

**AMANDA CARDOZO PRODÓCIMO**

**SOBRECARGAS AGUDAS DO TREINAMENTO CONCÊNTRICO  
E EXCÊNTRICO SOBRE AS RESPOSTAS  
CARDIOVASCULARES, MUSCULARES E METABÓLICAS EM  
PRATICANTES DE MUSCULAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Educação Física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Câmpus Muzambinho, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Educação Física. Orientador: Professor Wagner Zeferino de Freitas.

**MUZAMBINHO  
2013**

# **SOBRECARGAS AGUDAS DO TREINAMENTO CONCÊNTRICO E EXCÊNTRICO SOBRE AS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES, MUSCULARES E METABÓLICAS EM PRATICANTES DE MUSCULAÇÃO**

Amanda Cardozo Prodócimo<sup>1</sup>  
Wagner Zeferino de Freitas<sup>2</sup>

**RESUMO:** O objetivo do presente estudo foi verificar o comportamento nas sobrecargas agudas do treinamento concêntrico e excêntrico sobre as respostas cardiovasculares, musculares e metabólicas em praticantes de musculação. Participaram do experimento, 5 sujeitos, voluntários, do gênero masculino, selecionados de forma sistemática intencional, com idade  $\bar{x}=23,4\pm 4,7$  anos, massa corporal total  $\bar{x}=78,8\pm 8,8$  kg, e estatura  $\bar{x}=179\pm 0,1$  cm. A amostra executou os dois protocolos propostos. Na primeira semana foi realizada a familiarização com os testes e os protocolos com o exercício de rosca no banco scott; na segunda semana foi realizado o protocolo de exercícios com ações concêntricas; e na 4ª semana realizou-se o protocolo de exercícios com ações excêntricas. Foi mensurada a pressão arterial, o lactato, a perimetria do braço, a amplitude articular e realizados os testes de arremesso de medicine ball, força isométrica e força máxima, nos momentos: pré-testes, logo após a realização dos protocolos de exercício propostos, seguido pelos momentos 24h, 48h, 72h e 96h, exceto para o lactato e a pressão arterial. Através dos resultados encontrados, pode-se observar que as ações musculares excêntricas, quando comparada às concêntricas apresentaram uma maior queda na potência, na força isométrica, na força máxima, um aumento na circunferência de braço, na incidência de dor muscular de início tardio e valores inferiores na pressão arterial e nas concentrações de lactato. Ao final deste estudo pode-se concluir que o protocolo composto por ações excêntrica apresentaram uma menor sobrecarga cardiovascular e metabólica, além de uma maior sobrecarga muscular que o exercício realizado com ações concêntricas.

**Palavras-chave:** ações musculares concêntricas; ações musculares excêntricas; sobrecarga metabólica; sobrecarga muscular; sobrecarga cardiovascular.

## **INTRODUÇÃO**

O músculo esquelético é um tecido que apresenta uma enorme capacidade de se adaptar tanto aos estímulos ambientais, como os proporcionados pelo treinamento físico. Essa capacidade de modificação das estruturas, e/ou fenótipos, frente às diferentes demandas funcionais é denominada de plasticidade muscular (COFFEY; HAWLEY, 2007; FLUCK; HOPPELER, 2003). Vários estímulos são capazes de engatilhar o processo de síntese protéica, como, estímulos mecânicos promovidos pela contração muscular (CHU et al., 2006; GOLDSPINK, 2005; HORNBERGER et al. 2006; TIDBALL, 2005); alterações

no estado energético celular, em função de um determinado tempo de estímulo das vias metabólicas de ressíntese de ATP (FLUCK, 2006; FLUCK et al., 2005; HAWLEY, 2002); ações e interações entre hormônios, fatores de crescimento e determinados nutrientes.

Em busca da remodelação e do crescimento do tecido muscular esquelético, a manipulação das variáveis do treinamento se torna necessária (KRAEMER; RATAMESS, 2005). Protocolos que promovam ênfase na sobrecarga muscular (desencadeiam dano no músculo esquelético) e/ou sobrecarga metabólica (aumento nas concentrações de hormônios anabólicos, ou seja, protocolos que solicitam elevados valores de lactato no sangue, por exemplo, os programas que são de intensidade moderada a alta, alto volume, estresse em grandes massas musculares, e uso de pausas relativamente curtas) tendem a produzirem respostas mais substanciais de GH (HOFFMAN et. al., 2003), desencadeando o processo de síntese proteica.

No entanto, são poucos os estudos que buscaram relacionar qual fase do movimento, concêntrica ou excêntrica, é capaz de produzir maiores sobrecargas musculares, metabólicas e cardiovasculares, e qual seria mais indicada para prescrever um trabalho eficiente e seguro para indivíduos portadores de pressão arterial elevada. (VALLEJO et al., 2006).

Para responder esta questão, primeiramente é necessário entender os mecanismos que provocam cada uma das sobrecargas citadas.

### **Sobrecarga muscular**

A lesão muscular em seres humanos induzida pelo exercício ocorre frequentemente após o exercício não habitual, particularmente se o exercício envolve uma grande quantidade de contrações excêntricas (alongamento do músculo) (CLARKSON; HUBAL, 2002). Togashi (2009) relata que este dano muscular pode ser induzido pela realização de exercícios muito intensos ou de longa duração e que o estresse mecânico é o principal responsável por induzir tal dano. Segundo Proske e Alen (2005) o dano pode deixar os músculos fracos por dias tornando-se rígidos e doloridos no dia seguinte ao exercício. Estudos ressaltam que estes sintomas ocorrem devido a distúrbios celulares e sub celulares, particularmente na linha Z, perda de miofilamentos grossos, perda de mitocôndrias, desarranjos dos filamentos na banda-A de acordo com (CLARKSON; HUBAL, 2002), ruptura da matriz extracelular, lâmina basal e do sarcolema; liberação para a corrente sanguínea de proteína intracelular como mioglobina e creatina quinase (CK) (LEME, 2008), lactato desidrogenase (CHAPMAN, et al, 2011); desorganização na estrutura miofibrilar, rompimento, alargamento ou prolongamento da linha Z (nos

sarcômeros); danos ao material contrátil e às proteínas do citoesqueleto, com um subsequente comprometimento à ancoragem dos filamentos finos, e à ligação das miofibrilas adjacentes; decréscimo na tensão exercida pela fibra, e eventual morte das mesmas (LEME, 2008).

Atualmente existem dois métodos de avaliação para detectar o dano muscular, o método direto e indireto. Os métodos diretos são realizados através das análises de imagens por técnica de ressonância magnética, amostras do músculo (biópsia) e através das técnicas de imagiologia (por ultrassom) para avaliar inchaço muscular (CLARKSON; HUBAL, 2002; FRANÇA, 2011; FOSCHINI; PRESTES; CHARRO; 2007). Já os métodos indiretos são vários, que podem ser por aumentos nos marcadores inflamatórios (CLARKSON; HUBAL, 2002), por meio do registro de valores de ação voluntária máxima, aquisição de respostas subjetivas de escalas de percepção de dor e análise das concentrações de enzimas plasmáticas, proteínas musculares, mioglobina no sangue (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO, 2007), amplitude articular de movimento (CHAPMAN et al., 2011), força voluntária isométrica máxima, perimetria do seguimento corporal para verificar o inchaço muscular (edema) (ELLWANGER; BRENTANO; KRUE, 2007) e dados da eletromiografia (EMG) (CLARKSON; HUBAL, 2002).

