

# INFLUÊNCIA DA CREATINA QUINASE SOBRE A PROTEÍNA C-REATIVA NA ADAPTAÇÃO MUSCULAR



ARTIGO ORIGINAL  
ORIGINAL ARTICLE  
ARTÍCULO ORIGINAL

INFLUENCE OF CREATINE KINASE ON C-REACTIVE PROTEIN IN MUSCLE ADAPTATION

INFLUENCIA DE LA CREATINA QUINASA SOBRE LA PROTEÍNA C-REATIVA EN LA ADAPTACIÓN MUSCULAR

Luís Ângelo Macêdo Santiago<sup>1</sup>  
(Fisioterapeuta)

Lídio Gonçalves Lima Neto<sup>2</sup>  
(Farmacêutico-Bioquímico)

Guilherme Borges Pereira<sup>3</sup>  
(Fisioterapeuta)

Richard Diego Leite<sup>4</sup>  
(Profissional de Educação Física)

Cristiano Teixeira Mostarda<sup>5</sup>  
(Profissional de Educação Física)

Francisco Navarro<sup>5</sup>  
(Profissional de Educação Física)

1. Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Medicina, Pinheiro, MA, Brasil.
2. Universidade Ceuma, Laboratório de Imunologia e Microbiologia de Infecções Respiratórias, São Luís, MA, Brasil.
3. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Ciências Fisiológicas, São Carlos, SP, Brasil.
4. Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Educação Física, Vitória, ES, Brasil.
5. Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Educação Física, São Luís, MA, Brasil.

## Correspondência:

Luís Ângelo Macêdo Santiago.  
Universidade Federal do Maranhão,  
Departamento de Medicina.  
Avenida dos Portugueses, 1.966,  
Bacanga, São Luís, MA,  
Brasil. 65080-805.  
luisangelomacedo@gmail.com

## RESUMO

**Introdução:** O envelhecimento é um processo natural e marcado por mudanças e adaptações, tanto biológicas quanto fisiológicas. Com relação às adaptações, existem inúmeros trabalhos que abordam essas respostas decorrente a vários tipos de treinamento. O treinamento resistido (TR) pode ser avaliado por parâmetros bioquímicos, como a creatina quinase (CK), que é um grande marcador de estresse da musculatura esquelética. A proteína C-reativa (PCR) é um marcador bioquímico utilizado para avaliar o dano no sistema muscular cardíaco. **Objetivo:** Avaliar a influência da CK sob a PCR em idosas em TR. **Métodos:** Estudo do tipo experimental com dez idosas ( $61 \pm 1,8$  anos). As análises de CK e PCR foram coletadas em sangue venoso periférico antes e 24 horas após as 8 semanas de TR. Medidas antropométricas foram realizadas: índice de massa corporal (IMC), relação da cintura e o quadril (RCQ) e composição corporal. O TR foi realizado por série combinada (Bi-Set). Para análise estatística, primeiramente foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, apresentando  $p > 0,05$  e comprovando a utilização de testes paramétricos. As variáveis do grupo foram apresentadas como média e desvio padrão. Para comparação das amostras dependentes de evolução das cargas foi realizado a ANOVA one-way pareada para medidas repetidas, seguida de pós-teste de Tukey. Para variáveis de CK e PCR, foi realizado teste t de Student pareado para os momentos pré e pós-8 semanas de TR, assim como o ANOVA one-way e, quando necessário, o pós-teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de  $p \leq 0,05$ . **Resultados:** Houve diminuição estatisticamente significativa, tanto para as concentrações séricas de CK, quanto para PCR, o que indicou redução de 73,14% e 75%, respectivamente. **Conclusão:** O TR de longa duração promoveu influências entre biomarcadores avaliados por meio do dano do músculo esquelético (CK) e dano do músculo cardíaco (PCR), determinando adaptação e remodelamento muscular em qualquer faixa etária. **Nível de evidência II; Investigação dos resultados do tratamento.**

