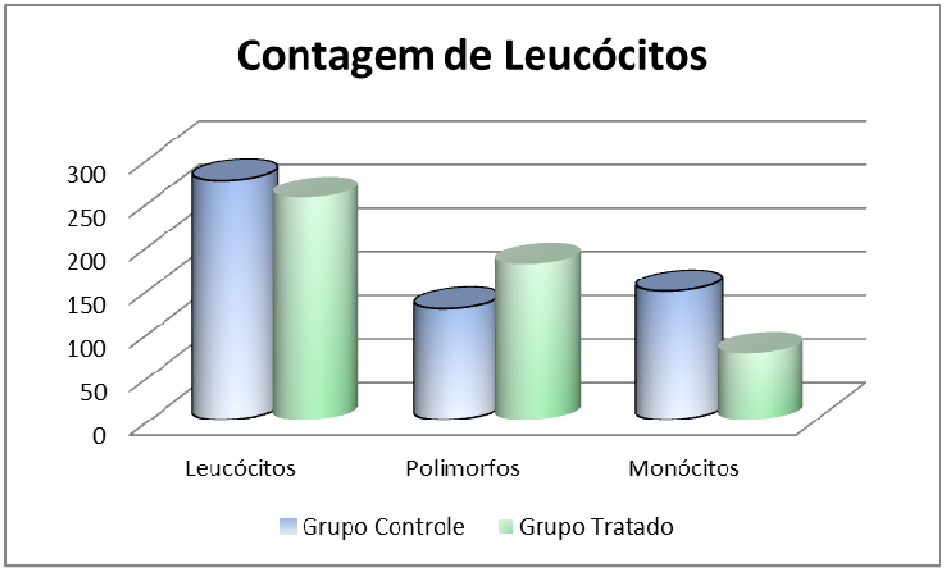

Gráfico 1: comparativo da contagem dos leucócitos presentes na área lesada entre GC e GT.

Pode-se observar que houve aumento no número dos polimorfonucleares no grupo submetido ao tratamento, o que representa um benefício do tratamento devido a alta eficiência destes componentes celulares em sua função fagocitária. Mediante o tratamento com gelo foi possível reduzimos o extravasamento de sangue presente nos capilares para os espaços intersticiais e permitindo uma redução do numero de monócitos na região, que geralmente sua presença está relacionada ao aparecimento de edema, combatido com a aplicação do gelo.

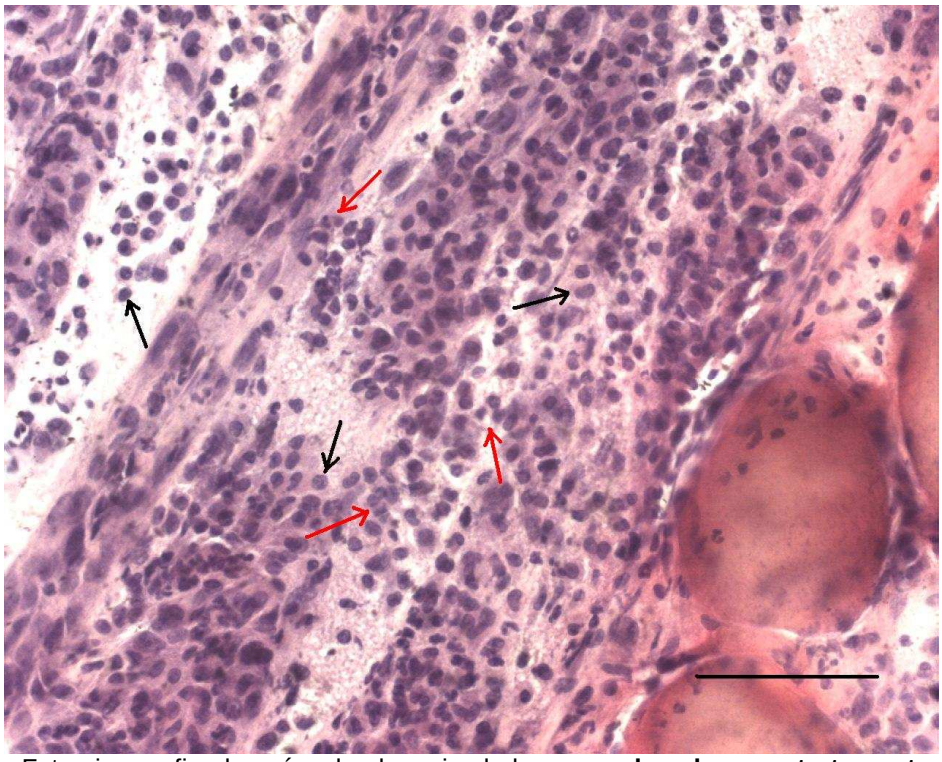

Figura 1. Fotomicrografia de músculo de animal do **grupo lesado sem tratamento** onde se observa inúmeros leucócitos polimorfonucleares (seta vermelha) e mononucleares (seta preta) em atividade de fagocitose dos restos necróticos de algumas fibras musculares. H/E. Barra = 50µm.