Segundo Clarkson e Hubal (2002), avaliação direta de danos no músculo humano é difícil, porque só é possível através da análise de biópsias musculares ou por meio de imagens de ressonância magnética (IRM). Os problemas inerentes à análise da biópsia muscular são evidentes, pois, apenas uma amostra muito pequena é utilizada para estimar os danos no músculo inteiro. Além disso, porque o dano não é onipresente em todo o músculo, mas focalizado, por isso é possível superestimar ou subestimar o dano. Técnicas de imagiologia têm sido utilizadas para avaliar o dano (edema) no músculo inteiro. Embora esta seja uma técnica não invasiva, ainda não são claras as mudanças indicadas nas imagens.

Devido aos fatos expostos no parágrafo anterior, os métodos indiretos são os mais utilizados nos estudos pela sua viabilidade em função da facilidade de coleta e, sobretudo, pelo baixo custo quando comparado aos métodos diretos.

Ainda sobre os métodos indiretos, a creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), fragmentos da cadeia pesada de miosina (MHC), troponina-I e mioglobina, frequentemente são encontradas como marcadores de dano muscular, isso porque essas moléculas são citoplasmáticas e não têm a capacidade de atravessar a barreira da membrana sarcoplasmática (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO; 2007), e somente são

liberadas para a corrente sanguínea quando ocorrem rompimentos da matriz extracelular, lâmina basal e do sarcolema das fibras (IDE, 2010).

Dentre os testes indiretos para avaliar o dano muscular em humanos a perda de força prolongada após o exercício é considerada uma das medidas mais válidas e confiáveis (CLARKSON; HUBAL 2002).

Vários estudos descrevem que fatores como a idade do indivíduo, a intensidade das contrações, o volume de atividade (trabalho mecânico), o intervalo de descanso entre as séries de exercícios e a velocidade de execução do movimento, também podem influenciar na magnitude do dano muscular, e apontam a contração excêntrica como a maior causadora destas lesões musculares (FRANÇA, 2011).

### **Sobrecarga metabólica e hormonal**

O exercício contra resistência tem sido apresentado pelos pesquisadores como o causador de uma significativa sobrecarga hormonal aguda (HANSEN et al., 2001; DURAND et al, 2003; AHTIAINEN et al, 2003; GOTSHALK et al, 1997; KRAEMER et al, 1991; GODFREY, MADGWICK, WHYTE, 2003). Hormônios anabólicos, como a testosterona (T) e o hormônio do crescimento (GH) e catabólico como o cortisol tem-se mostrado elevados em diferentes magnitudes após o exercício contra resistência durante 15-30 minutos, demonstrando que esta sobrecarga metabólica está presente dependendo da manipulação das variáveis do treinamento.

A magnitude das concentrações de GH parece dependente da seleção e quantidade de exercício subsequente, massa muscular recrutada, (HANSEN et al., 2001) ações musculares utilizadas (ou seja, com maior resposta durante as ações concêntrica que as ações musculares excêntricas) (DURAND et al., 2003), intensidade (AHTIAINEN et al., 2003), volume (GOTSHALK et al., 1997), intervalos de descanso entre as séries (KRAEMER et al., 1991) e magnitude do trabalho total (por exemplo, maiores elevações agudas com base na magnitude do trabalho total tem demonstrado com protocolos de múltiplas séries maiores respostas de GH do que protocolos com uma única série). A resposta aguda do GH para o exercício contra resistência pode ser muito influenciada pelas propriedades metabólicas do trabalho total do protocolo. Ou seja, protocolos que promovem elevadas concentrações de lactato no sangue (por exemplo, os programas que são de intensidades moderadas a alta, grandes volumes, estresse em grande massa muscular, e uso de curtos intervalos de descanso) tendem a produzir as respostas mais substanciais de GH. Portanto, o exercício contra resistência é um potente estímulo para a

elevação de GH, desde que o limite de volume e intensidade sejam satisfatórios (KRAEMER; RATAMESS, 2005).

### **Sobrecarga cardiovascular**

Os resultados do estudo de Vallejo et al. (2006) demonstraram que as respostas cardiovasculares e pulmonares, pico da frequência cardíaca, da pressão arterial sistólica, do índice cardíaco e da ventilação expirada durante as séries intensas de exercícios na fase excêntrica, provomem sobrecargas de trabalho significativamente menores em comparação com as fases concêntricas do exercício para indivíduos idosos em condições médicas típicos do envelhecimento. Estes autores relatam também que os resultados foram geralmente semelhantes em indivíduos saudáveis mais jovens. Overend et al. (1992) também encontrou em seus estudos que a frequência cardíaca máxima e a pressão arterial média foram menores na fase excêntrica que na fase concêntrica em exercício de resistência.

O estudo de Vallejo et al. (2006) foi o primeiro a comparar os efeitos metabólicos promovidos pelo exercício de resistência na fase excêntrica e concêntrica com uma carga de trabalho submáxima (65% de 1 repetição concêntrica máxima) em aparelhos de musculação. Evidências sugerem que o exercício excêntrico parece demandar a utilização de menos ATP (RASSIER; HERZOG, 2005) e deve, portanto, ser menos exigente sobre o coração e os pulmões.

Existem poucos estudos que verificaram as sobrecargas musculares, metabólicas e cardiovasculares ao mesmo tempo em exercícios excêntricos e concêntricos. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo verificar o comportamento nas sobrecargas agudas do treinamento concêntrico e excêntrico sobre as respostas cardiovasculares, musculares e metabólicas em praticantes de musculação.

## **METODOLOGIA**

### **Amostra**

Participaram do experimento, 5 alunos voluntários do gênero masculino, selecionados de forma sistemática intencional, com idade  $\bar{x} = 23,4 \pm 4,7$  anos, massa corporal total  $\bar{x} = 78,8 \pm 8,8$  kg, e estatura  $\bar{x} = 179 \pm 0,1$  cm. A amostra executou os dois protocolos propostos neste estudo. Na primeira semana foi realizada somente a ação muscular concêntrica, após uma semana de recuperação realizou-se a excêntrica. Todos

os envolvidos são alunos do Projeto Musculação para Comunidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Câmpus Muzambinho, saudáveis e normotensos, tendo no mínimo um ano de experiência em exercícios de musculação. Utilizou-se como critério de exclusão, o uso de qualquer medicamento que afetasse a pressão arterial (PA) em repouso ou durante o exercício, substâncias anabólicas ou ergogênicas, ingestão de álcool, além de problemas nos sistemas músculo-esquelético e articular que possam intervir na perfeita execução dos exercícios.

Os sujeitos foram orientados a manter sua rotina diária, se comprometendo a não realizar nenhum tipo de exercício físico durante os dias do experimento. Previamente ao estudo, todos os participantes foram informados sobre os procedimentos adotados na pesquisa, seus respectivos riscos e benefícios, consentiram por escrito suas participações e responderam ao questionário PAR-Q. O presente trabalho atendeu as Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde de 10/10/1996.

### **Escolha do exercício**

O grupo testado realizou o exercício rosca no banco scott. A escolha deste exercício justifica-se devido a sua popularidade entre os praticantes de musculação e por ser de fácil execução.

