

**Universidade Federal do Maranhão
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Programa de Pós-Graduação em Educação Física Mestrado
Acadêmico**

**CORRELAÇÃO ENTRE TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E
MARCADORES DE DANO MUSCULAR APÓS PROTOCOLO DE
SALTOS EM AMBIENTE CONTROLADO**

PAULO VITOR ALBUQUERQUE SANTANA

**São Luís
2018**

PAULO VITOR ALBUQUERQUE SANTANA

**CORRELAÇÃO ENTRE TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E
MARCADORES DE DANO MUSCULAR APÓS PROTOCOLO DE
SALTO EM AMBIENTE CONTROLADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da
Universidade Federal do Maranhão, para a obtenção do Título de Mestre em Educação
Física.

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Linha de Pesquisa: Atividade Física relacionada a Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso

Co-orientador: Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido

São Luís
2018

PAULO VITOR ALBUQUERQUE SANTANA

**CORRELAÇÃO ENTRE TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E
MARCADORES DE DANO MUSCULAR APÓS PROTOCOLO DE
SALTO EM AMBIENTE CONTROLADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da
Universidade Federal do Maranhão, para a obtenção do Título de Mestre em Educação
Física.

Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta (Examinador - Externo)
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Almir Vieira Dibai Filho (Examinador - Interno)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Mario Norberto Sevilio Junior (Examinador - Interno)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Christiano Bertoldo Urtado (Examinador-Suplente)
Universidade Federal do Maranhão

São Luís
2018

santana, Paulo Vitor Albuquerque.

Correlação entre termografia infravermelha e marcadores de dano muscular após protocolo de salto em ambiente controlado / Paulo Vitor Albuquerque santana. - 2018.

77 p.

Coorientador(a): Crhistian Emmanuel Torres Cabido.

Orientador(a): Christiano Eduardo Veneroso.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Educação Física, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

1. Dano muscular. 2. Saltos pliométricos. 3. Termografia infravermelha. I. Cabido, Crhistian Emmanuel Torres. II. Veneroso, Christiano Eduardo. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me abençoar em minha vida e durante todo este projeto, me livrando de todos os males.

A toda minha família, especialmente aos meus pais e meu avô, pela constante demonstração de amor, confiança e orgulho pelas etapas conquistadas.

Aos meus irmãos, que sempre me apoiaram com carinho e mostraram seu orgulho e admiração.

Ao meu orientador Prof. Dr. Christiano Veneroso, por ter me permitido realizar esse sonho, me apoiando, me aconselhando, tranquilizando quando algo dava errado, conversas sobre futebol, enfim, por esses 2 anos de trabalho, convivência e amizade.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Christian Cabido por aceitar me orientar tal como seus orientandos, pelos direcionamentos estatísticos, pelos conselhos, bate papo sobre futebol (mais capela que eu rs...) e fundamental contribuição para realização desse trabalho.

A minha namorada Ingrid Sousa, pelo amor, constante incentivo e por sempre estar ao meu lado a cada etapa vencida me ajudando a crescer mais e mais.

Às alunas de pibic Wanessa Marques e Paula Chaves por ajudarem nas coletas, seleção de voluntários, sendo fundamentais para realização desse estudo.

Aos amigos de turma por tornarem esses dias mais alegres, pelas brincadeiras, pelas reuniões de estudos, pela união e certeza de que juntos chegaremos mais longe

A todos os voluntários por aceitarem participar sendo de suma importância para o bom andamento e realização desta pesquisa.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) por financiar os custos deste projeto.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por custear meus estudos, me permitindo dessa forma dedicação integral a esse trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedido esse trabalho às pessoas fundamentais em minha vida:

Meus pais (Lindalva e Santana) e meu avô (José de Ribamar)

RESUMO

Objetivo: o objetivo deste estudo é correlacionar a termografia infravermelha com marcadores de dano muscular, após protocolo de saltos pliométricos realizado em ambiente controlado. **Materiais e Métodos:** A amostra foi composta por participantes do sexo masculino, fisicamente ativos com faixa etária compreendendo dos 18 aos 30 anos. Os sujeitos foram divididos em dois grupos, um controle e outro experimental. Ao chegar no laboratório o indivíduo realizava as seguintes coletas: amostra de sangue capilar, escala subjetiva de dor, avaliação termográfica e teste de salto. Em seguida realizava o protocolo de salto pliométrico. Nos momentos referentes à recuperação ao exercício proposto, 24 horas, 48 horas e 72 horas após foram realizadas novamente os procedimentos supracitados. **Resultados:** Os resultados mostraram aumento na concentração de creatina quinase ($p < 0,05$) e na intensidade de dor muscular de início tardio ($p < 0,05$) 24 horas após o protocolo de saltos pliométricos, sem alteração na temperatura irradiada da pele da coxa. Proteína c-reativa e mioglobina não apresentaram aumento em suas concentrações assim como não houve diferença no desempenho de saltos agachado e com contramovimento. **Discussão:** Os valores de termografia não apresentaram correlação com os marcadores de dano muscular, porém, os resultados indicam que uma sessão de saltos pliométricos, induz alteração na concentração de creatina quinase e intensidade de dor muscular de início tardio, sem deterioração no desempenho no decorrer dos dias. Algumas variáveis relacionadas a esses estudos podem explicar em parte os resultados divergentes como, diferentes tipos de protocolo aplicado, nível de treinamento dos avaliados, e diferentes métodos de seleção da região de interesse, logo a combinação desses multifatores podem contribuir na divergência dos resultados demonstrados. **Conclusão:** Desta forma pode-se concluir que uma sessão de saltos pliométricos altera alguns marcadores de dano muscular, mas não altera a temperatura das coxas gerando a não correlação com os marcadores de dano muscular.

Palavras-chave: saltos pliométricos, termografia infravermelha, dano muscular.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to correlate infrared thermography with muscle damage markers after a plyometric jumping protocol performed in a controlled environment. **Materials and Methods:** The sample consisted of physically active male participants with ages ranging from 18 to 30 years. The subjects were divided into two groups, one control and the other experimental group. Upon arriving in the laboratory, the individual performed the following collections: capillary blood sample, subjective pain scales, thermographic evaluation and jump test. Then he performed the plyometric jump protocol. At the moments related to recovery to the proposed exercise, 24 hours, 48 hours and 72 hours after the above procedures were performed again. **Results:** The results showed an increase in creatine kinase concentration ($p < 0.05$) and delayed onset muscle pain ($p < 0.05$) 24 hours after the plyometric jumping protocol, with no change in the irradiated temperature of the thigh skin. C-reactive protein and myoglobin showed no increase in their concentrations as there was no difference in the performance of crouching and countermovement jumps. **Discussion:** Thermography values did not correlate with muscle damage markers; however, the results indicate that a plyometric jumping session induces a change in creatine kinase concentration and delayed onset muscle pain, with no deterioration in performance over the course of days. Some variables related to these studies may explain in part the divergent results, such as different types of protocol applied, level of training of the evaluated, and different methods of selection of the region of interest, so the combination of these multifactors may contribute to the divergence of the results demonstrated. **Conclusion:** In this way it can be concluded that a plyometric jump session changes some markers of muscle damage, but does not alter the temperature of the thighs, generating a non-correlation with the markers of muscle damage.

Key words: plyometric jumps, infrared thermography, muscle damage.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Rompimento do sarcômero seguido de uma contração excêntrica. A – sarcômeros de um músculo normal demonstrando um bom alinhamento e padrão regular das bandas. B – sarcômeros de um músculo exposto a contração excêntrica demonstrando com rompimentos na região do disco Z. (Fonte: TIDUS, 2008: p. 7). 18
- Figura 2.** Esquema do dano muscular seguido de contração excêntrica. (Fonte: Adaptado de PROSKE, 2001: p. 334)..... 19
- Figura 3.** Características radiotivas de um corpo. (Fonte: Adaptado QUESADA, 2017. pág.39).....32
- Figura 4.** Visão geral gráfica do protocolo experimental. TI termografia infravermelha; DS, desempenho de saltos; AS amostras sanguíneas; EVA escala visual analógica; SOs, salto sobre obstáculos; SP, Salto em profundidade.41
- Figura 5.** Escala Visual analógica (Fonte: adaptado de Huskisson 1974)45
- Figura 6.** Termogramas região anterior (A) e posterior (B) das coxas e perna46
- Figura 7.** Cinética das concentrações de CK% séricas após protocolo. Dados apresentados como média e desvio padrão. * diferença significativa em relação ao Pré. # diferença significativa entre grupos. CON= controle, EXP= experimental. Diferença estatística estabelecida em ($p < 0,05$).50
- Figura 8.** Cinética das concentrações de MIO sérica após protocolo. Dados apresentados como média e desvio padrão. MIO= mioglobina, CON= controle, EXP= experimental.....50
- Figura 9.** Cinética das concentrações de PCR sérica após protocolo. Dados apresentados como média e desvio padrão. PCR= proteína c-reativa, CON= controle, EXP= experimental.51
- Figura 10.** Comportamento de desempenho em SA após protocolo. Dados apresentados como média e desvio padrão. SA= salto agachado, CON= controle, EXP= experimental..52
- Figura 11.** Comportamento de desempenho em SCM após protocolo. Dados apresentados como média e desvio padrão. SCM= salto com contramovimento, CON= controle, EXP= experimental.....52
- Figura 12.** Incidência do nível de dor após protocolo. Dados apresentados como média e desvio padrão. * diferença significativa em relação ao Pré e 72h. § diferença significativa em relação ao Pré. # diferença significativa entre grupos. CON= controle, EXP= experimental. Diferença estatística estabelecida em ($p < 0,05$).53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Confiabilidade das medidas para o desempenho de salto agachado do grupo controle, mensuradas diferentes situações experimentais pré vs. 24h, 48h e 72h.....	43
Tabela 2. Confiabilidade das medidas para o desempenho de salto com contramovimento do grupo controle, mensuradas nas diferentes situações experimentais pré vs. 24h, 48h e 72h.....	44
Tabela 3. Características dos sujeitos.....	49
Tabela 4. Valores de termografia da região anterior e posterior da coxa nos momentos de análise.	53
Tabela 5. Valores de correlação entre a região posterior da coxa e as variáveis de dano muscular avaliadas.	54

LISTA DE SIGLAS

CAE- Ciclo alongamento encurtamento

CK- Creatina quinase

DMIT- Dor muscular de início tardio

DM- Dano muscular

EVA- Escala Visual Analógica

MIO- Mioglobina

PCR- Proteína c-reativa

RCI- Região corporal de interesse

SA- Salto Agachado

SCM- Salto com contramovimento

TI- Termografia Infravermelha

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. JUSTIFICATIVA	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 SALTOS PLIOMÉTRICOS	16
3.2 DANO MUSCULAR	17
3.3 AVALIAÇÃO DO DANO MUSCULAR	19
3.4 AVALIAÇÃO DIRETA DO DANO MUSCULAR	20
3.5 AVALIAÇÕES INDIRETAS DO DANO MUSCULAR	20
3.5.1 Dor muscular de início tardio	21
3.5.2 Desempenho Muscular	22
3.5.3 Proteínas sanguíneas	23
3.5.3.1. Creatina Quinase	23
3.5.3.2 Mioglobina	26
3.5.3.3 Proteína C-reativa	27
3.6 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA	28
3.6.1 Princípios físicos da termografia infravermelha	30
3.6.2 Termografia infravermelha e ciência esportiva	32
3.7 SALTOS PLIOMÉTRICOS E O DANO MUSCULAR	33
3.8 CORRELAÇÃO ENTRE A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E MARCADORES DE DANO MUSCULAR	35
4. OBJETIVO GERAL	37
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
5. HIPÓTESES	38
6. MATERIAIS E MÉTODOS	39
6.1 CUIDADOS ÉTICOS	39

6.2 AMOSTRA	39
6.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	40
6.4 COMPOSIÇÃO CORPORAL	41
6.5 FAMILIARIZAÇÃO	41
6.6 DETERMINAÇÃO DA PERFORMANCE DE SALTO	42
6.6.1 Confiabilidade dos saltos	43
6.7 PROTOCOLO DE SALTOS PLIOMÉTRICOS	44
6.8 AVALIAÇÃO DA DOR MUSCULAR DE INICIOTARDIO	44
6.9 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA	45
6.10 COLETA DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS DE SANGUE	46
6.10.1 Dosagem da creatina quinase (CK).....	46
6.10.2 Dosagem da mioglobina e Proteína c-reativa	47
7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	48
8. RESULTADOS	49
9. DISCUSSÃO	54
10. CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS	60
APÊNDICE	70
Apêndice A- Termo de consentimento livre e esclarecido	70
Apêndice B- Ficha de coleta dos dados	73
ANEXO	75
QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA (IPAQ) - VERSÃO-CURTA	75

1. INTRODUÇÃO

Os exercícios pliométricos consistem de atividades que permitem o músculo realizar o maior nível de força no menor tempo possível, ou seja, ocorre um movimento extremamente rápido e vigoroso caracterizando pela combinação de ação excêntrica-concêntrica, chamada de ciclo alongamento-encurtamento (CAE) (KOMI e BOSCO, 1978; FARLEY, 1997).

O CAE ocorre quando há um alongamento muscular com concomitante geração de força, assim essas ações musculares geram uma produção de trabalho negativo, o qual tem parte de sua energia mecânica absorvida e armazenada na forma de energia potencial elástica nos elementos elásticos em série, conseqüentemente essa energia é liberada aumentando a produção total de força (FARLEY, 1997). Portanto, o CAE é a combinação dos fatores mecânicos e neurofisiológicos que quando associados, se tornam a base dos exercícios pliométricos, uma vez que a ação muscular excêntrica causa mudanças no sistema neuromuscular, aumentando a taxa de produção de força durante a ação concêntrica de maneira quase que imediata (MAIOR e colaboradores, 2005; TOFAS e colaboradores, 2008).

Os exercícios pliométricos podem ser aplicados em ambientes de diversas modalidades esportivas e em um programa de condicionamento físico. A prescrição dos treinos pliométricos devem seguir um planejamento e uma metodologia a fim de melhorar o desempenho atlético, se mostrando eficiente na melhora de capacidade de salto (BERTON e colaboradores, 2018), performance atlética (MARKOVIC e colaboradores, 2007), força explosiva (RAMÍREZ-CAMPILLO e colaboradores, 2014) tanto as modalidades esportivas individuais (atletismo) (CHELLY, HERMASSI e SHEPARD, 2015) e coletivas (futebol) (BEDOYA, MILTENBERGER e LOPEZ, 2015).

No entanto, a literatura relata que ação musculares excêntricas, tais como realizadas durante os saltos pliométricos, causam dano muscular, (AURA e KOMI, 1986; CLARKSON e SAYERS, 1999; JAMURTAS e colaboradores, 2005; PROSKE e ALLEN 2005; FOSCHINI e colaboradores, 2007) verificado por métodos de investigação diretos (ressonância magnética e biópsia muscular) ou indiretas (dor muscular de início tardio (DMIT), enzimas musculares, decréscimo da amplitude de movimento, etc) utilizados para analisar o dano muscular induzido pelo exercício (CLARKSON e HUBAL, 2002;

IMPELLIZZERI e colaboradores, 2008; CHATZINIKOLAOU e colaboradores, 2010; BRANCACCIO LIPPI e MAFFULLI, 2010; KAMANDULIS e colaboradores, 2012).

Entretanto por mais que esses marcadores possam estimar o dano muscular, eles não são capazes de predizer a localização anatômica do mesmo (BANDEIRA e colaboradores, 2014). Com isso, nos últimos anos, uma forma de avaliação vem se destacando no monitoramento e prevenção de lesões musculares, através do uso da termografia infravermelha (TI) (MARINS e colaboradores, 2013; ARNAIZ-LASTRA e colaboradores, 2014; SILERO e colaboradores, 2015; FERNÁNDEZ-CUEVAS e colaboradores, 2015; QUESADA, 2017)

A termografia infravermelha (TI) é uma técnica não invasiva, sensível à radiação oriunda da pele, relacionada diretamente com a temperatura (ARNAIZ-LASTRAS e colaboradores, 2014). Desta forma, cria-se uma imagem térmica em que cada pixel contém informações de temperatura que servem para comprovar um balanço térmico de uma pessoa e identificar assimetrias que podem estar relacionadas com zonas de risco lesivas (QUESADA, 2017).

A explicação fisiológica para o uso da TI se deve a resposta inflamatória, que gera um aumento do fluxo sanguíneo e atividade metabólica na região exercitada. Todo este processo exerce influência direta sobre a temperatura da pele, que pode ser captada pela TI (MARINS e colaboradores, 2013). Entretanto, vale ressaltar, que o controle das variáveis referentes ao estresse ambiental, como temperatura, umidade relativa do ar e vento, é fundamental para a boa acurácia dos resultados termográficos, uma vez que a pele pode ganhar ou perder calor por irradiação, evaporação, convecção e condução (ZAPROUDINA e colaboradores, 2008).

Nestas perspectivas alguns estudos têm investigado a correlação de marcadores sanguíneos de dano muscular e escalas de percepção subjetiva de dor, com a TI em diferentes protocolos de exercício e esportes (AL-NAKHLI e colaboradores, 2012; BANDEIRA e colaboradores, 2012; BANDEIRA e colaboradores, 2014; ADAMCZYK e colaboradores, 2016; MAIOR e colaboradores, 2017; SILVA e colaboradores, 2017). No entanto nenhum estudo avaliou a cinética e a correlação ao longo de 3 dias de recuperação entre marcadores sanguíneos e escala subjetiva de dor com TI após um protocolo de exercício pliométrico.