**Descritores:** Creatina quinase; Proteína C-reativa; Mialgia; Idoso.

## ABSTRACT

**Introduction:** Aging is a natural process and marked by changes and adaptations of both a biological and physiological nature. As regards adaptations, there are numerous works that address these responses following various types of training programs. Resistance training (RT) can be assessed by biochemical parameters such as creatine kinase (CK), which is a major marker of stress in the skeletal muscles. C-reactive protein (CRP) is a biochemical marker used to assess damage to the cardiac muscles. **Objective:** To evaluate the influence of CK on CRP in elderly female subjects undergoing RT. **Methods:** An experimental study was carried out with 10 elderly women ( $61 \pm 1.8$  years). Peripheral venous blood was collected for the CK and CRP analysis both before and 24 hours after 8 weeks of RT. Anthropometric measurements involved BMI (Body Mass Index), WHR (waist-to-hip ratio) and body composition. The RT involved combined series - Bi-Set. For statistical analysis, the Shapiro-Wilk normality test was conducted first and presented  $p > 0.05$ , confirming the use of parametric tests. Group variables were presented as mean and standard deviation. To compare the load-dependent samples, the repeated measures one-way ANOVA was performed first, followed by Tukey's post hoc test. For CK and CRP variables, we conducted the paired Student's t-test for the timepoints pre- and post-eight weeks of RT along with the one-way ANOVA test, also conducting Tukey's post-test when necessary. The level of significance was set at  $p \leq 0.05$ . **Results:** There was a statistically significant decrease in both serum CK and CRP, which indicated a reduction of 73.14% and 75%, respectively. **Conclusion:** Long-term RT promoted influences among biomarkers assessed through skeletal muscle (CK) and cardiac muscle (CRP) damage, determining adaptation and muscle remodeling in any age group. **Level of evidence II, Investigation of treatment results.**

**Keywords:** Creatine kinase; C-reactive protein; Myalgia; Aged.

## RESUMEN

**Introducción:** El envejecimiento es un proceso natural y marcado por cambios y adaptaciones, tanto biológicas como fisiológicas. Con respecto a las adaptaciones, existen innumerables trabajos que abordan esas respuestas derivadas de varios tipos de entrenamiento. El Entrenamiento Resistido (ER) puede ser evaluado por parámetros bioquímicos, como la creatina quinasa (CK) que es un gran marcador de estrés de la musculatura esquelética. La proteína C-reativa (PCR) es un marcador bioquímico utilizado para evaluar el daño en el sistema muscular cardíaco. **Objetivo:** Evaluar



la influencia de la CK bajo la PCR en ancianas en ER. Métodos: Estudio de tipo experimental con 10 ancianas (61 ± 1,8 años). Los análisis de CK y PCR fueron recolectados en sangre venosa periférica antes y 24 horas después de las 8 semanas de ER. Se realizaron mediciones antropométricas: IMC (Índice de Masa Corporal), RCC (Relación Cintura / Cadera) y Composición Corporal. El ER fue realizado por Serie Combinada (Bi-Set). Para análisis estadístico, primero se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk presentando  $p > 0,05$  y comprobando el uso de pruebas paramétricas. Las variables del grupo se mostraron como promedio y desviación estándar. Para comparación de las muestras dependientes de evolución de las cargas se realizó el Test one-way ANOVA pareado para medidas repetidas, seguido de post-test de Tukey. Para variables de CK y PCR se realizó el Test t de Student pareado para los momentos pre y post ocho semanas de ER, así como el ANOVA one-way y cuando necesario, el post-test de Tukey. El nivel de significancia adoptado fue de  $p \leq 0,05$ . Resultados: Hubo disminución estadísticamente significativa, tanto para las concentraciones séricas de CK, como para PCR, lo que indicó reducción del 73,14% y el 75%, respectivamente. Conclusión: El ER de larga duración promovió influencias entre biomarcadores evaluados a través del daño del músculo esquelético (CK) y daño del músculo cardíaco (PCR) determinando adaptación y remodelación muscular en cualquier grupo de edad. **Nivel de evidencia II; Investigación de los resultados del tratamiento.**

**Descriptor:** Creatina quinasa; Proteína C-reactiva; Mialgia; Anciano.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220192505175644>