### **Procedimento experimental**

Para verificar as sobrecargas agudas do treinamento concêntrico e excêntrico sobre as respostas cardiovasculares, musculares e metabólicas em praticantes de musculação foram realizadas algumas avaliações: para análise da sobrecarga metabólica avaliou-se a o lactato imediatamente após o protocolo experimental e de 2 em 2 minutos até a queda de 1 mmol/L na sua concentração a partir do pico máximo; para a sobrecarga cardiovascular avaliou-se a pressão arterial logo após o final de cada série do protocolo experimental. Para análise da sobrecarga muscular (dano muscular) avaliou-se a perimetria de braço forçado, nível de amplitude articular, arremesso de medicine ball, força isométrica máxima e realizou-se o testes de uma repetição máxima (1RM).

Cada sujeito foi submetido a um período de familiarização com os testes propostos: nos dois últimos dias da semana de familiarização, os indivíduos foram testados para estabelecimento dos valores iniciais de pressão arterial, amplitude articular, perimetria de braço forçado, lactato, arremesso de medicine ball, força isométrica máxima e 1RM.

Durante os dias dos testes, os indivíduos não realizaram qualquer exercício adicional, apenas os exercícios propostos no experimento.

## **Avaliações**

### **Lactato sanguíneo**

Coleta de sangue: a coleta consistiu na punção com lanceta descartável na ponta do dedo das mãos, após assepsia com álcool 70<sup>o</sup>, para a obtenção de 25 µl (microlitros) de sangue por capilaridade para análise do lactato.

Para analisar as concentrações de lactato presente no sangue coletado utilizou-se um lactímetro portátil (Roche, Accutrend Plus).

As coletas de lactato sanguíneo foram realizadas nos momentos pré, pós-estímulo, e a cada intervalo de 2 minutos durante os respectivos protocolos de treinamento excêntrico e concêntrico, até que fosse observado um valor de pico de remoção do lactato do músculo para o sangue, e a remoção deste do sangue para tecidos. Considerou-se, para análise, os valores de remoção de lactato sangue-tecido, o qual ocorreu após dois valores inferiores ao pico ou de 1 mmol/L na sua concentração a partir do pico máximo.

### **Pressão Arterial sistólica (PAs)**

Na execução dos exercícios, os sujeitos foram instruídos a não realizar a Manobra de Valsalva. A PAs foi aferida antes do exercício por método auscultatório. O mesmo avaliador experiente aferiu todas as medidas da PAs, seguindo para todos os voluntários o posicionamento do braço esquerdo, relaxado e em uma superfície plana à altura do ombro. A fixação do manguito no braço ocorreu com aproximadamente 2,5 cm de distância entre sua extremidade inferior e a fossa antecubital. Os voluntários permaneceram sentados durante 15 minutos antes da primeira aferição, a fim de estabilizar os valores de PAs, e imediatamente após o término de cada série do exercício proposto.

### **Perimetria de braço**

Para determinação da perimetria do segmento corporal foi mensurada a perimetria no braço direito, estando o mesmo a 90<sup>o</sup> em relação ao tronco e ao antebraço. A fita foi posicionada no ponto de maior perímetro aparente, realizando uma contração isométrica máxima (FERNANDES FILHO, 2003).



Nesta localização, foi feita a marcação com caneta circundando todo o braço direito dos sujeitos, permanecendo a mesma para todos os dias das avaliações, evitando assim o erro de padronização do local de medida nos outros dias das análises (QUEIROGA, 2005). Segundo Leme (2008), somente com a padronização do local de medida, para todos os dias da coleta de dados é possível avaliar se houve mudanças na circunferência do braço (edema ou inchaço).

### **Amplitude articular**

O método de avaliação escolhido foi a da fotogrametria, através do SAPO (software para avaliação postural), realizado por meio de foto digital na vista lateral direita, com o indivíduo em pé, em posição estática com cotovelos estendidos e relaxados.

Os indivíduos se encontravam em trajes esportivos possibilitando a visualização dos seguintes pontos anatômicos demarcados: acrômio direito, epicôndilo lateral e o ponto médio entre o processo estilóide do rádio e cabeça da ulna. Esta demarcação foi realizada com caneta preta formando um diâmetro de 0,9 cm.

Para manter a confiabilidade da análise da articulação do cotovelo as marcas foram reforçadas em todos os momentos de coletas: pré e pós-experimento (nos momentos 0, 24, 48, 72 e 96 horas).

Para o registro fotográfico, os participantes permaneceram em local previamente demarcado, com uma distância padronizada a 3 m do centro da lente da máquina fotográfica. A câmera fotográfica foi posicionada paralela ao chão, sobre um tripé, posicionado de forma que a câmera estivesse a uma altura de 70 cm do chão. A sala estava bem iluminada, parede clara e não reflexiva com um fio de prumo devidamente fixado.

Para garantir a mesma base de sustentação nas fotografias nos diversos momentos de coleta o indivíduo foi orientado a posicionar-se livremente, de modo que lhe fosse mais confortável.

As fotografias foram transferidas para o computador para que fosse feita análise das imagens digitalizadas da fotogrametria.

### **Arremesso do medicine ball de 3kg**

Para avaliar a potência dos membros superiores foi utilizado o teste de arremesso da bola de medicine ball com 3kg. O indivíduo, sentado em uma cadeira com a parte posterior da coluna no encosto da cadeira e posicionando a bola na altura do osso esterno, realizando um arremesso com as duas mãos sem retirar as costas do encosto.

Foi medida a distância do lançamento da bola entre o ponto inicial até o ponto em que a medicine ball tocou o chão. Foram realizadas três tentativas para cada arremesso, com intervalo aproximado de 45 segundos, sendo considerado o melhor resultado obtido.

### **Força Isométrica**

Para analisar a força isométrica, foi utilizado um dinamômetro digital portátil (Instrutherm, DD-300), com a capacidade de medição de até 100 quilos e com a precisão de +/- (0,5%+2 dígitos), dentro de 23+/-5°C, em uma escala de 0 a 100 Kg. Foi utilizado um goniômetro para garantir que todos os indivíduos posicionassem o braço direito no ângulo de 90° paralelo ao chão. Cronometrou-se o tempo de 5 segundos, no qual o indivíduo deveria realizar o máximo de força, sendo registrado o pico da força em kg.

### **Avaliação da força máxima**

Para determinação da carga máxima, utilizou o protocolo descrito por Sakamoto e Sinclair (2006) nos exercícios de rosca scott. Em todos os testes de 1RM os indivíduos iniciaram o movimento a partir da contração concêntrica, consistindo em 5 tentativas para levantar a maior carga possível, com aumentos ou diminuições da carga sempre que necessário e intervalos entre as tentativas de 3 minutos para que as reservas energéticas fossem restauradas.

### **Dor muscular de início tardio (DMT)**

Foi utilizado o protocolo de Howell et al. (1993) que pontua 4 níveis de instalação da DMT: 0, sensibilidade não percebida; 1, sensibilidade percebida somente por palpação intensa; 2, sensibilidade levemente percebida por completa extensão ou flexão do cotovelo; 3, sensibilidade substancialmente percebida por completa extensão ou flexão; 4, sensibilidade contínua. As avaliações de quantificação de DMT aconteceram ao longo da semana (ANTUNES NETO et al., 2006).

### **Desenho experimental**

#### **Descrição do desenho experimental**

Como pode ser visualizado na figura 1, foram realizadas 7 avaliações em momentos distintos. A primeira avaliação (familiarização) foi realizada uma semana antes do protocolo de treino experimental, a segunda foi realizada durante o protocolo de treino

experimental, e as outras 5 avaliações nos momentos: “0” (imediatamente após o experimento), 24, 48, 72 e 96 horas após o experimento.