2. JUSTIFICATIVA

Diante deste panorama a avaliação das respostas de marcadores de dano muscular e inflamatório e sua possível correlação com a termografia infravermelha após uma sessão de protocolo de exercício pliométrico se faz necessário para determinar se a termografia infravermelha pode ser utilizada como um método de avaliação indireta contribuindo no monitoramento desse processo de recuperação.

Nesse contexto, de posse dessas informações, é possível realizar o planejamento de intervenções recuperativas específicas para serem aplicadas após exercícios, com o objetivo de atuar de maneira eficaz na recuperação fisiológica desses indivíduos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SALTOS PLIOMÉTRICOS

A palavra “pliométrie” é composta pelo prefixo “plio” que apresenta sentido de mais e pelo sufixo “metria”, que tem o significado de medir. Sendo o termo derivado da terminologia grega “pleythyein” (HOLMYARD e HAZELDINE, 1991). Essa técnica foi nomeada pelos russos nas décadas de 60 e 70. Inicialmente, os exercícios utilizados para a manifestação da pliométrie eram realizados pelos atletas de atletismo por meio de saltos aleatórios, já nos anos entre 1920 e 1930, no norte e leste europeu (BOMPA, 2004).

Os saltos pliométricos são caracterizados basicamente por ações musculares excêntricas seguidas imediatamente por uma explosiva ação concêntrica, representando uma função muscular denominada ciclo alongamento-encurtamento (CAE), um mecanismo fisiológico que aumenta a capacidade mecânica deste movimento (KOMI e BOSCO, 1978; MAIOR e colaboradores, 2005).

Durante a ação muscular excêntrica é produzido um trabalho negativo, o qual tem parte da sua energia mecânica absorvida e armazenada sob a forma de energia potencial elástica nos elementos elásticos em série (FARLEY, 1997). Quando ocorre a passagem da fase excêntrica (descendente) para a concêntrica (ascendente), os músculos podem utilizar parte desta energia rapidamente, aumentando a geração de força na fase subsequente, com menor gasto metabólico e maior eficiência mecânica (KOMI e NICOL, 2000).

Deste modo, o CAE é a combinação dos fatores mecânicos e neurofisiológicos que quando associados, se tornam a base dos exercícios pliométricos, uma vez que, a ação muscular excêntrica causa mudanças no sistema neuromuscular, os quais aumentam a taxa de produção de força durante a ação concêntrica de maneira quase que imediata (NICOL, AVELA e KOMI, 2006).

Três fases distintas compõem o CAE, são: excêntrica, amortecimento e concêntrica. A primeira fase, excêntrica, é compreendida pelo estiramento do músculo antagonista, já a segunda fase, amortecimento, apresenta a função de mudança entre as

fases 1 e 3, por fim, a terceira fase, concêntrica, consiste do encurtamento das fibras musculares agonistas (BAECHLE e EARLE, 2010).

Alguns fatores como o padrão de ativação motora dos músculos envolvidos, a quantidade de energia elástica armazenada e o equilíbrio entre estímulos facilitadores e inibidores da contração muscular, essencialmente regulam o CAE (KOMI, 2003).

Os exercícios pliométricos podem ser aplicados em ambientes de diversas modalidades esportivas e em um programa de condicionamento físico. A prescrição dos treinos pliométricos devem seguir um planejamento e uma metodologia afim de melhorar o desempenho atlético, se mostrando eficiente na melhora de capacidade de salto (BERTON e colaboradores, 2018), performance atlética (MARKOVIC e colaboradores, 2007), força explosiva (RAMÍREZ-CAMPILLO e colaboradores, 2014) tanto as modalidades esportivas individuais (atletismo) (CHELLY, HERMASSI e SHEPARD, 2015) e coletivas (futebol) (BEDOYA, MILTENBERGER e LOPEZ, 2015).

No entanto, as ações excêntricas como as que estão presente no CAE induzem ao dano muscular, que levam a alguns sintomas como: diminuição da força muscular, da amplitude de movimento, dor muscular de início tardio, bem como aumento dos níveis dos marcadores indiretos de dano muscular no sangue (KAMANDULIS e colaboradores, 2012).

3.2 DANO MUSCULAR

Está bem documentado na literatura que o exercício impõe uma sobrecarga mecânica ao músculo esquelético gerando pequenas rupturas, principalmente quando essas ações possuem predominância excêntrica com uma carga não habitual (PROSKE e ALLEN, 2005). Essas rupturas advindas desta sobrecarga são denominadas como micro lesões ou dano muscular (DM) (CLARKSON e HUBAL, 2002).

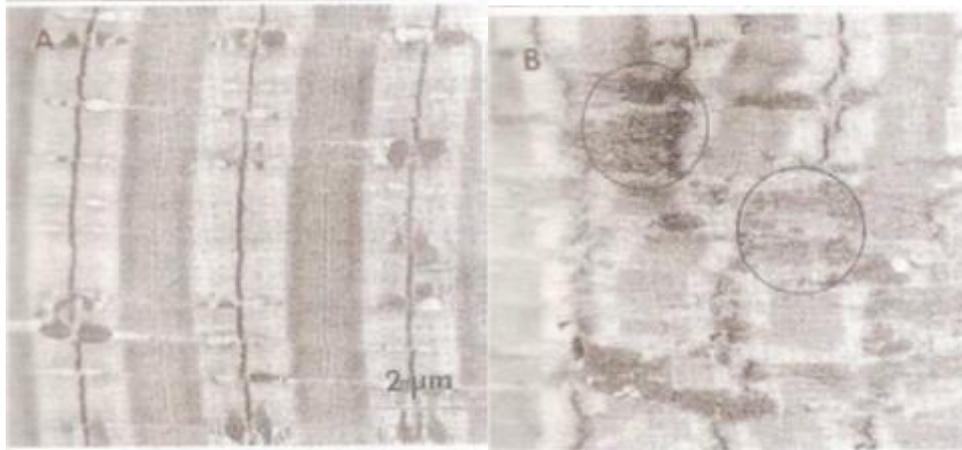


Figura 1. Rompimento do sarcômero seguido de uma contração excêntrica. A – sarcômeros de um músculo normal demonstrando um bom alinhamento e padrão regular das bandas. B – sarcômeros de um músculo exposto a contração excêntrica demonstrando com rompimentos na região do disco Z. (Fonte: TIDUS, 2008: p. 7).

Segundo Kendall e Eston (2002), danos à fibra muscular após exercício são normalmente atribuídos à desorganização na estrutura das fibras musculares, mais especificamente à ruptura, alargamento ou prolongamento da linha Z. Mchugh (2003) caracteriza a linha Z como sendo o ponto de contato das proteínas contráteis, fornecendo suporte estrutural para a transmissão de força quando as fibras musculares são encurtadas. O DM também parece ocorrer em outros componentes celulares, como o sarcolema, os túbulos transversos e as próprias miofibrilas (FOSCHINI, PRESTES E CHARRO, 2007).

Durante as ações excêntricas, um número reduzido de unidades motoras é recrutado, quando comparado às contrações concêntricas, o que implica um estresse mecânico elevado na fibra muscular, uma vez que a tensão por área de secção transversa ativa é maior (TRICOLLI, 2001). A literatura reporta o que explica esse fenômeno durante a contração muscular excêntrica são: a maior contribuição dos componentes elásticos musculares e aumento da sincronização das unidades motoras durante a ação excêntrica (CLARKSON e HUBAL, 2002; GABRIEL, KAMEN e FROST, 2006; BUTTERFIELD, 2010).

Proske e Morgan (2001) propuseram um modelo teórico, no qual o DM decorrente do exercício possui dois momentos, sendo um pela própria ação mecânica da contração muscular e o outro pela ativação de vias proteolíticas e processo inflamatório na célula. Em um primeiro momento, durante as séries de ações excêntricas, os sarcômeros são

superestirados, iniciando dos mais fracos e progressivamente até os mais fortes. Cada vez que o músculo relaxa entre as séries, alguns sarcômeros estirados podem não se reintegrar o que resulta em seu rompimento. Assim, com o rompimento dos sarcômeros, o DM pode se estender longitudinalmente e transversalmente na fibra.

Em um segundo momento, decorrente do DM a homeostase do cálcio é alterada, permitindo o influxo desse mineral para célula. O influxo de cálcio provoca a ativação de diferentes vias moleculares no músculo. A ativação dessas vias pode iniciar a degradação das miofibrilas, o que resulta em difusão dos componentes celulares para o interstício e plasma. Essas substâncias iniciam o processo inflamatório na área de lesão, culminando em fagocitose do tecido necrosado (TRICOLI, 2001; PROSKE e ALLEN, 2005; TIDUS, 2008).

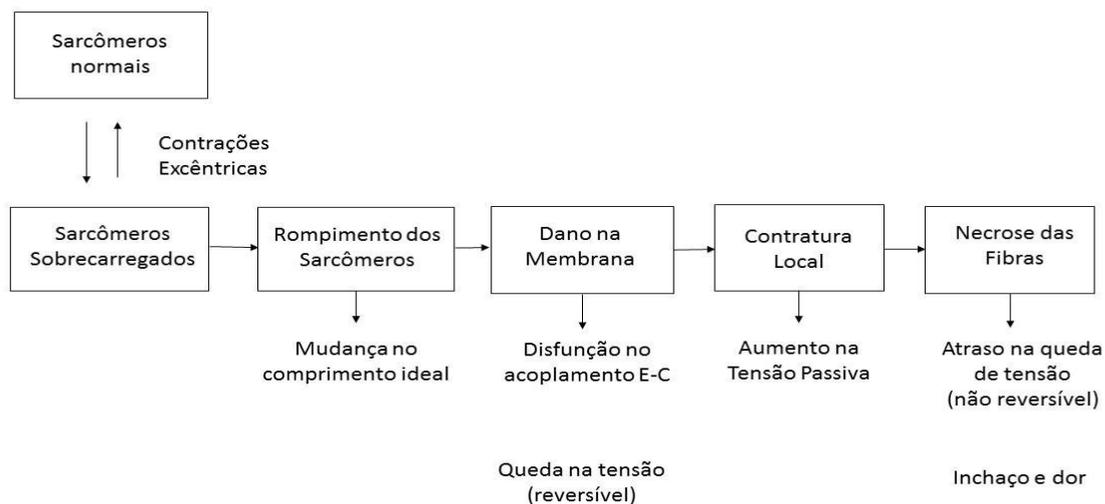


Figura 2. Esquema do dano muscular seguido de contração excêntrica. (Fonte: Adaptado de PROSKE, 2001: p. 334)

3.3 AVALIAÇÃO DO DANO MUSCULAR

A avaliação do DM tem sido realizada, dentre outros, com o objetivo de auxiliar no adequado controle da carga do treinamento no esporte e o tempo de recuperação entre os estímulos (VANRENTERGHEM e colaboradores, 2017). Permitindo desta forma aos treinadores e preparadores físicos, uma melhor prescrição do treinamento visando o

aumento do desempenho atlético. Formas de avaliação do dano muscular são apresentadas pela literatura e tem sido subdividida em avaliações diretas e indiretas, sendo que ambas possuem suas vantagens e desvantagens.

3.4 AVALIAÇÃO DIRETA DO DANO MUSCULAR

A avaliação do dano muscular de forma direta é um tanto quanto difícil em virtude de existir apenas duas técnicas possíveis de serem realizadas: a biópsia muscular e a ressonância magnética (CLARKSON e HUBAL, 2002).

1) Análise da biópsia muscular é um método invasivo, no qual uma amostra do músculo é utilizada para estimar o DM total. No entanto, esta técnica pode superestimar ou subestimar o dano de um músculo, pois, uma pequena amostra de tecido muscular esquelético pode não representar toda a área muscular envolvida no exame (CLARKSON e HUBAL, 2002).

2) Análise da imagem de ressonância magnética é descrita como uma ferramenta padrão ouro, útil para avaliar quais músculos foram danificados após o exercício, apesar de avaliar o DM de forma não invasiva possui um custo elevado (CLARKSON e HUBAL, 2002).

Em função dos problemas associados as avaliações diretas de DM, tais como citados anteriormente, marcadores indiretos de dano muscular têm sido amplamente utilizados, como a avaliação da intensidade da dor muscular, contração voluntária máxima e quantificação do extravasamento das proteínas sanguíneas. Muitas dessas avaliações podem ser realizadas em até sete dias após o exercício, devido as alterações decorrentes do DM poderem perdurar durante esse período (CLARKSON e HUBAL, 2002; ROBERGS, GHIASVAND e PARKER, 2004).

3.5 AVALIAÇÕES INDIRETAS DO DANO MUSCULAR

Muitos protocolos experimentais têm se utilizado do aparecimento de proteínas musculares na corrente sanguínea após o exercício excêntrico para analisar

indiretamente o DM. Segundo Warren e colaboradores (1999), os três marcadores indiretos de DM mais utilizados são: dor muscular de início tardio (63% dos estudos), proteínas sanguíneas (52% dos estudos) e desempenho muscular (50% dos estudos).

Devido a esses métodos de avaliações não permitirem determinar a localização do local do provável DM, uma forma de avaliação que vem sendo utilizada nos últimos anos para auxiliar nessa detecção é a termografia infravermelha (TI) (SILLERO-QUINTANA, GOMEZ-CARMONA e FERNÁNDEZ-CUEVAS, 2017).

3.5.1 Dor muscular de início tardio

A dor muscular de início tardio é um fenômeno que ocorre após o DM e é amplamente utilizada como um marcador indireto de dano muscular em conjunto com outros marcadores (NOSAKA, NEWTON e SACCO, 2002). É caracterizada como uma sensação de desconforto ou de dor na musculatura esquelética (CHENG, HUME e MAXWELL, 2003) com ou sem palpação do local lesionado após a prática de exercícios. Geralmente, a dor muscular é manifestada após dias da sessão de exercício, por essa razão é denominada dor muscular de início tardio (DMIT) (ALLEN, 2001).

A explicação fisiológica para a DMIT ainda possui muita divergência. Alguns autores associam a DMIT a subprodutos, possíveis sinalizadores de dor, decorrentes do processo inflamatório, que seriam as prostaglandinas, as histaminas, as cininas e o potássio extracelular (ARMSTRONG, 1984; O'CONNOR e COOK, 1999). Apesar destas substâncias químicas serem consideradas sinalizadoras da dor muscular, elas também podem sensibilizar os nociceptores, diminuindo o limiar de estimulação. Desta maneira, os nociceptores podem ser ativados por outros estímulos, como uma deformação mecânica ou inchaço local. Por esta razão, autores sugerem que o tempo tardio do aparecimento da dor reflete a presença dos mediadores químicos, mas a pressão causada pelo inchaço localizado pode ser o estímulo físico para a sensação de dor (HOWELL, CHLEBOUN e CONASTER, 1993).

É importante ressaltar a subjetividade implícita na percepção da sensação de dor. Pois, embora alguns autores relacionem a magnitude da dor muscular com a sobrecarga do exercício ou o tipo de exercício realizado (CLARKSON e HUBAL, 2002), não se pode

desconsiderar que a percepção de cada indivíduo pode ser característica pessoal de tolerância à dor (FOSCHINI, PRESTES e CHARRO, 2007).

Em boa parte dos estudos, o instrumento utilizado para avaliar a intensidade da dor muscular após o DM são as escalas de percepção subjetiva de dor, principalmente a escala visual analógica (EVA). Esta escala pode ter diferentes variações numéricas e estas variações são expressas em uma linha contínua quantificada em milímetros e sempre o valor inicial é atribuído à “nenhuma dor” e o valor final é atribuído à “dor insuportável”. O indivíduo avaliado é instruído a marcar na linha da EVA o valor ou tamanho relativo à sua percepção de dor com palpação do músculo no momento da aplicação da escala (LEWIS, RUBY e BUSH-JOSEPH, 2012)

3.5.2 Desempenho Muscular

Os saltos verticais em plataforma de salto são utilizados frequentemente para a avaliação do desempenho muscular (CORDOVA e ARMSTRONG, 1996), quanto para a verificação da condição de fadiga (COUTTS e colaboradores, 2007; CORMACK, NEWTON e MCGUIGAN, 2008) pois são movimentos humanos dinâmicos (YOSHIOKA e colaboradores, 2010) e necessitam de uma alta demanda de coordenação entre os membros inferiores e superiores (MARKOVIC e colaboradores, 2004).

O salto vertical (SV) é um movimento de cadeia cinética fechada e que pode ser realizado utilizando o CAE (ações excêntricas - concêntricas), como no salto com contramovimento (SCM) e salto em profundidade, ou puramente ações musculares do tipo concêntricas, como no caso do salto agachado (AS). O SV é similar ao desempenho de algumas ações esportivas, por exemplo, saltos para cabeceio no futebol, movimento de bloqueio no vôlei (NEWTON e colaboradores, 2006; MENZEL e colaboradores, 2013), além de ser um bom indicador do desempenho funcional dos músculos dos membros inferiores e ser mais específico que os procedimentos que utilizam testes de cadeia cinética aberta (teste isocinético) (EBBEN e FLANAGAN, 2009).

É bem documentado na literatura que as ações excêntricas presente nos saltos pliométricos induzem ao dano muscular (PROSKE e ALLEN, 2005), que podem levar a alguns sintomas como por exemplo diminuição na amplitude de movimento e na força

muscular (FOSCHINI, PRESTES e CHARRO, 2007) gerando assim um decréscimo no desempenho de salto.