Embora seja possível morfologicamente identificarmos os benefícios promovidos pelo gelo ao grupo tratado, quando objetivamos quantificar os elementos celulares encontrados podemos verificar que estatisticamente as alterações encontradas não são significantes. Para esta constatação utilizamos como recurso estatístico a comparação entre os grupos e como ferramenta o teste Mann – Whitney (Teste U), disponível através do software Statística 7 (Statsoft) e o seu resultado pode ser verificado na tabela 1.

	Mann-Whitney U Test (Spreadsheet1) By variable Var2 Marked tests are significant at p <,05000							
variable	Rank Sum Grupo	Rank Sum Tratado	U	Z	p-level	Z adjusted	p-level	Valid N Grupo
Var1	55,00000	50,00000	22,00000	0,319438	0,749394	0,319438	0,749394	7

Tabela 1: representação estatística do experimento

Este experimento permitiu ratificar informações importantes que permeiam as pesquisas e observações a respeito da utilização da crioterapia no tratamento de lesões agudas. Alguns pontos já estão estabelecidos quando observamos a ação do gelo nas lesões e processos inflamatórios.(autores)

De acordo com CAILLET, (2000), a recomendação de utilização do gelo se dá para a fase aguda da lesão, compreendendo poucos minutos após a lesão até 12 a 24 horas subsequentes. O presente estudo constata esta recomendação e permite relacionarmos a aplicação da lesão com o processo de vasoconstrição e consequente redução de extravasamento de líquido dos capilares, reduzindo o número de leucócitos mononucleares e consequente aparecimento de edema, reduzindo o desenvolvimento do processo inflamatório. Por isso, pode-se dizer que quanto antes se aplicar o gelo, melhor pode ser a recuperação morfológica da estrutura, assim como podemos impedir o aparecimento de hematomas.

A respeito deste estudo podemos concluir que seu objetivo foi alcançado o que elucida a relação existente na presença de Leucócitos na área lesada e justifica a indicação de utilizarmos a terapia do gelo no processo de regeneração muscular, quando se trata da fase aguda da lesão.

Embora os estudos relacionados às contribuições da crioterapia nos processos terapêuticos venham se desenvolvendo, julga-se necessário mais estudos que possam sedimentar a interação existente entre a utilização do gelo como auxiliar ou como elemento principal no tratamento das lesões, sejam elas desportivas ou não, observando de forma mais objetiva o metabolismo local da lesão e suas interações celulares que se encarregam de promover esta regeneração muscular.

Conclusão:

O tratamento proposto permitiu a diminuição do número de leucócitos no local da inflamação e modificou a proporção de polimorfos e mononucleares, tornando a crioterapia um meio fisioterápico eficaz como método antinflamatório.

Referências Bibliográficas

ABAKUMOVA EA. Effect of hypothermia on inflammation. **Stomatologiia (Mask).;** v. 57, p.19-21. English abstract. 1978

AUKLAND K, NICOLYSEN G. Interstitial fluid volume: local regulatory mechanisms. Revista Americana de Fisiologia, v. 61, p.556-643. 1981

BARONI, BM, LEAL JR, ECP, GENEROSI,RA, GROSSELLI, G, CENSI, S, BERTOLLA, F. Efeito da Crioteapia de imersão sobre a remoção de lactato sangúineo após exercício. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. v.12, n.3, p179-185, 2010.

CAILLIET, R. **Doenças dos Tecidos Moles**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

DUBOWITZ, V. et al. Histological and histochemical stains and reactions. In: DUBOWITZ, V. **Muscle biopy: A moderm approach.** London: W.B. Saunders, v.2, p.20-33, 1985.

ENNEKING WF. **Principles of Musculoskeletal Pathology**. 1 ed. Gainesville. Storter Printing, 1970

ENWEMEKA CS. Inflammation, cellularity, and fibrillogenesis in regenerating tendon: implications for tendon rehabilitation. **Terapia Física**, v.69, n. 10, 816-825,1989;

FANTONE J.C. Basic concept in inflammation**.** In: Leadbetter WB, Buckwalter JA, Gordon SL,(Org) . **Sport-Induced Inflammation.** Chicago, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons, p. 25-53,1990.

FISHER, B. D, BARACOS. V. E, SHNITKA, T. K, MENDRY, S. W, REID, D. C. **Ultrastructural events following acute muscle trauma**. Medicine and Science in Sports and Exercise. N. 22, p. 185-193, 1990.

GOSLEN J. B, **Wond hearling for the dermatologic surgeon**. Journal of Dermatologic Surgery and Oncology, n. 14, p. 959-972. 1988.

GUYTON A. C, **Textbook of Medical Physiology**. Philadelphia, 5 ed., WB Saunders Go, 404-407, 1976.

GUYTON A. C, Integrative hemodynamics. In: Sodeman W.A. Jr, Sode- man W. A, (Org), **Pathologic Physiology**, Philadelphia, 5 ed., PA: WB Saunders Co, p. 149-176. 1977.

HANDLING, K. A. Rehabilitating athletic injuries with cryotherapy. **Journal of Physical Education, Recreation and Dance ,** v. 53, 338-340. 1982.