Artigo recebido em 10/02/2017 aprovado em 11/04/2019

## INTRODUÇÃO

O envelhecimento é um processo natural e marcado por importantes alterações no organismo, com prejuízo em seus mecanismos de adaptação, onde variam de indivíduo para indivíduo e dependem de vários fatores, entre eles, o estilo de vida que esse indivíduo segue interfere na relação saúde/doença.<sup>1</sup> Nesse processo de adaptação ocorrem mudanças tanto biológicas quanto fisiológicas em decorrência ao envelhecimento, com perda da capacidade de reparação biológica, incluindo afecções que incluem debilidade ou deterioração do corpo, influenciando o surgimento de diversas patologias.<sup>1,2</sup> Toigo e Boutellier<sup>3</sup> relata que o organismo humano possui uma grande capacidade de adaptação a vários tipos de treinamento, independentemente da faixa etária. Conclui relatando que, essas adaptações continuam a acontecer em consequência a uma vasta quantidade de informações relacionadas ao treinamento.

Entre vários tipos de treinamento, o treinamento resistido (TR) é um método muito utilizado para melhorar o desempenho físico da população em geral, para isso, são necessárias que sejam aplicadas sobrecargas progressivas ao sistema musculoesquelético durante as sessões de treino, a fim de provocar distúrbios da homeostasia causando um estresse ao organismo.<sup>3,4</sup> Para Antunes-Neto et al<sup>5</sup>, esses distúrbios causados pelo TR podem ser avaliados por parâmetros bioquímicos, entre eles, a creatina quinase (CK) sendo um grande marcador de estresse da musculatura esquelética, decorrente do treinamento realizado, assim como um fator de controle e monitoramento da carga de treino. Desta forma, quanto mais intenso e prolongado for o exercício, maior é a quantidade de microlesões musculares permitindo a saída desta enzima para o meio extracelular.<sup>6</sup> Sendo assim, o monitoramento e comportamento das concentrações de CK tem sido cada vez mais utilizado para determinar a magnitude da exigência física imposta ao sistema músculo esquelético, assim como sua adaptação ao treinamento.

Enquanto a CK é o marcador bioquímico mais utilizado na literatura para avaliar as lesões causadas nas células musculares esqueléticas, a Proteína C-Reativa (PCR) é um marcador bioquímico utilizado para avaliar o dano no sistema muscular cardíaco, onde Mavros et al,<sup>7</sup> Santos et al,<sup>8</sup> relatam ter um papel importante no processo de inflamação do músculo cardíaco, pois é considerada a principal proteína de fase aguda e sintetizada a partir da influência da IL-6 sob o sistema hepático. Sendo assim, esse marcador tem uma importante função, pois constitui um marcador inflamatório considerado forte preditor independente de risco para evento e morte cardiovascular causado pelas doenças cardiovasculares.

Os estudos que mensuram a influência de marcadores de modulação muscular esquelética (CK) sob a redução de marcador de tecido muscular cardíaco (PCR) por meio do treinamento resistido em idosas são menos comuns na literatura. Com base nisso, o estudo se justifica em aprofundar-se sobre o assunto, a fim de conhecer melhor de que forma esses mecanismos acontecem.

## MÉTODOS

A pesquisa foi caracterizada do tipo experimental, onde inicialmente, 11 idosas participaram da pesquisa, sendo que uma não completou a pesquisa por motivo de saúde, finalizando com (n=10) (61 ± 1,8). O estudo experimental foi aprovado na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) para projetos de pesquisa experimental envolvendo seres humanos, sob parecer de Nº do CAEE: 10863313.2.1001.5084 parecer de Nº 372.453/2013. Inicialmente, as idosas foram contatadas pela Universidade da Terceira Idade – UNITI, após contato prévio as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os critérios de Inclusão foram: Aceitar participar voluntariamente; Mulheres com idade entre 60 e 70 anos; Não ter participado de nenhum programa estruturado e acompanhado de TR nos últimos seis meses; Participantes não tabagistas que influenciem no desempenho imposto pelo Treinamento; Participantes que não caracterizem nenhum grau de Obesidade, segundo OMS,(1998) nos parâmetros de Índice de Massa Corporal (IMC) e Relação Cintura/Quadril (RCQ) (IMC=< 30kg/m<sup>2</sup> e RCQ=<1,00). Já para critérios de exclusão, participantes com hipertensão arterial e diabetes mellitus descompensados em anamnese dirigida, participantes com alterações nos números totais de Leucócitos que indiquem processos infecciosos agudos na análise bioquímica do leucograma, participantes que obtiveram frequência menor que 85% das sessões ao longo das oito semanas do programa de treino.