Essa habilidade motora pode ser realizada e avaliada, tanto em testes quanto durante práticas esportivas ou recreativas, de maneira bipodal, em que os dois membros inferiores são utilizados simultaneamente durante o movimento, e de maneira monopodal, em que somente o membro inferior que será avaliado realiza o movimento (BOBBERT e colaboradores, 2006).

3.5.3 Proteínas sanguíneas

Enzimas citoplasmáticas como lactato desidrogenase, creatina quinase (CK), mioglobina (MIO) e outras proteínas envolvidas no processo inflamatório, como a proteína c-reativa (PCR) têm sido estudadas. A CK tem ganhado uma atenção maior, devido a magnitude do seu aumento em relação as outras proteínas e pelo custo de análise menos dispendioso (FOSCHINI, PRESTES e CHARRO, 2007).

3.5.3.1. Creatina Quinase

A CK é uma proteína dimérica globular composta por duas sub-unidades com uma massa molecular de 43kDa. A função da CK na célula é regular as concentrações de adenosina difosfato (ADP) e adenosina trifosfato (ATP), pois ela é responsável por catalisar a reação reversível entre a fosfocreatina (CP) e o ADP (BRANCACCIO, LIPPI e MAFFULLI 2010).

Existem pelo menos cinco isoformas da CK: três isoenzimas no citoplasma conhecidas como CK-BB, CK-MB e CK-MM, e duas isoenzimas (sarcoméricas e não sarcoméricas) na mitocôndria. Essas duas isoenzimas mitocondriais são proteínas octoméricas, conhecidas como macro-CK, devido aos seus elevados pesos moleculares (BRANCACCIO, MAFFULLI e LIMONGELLI, 2007). As isoenzimas (CK-BB, CK-MB e CK-MM) compõem a chamada CK-total e cada uma fornece informações específicas do tecido lesionado.

- A CK-BB é específica do tecido cerebral e se apresenta elevada no sangue em caso de lesão cerebral e durante a vida fetal (KATIRIJI e MOHAMED, 2001; BRANCACCIO, MAFFULLI e LIMONGELLI, 2007).
- A CK-MB é específica do músculo cardíaco e encontra-se elevada no sangue quando há infarto agudo do miocárdio (KATIRIJI e MOHAMED, 2001; BRANCACCIO, MAFFULLI e LIMONGELLI, 2007).
- A CK-MM é encontrada especificamente ligada as miofibrilas localizadas na estrutura da linha-M no músculo esquelético. Em adultos, a CK total é formada predominantemente pela CK-MM oriunda do músculo esquelético e se apresenta elevada no sangue no caso de danos no músculo esquelético (KATIRIJI e MOHAMED, 2001; BRANCACCIO, MAFFULLI e LIMONGELLI, 2007).

Em sujeitos saudáveis a concentração de CK é derivada principalmente da musculatura esquelética e quase que somente composta por CK-MM. As diferenças nessas concentrações têm relação com:

- Gênero: as mulheres apresentam menores concentrações de CK em comparação aos homens. Após o exercício essas diferenças permanecem e são muito provavelmente derivadas da proteção que o estrogênio pode dar a estabilidade da membrana limitando os danos musculares.
- Atividade física: atletas apresentam maiores concentrações de CK em repouso em comparação com sedentários em decorrência da atividade.
- Massa muscular: indivíduos com maiores massas musculares apresentam maiores concentrações de CK.
- Etnia: sujeitos negros apresentam maiores concentrações que caucasianos, muito provavelmente pela maior massa muscular apresentada.
- Temperatura: atividades realizadas em ambientes frios geram maiores repostas quanto à concentração de CK
- Adaptações ao treinamento: atletas apresentam maiores concentrações em repouso, mas as repostas ao mesmo estímulo relativo geram menores repostas nos indivíduos treinados (BRANCACCIO, LIPPI e MAFFULLI, 2010).

O exercício físico gera uma demanda fisiológica e mecânica à musculatura esquelética, dependendo da duração e intensidade, geram-se microlesões (PROSKE e MORGAN, 2001). Com essa micro lesão advinda do exercício físico proteínas são

extravasadas para o meio extracelular, umas das proteínas mais utilizada é a CK plasmática, considerada um dos melhores indicadores dos efeitos do exercício sobre o tecido muscular esquelético (LAZARIM e colaboradores, 2009)

Observa-se na literatura, que a magnitude, o tempo e o pico de concentração de CK sérica são dependentes do protocolo (duração e intensidade), grau de treinamento e da individualidade biológica (BAIRD e colaboradores, 2012). Mougios (2007) cita que em atletas as concentrações de CK são geralmente mais elevadas do que em indivíduos não atletas, e serve como importante variável para controle de cargas de treinamento, no entanto, valores de referência ainda não haviam sido determinados. Sendo assim sua pesquisa determinou alguns intervalos de referência de CK em atletas. Os limites para as concentrações de CK para atletas do sexo masculino foram de 73-86 U/L para limites considerados baixos e de 871-1479 U/L considerados altos.

Newhan, Jones e Edwards (1983) e Brancaccio, Maffulli e Limongelli (2007) acreditam que o comportamento da CK durante e após a prática de exercícios físicos pode estar diretamente relacionada com a característica individual, podendo classificar os sujeitos como “alto-respondentes” ou “baixo-respondentes”. Segundo os autores, o pico de CK pós-exercício para o grupo com alta resposta foi abaixo de 3.000 U/l, sendo que o valor para o grupo com baixa resposta foi abaixo de 400 U/l.

Evidentemente a concentração de CK não é padrão para todos os indivíduos, porém preconiza-se o tempo de pico de concentrações séricas após determinados tipos de exercício. Clarkson e Hubal (2002) afirmam que o tempo de pico da concentração de CK ocorre entre 5 e 7 dias após exercício excêntrico máximo. Em contrapartida, Chapman e colaboradores (2008) encontraram o pico 4 dias após 60 contrações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo. Chen e colaboradores (2011) também verificaram o pico da CK após 4 dias, em protocolo de 30 repetições excêntricas máximas tanto para flexores e extensores do joelho quanto para flexores e extensores do cotovelo.

A concentração de CK após uma série intensa de exercício tem uma grande elevação, porém em série subsequente realizada após diversos dias (em média 7 dias) do primeira dia de exercício, parece elevar a concentração de CK em menor escala. De Lima e colaboradores (2011) verificaram que duas séries subsequentes de 48 ações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo com duas semanas de intervalo entre elas

apresentam picos de CK diferentes, sendo que a segunda série apresenta um pico significativamente menor do que a primeira. Porém, uma série repetida realizada após poucos dias parece não influenciar na concentração de CK, como demonstrado no estudo de Chen e Nosaka (2006).

3.5.3.2 Mioglobina

Outro marcador bastante utilizado, a mioglobina (MIO) é uma proteína monomérica globular composta por 153 aminoácidos com baixo peso molecular de 18 kDa, que se encontra principalmente nos músculos esquelético e cardíaco. Existem 3 isoformas da MIO expressadas na célula muscular, constituindo 2% da proteína total do músculo (JURGENS, e colaboradores, 2000).

A MIO assemelha-se à hemoglobina, pois também forma uma combinação reversível com o oxigênio, apesar de cada molécula conter um único átomo de ferro, enquanto a hemoglobina contém quatro átomos. Porém a MIO apresenta 240 vezes mais afinidade com o oxigênio possibilitando dessa forma o armazenamento intramuscular de oxigênio (MCARLDE, KATCH e KATCH, 2011)

Além da função de armazenamento e transporte de oxigênio intramuscular, a MIO também realiza um importante papel na regulação do óxido nítrico do nível microvascular e tecidual, resultando em liberação de íons de ferro a partir do grupo heme da mioglobina que promove a peroxidação de membranas mitocondriais (BRANCACIO, LIPPI e MAFULLI, 2010).

Após um infarto agudo do miocárdio, patologia degenerativa ou dano muscular induzido pelo exercício, o extravasamento de MIO para a corrente sanguínea ocorre rapidamente devido ao baixo peso molecular (BRANCACIO, LIPPI e MAFULLI, 2010). Desta forma, a MIO torna-se um marcador de detecção mais antecipada, quando comparada aos demais marcadores bioquímicos.

No estudo de Chen e colaboradores (2011) encontrou-se o pico 5 dias após 60 ações excêntricas máximas. Em protocolo semelhante Tseng e colaboradores (2016) observaram o pico 3 a 4 dias após o exercício. Já em Saka e colaboradores (2009)

verificaram o pico de MIO 3 dias após 3 séries de 15 ações excêntricas máximas no aparelho isocinético.

Ascensão e colaboradores (2008) e Duttaroy e colaboradores (2012) observaram o pico da MIO 30 min e 1 hora após uma partida de futebol e uma sessão no cicloergômetro, respectivamente. Observa-se, então, que o tempo do pico de concentração da MIO é protocolo dependente e ocorre mais rapidamente do que o pico de concentração da CK após a aplicação do mesmo protocolo.

3.5.3.3 Proteína C-reativa

O processo inflamatório é considerado um mecanismo de defesa do organismo frente a algum agente estressor, no caso o exercício, sendo responsável pela regeneração e reparo do tecido danificado, onde sua magnitude é regulada por fatores pró e anti-inflamatórios (SILVA e colaboradores, 2011).

A imunidade inata é considerada a primeira linha de defesa contra agentes infecciosos e esta intimamente envolvida em danos nos tecidos, reparação e remodelação. A função imunológica pode ser dividida em imunidade inata e imunidade adaptativa, onde a principal diferença, é que as respostas inatas não se fortalecem em cima da exposição repetida (ABBAS e LITCHMAN, 2012). Entre os principais componentes da imunidade inata estão barreiras epiteliais da pele, trato gastrointestinal e trato respiratório, que impedem a entrada de microrganismos, apresentado como as principais células efetoras os neutrófilos, macrófagos, células dendríticas e células Natural Killer, além de proteínas plasmáticas circulantes, das quais as mais importantes são as proteínas do sistema de complemento.

Entre essas proteínas do sistema complemento, temos a proteína C-reativa (PCR) que foi descoberta em 1930 e recebeu esse nome porque reagia com o polissacarídeo-C dos pneumococos na fase aguda da pneumonia pneumocócica (AGUIAR e colaboradores, 2013). Em indivíduos saudáveis as concentrações plasmáticas de PCR apresentam-se baixas, porém, pode aumentar até 1000 vezes em resposta a algum processo inflamatório, esse aumento é induzido pela citocinas inflamatórias IL6 e IL-1,

que estimulam a síntese hepática da PCR como parte da resposta imune inata (ABBAS e LITHCMAN, 2015). A PCR e outras proteínas plasmáticas são conhecidas como reagentes de fase aguda, por estarem elevadas no sangue durante o processo inflamatório agudo.

Desta forma, estudos que mensuram os efeitos agudo do exercício físico sobre esse marcador, se utilizam de amostras sanguíneas coletadas antes e dias após o protocolo proposto. Visando determinar o nível de adaptação desse marcador em relação ao estresse aplicado.

3.6 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A TI é uma técnica que permite a visualização do calor irradiado do corpo através do registro de emissão infravermelha, que está em um espectro que o olho humano não consegue identificar (MARINS e colaboradores, 2013). As primeiras experiências com TI aconteceram no âmbito militar, no intuito de detecção de inimigos, já em seres humanos, veio acontecer em meados do século XX, a partir disso durante o tempo a TI passou a ser utilizada em outras áreas, como construção de prédio, veterinária, indústria e mais recentemente no esporte, onde essas análises são feitas através da captação da radiação infravermelha.

A radiação infravermelha foi descoberta em 1800, por Sir William Herschel, um astrónomo inglês, quando tentava descobrir quais as cores do espectro que eram responsáveis pelo aquecimento dos objetos. No seu experimento, a luz solar passava através de um pequeno orifício aberto em um pedaço de papelão e depois por um prisma de vidro para criar um espectro visível (um arco-íris, uma divisão da luz em diferentes cores). Conforme ele media a temperatura individual das cores do violeta ao vermelho, percebeu que todas apresentavam temperaturas mais altas que a dos termômetros de controle, e que a temperatura aumentava na direção do sentido vermelho do espectro. Desta maneira, concluiu que naquela região devia haver alguma "luz invisível" que não podia ser vista, e que aquecia o termômetro, e então a nomeou de "raios caloríficos". (MENDONÇA, AMARAL e CATARINO, 2012).

Anos depois, seu filho John Frederick William Herschel, realizou experimentos sobre o espectro infravermelho e usando a radiação solar obteve com sucesso uma imagem. Esta imagem foi obtida através da focalização da radiação solar sobre uma suspensão de partículas de carbono em álcool com auxílio de uma lente – um método conhecido como evaporografia - sendo essa imagem obtida chamada de "termograma", termo ainda utilizado nos dias de hoje para descrever uma imagem feita por radiação térmica (RING, 2006).

No início, o uso da câmera para diagnóstico ainda era suspeito, no entanto, com o avanço da tecnologia das câmeras e das técnicas de avaliação, seu uso tornou-se cada vez mais eficaz, sendo reconhecida como uma ferramenta diagnóstica pelo American Medical Council em 1987. Após isso, a termografia vem sendo utilizada por diversas associações termográficas mundiais, entre elas temos: Academia Americana de Medicina Infravermelha, Centro Norte-Norueguês de Medicina e Sociedade Alemã de Termografia (QUESADA, 2017)

Como citado no início da sessão, esta ferramenta também é aplicada no âmbito veterinário, útil para estimar o estado fisiológico dos animais em situações de estresse, fertilidade, bem-estar, metabolismo e doenças (McMANUS e colaboradores, 2016). É utilizada também em fábricas nucleares, na inspeção de rotina e possíveis anormalidades nos aparelhos, sendo neste contexto segura para os funcionários realizarem a inspeção de uma distância segura de componentes radioativos ou de alta temperatura (KOURO e colaboradores, 2010).

A termografia é considerada também uma ótima ferramenta para a inspeção da estrutura de prédios, avaliação do isolamento de diferentes materiais, a localização de vazamentos de água e, portanto, a umidade, são usos específicos de TI neste campo (DUROCHER e colaboradores, 2009). Temos também aplicação do TI na detecção de gases industriais, utilizado para verificar se há vazamentos estruturais ou se as fábricas estão produzindo gás em excesso (MENDONÇA, AMARAL e CATARINO, 2012). Além do uso da TI em todas as áreas supracitadas, a literatura relata o crescente uso desta ferramenta nas ciências do esporte. No entanto, para maiores esclarecimentos e aplicação desta técnica torna-se necessário o conhecimento de conceitos físicos básicos relacionados a termografia infravermelha.

3.6.1 PRINCÍPIOS FÍSICOS DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Todos os objetos emitem radiação infravermelha. A intensidade da radiação emitida depende de dois fatores: da temperatura do objeto e da capacidade do objeto de emitir radiação. Os objetos acima do zero absoluto (0 K ou -273,16 °C) emitem radiação infravermelha devido a agitação térmica de átomos e moléculas dos quais são constituídos. Logo, quanto maior essa agitação, mais quente se encontra o objeto e mais radiação infravermelha ele emite (MENDONÇA, AMARAL e CATARINO, 2012).

A radiação infravermelha não necessita de meio material para transmitir energia térmica, diferenciando-se assim dos outros meios de propagação de calor. Desse modo a irradiação térmica é definida como a propagação de calor na qual a energia térmica é transmitida através de ondas eletromagnéticas, onde os raios infravermelhos são os que apresentam efeitos térmicos com maior intensidade. Nesse sentido a lei física de Stefan-Boltzman é uma das mais importantes para compreensão desse processo de termografia, onde, segundo essa lei, a medida em que a energia térmica liberada pelo corpo aumenta, a temperatura aumenta à quarta potência (DAHMEN, 2006).

Equação de Stefan-Boltzmann:

$$P = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

P: Potência total, taxa de energia liberada por unidade de área [Wm⁻²];

ϵ : Emissividade;

σ : Constante = $5,67 \times 10^{-8}$ [Wm⁻²K⁻⁴];

A = Área da superfície do corpo irradiador.

T: Temperatura absoluta em graus [K].

Pequenas mudanças de temperatura resultaram em grandes mudanças na potência emissiva, isso é observado através da equação de Stefan-Boltzmann porque a temperatura é expressa como a quarta potência. Essa relação é muito importante, porque explica como o cálculo da temperatura a partir do poder emissivo é muito sensível e permite a diferenciação de áreas em diferentes temperaturas, com diferentes poderes emissivos. (QUESADA, 2017)

Emissividade é definida como sendo a capacidade que o material tem para radiar energia comparada com a de um “corpo negro perfeito” (o qual apresenta $\varepsilon = 1$). Um corpo negro perfeito é um corpo que absorve toda radiação eletromagnética incidente, e a sua absorção é igual a sua emissão, ou seja, tem ótima capacidade de radiação. Nesse sentido, conhecer a emissividade de um corpo é de vital importância.

A emissividade é um número que varia de 0 a 1, e pode ser interpretado como a razão entre a quantidade real de energia infravermelha emitida em comparação com a quantidade teoricamente ideal que poderia ser emitido (corpo negro). Isso significa que um objeto com um valor de emissividade de 0,7 emite apenas os 70% da quantidade teórica máxima de energia infravermelha, e os outros 30% da radiação de saída vem de outras fontes (QUESADA, 2017). Nas ciências do esporte o “material” mais utilizado é a pele, que apresenta valores de emissividade em torno de 0,97 a 0,99. Isso significa que a pele é um bom emissor de radiação infravermelha e é possível calcular com precisão sua temperatura.