Antes do início do protocolo de treino experimental, foram realizados testes para medir potência, força isométrica máxima e 1RM de membros superiores. Foi realizado um aquecimento específico nas mesmas condições do treinamento descrito no protocolo experimental, composto por 3 séries com o peso da barra (6 kg), 25% e 50% de 1RM, com 12 repetições em cada série e seguido de um descanso de 5 minutos ao final do aquecimento.

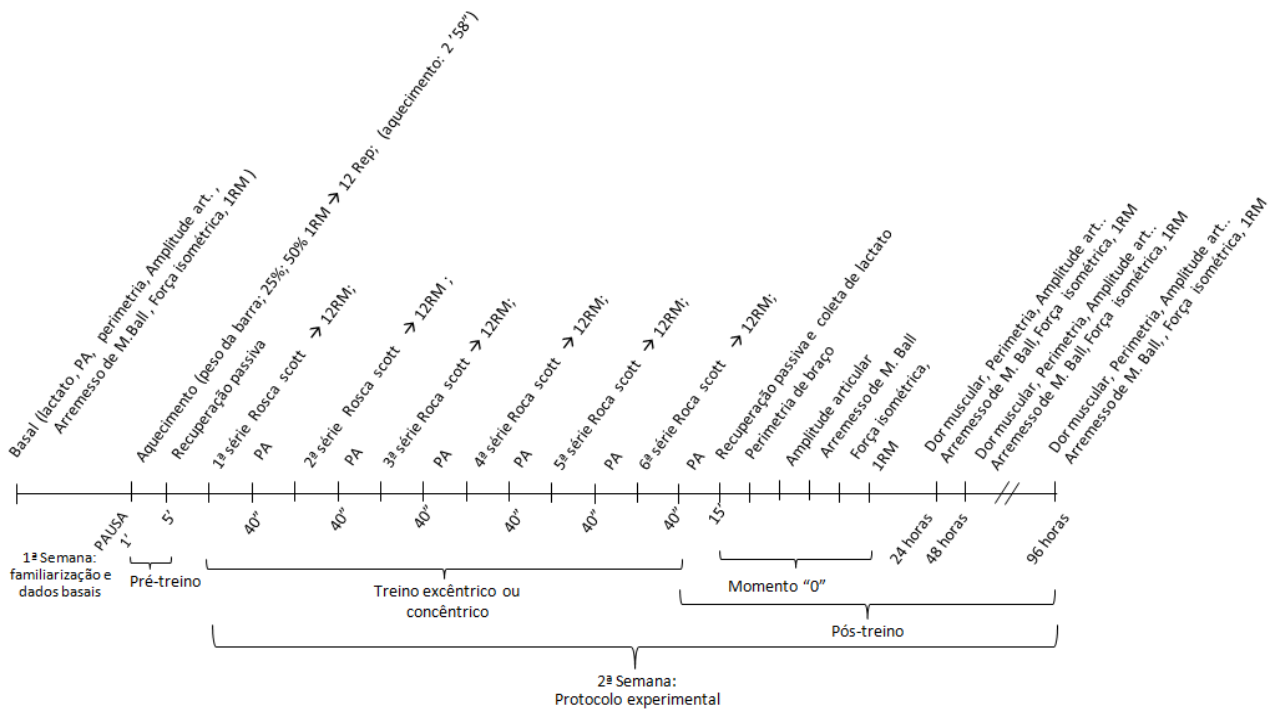


FIGURA 1: Delineamento experimental

### 1º dia de experimento - avaliações para determinação dos valores basais (9 etapas):

O primeiro dia de experimento foi dividido em nove etapas descritas a seguir: 1ª etapa - em repouso: aferiu-se a pressão arterial; 2ª etapa - foi feita a coleta de lactato sanguíneo; 3ª etapa - mensurou-se a perimetria de braço; 4ª etapa - medida da amplitude articular; 5ª etapa - realização do aquecimento específico; 6ª etapa - após aquecimento: 5 minutos de pausa passiva; 7ª etapa - arremesso com o medicine ball; 8ª etapa - força isométrica; e 9ª etapa - determinou-se 1RM no exercício de na rosca scott.

### 2º dia de experimento - protocolo de treino experimental (2ª e 4ª semana):

De acordo com o desenho experimental (figura 1) a aplicação do protocolo de treino experimental foi realizado em dois dias distintos (figura 1). O primeiro protocolo,

constituído de ações concêntricas foi realizado na 2ª semana e o segundo protocolo, composto por ações excêntricas, foi realizado na 4ª semana. Durante os exercícios de ações concêntricas, a fase excêntrica era executada somente pelos instrutores da academia. Na 4ª semana, durante a realização das ações excêntricas, fase concêntrica do exercício foi realizada pelos instrutores da academia. Para ambos os protocolos, o ritmo das repetições foi estabelecido por um metrônomo a 40 bpm (Seiko).

Previamente a realização dos protocolos de exercícios, realizou-se o aquecimento específico e logo após a execução dos exercícios foi realizada as avaliações denominada momento “0” (logo após o experimento).

### **3º, 4º, 5º e 6º dia de experimento:**

Nesses dias seguiram-se os mesmos procedimentos utilizados para determinação dos valores basais.

No 3º, 4º, 5º e 6º dia de experimento, não houve treinamento, apenas repetiram-se os procedimentos e avaliações realizadas no 1º dia de experimento, para acompanhar as possíveis modificações agudas que o protocolo específico (concêntrico ou excêntrico) pudesse gerar nas variáveis analisadas. Isso possibilita observar as respostas fisiológicas num curto prazo e suas respectivas diferenças (LEME, 2008).

Vale ressaltar que na segunda semana foi destinada à recuperação dos indivíduos, onde eles não realizaram nenhum exercício físico.

### **7º dia de experimento:**

Na quarta semana foi realizado apenas o protocolo de treinamento utilizando somente a fase excêntrica, onde a fase concêntrica foi realizada somente pelos instrutores da academia.

O protocolo de treinamento experimental utilizando a fase excêntrica segue os mesmos procedimentos descritos no 2º dia de experimento.

### **Análise dos dados**

Para análise dos dados fez-se uso das técnicas da estatística descritiva. O teste para determinação da normalidade foi o Kolmogorov Smirnov. Para comparações intra e inter grupos foi utilizado a análise de variância ANOVA com o Post hoc de Tukey para  $p < 0,05$ ; e o teste de Mann-Whitney através de do software estatístico SPSS (IBM, versão 20.0).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 2 mostra diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na perimetria de braço do momento basal para “0” ( $p < 0,01$ ) e 24 horas ( $p < 0,02$ ) após o treinamento excêntrico. Pode-se observar que, quando comparado com o treinamento concêntrico, o excêntrico apresentou valores superiores na perimetria em todos os momentos, não apresentando diferenças significativas entre os grupos.