O protocolo do TR foi baseado em uma análise crítica seguindo as bases de dados dos seguintes autores,<sup>8-11</sup> sendo assim, os treinos foram realizados em aparelhos de musculação por um período de tempo total de oito semanas. O tipo de treino foi por *Série Combinada* do tipo *BI-SET* que consiste em realizar dois exercícios sem intervalo de tempo para grupos musculares distintos, Membros Inferiores (MMII) e Membros Superiores (MMSS) e após sua realização, segue-se um intervalo para que seja feita a segunda passagem, após repetir o intervalo, inicia-se a terceira passagem.

Frequência semanal: Três vezes por semana e incluiu oito exercícios divididos em Membros Superiores e Inferiores: Leg Press Sentado, Supino

Sentado, Extensão de Joelhos, Pulley Costas, Flexão de Joelhos Deitado, Flexão de Cotovelos na polia baixa, Flexão Plantar no Leg Press Sentado, Extensão de Cotovelos na polia.

Número de repetições: Foi realizada através de Zona de Repetição priorizando hipertrofia muscular, (8-12 Repetições). Para controle do protocolo de treino foi utilizado uma ficha de programa individualizado contendo todos os exercícios do programa de treino. Para controle e incremento da intensidade (carga-kg) foram adotados dois critérios: 1) Para determinar o incremento de carga de acordo com a intensidade de esforço relatada pelas participantes foi utilizada a Escala de Percepção de Esforço - BORG; 2) Todas as participantes executaram seu programa de TR dentro de uma zona de repetição máxima compreendida entre 8 a 12 repetições, desta forma, toda vez que as participantes ultrapassavam os limites desta zona, novo incremento de carga acontecia para que mantivesse novamente dentro da zona estabelecida.

Incremento da intensidade (carga-kg): foram adotados dois critérios: 1) Para determinar o incremento de carga de acordo com a intensidade de esforço relatada pelas participantes foi utilizada a Escala de Percepção de Esforço - BORG; 2) Todas as participantes executaram seu programa de TR dentro de uma zona de repetição máxima compreendida entre oito a 12 repetições, desta forma, toda vez que as participantes ultrapassavam os limites desta zona, novo incremento de carga acontecia para que mantivesse novamente dentro da zona estabelecida.

Intervalo de tempo e duração das sessões: Foi estabelecido o descanso de um minuto entre os segmentos trabalhados e a Duração em média de 50 minutos por sessão.

Velocidade realizada na execução dos exercícios: Foi respeitada a velocidade de duração de três segundos para cada movimento, sendo 1,5 segundos para a fase concêntrica e 1,5 segundos para a fase excêntrica, controlado por comandos visuais e verbais para padronização das angulações de movimento.<sup>9</sup>

Tempo das sessões diárias: Duração em média de 50 minutos por sessão.

Inicialmente, as participantes realizaram uma semana de familiarização ao TR, composto por duas séries de 15 repetições submáximas com o objetivo de conhecerem os exercícios e suas respectivas execuções e promover adaptações neuromusculares evitando assim o surgimento excessivo de Dor Muscular de Início Tardio (DMIT) para em seguida darem início ao TR. Antes e após todas as sessões de treino, as participantes aguardavam em repouso na sala por 5 minutos para medida da pressão arterial para controle dos padrões vitais. O programa de TR foi orientado e supervisionado por um Fisioterapeuta e dois Profissionais de Educação Física.