A câmera termográfica detecta a radiação infravermelha emitida pelo corpo humano ou objeto, que é invisível ao olho nu, e a transforma em termogramas visíveis. Essas câmeras termográficas são equipadas com lentes especiais que concentram a energia térmica, onde as imagens térmicas são processadas e apresentadas em um display de vídeo, enquanto ao mesmo tempo é calculada a temperatura de cada pixel (QUESADA, 2017).

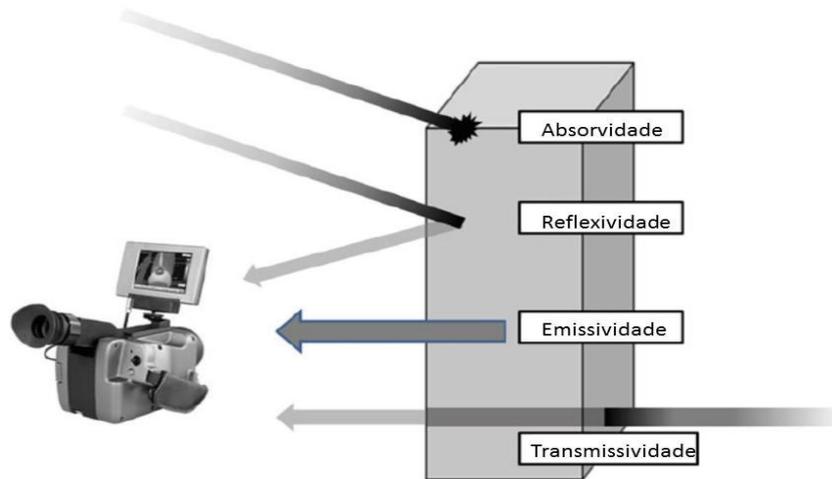


Figura 3. Características radiativas de um corpo. (Fonte: Adaptado QUESADA, 2017. pág.39)

Depois desses conceitos físicos, é possível entender melhor como as câmeras de imagem podem medir temperaturas a partir da detecção de radiação infravermelha. Além disso, saber a importância de conhecer as características radiativas de um objeto, com o objetivo de avaliar se é possível medir a sua temperatura e os possíveis erros, durante a medida.

3.6.2 Termografia infravermelha e ciência esportiva

O uso da TI nas ciências do esporte iniciou sendo utilizado em atletas para detectar sinais de câncer de pele, câncer de mama, problemas de tireóide, mesmo que essas alterações exigissem um diagnóstico mais preciso por parte de uma equipe médica especializada. Um estado de febre, caracterizado por registros superiores a 37,5°C, também pode ser percebido pela TI impedindo que o atleta treine fora dos níveis ideais de saúde (RING e AMMER, 2012). No entanto, recentemente, o foco das avaliações tem sido voltado para o monitoramento e prevenção de lesões nos atletas (ARNAIZ-LASTRAZ e colaboradores, 2014).

A TI é uma ferramenta de enorme potencial, tanto para os atletas como para toda a equipe de profissionais que trabalham com eles, que podem receber informações detalhadas e objetivas sobre sua condição física e possíveis evidências de lesão ou sobrecarga, que quando não detectadas, podem prejudicar seu desempenho (MARINS

e colaboradores, 2013). Sendo essa uma das principais virtudes que apoiam o uso da termografia nos esportes.

Com um monitoramento termográfico periódico do atleta, pode ser criado um perfil térmico específico tanto do sujeito como da equipe; isto é, um "mapa" com características térmicas normais de cada região corporal de interesse (RCI), como as pernas frontal e posterior de um jogador de futebol (FERNANDES e colaboradores, 2017). Desta forma, alterações térmicas caracterizadas por redução (hiporradiante: processo degenerativo) ou aumentos (hiperradiante: processo inflamatório) na superfície da pele contribuem como diagnóstico preciso de lesões mesmo que sejam assintomáticas (MAIOR e colaboradores, 2017).

Considerando o conceito de proporcionalidade anatômica, espera-se que a resposta térmica entre duas partes do corpo contralateral seja simétrica, apesar que as diferenças bilaterais de $0,25^{\circ}\text{C}$ a $0,62^{\circ}\text{C}$ são considerados aceitáveis (ARNAIZ-LASTRAS e colaboradores, 2014). A diferença acima desses valores pode indicar que a RCI selecionada, com uma temperatura maior, em contraste com suas configurações usuais de perfil térmico, podem apresentar algum problema inflamatório.

No entanto ao realizar a avaliação através da diferença de assimetria, deve-se levar em consideração o histórico de lesões do atleta, pois de acordo com o tipo de lesão, o indivíduo pode apresentar diferença de temperaturas, mais altas ou mais baixas entre membros, mesmo estando em repouso.

3.7 SALTOS PLIOMÉTRICOS E O DANO MUSCULAR

Os saltos pliométricos, basicamente, são a combinação das ações musculares excêntricas e concêntricas e que juntas realizam um tipo de função muscular natural denominado CAE. Tem sido reportado que o exercício com alto componente de ação muscular excêntrica provoca maior DM quando comparado a ação concêntrica (LAVENDER e NOSAKA, 2006; DOUGLAS e colaboradores, 2017) com isso os protocolos que possuem predominância de ação muscular excêntrica tem sido os mais utilizados nas pesquisas que investigam as respostas fisiológicas decorrentes do DM, como por exemplo os saltos pliométricos (IMPELLIZZERI e colaboradores, 2008; TOFAS

e colaboradores, 2008; MACALUSO, ISSACS e MYBURGH, 2012; LOTURCO e colaboradores, 2016).

A intensidade do DM depende da tensão e do alongamento imposto ao músculo, sendo esses dois fatores considerados chave para determinar o nível de DM (TIDUS, 2008). Com isso, as ações excêntricas presentes nos saltos pliométricos, induzem a alguns sintomas, como por exemplo, a diminuição da força muscular e da amplitude de movimento, bem como aumento dos níveis dos marcadores indiretos de dano muscular no sangue (PROSKE e MORGAN, 2001; CLARKSON e HUBAL, 2002; ISPIRLIDIS e colaboradores, 2008; KAMANDULIS e colaboradores, 2012). Além disso, o estudo de Proske e Allen (2005) demonstra que a presença da DMIT pode ser um fator contribuinte para as mudanças no controle motor.

Diversos estudo tem corroborado com estas informações. Macaluso, Isaacs e Myburgh (2012) em seu estudo com dezoito homens saudáveis destreinados, avaliaram a concentração da creatina quinase e a intensidade da dor muscular 24, 48 e 72 horas após um protocolo de 100 saltos agachado. A CK apresentou aumento as 24 horas, enquanto a DMIT aumentou as 24 e 48 horas após o exercício.

O estudo de Chatzinikolaou e colaboradores (2010) com quatorze homens saudáveis, mostrou que após a realização de 50 saltos sobre obstáculo com altura de 50 centímetros e 50 drop jumps saltando de um caixa com altura de 50 centímetros, aumentou a DMIT e CK 24 horas e 48 horas após o exercício. Além de aumento de marcadores inflamatórios até as 24 horas após o exercício.

Seguindo essa mesma linha Tofas e colaboradores (2008) propôs uma sessão intensa de saltos pliométricos em dezoito homens destreinados, onde a sessão consistia em 96 saltos sobre obstáculos e 96 drop jump. Foram feitas as avaliações de biomarcadores sanguíneos 7 dias antes e 24, 48 e 72 horas após o exercício. CK aumentou nos momentos 24 e 48 horas, adicionalmente houve aumento na DMIT em 48 horas após o protocolo de salto. Onde os autores concluíram que esse exercício intenso de salto pliométricos leva ao DM.

De acordo com os estudos levantados, podemos concluir que os saltos pliométricos induzem DM e a DMIT devido as ações excêntricas presentes neste tipo de movimento.

Com isso uma das principais estratégias para melhorar o desempenho de atletas é uma rápida recuperação entre as cargas de treino, resultando na redução dos processos de dano muscular e inflamatório desencadeados por uma sessão de treino (VANRENTERGHEM e colaboradores, 2017).

3.8 CORRELAÇÃO ENTRE A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E MARCADORES DE DANO MUSCULAR

Como método de avaliação de prevenção e monitoramento de lesão, além da avaliação da simetria corporal, também são avaliados marcadores sanguíneos e inflamatórios, devido a característica do exercício excêntrico que gera uma ruptura no sarcolema permitindo o extravasamento de proteínas sanguíneas e a estimulação de um processo inflamatório para reparo estrutural. Permitindo assim que essas avaliações trabalhem em conjunto para um melhor diagnóstico (BRANCACCIO, LIPPI e MAFULLI, 2010).

Seguindo essa premissa Bandeira e colaboradores (2014), analisaram a correlação entre a temperatura da pele de diversos pontos corporais e a variação de CK em 28 atletas de rúgbi, em dois momentos, 48 horas após uma sessão de treinamento e 48 horas após uma partida. Os resultados demonstraram que não foi encontrado correlação entre as variáveis.

Entretanto, no grupo de atletas que apresentaram elevação da CK superior a 50% entre o primeiro e o segundo momento de avaliação, o músculo peitoral esquerdo e semitendíneo esquerdo apresentaram diferenças significativas com valor de p de 0,037 e 0,045, respectivamente. Os autores concluíram que a termografia pode ser utilizada como método de apoio ao diagnóstico de lesão muscular em atletas.

Semelhante a este estudo, porém em uma modalidade diferente, Maior e colaboradores (2017), avaliou a correlação da temperatura pele de membros inferiores com a CK, em jogadores de futebol profissional imediatamente após uma sessão de treinamento. Os resultados apresentaram uma baixa correlação entre as variáveis, porém,

os autores sugerem que a intensidade e duração do treino podem influenciar na temperatura da pele.

Além de marcadores sanguíneos de dano muscular a TI tem sido utilizada para identificar a DMIT após exercício, correlacionando os valores da temperatura da pele, com a escala visual analógica (EVA). Al-NAKHIL e colaboradores (2012), avaliou em indivíduos saudáveis a correlação entre a EVA e temperatura da pele 24 e 48 horas após 4 séries de 25 repetições de flexão de cotovelo em dinamômetro isocinético. Os resultados apresentaram uma considerável correlação entre a EVA a TI no momento 48 horas ($r = 0.312$, $p < 0.05$). Desse modo os autores concluíram que a TI é uma ótima ferramenta para diagnosticar a DMIT nos momentos iniciais pós exercício.

Partindo desse pressuposto, sabe-se que uma das principais estratégias para melhorar o desempenho de atletas é uma rápida recuperação entre as cargas de treino, resultando na redução dos processos de dano muscular e inflamatório desencadeados por uma sessão de treino (VANRENTERGHEM e colaboradores, 2017).

Portanto, devido aos resultados divergentes encontrados na literatura torna-se necessário um melhor entendimento dessa cinética dos marcadores de dano muscular e sua possível correlação com a termografia infravermelha, para que dessa forma possamos melhor compreender o processo de recuperação que nos permita uma melhor elaboração de um planejamento de treino e intervenções agudas.

4. OBJETIVO GERAL

Desta forma, o objetivo deste estudo é correlacionar o comportamento da termografia infravermelha com marcadores de dano muscular após protocolo de saltos pliométricos realizado em ambiente controlado.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Verificar a resposta da temperatura irradiada da pele após protocolo de exercício pliométrico realizado em ambiente controlado;
- ✓ Comparar o desempenho de salto, assim como a percepção de dor entre os grupos controle e experimental, após protocolo de saltos pliométricos realizado em ambiente controlado;
- ✓ Investigar e correlacionar a temperatura irradiada da pele com a cinética das proteínas mioglobina, creatina quinase, proteína C-reativa após o período de recuperação aos saltos pliométricos, entre os grupos controle e experimental.

5. HIPÓTESES

H0: Os marcadores de dano muscular não se associam com a temperatura irradiada da pele local;

H1: Os marcadores de dano muscular se associam com a temperatura irradiada da pele local.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 CUIDADOS ÉTICOS

Este estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (Res. 466/2012) envolvendo pesquisas com seres humanos.

Todos os voluntários, ou os responsáveis, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A) após as explicações sobre procedimentos e possíveis riscos.

Todos os dados coletados durante a realização deste estudo foram utilizados apenas para fins de pesquisa e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo tiveram acesso às informações. Estas precauções foram adotadas com o intuito de preservar a privacidade, a saúde e o bem-estar dos voluntários.

Este projeto foi submetido à análise pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão e foi aprovado para sua realização sob o número 1.548.714. Além de ser submetido e aprovado ao Edital FAPEMA nº40/2015 com o número de solicitação Universal 00754/16.

6.2 AMOSTRA

A amostra foi composta por 20 participantes do sexo masculino, fisicamente ativos com faixa etária compreendendo dos 18 aos 30 anos. Os sujeitos foram selecionados a partir de estudantes do curso de Educação Física da UFMA, por conveniência e formalizaram sua participação nesta pesquisa mediante seu consentimento, assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A).

Para caracterização da amostra foi realizada a avaliação física onde foram mensuradas massa corporal, estatura e dobras cutâneas e foi aplicado o Questionário Internacional de atividade Física (IPAQ) versão curta (MATSUDO e colaboradores, 2001) (ANEXO), no intuito de avaliar o nível de atividade física dos indivíduos, onde só foram incluídos aqueles classificados como fisicamente ativos. Como critério os indivíduos não poderiam estar participando de um programa de treinamento físico que envolvesse

saltos pliométricos há pelo menos 6 meses e deveriam apresentar boas condições de saúde. Os participantes foram orientados não realizar nenhum tipo de exercício físico extenuante na semana anterior ao protocolo de salto e durante a semana de realização dos procedimentos.

6.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram selecionados vinte sujeitos estudantes do curso de Educação Física da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), sendo divididos em dois grupos, dez no grupo controle (CON) e outros dez no grupo experimental (EXP). A alocação dos voluntários nos grupos citados se deu por conveniência de acordo com a escolha dos pesquisadores.

Após o consentimento e entendimento sobre os objetivos e métodos utilizados nesta pesquisa, os voluntários compareceram ao Laboratório de Fisiologia e Prescrição do Exercício do Maranhão (LAFIPEMA), localizado no Núcleo de Esportes da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), onde neste primeiro dia foi realizada uma avaliação física a fim de determinar suas características físicas, em seguida realizaram a familiarização com os testes de desempenho de salto: Agachado (SA) e com contra movimento (SCM).

Em um segundo dia, 2 dias após as avaliações iniciais, o indivíduo ao chegar ao laboratório realizava as seguintes coletas pré-protocolo: amostra de sangue capilar, escalas subjetivas de recuperação e dor, avaliação termográfica e teste de salto. Em seguida realizava o protocolo de saltos pliométricos. Nos dias seguintes, nos momentos referentes à recuperação ao protocolo proposto, 24 horas, 48 horas e 72 horas foram realizadas novamente os procedimentos realizado no instante pré-protocolo.

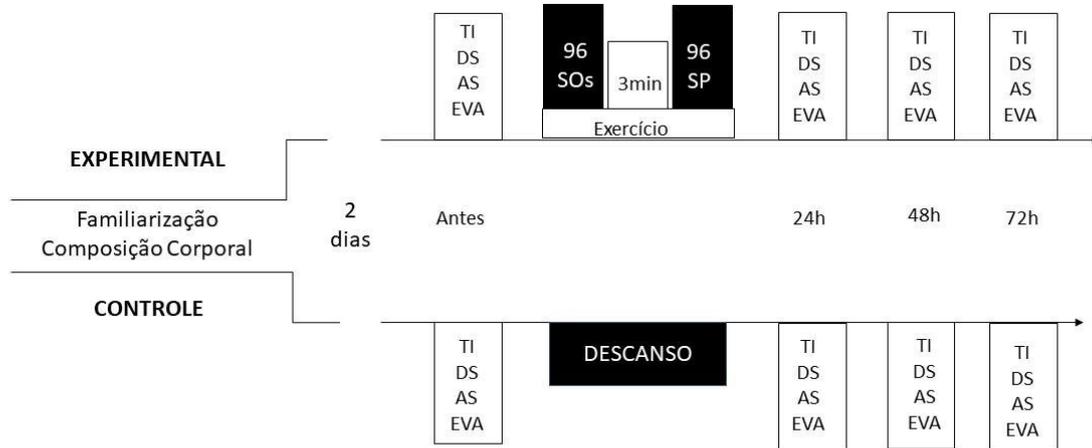


Figura 4. Visão geral gráfica do protocolo experimental. TI termografia infravermelha; DS, desempenho de saltos; AS amostras sanguíneas; EVA escala visual analógica; SOs, salto sobre obstáculos; SP, Salto em profundidade.

6.4 COMPOSIÇÃO CORPORAL

A composição corporal foi realizada a partir das medidas de massa corporal, estatura e dobras cutâneas. Para a realização das medidas de massa corporal e estatura foi utilizada uma balança com estadiômetro da marca (Wellmy[®]W300) com precisão de 0,5 centímetros para estatura e 0,05 Kg para o peso. As dobras cutâneas, subescapular, tríceps, bíceps, peitoral, subaxilar, suprailíaca, abdominal, coxa e perna foram mensuradas utilizando-se um plicômetro da marca (Sanny[®]), graduado em milímetros, de acordo com o protocolo proposto por (Jackson e Pollock, 1978). Os valores de cada dobra foram utilizados para a obtenção do somatório das dobras (Σ dobras) e estimativa do percentual de gordura através do software Inforsob[®] 1.0.