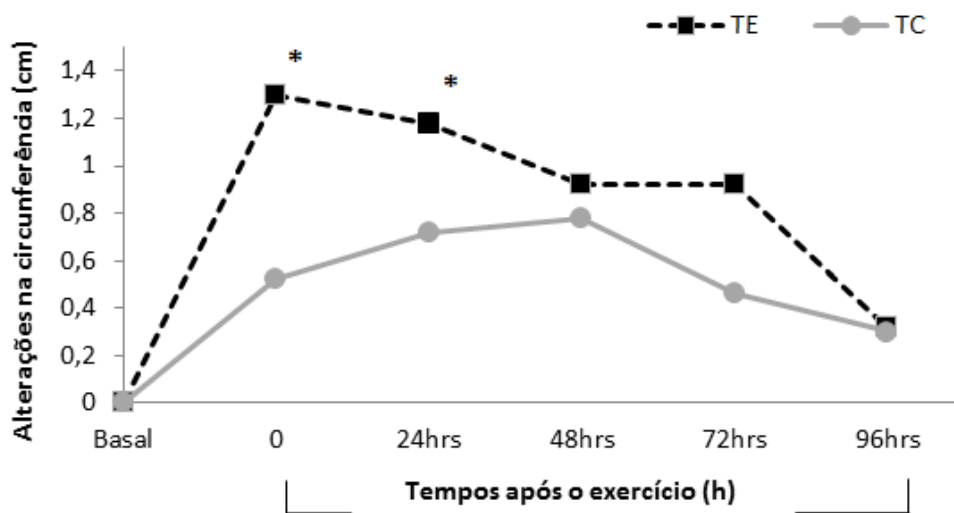


FIGURA 2: Apresentação das mudanças na circunferência de braço nos momentos basal, imediatamente (0), 24, 48, 72 e 96 horas após os protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas, expressa pela diferença absoluta da linha de base.

Legenda: TE = Treinamento excêntrico, TC = Treinamento concêntrico. \* Representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao valor inicial, † representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre TE e TC.

Observou-se um aumento da perimetria de forma aguda frente ao treinamento realizado, podendo atribuir esse resultado ao edema formado em resposta ao estresse muscular, onde o treinamento excêntrico provocou uma maior magnitude de lesão à célula, levando a uma maior sinalização de reparo muscular, frente à liberação de fatores de crescimento, citocinas, neurotransmissores e fatores neurotróficos, hormônios anabólicos, e as células de defesa do sistema imunológico, iniciando assim o processo inflamatório (IDE et al. 2011). Segundo Antunes Neto et al. (2006) o treinamento pode causar um acúmulo de fluidos intersticiais ou intracelulares, efeito resultante da ruptura das ultraestruturas musculares, desenvolvendo uma condição de inchaço.

Uma das explicações dadas, ao resultado observado na figura 1, ou seja, um maior inchaço ou edema após a realização de exercícios de ações excêntricas pode ser a devido a estratégia diferenciada de ativação pelo sistema nervoso (ENOKA, 1996). A quantidade de unidades motoras recrutadas na fase excêntrica, quando comparada com a

concêntrica, é menor, contudo resultam em um maior estresse, gerando assim um maior dano muscular (MORITANI; MURAMATSU; MURO, 1987; FRIDEN, 2002; FRIDEN; LIEBER, 2001; IDE et al., 2011).

A figura 3 permite visualizar a diferença de comportamento na amplitude articular após a realização dos dois protocolos de treinamento. Ambos causaram diminuição da amplitude articular, porém, apenas após a realização do treinamento excêntrico houve uma queda significativa em todos os momentos, sendo “0” (imediatamente após o treinamento) ( $p < 0,01$ ), 24 ( $p < 0,01$ ), 48 ( $p < 0,05$ ), 72 ( $p < 0,01$ ), e 96 horas ( $p < 0,05$ ). Outro dado importante é o observado frente à comparação entre os protocolos. A amplitude articular apresentou-se significativamente inferior nos momentos 72 e 96 horas após a realização do protocolo com exercícios excêntricos quando comparado como protocolo de exercícios concêntricos.

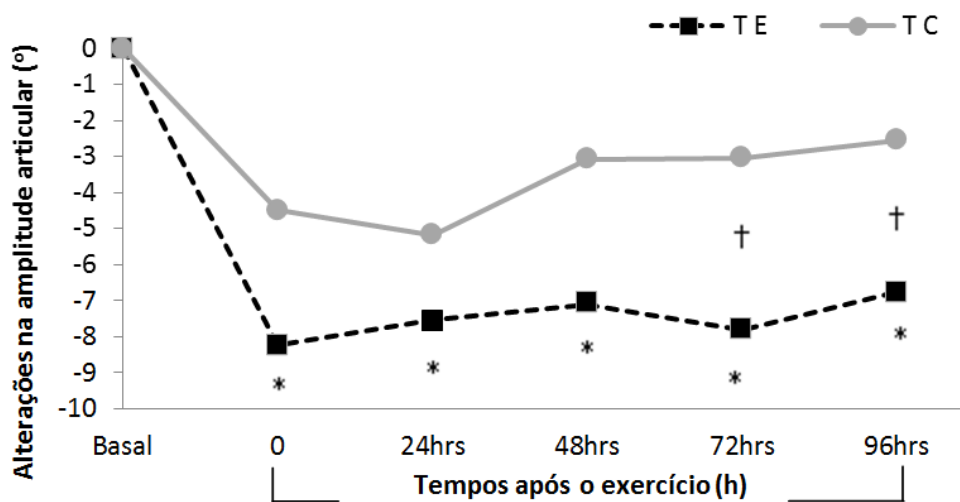


FIGURA 3: Alterações na amplitude articular nos momentos basal, 0, 24, 48, 72 e 96 horas após os protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas.

Legenda: TE = Treinamento excêntrico, TC = Treinamento concêntrico. \* Representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao valor inicial, † representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre TE e TC.

Cyrino et al. (2004) destacam que os exercícios resistidos estão relacionado às modificações negativas da amplitude articular.

O dano muscular pode ser acentuado quando priorizado no treinamento as ações musculares excêntricas (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO, 2007). As ações musculares excêntricas podem ser altamente eficientes quando se diz respeito a eventos lesivos em estruturas musculares. Como uma das consequências são alterações na amplitude de movimento (NETO, et al. 2006).

A figura 4 apresenta diferenças significativas na potência quando comparado ao basal em todos os momentos “0” ( $p < 0,0$ ), 24 ( $p < 0,05$ ), 48 ( $p < 0,01$ ), 72 ( $p < 0,05$ ), e 96

horas ( $p < 0,05$ ) no treinamento excêntrico. Já no treinamento concêntrico observou uma diferença significativa apenas no momento “0” ( $p < 0,05$ ) (logo após o treinamento). Quando analisamos os dois grupos, observamos diferença significativa entre eles apenas nos momentos 48 e 96 horas.

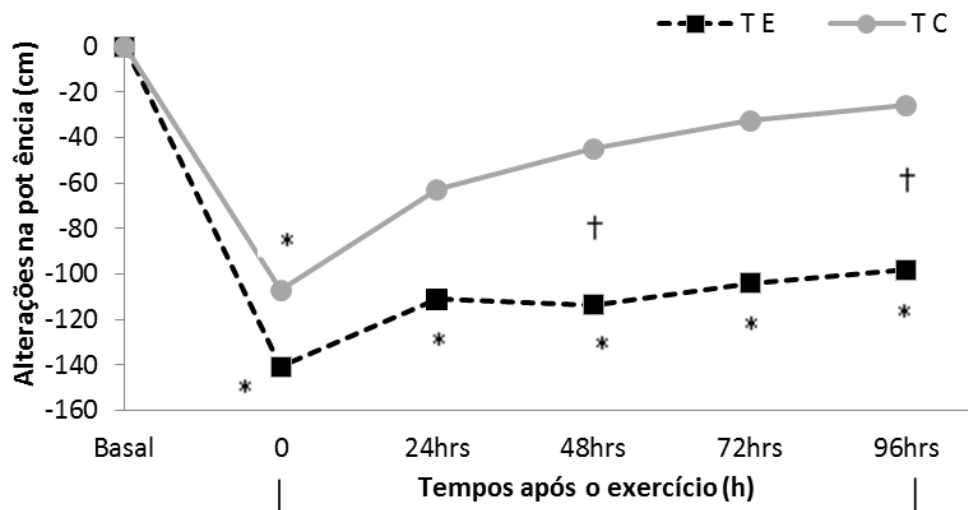


FIGURA 4: Alterações no arremesso de Medicine Ball nos momentos basal, 0, 24, 48, 72 e 96 horas após os protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas.