HOVIG T, DODDS, W. J, ROWSELL, H.C, MUSTARD JF. The transformation of hemostatic platelet plugs in normal and factor IX deficient dogs**. American Journal of Pathology**, v.53; 355-374. 1968.

JUNQUEIRA, L.C., CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 11.ed - Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2008.

KNIGHT, K. L . Cold as a modifier of sports-induced inflammation. In: Leadbetter, W. B, Buckwalter, J.A, Gordon, S.L, (Org). **Sports-Induced Inflammation**. Chicago, Americam Academy of Orthopaedic Surgeons, 463-477. 1990

KNIGHT, K. L , BRYAN, K. S, HALVORSEN, J. M. Circulatory changes in the forearm in 1,5,10 and 15ºC water. **International Journal of Sports Medicine**, v. 4, p. 281, 1981.

KNIGHT, K. L . Effects of hypothermia on inflammation and swelling. **Journal of Athletic Training**.; v.11, p. 7-10. 1976

KNIGHT, K. L , ELAM, J.F. Rewarming of the ankle. finger, and forearm after cryotherapy: further investigation of Lewis' cold-induced vasculation. **Journal of Athletic Training**. September, v 8, p. 17-18. 1981

KRAUS H. **Prevention and treatment of ski injuries**. Journal of Traumatology. 1:457-463. 1961;

KOWAL, M. A. Review of physiological effects of cryotherapy. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**. September/October, v. 5, p. 66-73, 1983.

KVIST H, JARVINEN M. SORVARI T. Effect of mobilization anda immobilization on the hearlon of contusion injury in muscle: a preliminary report of a histological study in rats. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 6, p. 137-140, 1974

LEHMAN JF, DELATEUR BJ. Cryotherapy. In Lehman, J. F, ed. **Therapeutic Heat and Cold**.. Baltimore, 3 ed., Williams & Wilkins, p. 564-602, 1982:

MUSTARD JF, PACKHAM MA. The reaction of the blood to injury. In: Movat HZ, ed. **Inflammation, Immunity, and Hypersensitivity**, New York. 2. Ed, NY: Harper & Row, p. 557-665, 1978.

NAJAFI H. Comment following: Griepp RB, Stinson EB, Shumway NE. Profound local hypothermia for myocardial protection during open- heart surgery. **Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**. v. 66, p. 732-741, 1973.

PAPENHEIMER, J. R, SOTO-RIVERA A. Effective osmotic pressure of the plasma proteins and other quantities associated with the capillary circulation in the hindlimbs os cats and dogs, **American Journal of Physiology,** v.152, p. 471-491, 1948

PRENTICE, W. E. **Modalidades Terapêuticas em Medicina Esportiva**. São Paulo: Manole, 2002.

ROBBINS, S. L. et al. **Patologia Estrutural e Funcional.,** 3ª ed. Ed. Guanabara, Rio de Janeiro, RJ., p.39-79, 1986.

RODRIGUES, A. Crioterapia: Fisiologia e Técnicas Terapêuticas. São Paulo: Cefespar; 1995.

Tepperman, P. S. & Devlin, M. **Therapeutic Heat and Cold: A practitioner's guide. Post graduated medicine,** v. 73, p. 69-76, 1983.

ROBBINS, S. L , COTRON RS. **Poathologic Basis of Desease**, 2nd ed. Philadelphia, PA: WB Saunders Co, p. 22-90, 1979

RYAN TJ. The blood vessels of the skin. **Journal of Investigative Dermatology,** v**.** 67, p.110-1181976

STEWART, G. J, RITCHIE, W. G. M, LYNCH, P. R. **Venous endothelial damage produced by massive sticking and emigration of leukocytes**. **American Journal of Pathology, v.** 74, p. 507-532, 1974

STARKEY, J. A. **Treatment of ankle sprains by simultaneous use of intermittent compression and ice packs**. American Journal of Sports Medicine. v. 4, p. 142-144. 1976.

SCHURMAN, D. J, GOODMAN, S. B, SMITH, R. L. Inflammation and tissue repair. In: Leadbetter WB, Buckwalter JA, Gordon SL. **Sports- Induced Inflammation**. Chicago Il. American Academy of Orthopeadic Surgeons, p. 547-554, 1990.

WEATHERALL, D. J, BUNCH, C, SHARP, A. A. The blood and blood-forming organs. In: Smith, L. H, Jr, Thier SO (Org). **Pathophysiology: the Biological Principles of Disease**. Philadelphia, PA: WB Saunders Co, p. 326-479, 1981

WISE D.D. **Ice and the athlete**. Physiothérapie Canada. V. 25, p. 213-217 1973

Referências Digitais

SANDOVAL, R.A, MAZZARI, A.S, OLIVEIRA, G.D. **Crioterapia nas lesões ortopédicas.** In: Revista Digital - Buenos Aires - Ano 10 - N°81 - Fevereiro 2005. Acesso em 29 de Setembro às 13:34

Prof.º Dr. º Carlos Alberto Anaruma

Ardiles Vitor dos Santos