6.5 FAMILIARIZAÇÃO

Na primeira visita, os voluntários responderam a um questionário para quantificar o nível de atividade física (IPAQ – versão curta) (MATSUDO e colaboradores, 2001).

Posteriormente, foram devidamente preparados e posicionados para todos os voluntários participaram de um processo de familiarização com saltos verticais. Os procedimentos iniciais foram realizados no tapete de contato Jump System PRO[®] (CEFISE, Brasil), conectado ao software Jump System[®] (Cefise Ltda, Brasil). com os testes de desempenho de salto. Os indivíduos realizaram 5 tentativas de SA com intervalo de 10 segundo entre cada um, após 2 minutos de descanso realizavam novamente mais 5 tentativas do mesmo salto, até que o desempenho estabilizasse. O desempenho era considerado estabilizado quando os valores da segunda sessão de tentativas fossem equivalentes ao desempenho obtido na sessão anterior. Após 5 minutos os voluntários realizavam o mesmo procedimento com SCM.

6.6 DETERMINAÇÃO DA PERFORMANCE DE SALTO

Foi utilizado um tapete de contato denominado Plataforma Jump System PRO[®] (CEFISE, Brasil) medindo 1000 x 600 x 8 mm, conectado ao software Jump System[®] (Cefise Ltda, Brasil). O Tapete de contato consiste de duas superfícies condutivas que fecham o circuito elétrico com pequenas pressões (princípio do interruptor). No momento em que os pés do avaliado perdem o contato com o tapete, um cronômetro é disparado (no software). A interrupção do cronômetro acontece no momento em que os pés do avaliado entram em contato novamente com o tapete e fecham os interruptores. Desse modo o tempo do vôo é mensurado e a altura do salto é calculada com base na fórmula: $h = g \cdot t^2 \cdot 8^{-1}$, onde, “h” é a altura, “g” é o valor da aceleração da gravidade e “t” é o tempo de vôo (FERREIRA, CARVALHO e SZMUCHROWSKI, 2008).

Para inferir o comportamento da performance dos Saltos, foram utilizados dois testes, o primeiro foi o SA e o segundo SCM. No teste de SA, os participantes partiram de uma posição de semi-agachamento, em cima do tapete, com os pés paralelos e mãos nos quadris para neutralizar a ação dos membros superiores. Entretanto, o teste consiste em realizar um movimento de extensão dos joelhos até que essas articulações fiquem totalmente estendidas. Já no teste de SCM, foi realizado o mesmo posicionamento dos pés e dos membros superiores do teste anterior, porém os indivíduos saíram da posição ereta e, executaram um movimento contínuo, semelhante ao agachamento, no qual houve um movimento de flexão e extensão dos joelhos, ou seja, com um momento de transição

da fase descendente para a fase ascendente, na qual os segmentos articulares foram estendidos. Ambos os testes tiveram como objetivo saltar o mais alto possível.

Os participantes realizaram cinco tentativas em cada tipo de salto (SA e SCM), de modo a excluir o maior e menor valor e considerar a média aritmética das 3 tentativas restantes.

6.6.1 Confiabilidade dos saltos

Para avaliar a confiabilidade das variáveis analisadas no presente estudo o coeficiente de correlação intraclasse (CCI), o erro padrão de medida (EPM) absoluto e percentual e o valor de F (para verificar presença de erro sistemático) foram calculados de acordo com Weir (2005) para as variáveis de salto agachado e salto com contramovimento do grupo controle, para os seguintes momentos pré vs. 24h, 48h e 72h. A classificação adotada para os valores de CCI foram “muito baixo” (0.00–0.25), “baixo” (0.26–0.49), “moderado” (0.50– 0.69), “alto” (0.70–0.89), e “muito alto” (0.90–1.00) (PORTNEY e WATKINS, 2009).

Tabela 1. Confiabilidade das medidas para o desempenho de salto agachado do grupo controle, mensuradas diferentes situações experimentais pré vs. 24h, 48h e 72h

Variável	24h	48h	72h
Média (DP)	31,23 (0,11)	31,01 (0,42)	30,97 (0,63)
p (teste f)	(0,81)	(0,38)	(1,18)
CCI	0,95	0,95	0,96
p	<0,01	<0,01	<0,01
EPM	0,33	0,34	0,24
%	1,06	1,10	0,78

Média e desvio padrão agrupados (DP); CCI – coeficiente de correlação intraclasse; EPM – erro padrão da medida; % - percentual do EPM em relação à média;

Tabela 2. Confiabilidade das medidas para o desempenho de salto com contramovimento do grupo controle, mensuradas nas diferentes situações experimentais pré vs. 24h, 48h e 72h

Variável	24h	48h	72h
Média (DP)	34,26 (0,56)	34,26 (0,40)	34,30 (0,52)
p (teste f)	(0,09)	(0,13)	(0,11)
CCI	0,98	0,98	0,97
p	<0,01	<0,01	<0,01
EPM	0,15	0,09	0,15
%	0,44	0,26	0,44

Média e desvio padrão agrupados (DP); CCI – coeficiente de correlação intraclasse; EPM – erro padrão da medida; % - percentual do EPM em relação à média;

6.7 PROTOCOLO DE SALTOS PLIOMÉTRICOS

O protocolo de dano muscular proposto, foi o mesmo utilizado no estudo de TOFAS e colaboradores (2008), a saber: O protocolo consta de um aquecimento em esteira ergométrica (5 minutos, a 8km/h). Após o período de aquecimento os voluntários iniciaram a execução de saltos: que consiste em 96 saltos sobre um obstáculo de 50 cm (oito series de doze repetições) e 96 saltos partindo de uma caixa com altura de 50cm e saltando ao tocar o solo (oito series de doze repetições), com intervalo de noventa segundos entre as séries e três minutos de intervalo entre os dois tipos de saltos.

6.8 AVALIAÇÃO DA DOR MUSCULAR DE INICIOTARDIO

A Escala Visual Analógica (EVA) adaptada de Huskisson (1974) ou escala numérica da dor (figura 5) consiste em auxiliar na aferição da intensidade da dor no paciente, é um instrumento importante para verificar a evolução clínica do dano muscular. Também é útil para podermos analisar se o tratamento está sendo efetivo, quais procedimentos têm surtido melhores resultados, assim como se há alguma deficiência no tratamento, de acordo com o grau de melhora ou piora da dor (FERREIRA-VALENTE, PAIS-RIBEIRO e JENSEN, 2011)

EVA um método subjetivo de percepção da dor tendo sua variação de 0 a 10, onde 0 representa ausência de dor e 10 o máximo de dor sentida. Na presente pesquisa ela foi utilizada para avaliar indiretamente o dano muscular induzido pelo protocolo de exercício e foi aplicada 24, 48 e 72 horas após o exercício no grupo experimental. O indivíduo escolheu uma nota que mais se apropriava à sua percepção de dor no momento da

avaliação, assim como realizados em estudos anteriores (TWIST GLESSON e ESTON, 2008; MACALUSO e colaboradores, 2012; TSENG e colaboradores, 2015; ARAZI e colaboradores, 2016)

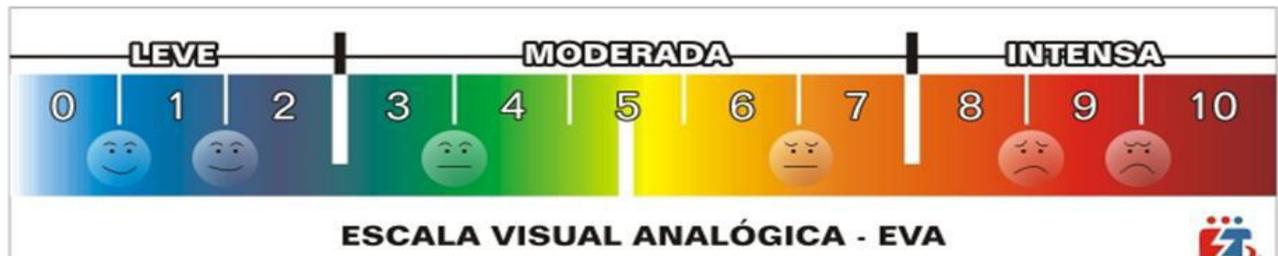


Figura 5. Escala Visual analógica (Fonte: adaptado de Huskisson 1974)

6.9 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A imagem foi realizada em uma sala apropriada, sem luz natural, apenas artificial por meio de lâmpadas fluorescentes, sem fluxo de ar direcionado para o local da coleta. As condições de temperatura ambiente foram mantidas através de um ar condicionado e monitoradas por um psicrômetro de umidade digital da marca EXTECH (Flir System Inc. Modelo MO297, Sweden) que registrou cerca de 24°C e umidade relativa em torno de 50% (MARINS e colaboradores, 2013).

Os sujeitos foram instruídos a não realizar atividades vigorosas nas 24h que antecederam os procedimentos, não consumir álcool ou cafeína, não utilizar nenhum tipo de creme na pele nas 6h antecedentes a avaliação. Para obtenção dos termogramas os voluntários permaneceram em repouso por 10 minutos dentro da sala climatizada para o equilíbrio térmico (FERNÁNDEZ-CUEVAS e colaboradores, 2015). As imagens foram capturadas por uma câmera FLIR T650sc (Flir System Inc. Model, Sweden) com uma resolução de 640 x 480 pixels, a uma distância de 2,5 metros, com emissividade de 0,98.

Para a análise das imagens utilizou-se o software e considerado os valores médios da região corporal de interesse (RCI) (FLIR Tools - versão 5.4). A RCI utilizada foi a coxa, considerando 5 cm acima da borda superior da patela e da linha inguinal (MARINS e colaboradores, 2014), conforme demonstrado nos termogramas abaixo.

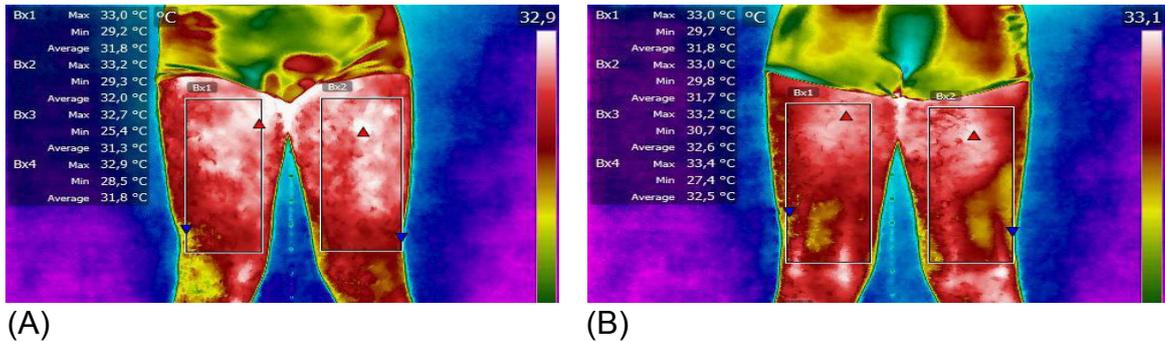


Figura 6. Termogramas região anterior (A) e posterior (B) das coxas e perna

6.10 COLETA DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS DE SANGUE

As amostras sanguíneas foram coletadas por punção de sangue capilar da polpa digital dos sujeitos, após ser realizada limpeza do local com álcool etílico a 70%. Em seguida, após secagem com algodão, para punção foi utilizada uma lanceta com disparador automático onde foi retirado 400µl de sangue que foi drenado para dois microtubos capilar heparinizado (Microvette® 200 µl). As amostras de sangue foram centrifugadas (Benfer®) a 10.000 rpm durante 15 minutos à temperatura ambiente, em seguida foram aliqüotadas em plasma e mantidas em eppendorf a -20°C até a realização dos experimentos.

6.10.1 Dosagem da creatina quinase (CK)

A CK sanguínea foi avaliada por fotometria de reflectancia a 37°C por meio do Reflotron® Plus (Roche). Esse aparelho foi calibrado de acordo com as recomendações do manual. Após a assepsia do dedo com álcool, uma amostra de sangue de 30 µl foi coletada por punção digital e posteriormente colocada em tiras reagentes específicas (Reflotron® CK – Roche) que eram inseridas no aparelho. Assim o resultado da avaliação

da CK era demonstrado após 3 minutos da inserção da tira com o sangue no aparelho.

6.10.2 Dosagem da mioglobina e Proteína c-reativa

A dosagem de mioglobina e proteína c-reativa foi realizada pelo espectrofotômetro da marca (Biotech®) através do ensaio de imunoabsorção enzimática (ELISA). Utilizando os kits comerciais da Cloud-Clone Corp. Todos procedimentos de análises foram realizados de acordo com o manual do fabricante.

7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a caracterização da amostra foi realizada uma estatística descritiva, através do teste t de student. Para os demais dados, foi realizada a normalidade, verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados que apresentaram distribuição normal, tais: CK, SA, SCM e termogramas, foram aplicadas uma ANOVA TWO-WAY para investigar as diferenças entre as situações (CON vs. EXP) nos momentos estudados (Pré vs. Pós) e apresentados em média e desvio padrão. Quando encontrado diferenças significativas pela ANOVA foi utilizado o *post hoc* de Bonferroni e os dados representados em mediana e desvio padrão. Para os dados que apresentaram distribuição não normal, tais: MIO, PCR e EVA, foram aplicadas o Teste de Kruska-Wallis, sendo apresentada em mediana, mínimo e máximo, quando encontrado diferenças, utilizou-se o *post hoc* de Dunn's. Para a análise da correlação dos dados foi utilizado o teste de correlação de Spearman. O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$ e o software utilizado para análise dos dados foi o GraphPad[®] (Prisma 6.0, San Diego, CA, EUA), e o Sigma Plot 11.

8. RESULTADOS

Neste estudo foram selecionados um total de 23 voluntários, sendo 3 excluídos durante a realização da pesquisa, por não cumprirem os procedimentos pré-teste durante a semana de avaliações, restando assim 20 sujeitos. Na tabela 3, está descrito as características dos voluntários da pesquisa em média e desvio padrão. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos em nenhuma variável antropométrica, parecendo ser uma população homogênea.

Tabela 3. Características dos sujeitos.

	Controle(n=10)	Experimental(n=10)	P valor
Idade (anos)	24,0±3,6	22,5±3,3	0,6
Massa corporal (kg)	75,7±12,0	71,7±11,0	0,7
Estatura (cm)	170,0±7,4	171,1±5,3	0,6
Massa gorda (%)	16,5±5,4	15,5±4,7	0,7
Massa magra (%)	83,4±5,4	84,4±4,7	0,7

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão da média.

A figura 7 representa o comportamento em valores percentuais para a CK em ambos os grupos. O grupo experimental apresentou um pico de concentração no momento 24h, apresentando uma diferença significativa quando comparado aos momentos basal e 72h ($p < 0,05$). Em relação a comparação intergrupo a atividade da CK apresentou diferença significativa ($p < 0,001$) nos momentos 24h e 48h.

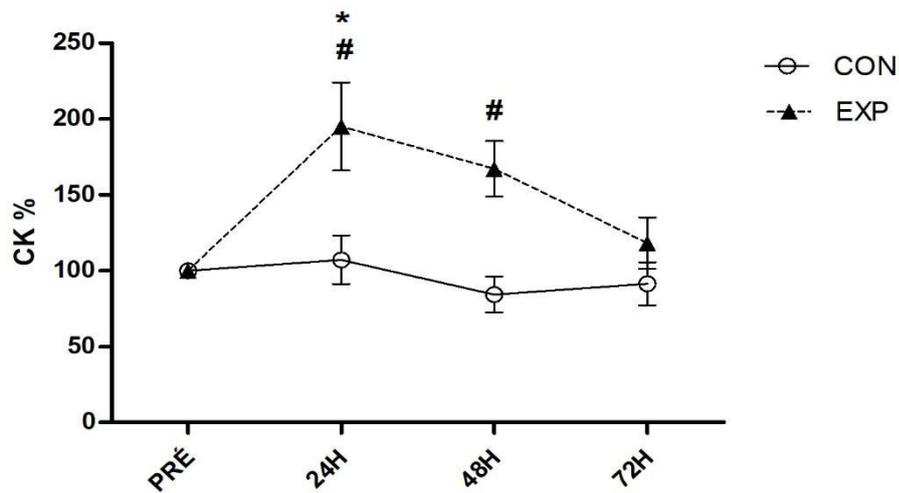


Figura 7. Cinética das concentrações de CK% séricas após protocolo * diferença significativa em relação ao Pré. # diferença significativa entre grupos. CON= controle, EXP= experimental. Diferença estatística estabelecida em ($p < 0,005$), Anova two way e *post hoc* de Bonferroni.

A figura 8 representa o comportamento da mioglobina, onde não foi apresentada diferença estatística, nos momentos após protocolo de dano muscular e nem na comparação entre grupos.