Para controle dos parâmetros antropométricos e de IMC, foram mensuradas as seguintes variáveis: A massa corporal, estatura e cálculo do IMC foram realizadas através das medidas obtidas em balança digital (*Welmy®-W300*, Brasil), com capacidade máxima de 300 kg. Em seguida foram realizadas aferições de circunferência de cintura e quadril em fita métrica da marca (*Waist Fit®*, Brasil) com a finalidade de obtermos dados de RCQ.

Para a composição corporal, todas as participantes, antes das aferições, foram orientadas a não se alimentarem duas horas antes do teste, não ingerir bebida alcoólica 24 horas antes do teste, não ingerir bebida alcoólica e não realizar exercício físico 24 horas que antecederam o teste, controlar a ingestão de líquido e urinarem 30 minutos antes da avaliação. Em seguida, as participantes foram solicitadas a deitarem na maca para fixação dos eletrodos nos pontos pré-determinados e higienizados com álcool líquido a 70%. Os eletrodos emissores foram posicionados nos seguintes locais: superfície dorsal da mão direita próximo à articulação metacarpofalangeana, região distal do arco transversal da superfície superior do pé direito e os eletrodos detectores foram posicionados na proeminência posterior da articulação do rádio – ulnar distal do punho direito e o outro entre o maléolo medial e lateral do tornozelo direito.

Esse procedimento foi realizado por meio de bioimpedância elétrica tetrapolar (Maltron BF-906 Body Fat Analyser®, Brasil).

As coletas sanguíneas foram realizadas por um flebotomista devidamente treinado, seguindo as normas de biossegurança preconizadas pela NR32, e aconteceram em dois momentos: Pré (antecedente ao TR) e Pós (24 horas após o último treinamento resistido), com o intervalo de tempo correspondente a oito semanas entre as duas coletas. As idosas foram orientadas a comparecerem ao local no período da manhã e em jejum máximo de 12 horas. As amostras sanguíneas foram coletadas a vácuo com um volume de aproximadamente 9 mL em tubo seco contendo gel separador de coágulo (*Vacurette*) de 5 mL. Após a coleta da amostra sanguínea, os tubos foram etiquetados e transportados em caixas térmicas hermeticamente fechadas e lacradas, sendo enviadas para o Laboratório de Análise Clínica para serem analisadas a Creatina Quinase (CK) e Proteína C-Reativa (PCR).

## Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do *Software* GraphPad Prism 6.0. Primeiramente foi realizado o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* apresentando um ( $p > 0,05$ ) comprovando a utilização de testes paramétricos. As variáveis do grupo foram apresentadas como média e desvio padrão. Para comparação das amostras dependentes de evolução das cargas foi realizado o Teste *One Way*- ANOVA – pareado para medidas repetidas, seguido de pós-teste de Tukey. Para variáveis de CK e PCR foram realizados pelo Teste *t* Student pareado para os momentos pré e pós oito semanas de TR, assim como o Teste *One Way RM* -ANOVA e quando necessário, o pós-teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

A amostra foi inicialmente composta por 11 participantes e finalizada após as oito semanas com 10 participantes. Uma obteve frequência menor que 85% das sessões de treino e foi excluída. A caracterização da amostra final pode ser observada na Tabela 1.

Para controle da evolução da carga de treinamento nos momentos que compreenderam a 1ª, 4ª e 8ª semanas foi realizado o teste ANOVA para amostras pareadas seguido do pós-teste de Tukey demonstrando uma progressão em suas cargas e em seus respectivos exercícios apresentando diferença significativa entre todas as semanas ( $p < 0,01^*$ ), Tabela 2.

Para os dados da concentração sérica de CK foi utilizado o teste *t* Student. Sendo assim, houve diminuição estatisticamente significativa ao comparar o momento Pré  $100,9 \pm 45,80$  U/L com o momento Pós  $27,1 \pm 18,11$  U/L ( $p < 0,0001^*$ ), o que representa uma diminuição de 73,14% na concentração sérica de CK apresentada na Figura 1.

Para as concentrações séricas de PCR também foi utilizado o teste *t* Student. Observamos uma diminuição estatisticamente significativa ao comparar o momento Pré  $2,24 \pm 1,43$  mg/L com o momento Pós  $0,56 \pm 0,41$  mg/L ( $p < 0,002^*$ ), o que representa uma diminuição de 75% na concentração sérica de PCR apresentada na Figura 2.