Legenda: TE = Treinamento excêntrico, TC = Treinamento concêntrico. \* Representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao valor inicial, † representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre TE e TC.

Algumas pesquisas corroboram com os resultados apresentados pela figura 4. Berton et al. (2012), em um dos seus estudos, afirmam que ações musculares excêntricas geram maior incidência de dano muscular, sendo evidenciada pela queda na produção de força.

Quando o estímulo gera grande magnitude de lesão tecidual, ocorre uma redução na capacidade de produzir tensão pelas miofibrilas, além dos possíveis distúrbios da integridade do tecido contrátil. (LEME, 2008).

Proske e Allen (2005) citam que as distorções estruturais (dano muscular) levam a ruptura de membranas, interfere nos mecanismos de formação de pontes cruzadas, danos nos mecanismos de excitação, e influencia negativamente no processo de contração muscular.

Verificou-se, na figura 5, diferenças significativas na força isométrica em relação aos valores obtidos no basal, no momento “0” ( $p < 0,01$ ) e 24 horas ( $p < 0,05$ ) após execução do protocolo. Ainda na figura 5, é possível observar valores significativamente inferiores ( $p < 0,05$ ) na força isométrica no quando analisada após a realização do protocolo com exercícios excêntricos quando comparado com o protocolo de exercícios concêntricos em nos momentos 72 e 96 horas.

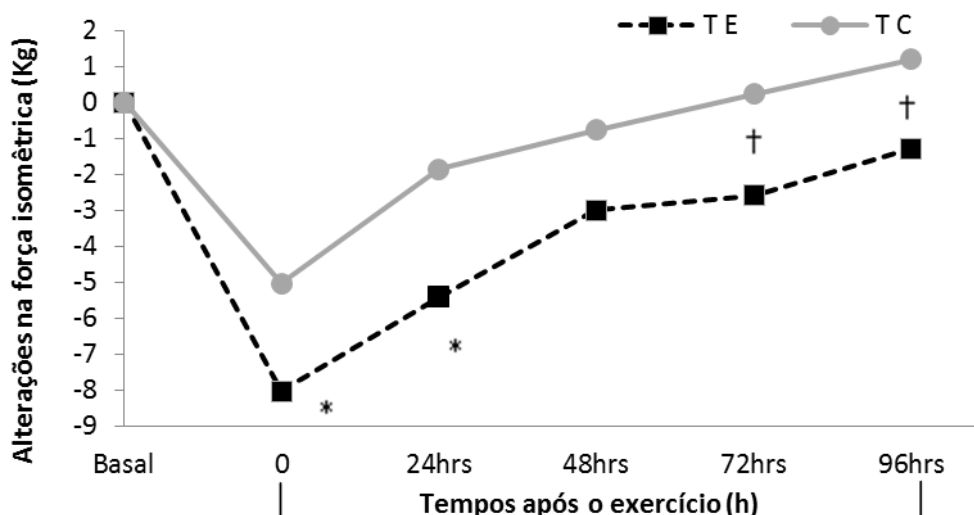


FIGURA 5: Alterações força isométrica nos momentos basal, 0, 24, 48, 72 e 96 horas após os protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas.

Legenda: TE = Treinamento excêntrico, TC = Treinamento concêntrico. \* Representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao valor inicial, † representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre TE e TC.

Estas evidências corroboram com as observações de Togashi (2009). Este autor relata que a diminuição do torque muscular é uma variável importante para sinalizar o dano muscular, principalmente frente à contração excêntrica, além de ser uma forma indireta e não invasiva.

Na figura 6, foi possível observar que o treinamento excêntrico apresentou quedas significativas na força máxima nos momentos “0” ( $p < 0,01$ ), 24 ( $p < 0,01$ ), 48 ( $p < 0,05$ ) e 72 horas ( $p < 0,05$ ) em relação ao valor basal. No treinamento concêntrico houve uma redução significativa somente no momento “0” ( $p < 0,01$ ) em relação ao valor basal. Verificou-se, ainda, diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o treinamento excêntrico e concêntrico nos momentos 48, 72 e 96 horas (figura 6).

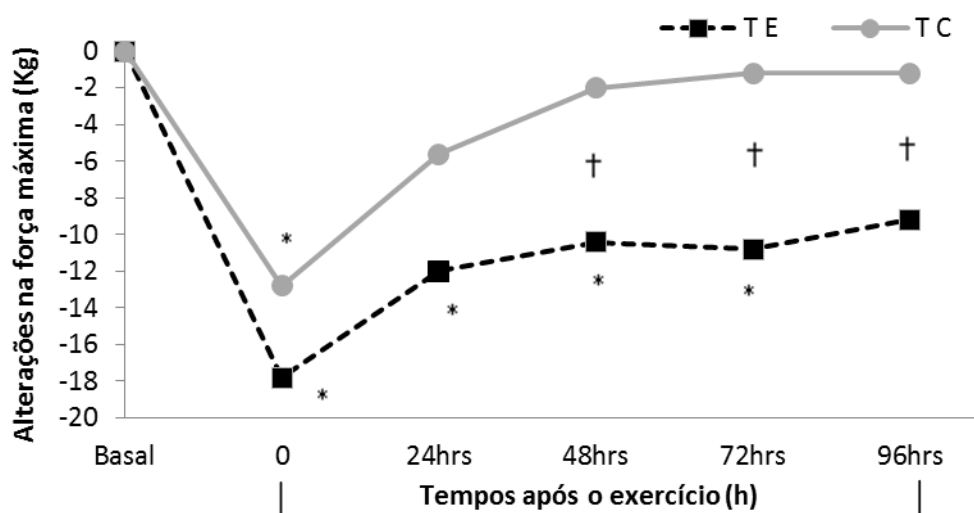




FIGURA 6: Alterações na força máxima nos momentos basal, 0, 24, 48, 72 e 96 horas após os protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas.

Legenda: TE = Treinamento excêntrico, TC = Treinamento concêntrico. \* Representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao valor inicial, † representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre TE e TC.

Observamos com os resultados que o treinamento excêntrico obteve uma maior redução da força máxima. Este dado deve-se provavelmente, de acordo com Togashi (2009), pelo fato da contração excêntrica gerar uma maior força por fibra muscular, devido a uma menor quantidade de unidades motoras recrutadas. No momento da contração excêntrica acontece o alongamento da fibra, resultando em uma menor quantidade de ligações de pontes cruzadas.

Algumas pesquisas como a de Carson et al. (2002) corroboram com os resultados apresentados pela figura 6. Estes autores relatam que em situações onde há fadiga no tecido muscular ou após o treinamento excêntrico, a capacidade de produzir tensão está corrompida. Um dos estudos feito por Chapman et al. (2011), encontrou resultado semelhantes, onde o exercício excêntrico deve recuperação significativamente mais lenta da força isométrica.