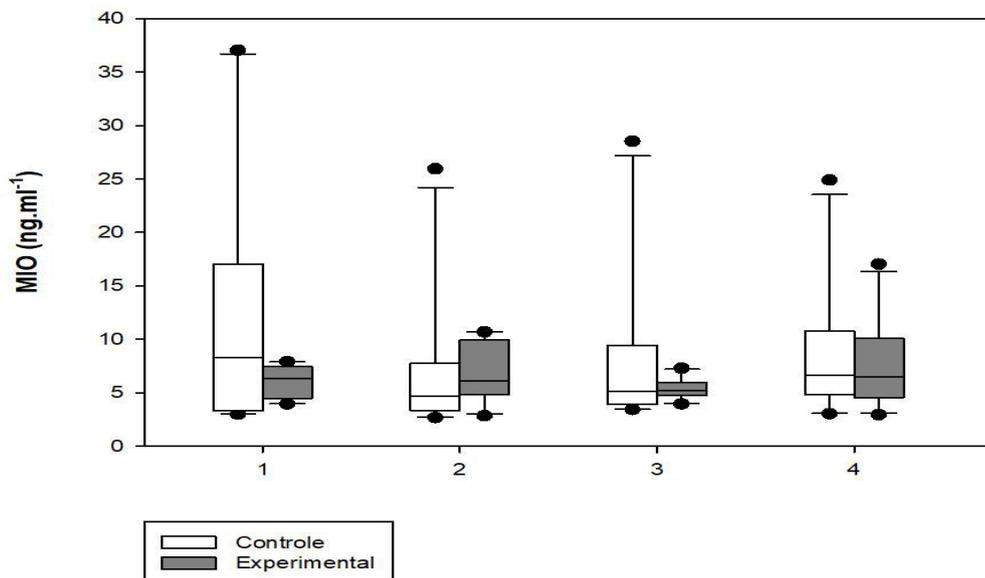


Figura 8. Cinética das concentrações de MIO sérica após protocolo MIO= mioglobina, 1=Pré, 2=24h, 3=48h, 4=72. Teste de Kruska Wallis e *post hoc* de Dunn's.

A figura 9 demonstra os valores de PCR em ambos os grupos nos momentos pré e após protocolo de dano muscular. Sendo apresentado que não houve diferença estatística entre grupos e nem nos momentos após protocolo.

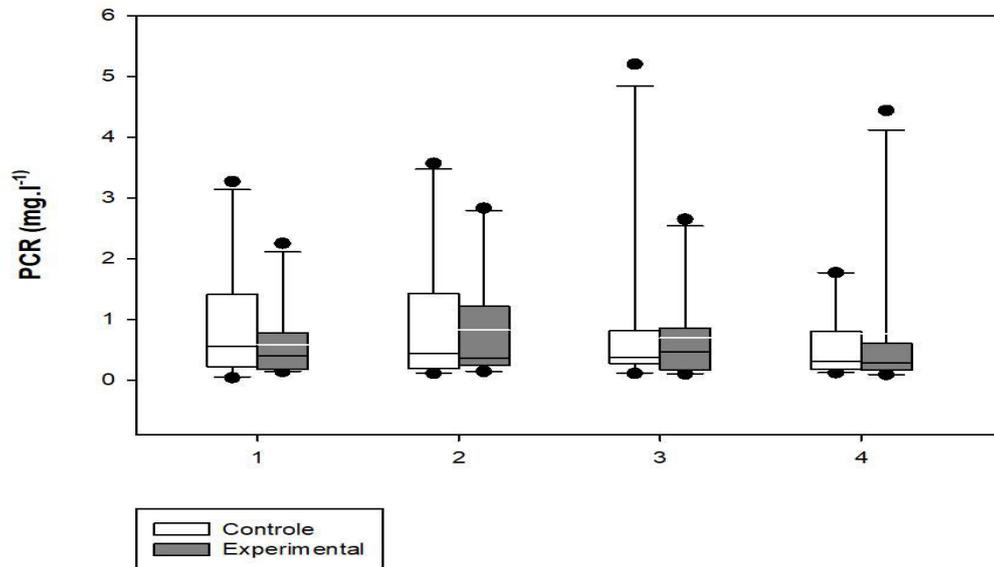


Figura 9. Cinética das concentrações de PCR sérica após protocolo, PCR= proteína c-reativa, 1=Pré, 2=24h, 3=48h, 4=72. Teste de Kruska Wallis e *post hoc* de Dunn's.

Os valores de desempenho de salto são demonstrados pelas figuras 10 e 11. Tanto no teste de salto agachado quanto no salto com contramovimento, não foi encontrado mudança de desempenho nos momentos após exercício, e nem na comparação de cada momento em relação do grupo controle ao grupo experimental.

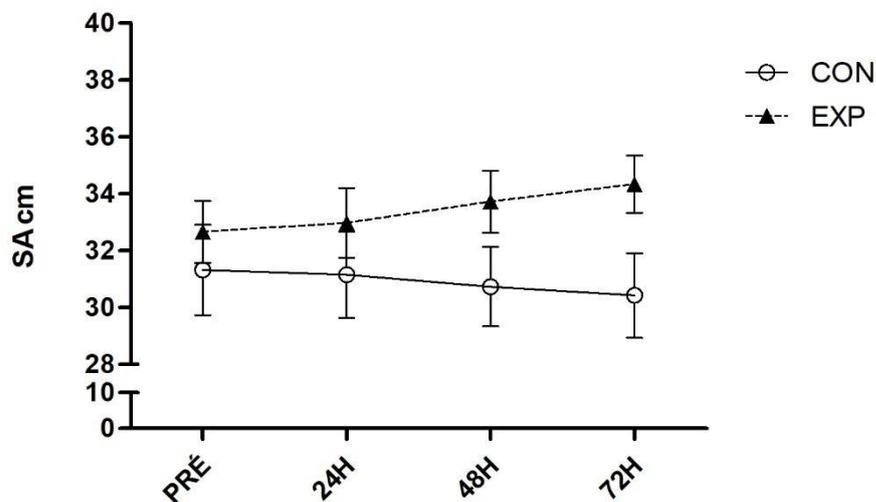


Figura 10. Comportamento de desempenho em SA após protocolo. Dados apresentados como média e desvio padrão. SA= salto agachado, CON= controle, EXP= experimental, Anova two way e *post hoc* de Bonferroni.

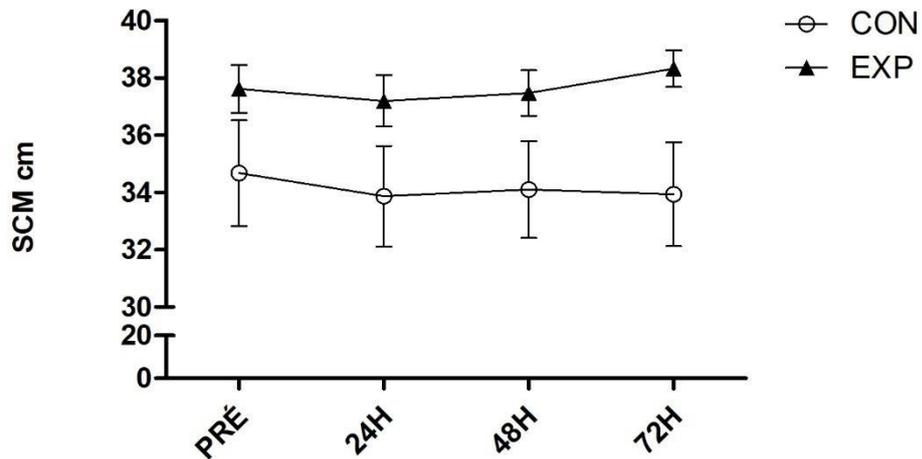


Figura 11. Comportamento de desempenho em SCM após protocolo. Dados apresentados como média e desvio padrão. SCM= salto com contramovimento, CON= controle, EXP= experimental, Anova two way e *post hoc* de Bonferroni.

A figura 12, representa o comportamento da DMIT avaliada através da escala visual analógica. Foi encontrada diferença estatística entre os grupos nos momentos 24h e 48h ($p < 0,05$). O grupo experimental apresentou um pico de dor no momento 24h, apresentando uma diferença significativa quando comparado aos momentos basal e 72h ($p < 0,05$), mantendo-se elevado no momento 48h com diferença estatística em relação ao basal ($p < 0,05$).

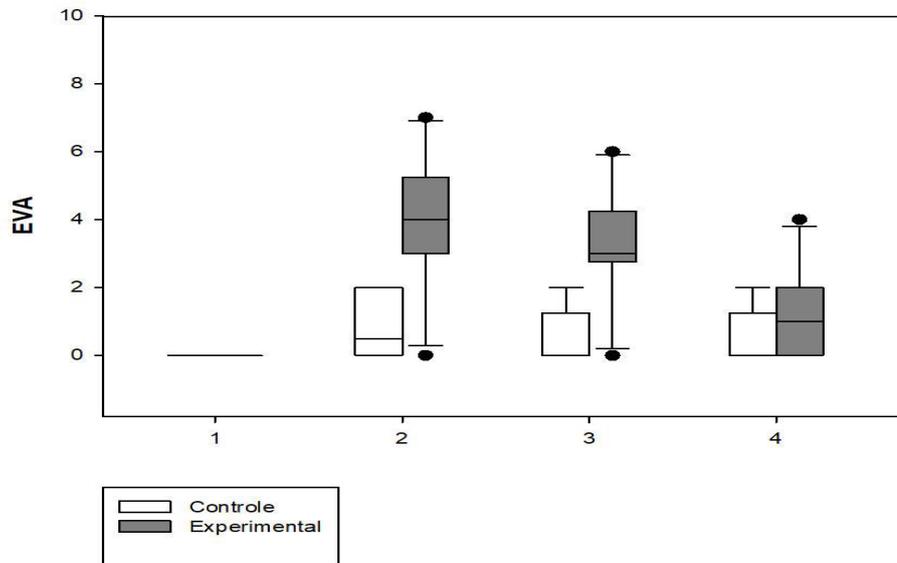


Figura 12. Incidência do nível de dor após protocolo* diferença significativa em relação ao Pré e 72h. [§] diferença significativa em relação ao Pré. [#] diferença significativa entre grupos. 1=Pré, 2=24h, 3=48h, 4=72. Diferença estatística estabelecida em ($p < 0,05$). Teste de Kruska Wallis e *post hoc* de Dunn's.

Na tabela 4, temos representados os valores de Termografia dos grupos controle e experimental. Onde o comportamento da temperatura dos grupos se apresentou uniforme sem diferença de variação entre os grupos.

Tabela 4. Valores de termografia da região anterior e posterior da coxa em graus celsius (C°) nos momentos de análise.

Grupo		Anterior da coxa				Posterior da coxa			
		Pré	24h	48h	72h	Pré	24h	48h	72h
Controle	Direita	32,8±0,6	32,2±0,7	32,7±0,6	32,8±0,8	32,7±0,4	32,7±0,6	32,4±0,5	32,7±0,5
	Esquerda	32,8±0,6	33,0±0,8	32,6±0,6	33,0±0,9	32,6±0,4	32,8±0,7	32,53±0,5	32,6±0,6
Experimental	Direita	32,2±1,0	32,0±0,7	32,3±0,9	32,4±0,6	32,2±0,7	32,1±0,6	32,5±0,7	32,6±0,5
	Esquerda	32,3±0,9	32,0±0,6	32,2±0,9	32,4±0,5	32,2±0,8	32,1±0,5	32,3±0,7	32,5±0,6

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão.

Na tabela 5, são apresentados os valores de correlação, quando associado os valores de temperatura da região posterior da coxa com as variáveis listadas abaixo. Não foi encontrada correlação estatística entre a temperatura da coxa e as variáveis analisadas.

Tabela 5. Valores de correlação entre a região posterior da coxa e as variáveis de dano muscular avaliadas.

Variáveis	Spearman r		P valor	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
CK %	0,11	0,09	0,49	0,58
MIO	-0,17	-0,08	0,31	0,63
PCR	0,06	0,03	0,70	0,80
EVA	0,08	0,00	0,58	0,97

CK%= creatina quinase em percentual, MIO=mioglobina, PCR=proteína c-reativa, EVA= escala visual analógica.

9. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a cinética de marcadores de dano muscular, inflamatório e desempenho de salto, correlacionando com os valores de termografia por um período de 3 dias após uma sessão de salto pliométrico. Os valores de termografia não apresentaram correlação com os marcadores de dano muscular, porém, os resultados indicam que uma sessão de salto pliométrico, induz alteração em marcador de dano muscular e na percepção de dor muscular de início tardio, sem deterioração no desempenho no decorrer dos dias.

O aumento acentuado na concentração sanguínea de creatina quinase em relação ao basal (100%) e a elevação na DMIT no momento 24 horas, fornecem evidência indireta de microtrauma muscular após uma sessão de pliometria. Esses resultados estão de acordo com o comportamento apresentando no estudo de Macaluso e colaboradores (2012) que avaliaram a recuperação de marcadores indireto de dano muscular, após uma sessão de pliometria em 18 homens. Onde CK e DMIT apresentaram aumento significativo no momento 24 horas após o exercício.

Esse mesmo comportamento de CK e DMIT também foi encontrado por Arazi e colaboradores (2016), após a realização de uma sessão de saltos pliométricos (100 saltos verticais) em três diferentes superfícies de solo em 24 jovens saudáveis.

O pico de concentração de CK de 24 horas, corrobora com estudos anteriores, (JAKEMAN, MACRAE e ESTON, 2009; HOWATSON e colaboradores, 2012; PALECKIS

e colaboradores, 2015; VERBICKAS e colaboradores, 2017) demonstrando ser um comportamento constante. O efluxo da CK intramuscular pode ser atribuído ao aumento da permeabilidade da membrana plasmática ou da vasculatura intramuscular (BRANCACCIO, LIPPI e MAFFULLI, 2010), visto que durante a fase excêntrica do salto pliométrico ocorre uma maior tensão por área de secção transversa da musculatura ativa, em comparação a fase concêntrica, resultando em maiores danos musculares estruturais (CLARKSON e HUBAL, 2002). Desta forma dano muscular após saltos pliométricos, é atribuído parcialmente a repetições intermitentes de ação excêntrica intensa (CHATZNIKOLOU e colaboradores, 2010).

Os valores de pico de DMIT encontrados apresentaram média de (~3,4) considerados moderado em uma escala de 10 pontos, sendo interpretado como um limitado dano muscular (FERREIRA-VALENTE, PAIS-RIBEIRO e JENSEN, 2011). Essa resposta moderada da DMIT pode ser atribuída devido a exposição diária dos membros inferiores a atividades do cotidiano (caminhar em declive, descer e subir escadas, saltar) que envolvem ações excêntricas submáximas em sua execução, logo essa exposição diária pode ter levado a uma maior proteção, gerando uma menor sensação de dor (JAMURTAS e colaboradores, 2005).

Essa proteção conhecida como efeito protetor de carga é definida como uma adaptação que ocorre a nível neural, mecânico e celular, que protege o tecido muscular esquelético contra eventuais mecanismos causadores de dano que possam ocorrer novamente (MCHUGH, 2003). Esse fenômeno é confirmado pelo estudo de Lima e colaboradores (2010), que comparou o nível do efeito protetor sobre o DM após uma sessão de exercícios excêntricos em membros superiores e inferiores. Os resultados mostraram que o efeito protetor foi maior para o grupo dos membros inferiores quando comparado ao grupo membros superiores.

Seguindo essa linha, Chen e colaboradores (2010) propuseram avaliar alterações de marcadores indiretos de DM entre membros superiores e inferiores após uma série de contrações isocinéticas máximas. Os resultados demonstraram menor extravasamento de marcadores para flexores e extensores do joelho quando comparado aos flexores e extensores do cotovelo. Desta forma, todos os autores supracitados argumentam que os membros inferiores realizam maior número de ações excêntricas no dia a dia quando

comparado aos membros superiores, e que isso pode conferir um efeito protetor parcial a essa musculatura, algo que não ocorre nas demais musculaturas (De Lima e colaboradores 2011).

Como relatado anteriormente o grupo experimental apresentou dano muscular moderado, porém, este pode não ter sido acompanhado por um processo inflamatório, devido ao comportamento da PCR não ter apresentado diferença nos momentos após exercício. A não alteração da resposta inflamatória sistêmica pode ser explicada em partes pelo fato que o DM induzido ter sido moderado, gerando pequena alteração em marcadores inflamatórios podendo não ser detectado tão facilmente de forma sistêmica (BARNES, 2010).

Isso fica evidenciado em uma pesquisa realizada por Buford, Cooke e Willoughby (2009) que avaliou a resposta inflamatória por expressão gênica e sistêmica após a prática de exercício de força para membros inferiores em 24 homens ativos. Os autores constataram que os níveis circulantes de citocinas não modificaram sistemicamente, embora tenha ocorrido aumento no mRNA dessa citocinas.

Em outro estudo, Berton e colaboradores (2018) analisaram em 9 homens ativos o comportamento inflamatório após ações excêntricas máximas realizadas pelos membros superiores. Os resultados demonstraram que mesmo com alterações nos marcadores indiretos de dano muscular após a realização de ações excêntricas não foram observadas alterações na resposta inflamatória sistêmica. Dessa forma sugere-se que esse efeito inflamatório se deve somente ao local lesionado, de modo que dosagens sistêmicas parecem não refletir a real resposta inflamatória do exercício.