Tabela 1. Características da Amostra.

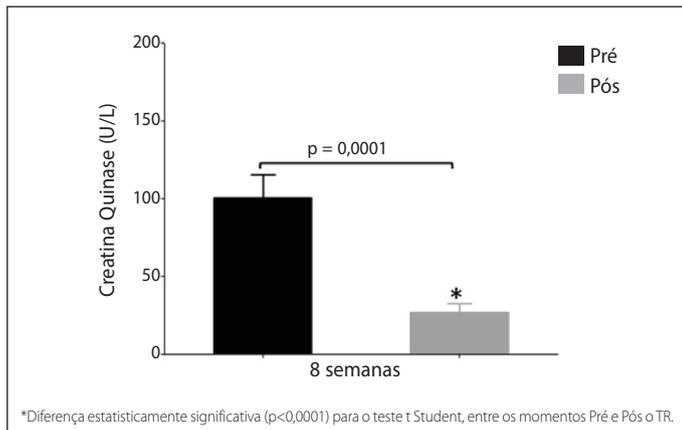
Variável	n=10
Idade	61 ± 1,8
Estatura	1,54 ± 0,01
Massa Corporal (kg)	68,08 ± 6,85
Massa Gorda (kg)	27,13 ± 4,39
Percentual de Massa Magra (%)	60,45 ± 2,36
Percentual de Gordura (%)	39,55 ± 3,14
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	28,74 ± 2,64
RCQ (cm)	0,83 ± 0,06

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão.

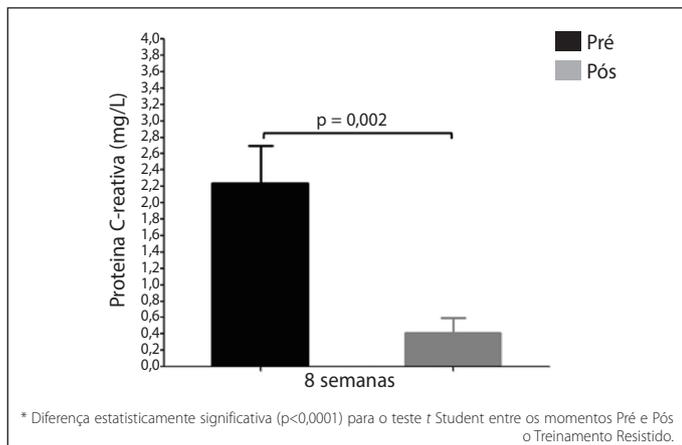
**Tabela 2.** Evolução da carga de treino na 1ª, 4ª e 8ª semanas de treinamento.

Exercícios	TR (n = 10)				
	1ª Semana	4ª Semana	8ª Semana	Effect size ( $\Delta$ )	Valor p
Leg Press 45 (Kg)	20,7 ± 3,8	33,6 ± 1,1*	45,48 ± 1,4* †	6,3	0,0001
Rosca Bíceps (Kg)	9,0 ± 1,8	13,8 ± 0,3*	17,83 ± 0,4* †	4,8	0,0001
Leg Extensão (Kg)	9,9 ± 0,5	18,4 ± 0,6*	25,90 ± 0,8* †	28,0	0,0001
Supine Sentado (Kg)	7,1 ± 0,3	13,8 ± 0,4*	17,96 ± 0,7* †	29,2	0,0001
Mesa Flexora (Kg)	7,9 ± 0,4	15,5 ± 2,0*	17,09 ± 0,5*	22,1	0,0001
Pulley Frontal Inverso (Kg)	13,2 ± 0,5	21,9 ± 0,4*	27,03 ± 0,5* †	26,4	0,0001
Panturrilha Leg Sentado (Kg)	20,0 ± 0,7	33,38 ± 0,9*	43,56 ± 1,2* †	30,9	0,0001
Tríceps Pulley (Kg)	8,6 ± 0,6	16,42 ± 0,4*	20,20 ± 0,4* †	19,0	0,0001

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão. Teste One Way-ANOVA seguido do pós-teste de Tukey. \* Diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) comparado a 1ª semana. † Diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) comparado a 4ª semana.  $\Delta$  Mensuração do tamanho do efeito sobre a evolução das cargas entre as semanas analisadas.