Na figura 7 são apresentados os resultados referentes à DMT. No treinamento concêntrico ocorreu um aumento significativo na DMT em relação ao valor obtido na coleta basal e nos momentos 24 horas após execução do protocolo ( $p < 0,05$ ), enquanto que no treinamento excêntrico ocorreu um aumento significativo em relação ao valor basal ( $p < 0,01$ ), nos momentos 24, 48, 72 e 96 horas. Quando comparados os resultados entre os tipos de treinamento (excêntrico e concêntrico) observou-se que a DMT foi significativamente superior após a realização das ações excêntricas no momento 24, 48, 72 e 96 horas ( $p < 0,05$ ).

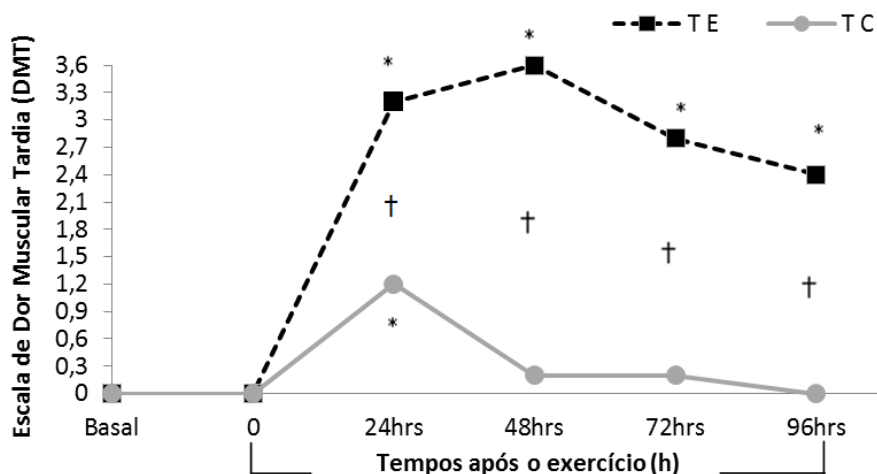


FIGURA 7: Avaliação subjetiva para quantificar a extensão da Dor Muscular Tardia (DMT) nos momentos basal, 0, 24, 48, 72 e 96 horas após os protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas.

Legenda: TE = Treinamento excêntrico, TC = Treinamento concêntrico. \* Representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao valor inicial, † representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre TE e TC.

Para análise do dano muscular existem métodos direto e indireto. A resposta subjetiva de dor é um método indireto que pode ser utilizado para análise de dano muscular (FOSHININI et. al, 2006).

As terminações nervosas livres nos músculos são ativadas através da pressão causada pelo excesso de fragmentações de estruturas proteicas das células que se acumulam no espaço intersticial. As terminações nervosas são responsáveis pela captação da pressão e de substâncias químicas, que produzem a sensação de dor (ANTUNES et al., 2006).

A ação excêntrica parece ter influência sobre a magnitude da dor muscular de início tardio, podendo proporcionar resultados superiores na resposta da escala subjetiva de dor (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO, 2006).

A figura 8 mostra que houve um aumento significativo da pressão arterial apenas no treinamento concêntrico ( $p < 0,01$ ), na 5ª, 6ª, 7ª e 8ª séries. Quando analisado os resultados entre os grupos, foram observadas diferenças apenas na 7ª e 8ª série ( $p < 0,05$ ). Portanto, a pressão arterial no treinamento concêntrico teve maior aumento em todos os momentos realizados, enquanto que no excêntrico houve um aumento inicial e a partir da 4ª série mostrou queda até o término do treinamento. Esses resultados corroboram com os achados de Polito et. al., (2009), que citam variáveis como o número de série, repetições e o tipo de ação muscular como fatores que influenciam no comportamento da pressão arterial.

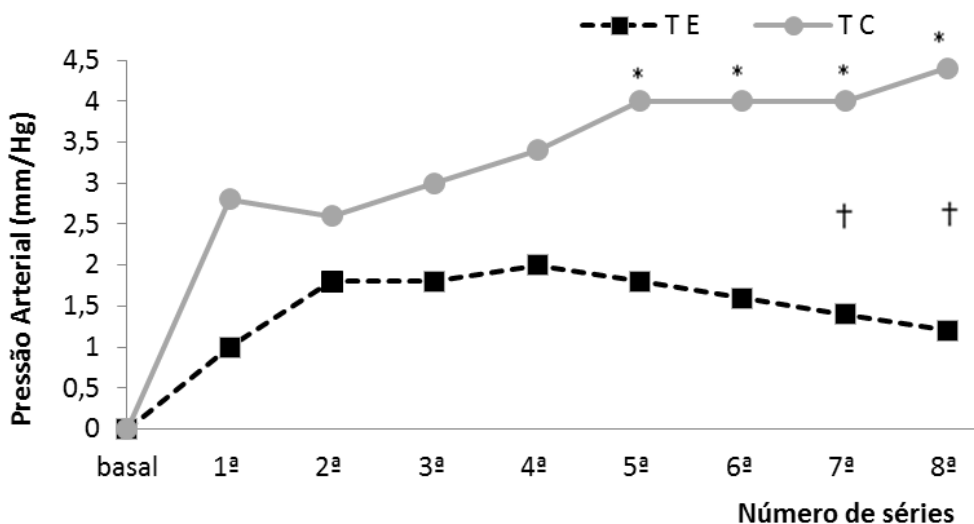


FIGURA 8: Comportamento da Pressão Arterial (PAs) basal e logo após cada série dos protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas.

Legenda: TE = Treinamento excêntrico, TC = Treinamento concêntrico. \* Representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao valor inicial, † representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre TE e TC.

Com o resultado do presente estudo, identificamos menor sobrecarga cardíaca no treinamento excêntrico. Essa informação permite modular o treinamento com maior segurança, dando subsídios adicionais à manipulação de sua intensidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Polito e Farinatti (2003), que demonstraram que a pressão arterial se comporta em níveis superiores em treinamentos com ações musculares concêntricas do que na fase excêntrica nos exercícios de força.

Na figura 9, apesar dos valores de lactato serem superiores após o treinamento concêntrico, não foram observadas diferenças significativas entre os protocolos ( $p < 0,05$ ). Quando comparada a coleta basal e os demais momentos tanto nos exercícios excêntricos como nos concêntricos não foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

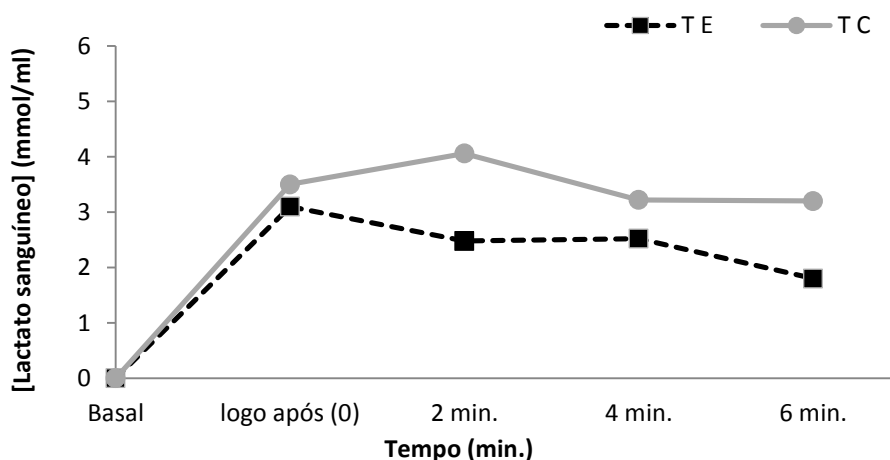


FIGURA 9: Cinética das concentrações de lactato sanguíneo nos momentos pré, pós-estímulo, e a cada intervalo de 2 minutos durante as respectivas ações musculares concêntricas e excêntricas até que fosse observado um valor pico de remoção do músculo para o sangue, e do sangue para os tecidos.