No tocante aos valores de MIO, não foi evidenciado aumento sérico na concentração deste marcador, comportamento diferente ao encontrado na literatura (Saka e colaboradores 2009; Ascensão e colaboradores 2008 e Duttaroy e colaboradores 2012) Um fator explicativo para os resultados divergentes com a literatura se deve ao momento de avaliação, considerando-se o intervalo de no mínimo 24 horas entre o protocolo de saltos pliométricos e a coleta de sangue. Pode-se entender que quando foi feita a coleta, os níveis de MIO já tinham retornado aos índices basais, pois, sabe-se que o pico desse indicador indireto de dano muscular, geralmente, é encontrado por volta de 1 hora após o exercício (BRANCACCIO, LIPPI e MAFFULLI, 2010), já que devido ao seu

baixo peso molecular a MIO tem maior facilidade de extravasar para o meio extracelular e assim alcançar um pico de concentração com maior velocidade.

Surpreendentemente em nosso estudo os índices de desempenho de salto avaliados através do SA e SCM não apresentaram diferença estatística no momento após o protocolo de saltos pliométricos. Em contraste aos nossos resultados, Chatzinikolaou e colaboradores (2010), encontraram redução significativa no desempenho de SA e SCM nos momentos 24, 48 e 72h, após uma sessão de saltos pliométricos realizados por 24 homens ativos.

Por outro lado, Loturco e colaboradores (2016) não observaram diminuição de desempenho em ambos os saltos (SA e SCM) após uma sessão de saltos pliométricos, porém a amostra deste estudo foi composta por jogadores de futebol, onde desta forma os autores sugerem que nível o de treinamento dos jogadores e a possível adaptação que possuíam a esse tipo de exercício, pode ter diminuído a magnitude do dano muscular.

Um possível fator explicativo aos nossos resultados, deve-se a magnitude do dano muscular não ter sido o suficiente para diminuir o desempenho muscular. Essa suposição é apoiada devido o comportamento da DMIT que apresentou valores de (~3,4), considerados moderados segundo a EVA. Essa pequena magnitude de DM pode ser atribuída a característica do protocolo de salto apresentar um menor componente de ação excêntrica quando comparado a uma contração puramente excêntrica, gerando um menor nível de micro lesão.

No que se refere aos valores de termografia das regiões analisadas, não foi encontrada diferença nos momentos após a realização da sessão de saltos pliométricos. Esses resultados estão de acordo com o estudo de Silva e colaboradores (2017) que avaliaram as mudanças de temperatura da pele após protocolo de pliometria em 38 indivíduos ativos. Os resultados demonstraram que não há influência na temperatura muscular até 24 e 48h após esse tipo de protocolo.

No que tange a correlação dos valores de termografia e os marcadores indireto de dano muscular, não foi encontrado associação entres essas variáveis no presente estudo. Esses dados corroboram com alguns estudos que não encontram correlação (BANDEIRA

e colaboradores, 2012; BANDEIRA e colaboradores, 2014; MAIOR e colaboradores, 2017)

Diferente desses resultados Al-Nakhil e colaboradores (2012) verificaram uma considerável correlação entre a EVA e a TI no momento 48 horas ($r = 0.312$), após uma sessão de exercício excêntrico máxima para flexores do cotovelo. Valores de correlação semelhante foi encontrado por De Andrade Fernandes e colaboradores (2017) que avaliaram a resposta da temperatura da pele a duas partidas de futebol, associando esses valores a cinética da CK. A temperatura da pele e a CK apresentaram moderada correlação em relação a região anterior da perna direita ($r=0,425$) e perna esquerda ($r=0,428$).

Algumas variáveis relacionadas a esses estudos podem explicar em parte os resultados divergentes como, diferentes tipos de protocolo aplicado, nível de treinamento dos avaliados, e diferentes métodos de seleção da região de interesse (ROIs), logo a combinação desses multifatores podem contribuir na divergência dos resultados demonstrados (FERNÁNDEZ-CUEVAS e colaboradores, 2015).

Considerando o que foi exposto o estudo, podem ser consideradas como limitações o fato do controle de forma subjetiva da intensidade do protocolo de salto, podendo ter sido mais intenso para uns, do que para outros. Além disso, a forma de seleção da RCI em retângulos, onde desta forma, pode não abranger toda a região da coxa, em especial os músculos adutores. É importante destacar que esses resultados são específicos para indivíduos ativos, sendo que a extrapolação dos resultados para outros sujeitos, deve ser vista com cautela.

10.CONCLUSÃO

Desta forma pode-se concluir que uma sessão de salto pliométrico altera CK e DMIT, no entanto, não altera a temperatura da pele de membros inferiores, especificamente a região anterior das coxas, suscitando dessa forma a não correlação com os marcadores de dano muscular. Sugere-se que novos estudos avaliem o comportamento da temperatura da pele e dos marcadores de dano muscular após semanas de treinamento com saltos pliométricos, visando compreender essas alterações através de um ponto de vista crônico.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S., SHIV. **Imunologia celular e molecular**. Elsevier Brasil, 2015.
- ADAMCZYK, J. G.; KRASWOSKA, I.; BOGUSZEWSKI, D.; REABURN, P. The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. **Journal Of Thermal Biology**, v. 60, p.20-25, 2016.
- AGUIAR, F. J.; FERREIRA-JÚNIOR, M.; SALES, M. M.; CRUZ-NETO, L. M.; FONSECA, L. A.; SUMITA, N. M.; DUARTE, N. J. Proteína C reativa: aplicações clínicas e propostas para utilização racional. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 59, n. 1, p. 85-92, 2013.
- ALLEN, D. G. Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 171, n. 3, p.311-319, 2001.
- AL-NAKHIL, H. H.; PETROFSKY, J. S.; LAYMON, M. S.; BERK, L. S. The Use of Thermal Infra-Red Imaging to Detect Delayed Onset Muscle Soreness. **Journal Of Visualized Experiments**, n. 59, p.1-9, 2012.
- ARAZI, H.; ESTON, R.; ASADI, A.; ROOZBEH, B.; SAATI ZAREI, A. Type of ground surface during plyometric training affects the severity of exercise-induced muscle damage. **Sports**, v. 4, n. 1, p. 15, 2016.
- ARMSTRONG, R. B. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 16, n. 6, p. 529-538, 1984.
- ARNAIZ-LASTRAS, J.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; LÓPEZ-DÍAZ, C.; GÓMEZ-CARMONA, P. Aplicación práctica de la termografía infrarroja en el fútbol profesional. **Futbolpf: Revista de Preparacion física en el Fútbol**, n. 13, p. 6-15, 2014.
- ASCENSÃO, A.; REBELO, A.; OLIVEIRA, E.; MARQUES, F.; PEREIRA, L.; MAGALHÃES, J. Biochemical impact of a soccer match—analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical biochemistry**, v. 41, n. 10-11, p. 841-851, 2008.
- AURA, O.; KOMI, P. V. Effects of prestretch intensity on mechanical efficiency of positive work and on elastic behavior of skeletal muscle in stretch-shortening cycle exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 03, p. 137-143, 1986.
- BAECHLE, T. R.; EARLE R. W. **Fundamentos do treinamento de força e do condicionamento / Associação Nacional de Força e Condicionamento**. 3º Ed. Barueri: Manole, 2010.
- BAIRD, M. F.; GRAHAM, S. M.; BAKER, J. S.; BICKERSTAFF, G. F. Creatine-Kinase- and Exercise-Related Muscle Damage Implications for Muscle Performance and Recovery. **Journal Of Nutrition And Metabolism**, v. 2012, p.1-13, 2012.

- BANDEIRA, F.; NEVES, E. B.; DE MOURA, M. A. M.; NOHAMA, P. A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 1, p. 59-64, 2014.
- BANDEIRA, F.; DE MOURA, M. A. M.; DE SOUZA, M. A.; NOHAMA, P.; NEVES, E. B. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? **Rev. bras. med. esporte**, v. 18, n. 4, p. 246-251, 2012.
- BARNES, J. N.; TROMBOLD, J. R.; DHINDSA, M.; Lin, H. F.; Tanaka, H. Arterial stiffening following eccentric exercise-induced muscle damage. **Journal of applied physiology**, v. 109, n. 4, p. 1102-1108, 2010.
- BEATTIE, K.; FLANAGAN, E. P. Establishing the reliability & meaningful change of the drop-jump reactive strength index. **J Aust Strength Cond Res**, v. 23, n. 5, p. 12-18, 2015.
- BEDOYA, A. A.; MILTENBERGER, M. R.; LOPEZ, R. M. Plyometric training effects on athletic performance in youth soccer athletes: a systematic review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 8, p. 2351-2360, 2015.
- BERTON, R.; LIXANDRÃO, M. E.; PINTO E SILVA, C. M.; TRICOLI, V. Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta-analysis. **Journal of sports sciences**. v. 36, n. 18, p. 2038-2044, 2018.
- BOBBERT, M. F.; DE GRAAF, W. W.; JONK, J. N.; CASIUS, L. R. Explanation of the bilateral deficit in human vertical squat jumping. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 2, p. 493-499, 2006.
- BOMPA, Tudor O. Treinamento de potência para o esporte. **São Paulo: Phorte**, v. 193, 2004.
- BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 48, n. 6, p. 757-767, 2010.
- BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British medical bulletin**, v. 81, n. 1, p. 209-230, 2007.
- BUFORD, T. W.; COOKE, M. B.; WILLOUGHBY, D. S. Resistance exercise-induced changes of inflammatory gene expression within human skeletal muscle. **European journal of applied physiology**, v. 107, n. 4, p. 463, 2009.
- BUTTERFIELD, T. A. Eccentric exercise in vivo: strain-induced muscle damage and adaptation in a stable system. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 38, n. 2, p. 51-60, 2010.
- CALLE, M.C.; FERNANDEZ, M.L. Effects of resistance training on the inflammatory response. **Nutrition Research and Practice**, Seoul, v.4, n.4, p.259-69, 2010.
- CHAPMAN, D. W.; NEWTON, M. J.; ZAINUDDIN, Z.; NOSAKA, K. Work and peak torque during eccentric exercise do not predict changes in markers of muscle damage. **British journal of sports medicine**, v. 42, n. 7, p. 585-591, 2008.
- CHATZINIKOLAOU, A.; FATOUROS, I. G.; GOURGOULIS, V.; AVLONITI, A.; JAMURTAS, A. Z.; NIKOLAIDIS, M. G.; DOURODOS, I.; MICHAILIDIS, Y.; BENEKA, A.;

- MALLIOU, P.; TOFAS, T.; GEORGIADIS, I.; MANDALIDIS, D.; TAXILDARIS, K. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 5, p. 1389-1398, 2010.
- CHELLY, M. S.; GHENEM, M. A.; ABID, K.; HERMASSI, S.; TABKA, Z.; SHEPHARD, R. J. Effects of in-season short-term plyometric training program on sprint and jump performance of young male track athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 8, p. 2128-2136, 2015.
- CHEN, C. H.; NOSAKA, K.; CHEN, H. L.; LIN, M. J.; TSENG, K. W.; CHEN, T. C. Effects of flexibility training on eccentric exercise-induced muscle damage. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 3, p. 491-500, 2011.
- CHEN, T. C.; LIN, K. Y.; CHEN, H. L.; LIN, M. J.; NOSAKA, K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. **European journal of applied physiology**, v. 111, n. 2, p. 211-223, 2010.
- CHEN, T. C.; NOSAKA, K. Responses of elbow flexors to two strenuous eccentric exercise bouts separated by three days. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 1, p. 108, 2006.
- CHEUNG, K.; HUME, P. A.; MAXWELL, L. Delayed onset muscle soreness. **Sports Medicine**, v. 33, n. 2, p. 145-164, 2003.
- CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 81, n. 11, p. S52-S69, 2002.
- CLARKSON, P. M.; SAYERS, S. P. Etiology of exercise-induced muscle damage. **Canadian journal of applied physiology**, v. 24, n. 3, p. 234-248, 1999.
- CORDOVA, M. L.; ARMSTRONG, C. W. Reliability of ground reaction forces during a vertical jump: implications for functional strength assessment. **Journal of Athletic Training**, v. 31, n. 4, p. 342, 1996
- CORMACK S.J., NEWTON R.U., MCGUIGAN M.R. Neuromuscular and endocrine responses of elite players to an australian rules football match. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 3, n. 3, p. 359-374, 2008.
- COUTTS A., REABURN P., PIVA T.J., MURPHY A. Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 02, p. 116-124, 2007.
- DAHMEN, S. R. A obra de Boltzmann em Fisica. **Revista Brasileira de Ensino de Fisica**, v. 28, p. 281-295, 2006.
- DE ANDRADE FERNANDES, A.; PIMENTA, E. M.; MOREIRA, D. G.; SILLERO-QUINTANA, M.; MARINS, J. C. B.; MORANDI, R. F.; KANOPE, T.; GARCIA, E. S. Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. **Sport Sciences for Health**, v. 13, n. 3, p. 635-643, 2017.

- DE LIMA, L. C. R.; DENADAI, B. S. Efeito protetor após sessões de exercício excêntrico comparação entre membros superiores e inferiores The repeated bout effect; a comparison between upper and lower limbs. **Motriz: Revista de Educacao Fisica**, v. 17, n. 4, p. 738-747, 2011.
- DOUGLAS, J.; PEARSON, S.; ROSS, A.; MCGUIGAN, M. Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. **Sports Medicine**, v. 47, n. 4, p. 663-675, 2017.
- DUROCHER, A.; ESCOURBIAC, F.; RICHOU, M.; VIGNAL, N.; MEROLA, M.; RICCARDI, B.; CANTONE, V.; CONSTANS, S. Infrared thermography inspection of the ITER vertical target qualification prototypes manufactured by European industry using SATIR. **Fusion Engineering and Design**, v. 84, n. 2-6, p. 314-318, 2009.
- DUTTARROY, S.; THORELL, D.; KARLSSON, L.; BÖRJESSON, M.A. single-bout of one-hour spinning exercise increases troponin T in healthy subjects. **Scandinavian Cardiovascular Journal**, v. 46, n. 1, p. 2-6, 2012.
- EBBEN, W. P.; FLANAGAN, E. Bilateral facilitation and laterality during the countermovement jump. **Perceptual and Motor Skills**, v. 108, n. 1, p. 251-258, 2009.
- JAMURTAS, A. Z.; FATOUROS, I. G.; BUCKENMEYER, P.; KOKKINIDIS, E.; TAXILDARIS, K.; KAMBAS, A.; KYRIAZIS, G. Effects of Plyometric Exercise on Muscle Soreness and Plasma Creatine Kinase Levels and Its Comparison with Eccentric and Concentric Exercise **Eur. J. Appl. Physiol.** v.93, n.5-6, p.614-23, 2005.
- FARLEY, C. T. Role of the stretch-shortening cycle in jumping. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, n. 4, p. 436-439, 1997.
- FERNANDES, A. A.; PIMENTA, E. M.; MOREIRA, D. G.; MARINS, J. C. B.; GARCIA, E. S. Application of Infrared Thermography in the Assessment of Muscle Damage in Elite Soccer Athletes. **MOJ Orthop Rheumatol**, v. 8, n. 5, p. 328, 2017.
- FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; MARINS, J. C. B.; LASTRAS, J. A.; CARMONA, P. M. G.; CANO, S. P.; GARCÍA-CONCEPCIÓN, M. Á.; SILLERO-QUINTANA, M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 71, p. 28-55, 2015.
- FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; SILLERO-QUINTANA, M.; GARCIA-CONCEPCION, M. A.; SERRANO, J. R.; GOMEZ-CARMONA, P.; MARINS, J. C. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. **New Stud Athl**, v. 29, p. 57-71, 2014.
- FERREIRA, J. C.; CARVALHO, R. G. S.; SZMUCHROWSKI, L. A. Validade e confiabilidade de um tapete de contato para mensuração da altura do salto vertical. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 9, n. 17, p. 93-99, 2009.
- FERREIRA-VALENTE, M. A.; PAIS-RIBEIRO, J. L.; JENSEN, M. P. Validity of four pain intensity rating scales. **Pain**, v. 152, n. 10, p. 2399-2404, 2011.
- FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano**, v. 9, n. 1, p. 101-106, 2007.

- GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural adaptations to resistive exercise. **Sports Medicine**, v. 36, n. 2, p. 133-149, 2006.
- HARRISON, A. J.; KEANE, S. P.; COGLAN, J. Force-velocity relationship and stretch-shortening cycle function in sprint and endurance athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 473-9, 2004.
- HOWATSON, G., HOAD, M., GOODALL, S., TALLENT, J., BELL, P. G., e FRENCH, D. N. Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 20, 2012.
- HOLMYARD, J., HAZELDINE, R. Plyometric training: what it is, and how to use it effectively. **Coaching Focus**, v. 17, p. 10-12, 1991.
- HOWELL, J. N.; CHLEBOUN, G.; CONATSER, R. Muscle stiffness, strenght loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. **The Journal of physiology**, v. 464, n. 1, p. 183-196, 1993.
- HUSKISSON, E.C. Measurement of pain. **Lancet**. v. 2, n. 7889, p.1127-31, 1974.
- IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; CASTAGNA, C.; MARTINO, F.; FIORINI, S.; WISLOFF, U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. **British journal of sports medicine**, v. 42, n. 1, p. 42-46, 2008.
- ISPIRLIDIS, I., FATOUROS, I. G., JAMURTAS, A. Z., NIKOLAIDIS, M. G., MICHAILIDIS, I., DOUROUDOS, I.; MARGONIS, K.; CHATZINIKOLAOU, A.; KALISTRATOS, E.; KATRABASAS, I.; ALEXIOU, V.; TAXILDARIS, K.; Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 18, n. 5, p. 423-431, 2008.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.
- JAKEMAN, J. R.; MACRAE, R.; ESTON, R. A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. **Ergonomics**, v. 52, n. 4, p. 456-460, 2009.
- JAMURTAS, A. Z.; THEOCHARIS, V.; TOFAS, T.; TSIOKANOS, A.; YFANTI, C.; PASCHALIS, V.; KOUTEDAKIS, Y.; NOSAKA, K. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. **European journal of applied physiology**, v. 95, n. 2-3, p. 179-185, 2005.
- JURGENS, K. D.; PAPADOPOULOS, S.; PETERS, T.; GROS, G. Myoglobin: just an oxygen store or also an oxygen transporter? **Physiology**, v. 15, n. 5, p. 269-274, 2000.
- KAMANDULIS, S.; SNIIECKUS, A.; VENCKUNAS, T.; AAGAARD, P.; MASIULIS, N.; SKURVYDAS, A. Rapid increase in training load affects markers of skeletal muscle damage and mechanical performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 11, p. 2953-2961, 2012.