Legenda: TE = Treinamento excêntrico, TC = Treinamento concêntrico. \* Representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao valor inicial, † representa uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre TE e TC.

Gladden (2004) citado por Araújo et al. (2008) demonstram que em repouso, constantemente o lactato é um metabólito produzido em vários tecidos do corpo, tais como: intestinos, fígado, hemácias e músculos e este tem a sua concentração elevada durante os exercícios predominantemente anaeróbios. Esta elevação da concentração do

lactato se deve a este ser um produto inevitável da glicólise anaeróbia, porque a enzima lactato desidrogenase (LDH) possui uma velocidade maior que qualquer outra enzima da via glicolítica (BROOKS, 2000).

O aumento não significativo da concentração de lactato para  $p < 0,05$ , após a realização do protocolo concêntrico, apesar deste ter apresentado valores superiores no comportamento da pressão arterial (figura 8), os quais apresentam uma alta correlação segundo Vallejo et al. (2006), deve-se, possivelmente, ao fato da contração concêntrica gastar mais energia quando comparada com a contração excêntrica. Esse gasto acontece no momento de relaxamento da contração para gerar o encurtamento da fibra, e posteriormente para desconectar a ponte cruzada e para retirar o cálcio do retículo sarcoplasmático (IDE, 2010).

## **CONCLUSÃO**

Através dos resultados encontrados, pode-se observar que as ações musculares excêntricas, quando comparada às concêntricas apresentaram uma maior queda na potência, na força isométrica, na força máxima, um aumento na circunferência de braço, na incidência de dor muscular de início tardio e valores inferiores na pressão arterial e nas concentrações de lactato. Ao final deste estudo pode-se concluir que o protocolo composto por ações excêntrica apresentaram uma menor sobrecarga cardiovascular e metabólica, além de uma maior sobrecarga muscular que o exercício realizado com ações concêntricas.

Vale ressaltar que os resultados deste estudo para a pressão arterial é um indicativo de que os treinamentos com ações musculares excêntricas devam ser preferidos aos concêntricos na prescrição de exercícios resistidos em populações hipertensas, por ter apresentado uma menor magnitude de elevação da pressão arterial durante a atividade.

Sugere-se que outros estudos sejam realizados para comparação dos efeitos crônicos de protocolos entre treinamentos realizados com ações concêntricas e excêntricas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHTIAINEN JP, et al. Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. **Int J Sports Med.** v.24, p. 410-418, 2003.

ANTUNES NETO, J. M. F. A. Desmistificando a ação do lactato nos eventos de dor muscular tardia induzida pelo exercício físico: proposta de uma aula prática. **Revista Brasileira de ensino de Bioquímica e Biologia Molecular.** v.6, n.2. p.15, 2006.

ARAÚJO, G.G. et al.. Respostas fisiológicas para detectar o overtraining. **R. da Educação Física/UEM.** Maringá, v.19, n. 2, 2008.

BERTON, R. P. B. et al. Dano muscular: resposta inflamatória sistêmica após ações excêntricas máximas. **Rev. bras. Educ. Fís. Esporte,** São Paulo, v. 26, 2012.

BORG, G. **Escalas de Borg para dor e esforço percebido.** São Paulo: Manole, 2000.

CHAPMAN, D. W.; et al. Effect of slow-velocity lengthening contractions on muscle damage induced by fast-velocity lengthening contractions. **Journal of Strength and Conditioning Research,** v. 25 , n. 1, p. 211-219, 2011.

CLARKSON PM, HUBAL MJ: lesão muscular induzida pelo exercício em seres humanos. **Am J Phys Med Rehabil,** v.81, n.11, p.52-69, 2002.

CYRINO, E.S., et al.. Comportamento da flexibilidade após 10 semanas de treinamento com pesos. **Rev. Bras. Med. Esporte,** p.233-237, 2004.

DURAND RJ, et al. Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. **Med Sci Sports Exerc.** v.35, p.937-943, 2003.

ELLWANGER, R. B; BRENTANO, M. A; KRUEL, L. F. Efeito da utilização de diferentes velocidades do treino de força em marcadores indiretos de lesão muscular. **Rev. bras. Educ. Fís. Esp.,** São Paulo, v.21, n.4, p.259-70, 2007.

FOSCHINI, D; PRESTES, J; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Rev. Bras.Cineantropom. Desempenho Hum.** 2007.

FRANÇA, R. A. Variables that influence the muscle damage: review article. **EFDeportes.com**, Revista Digital. Buenos Aires, v.16, n.160, 2011.

GODFREY RJ, MADGWICK Z, WHYTE GP. The exercise-induced growth hormone response in athletes. **Sports Med.** v.33 n.8, p.599-613, 2003.

GOTSHALK LA, et al. Hormonal responses to multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. **Can J Appl Physiol** v.22, p.244-255, 1997.

HANSEN S, et al. The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels. **Scand J Med Sci Sport.** v.11, p.347-354, 2001.

HOFFMAN JR, IM J, RUNDELL KW, et al. Effect of muscle oxygenation during resistance exercise on anabolic hormone response. **Med Sci Sports Exerc.** v.35, p.1929-34, 2003.

HOWELL, J. N; CHLEBOURN, G; CONATSER, R. Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. **Journal of Physiology**, v. 464, p.183-196, 1993.

IDE, B.N. et al. Ações musculares excêntricas: por que geram mais força? Por que geram mais traumas? **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 5. 2011.

KRAEMER WJ, et al. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. **Int J Sports Med**, v.12, p.228-235, 1991.

LASTAYO PC, et al.. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. **Am J Physiol** v.276, p. 611-665. 1999.

LEME, T. C. F. **Dinâmica das repostas da força máxima e do salto horizontal pós-treinamento de força realizado com diferentes velocidades de execução.** 2008. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Bacharel em Educação Física. Campinas, 2008.

OVEREND TJ, et al.. Knee extensor and knee flexor strength: cross sectional area ratios in young and elderly men. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci.** v.47, p. 204-210, 1992.

PERRY S, et al.. Comparison of oxygen uptake kinetics during concentric and eccentric cycle exercise. **J Appl Physiol**, v.91, p. 2135-2142, 2001.

POLITO, M.D; FARINATTI, P. T. V. Respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão da literatura. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.3, 2003.

PROSKE, U.; ALLEN, T. J. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. **Exerc. Sport. Sci. Rev.**, v.33, n.2, p.98-104, 2005.

RASSIER, D.E.; HERZOG, W. Relationship between force and stiffness in muscle fibers after stretch. **J Appl Physiol.** v.99, n.5, p.1769-1775, 2005.

TOGASHI, G. B. **Dano muscular induzido pelo sistema de treinamento de cargas descendentes em exercício resistido**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação interunidades bioengenharia – Escola de Engenharia de São Carlos. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

VALLEJO A. F. et al.. Cardiopulmonary responses to eccentric and concentric resistance exercise in older adults. **Age and Ageing.** v35, p.291-297, 2006.

WILLIAM J. KRAEMER, AND NICHOLAS A. Ratamess. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Review article. **Sports Med**, v.35, n.4, p. 339-361 2005.