- KANDA, K.; SUGAMA, K.; HAYASHIDA, H.; SAKUMA, J.; KAWAKAMI, Y., MIURA, S.; YOSHIOKA, H.; MORI, Y.; SUZUKI, K. Eccentric exercise-induced delayed-onset muscle soreness and changes in markers of muscle damage and inflammation. **Exercise immunology review**. v. 19, 2013.
- KATIRIJI, B.; MOHAMED, M, A. Creatine kinase revisited. **Journal Clinical Neuromuscular**, v.2, n.3, p.158-163, 2001.
- Kendall, B.; Eston, R. Exercise-induced muscle damage and the potential protective role of estrogen. **Sports medicine**, v. 32, n. 2, p. 103-123, 2002.
- KOMI, P. V.; NICOL, C. Stretch-shortening cycle of muscle function. **The Encyclopaedia of Sports Medicine: Biomechanics in Sport**. p. 87-102, 2000.
- KOMI, P. V. Stretch-shortening cycle. **Strength and power in sport**, v. 2, p. 184-202, 2003.
- KOMI, P. V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and science in sports**, v. 10, n. 4, p. 261-265, 1978.
- KOURO, S., MALINOWSKI, M., GOPAKUMAR, K., POU, J., FRANQUELO, L. G., WU, B.; RODRIGUEZ, J.; PEREZ, M. A.; LEON, J. I. Recent advances and industrial applications of multilevel converters. **IEEE Transactions on industrial electronics**, v. 57, n. 8, p. 2553-2580, 2010.
- LAVENDER, A. P.; NOSAKA, K. Comparison between old and young men for changes in makers of muscle damage following voluntary eccentric exercise of the elbow flexors. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 31, n. 3, p. 218-225, 2006.
- LAZARIM, F. L., ANTUNES-NETO, J. M., DA SILVA, F. O., NUNES, L. A., BASSINI-CAMERON, A., CAMERON, L. C., ARMINDO. A. A.; BRENZIKOFER, R.; DE MACEDO, D. V. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 1, p. 85-90, 2009.
- LEWIS, P. B.; RUBY, D.; BUSH-JOSEPH, C. A. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. **Clinics in sports medicine**, v. 31, n. 2, p. 255-262, 2012.
- LOTURCO, I.; ABAD, C. C. C.; NAKAMURA, F. Y.; RAMOS, S. P.; KOBAL, R.; GIL, S.; PEREIRA, L.; BURII, F. H. P.; ROSCHEL, H.; UGRINOWIWITSCH, C.; TRICOLI, V. Effects of far infrared rays emitting clothing on recovery after an intense plyometric exercise bout applied to elite soccer players: a randomized double-blind placebo-controlled trial. **Biology of sport**, v. 33, n. 3, p. 277, 2016.
- MACALUSO, F; ISAACS, A. W.; MYBURGH, K. H. Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. **Journal of athletic training**, v. 47, n. 4, p. 414-420, 2012.
- MAIOR, A. S.; LEPORACE, G.; TANNURE, M.; MAROCOLO, M. Profile of infrared thermography in elite soccer players. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 23, n. 2, 2017.

MAIOR, A. S.; SIMÃO, R. A. Atuação do ciclo alongamento-encurtamento. **Journal of Exercise and Sport Sciences**, v. 1, n. 1, 2005.

MARINS, J. C. B.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; FERNANDES, A. A.; SILLERO-QUINTANA, M. Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revision. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport**, v. 15, n. 60, 2015.

MARINS, J.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; ARNAIZ LASTRAS, J.; FERNANDES, A. A.; SILLERO QUINTANA, M. Applications of infrared thermography in sports. A review. **International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport**, in press, v. 15, n. 60, p. 805-824, 2013.

MARINS, J. C. B.; FERNANDES, A. A.; CANO, S. P.; MOREIRA, D. G.; DA SILVA, F. S.; COSTA, C. M. A., FERNADEZ-CUEVAS, I.; SILLERO-QUINTANA, M. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). **Journal of thermal biology**, v. 42, p.1-8, 2014.

MARKOVIC, G.; JUKIC, I.; MILANOVIC, D.; METIKOS, D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 543, 2007.

MARKOVIC, G.; DIZDAR, D.; JUKIC, I.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 551-555, 2004.

MARKOVIC, GORAN. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **British journal of sports medicine**, v. 41, n. 6, p. 349-355, 2007.

MATSUDO, S.; ARAÚJO, T.; MATSUDO, V.; ANDRADE, D.; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, L. C.; BRAGGION, G. Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Rev. Bras. Ativ. Saude**, v.6, n.2, p.5-18, 2001.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano. **Traduzido por Giuseppe Taranto. 7ª ed. Rio Janeiro: Guanabara Koogan**, 2011

MCHUGH, M. P. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 13, n. 2, p. 88-97, 2003.

MCMANUS, C., TANURE, C. B., PERIPOLLI, V., SEIXAS, L., FISCHER, V., GABBI, A. M., MENEGASSI, S. R. O.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; DIAS, E.; COSTA JR, J. B. G, Concepta et al. Infrared thermography in animal production: An overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p. 10-16, 2016.

MENDONÇA, L. V., AMARAL, M., CATARINO, P. termografia por infravermelhos como ferramenta para auxílio à inspeção e manutenção dos edifícios. 2012.

- MENZEL, H. J.; CHAGAS, M. H.; SZMUCHROWSKI, L. A.; ARAUJO, S. R.; DE ANDRADE, A. G.; DE JESUS-MORALEIDA, F. R. Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n.27, v.5, p.1370–1377, 2013.
- MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **British Journal of Sports Medicine**. v. 41, p. 674-678, 2007.
- NEWHAM, D.J.; JONES, D.A.; EDWARDS, R.H.T. Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. **Muscle & Nerve**, v.6. n.5, p.380-385, 1983.
- NEWTON, R. U.; GERBER, A.; NIMPHIUS, S.; SHIM, J. K. Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n.20, p.971-977, 2006.
- NICOL, C.; AVELA, J.; KOMI, P. V. The stretch-shortening cycle. **Sports Medicine**, v. 36, n. 11, p. 977-999, 2006
- NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 12, n. 6, p. 337-346, 2002.
- O'CONNOR, P. J.; COOK, D. B. Exercise and pain: the neurobiology, measurement, and laboratory study of pain in relation to exercise in humans. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. V. 27, n.1, p.119-166, 1999.
- PALECKIS, V.; MICKEVIČIUS, M.; SNIECKUS, A.; STRECKIS, V.; PÄÄSUKE, M.; RUTKAUSKAS, S. KAMANDULIS, S. Changes in indirect markers of muscle damage and tendons after daily drop jumping exercise with rapid load increase. **Journal of sports science & medicine**, v. 14, n. 4, p. 825, 2015.
- TIDU, P. M. Skeletal muscle damage and repair. **Human Kinetics, Champaign**, 2008.
- PORTNEY, L. G.; WATKINS, M. P. **Foundations of clinical research: applications to practice**. Boston: Prentice Hall, ed.3, p.467, 2009.
- PROSKE, U.; MORGAN, D. L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. **The Journal of physiology**. v. 537, n. 2, p. 333-345, 2001.
- Proske, U.; Allen, T. J. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 33, n. 2, p. 98-104, 2005.
- QUESADA, J. I. P. **Application of Infrared Thermography in Sports Science**. Springer, 2017.
- RAMÍREZ-CAMPILLO, R.; ÁLVAREZ, C.; HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C.; BAEZ, E. B.; MARTÍNEZ, C.; ANDRADE, D. C. IZQUIERDO, M. Effects of plyometric training on endurance and explosive strength performance in competitive middle-and long-distance runners. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 1, p. 97-104, 2014.
- RING, E. F. The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine. **J Med Eng Technol**, v. 30, n. 4, p. 192-198, 2006.

- RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological measurement**, v. 33, n. 3, p. R33, 2012.
- ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, n. 3, p. R502-R516, 2004.
- SAKA, T.; AKOVA, B.; YAZICI, Z.; SEKIR, U.; GÜR, H.; OZARDA, Y. Difference in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises. **Journal of sports science & medicine**, v. 8, n. 1, p. 107, 2009.
- SILLERO, M.; FERNÁNDEZ, I.; ARNAIZ, J.; BOUZAS, J. Protocol for thermographic assessment in humans. In: **PreCongress XIII EAT Congress Course on “Medical Applications of Human Thermography”**; TERMOINEF Group: Madrid, Spain. 2015.
- SILLERO-QUINTANA, M., GOMEZ-CARMONA, P. M., & FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. Infrared thermography as a means of monitoring and preventing sports injuries. **Advances in Medical Technologies and Clinical Practice. Innovative research in thermal imaging for biology and medicine** p. 165-198, 2017.
- SILVA, F. O. C. D., MACEDO, D. V. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, 2011.
- SILVA, Y. A.; SANTOS, B. H.; ANDRADE, P. R.; SANTOS, H. H.; MOREIRA, D. G.; SILLERO-QUINTANA, M.; FERREIRA, J. J. A. Skin temperature changes after exercise and cold water immersion. **Sport Sciences for Health**, v. 13, n. 1, p. 195-202, 2017.
- TOFAS, T.; JAMURTAS, A. Z.; FATOUROS, I.; NIKOLAIDIS, M. G.; KOUTEDAKIS, Y.; SINOURIS, E. A.; THEOCHARIS, D. A. Plyometric exercise increases serum indices of muscle damage and collagen breakdown. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 490-496, 2008.
- TRICOLI, V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 9, n. 2, p. 39-44, 2001.
- TSENG, K. W.; TSENG, W. C.; LIN, M. J.; CHEN, H. L.; NOSAKA, K.; CHEN, T. C. Protective effect by maximal isometric contractions against maximal eccentric exercise-induced muscle damage of the knee extensors. **Research in Sports Medicine**, v. 24, n. 3, p. 228-241, 2016.
- TWIST, C.; GLEESON, N.; ESTON, R. The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. **Journal of sports sciences**, v. 26, n. 10, p. 1073-1080, 2008.
- VANRENTERGHEM, J.; NEDERGAARD, N. J.; ROBINSON, M. A.; DRUST, B. Training load monitoring in team sports: A novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. **Sports Medicine**. p. 1-8, 2017.
- VERBICKAS, V.; BARANAUSKIENE, N.; EIMANTAS, N.; KAMANDULIS, S.; RUTKAUSKAS, S.; SATKUNSKIENE, D.; SKURVYDAS, A. Effect of sprint cycling and stretch-shortening cycle exercises on the neuromuscular, immune and stress indicators in young men. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 68, p.125-132, 2017.

WARREN, G. L.; LOWE, D. A.; ARMSTRONG, R. B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. **Sports medicine**, v. 27, n. 1, p. 43-59, 1999.

WEIR, D. E.; TINGLEY, J.; ELDER, G. C.B. Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contraction. **European journal of applied physiology**, v. 93, n. 5-6, p. 614-623, 2005.

YOSHIOKA, S.; NAGANO, A.; HAY, D. C.; FUKASHIRO, S. The effect of bilateral asymmetry of muscle strength on jumping height of the countermovement jump: A computer simulation study. **Journal of Sports Sciences**, n.28, p.209-218, 2010.

ZAPROUDINA, N.; VARMAVUO, V.; AIRAKSINEN, O.; NÄRHI, M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. **Physiological measurement**, v. 29, n. 4, p. 515, 2008.

ZOURDOS, M. C.; HENNING, P. C.; JO, E.; KHAMOUI, A. V.; LEE, S. R.; PARK, Y. M.; KIM, J. S. Repeated bout effect in muscle-specific exercise variations. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 8, p. 2270-2276, 2015.

APÊNDICE

Apêndice A- Termo de consentimento livre e esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO CENTRO DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE DEPARTAMENTO
DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “**Correlação dos marcadores de dano muscular, inflamatórios, cardiovasculares, hormonais, autonômicos e psicológicos com a termografia infravermelha após exercício físico em ambiente controlado**”, Sob a responsabilidade dos professores pesquisadores Dr. Christiano Veneroso e Ms. Herikson Araujo Costa, a qual pretende identificar se há associação entre os parâmetros de dano e inflamação muscular (métodos invasivos) com variáveis não invasivas como, a termografia infravermelha, escalas subjetivas de percepção de dor, esforço e recuperação durante a recuperação ao exercício em ambiente controlado.

Poderão ser inclusos nesta pesquisa, indivíduos do sexo masculino, fisicamente ativos, com idade entre 18 e 35 anos, que não possuam limitações físicas para a prática de qualquer exercício físico, bem como problemas autorrelatados de saúde que possam interferir nas análises que serão realizadas. Serão excluídos desta pesquisa aqueles participantes que não conseguirem cumprir todas as etapas da pesquisa, a saber: Após o consentimento e entendimento dos voluntários sobre os objetivos e métodos utilizados nesta pesquisa, os mesmos irão passar por avaliações morfológicas e fisiológicas a fim de determinar suas características físicas. A caracterização da amostra se dará primeiramente através de avaliação da composição corporal e condicionamento cardiorrespiratório (avaliações feitas no mesmo dia), e continuará cinco dias após com a realização do teste de força máxima estática (FME) e força máxima dinâmica (FMD) (cinco dias após o teste de FME). Os sujeitos serão divididos em dois grupos, um controle e outro que fará o exercício. A alocação dos voluntários nos grupos citados se dará de forma aleatória e cruzada, ou seja, todos os participantes participarão dos dois grupos. A etapa experimental ocorrerá com no mínimo cinco dias após a realização da caracterização da amostra, sendo que antes

da execução do exercício serão coletadas amostras de sangue e saliva, variabilidade de pressão arterial (VPA), escala subjetiva de dor e imagem termográfica. Nos momentos referentes à recuperação ao exercício proposto, imediatamente após, 2 horas, 4 horas, 24 horas, 48 horas, 72 horas e 96 horas serão realizadas as seguintes coletas: amostra de sangue e saliva, VPA, escalas subjetivas de esforço, recuperação e dor, bem como avaliação termográfica e FME. Este protocolo será realizado em diferentes situações de exercício físico (exercícios em diferentes intensidades e durações). A pesquisa ocorrerá no Laboratório de Fisiologia e Prescrição do Exercício do Maranhão (LAFIPEMA).

Os riscos esperados aos participantes desta pesquisa se resumem aos riscos inerentes a qualquer prática esportiva. A produção do conhecimento empregada neste trabalho poderá beneficiar os participantes no que tange na validação de técnicas mais acessivas, não invasivas para controle de treinamento físico. Você poderá desistir de continuar participando desta pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo a sua pessoa. Você não terá nenhuma despesa e nem remuneração na participação desta pesquisa. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o Senhor

- (a) poderá entrar em contato com o pesquisador no Núcleo de Esportes da Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Cidade Universitária do Bacanga, pelo telefone (98) 3272-8170, ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFMA (98) 3272-8708.

Consentimento Pós-Infirmação

Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Assinatura do participante

Assinatura do Pesquisador Responsável

São Luís, _____ de _____ de 2017

Apêndice B- Ficha de coleta dos dados

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

1. DADOS PESSOAIS:

1.1. Nome:

1.2. Número: _____

1.3. Data de nascimento: ____/____/____.

1.4 Peso: _____

1.5 Estatura: _____

2. Parâmetros coletados

	Basal	Ime.após	24h	48h	72h	96h
CK						
Termo						
EVA						
PSR						

3. Saltos

	SALTO AGACHADO
BASAL	
IME.APÓS	
24H	
48H	
72H	
96H	

	SALTO COM CONTRAMOVIMENTO
BASAL	
IME.APÓS	
24H	
48H	
72H	
96H	

4.1 Dobras cutâneas

Tríceps			
Subescapular			
Axilar média			
Peitoral			
Supra ilíaca			
Abdômen			
Coxa			

ANEXO

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA (IPAQ) - VERSÃO-CURTA

Nome: _____

Data: ____ / ____ / ____ Idade: ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação às pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na ÚLTIMA semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

Atividades físicas VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal.

Atividades físicas MODERADAS são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez.

1a. Em quantos dias da última semana você CAMINHOU por pelo menos 10 minutos contínuo sem casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias ____ por SEMANA() Nenhum

1b. Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia?

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades MODERADAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo, pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR, NÃO INCLUA CAMINHADA).

dias _____ por SEMANA() Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

3a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades VIGOROSAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo, correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar MUITO sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por SEMANA() Nenhum

3b. Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentado durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana?

_____ horas ____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana?

_____ horas ____ minutos