**Figura 1.** Dados apresentados de CK nos momentos Pré e Pós (n=10).

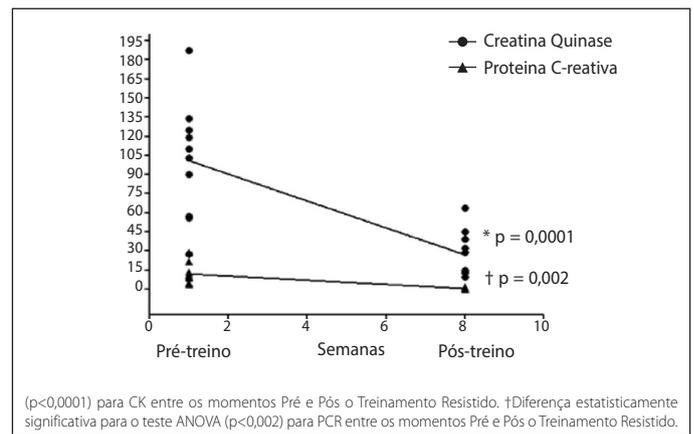


**Figura 2.** Dados apresentados de PCR nos momentos Pré e Pós (n=10).

As concentrações séricas de CK e PCR para o teste ANOVA. São apresentados na Figura 3. Observamos uma diminuição estatisticamente significativa entre os momentos Pré e Pós treinamento para ambas concentrações séricas.

## DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi compreender os eventos que influenciam a Creatina Quinase (CK) na modulação de marcador inflamatório de Proteína C-reativa (PCR) em idosos por meio do Treinamento Resistido ao longo de oito semanas. A compreensão dos achados nos permite observar uma relação direta entre



**Figura 3.** Dados de CK e PCR (n=10).

adaptação do músculo esquelético avaliado pela CK e redução de marcador de lesão do músculo cardíaco através da PCR. Desta forma, a adaptação muscular medida pela redução de CK, induziu a redução das concentrações séricas de PCR após oito semanas de treinamento resistido. Sendo assim, pode-se sugerir que a rotina de treinamento resistido causado nos idosos a longo prazo influenciou a cinética de remoção da CK, além de influenciar na redução dos parâmetros bioquímicos da PCR, diferentemente de outros trabalhos do qual os parâmetros eram anualizados separadamente sem uma forte relação entre ambos.

Esses marcadores bioquímicos (CK e PCR) tem grande relação quando analisados juntamente. Antunes-Neto et al,<sup>5</sup> relatam que a creatina quinase (CK) é considerada um grande marcador de estresse da musculatura esquelética. Desta forma, quanto mais intenso e prolongado for o exercício, maior é a quantidade de microlesões musculares permitindo a saída desta enzima para o meio extracelular aumentando suas concentrações plasmáticas.<sup>6</sup> Apesar de exercícios físicos extenuantes danificarem as células musculares esqueléticas causando um aumento da CK sérica total,<sup>12,13</sup> esses mesmos exercícios aumentam o metabolismo oxidativo do músculo cardíaco elevando as concentrações de biomarcadores no plasma sanguíneo.<sup>14</sup> Sendo assim, o exercício físico vigoroso, além de aumentar o consumo de oxigênio, induz o estresse oxidativo no músculo cardíaco, podendo iniciar um processo de indução de liberação de proteínas de fase aguda como a Proteína C-reativa (PCR).<sup>15</sup>

Para Antunes-Neto et al,<sup>5</sup> a estimulação mecânica aplicada na fibra muscular durante o TR a longo prazo tende a regular uma elevação na sensibilidade tecidual de insulina e IGF-I (Insulin-like growth factor), o que propicia a ocorrência de hipertrofia muscular. Esses eventos são importantes para o processo de adaptação muscular, pois os estímulos mecânicos induzidos pelo TR estimulariam a proliferação de mioblastos e possível formação de novas miofibras.<sup>16</sup> Tais mecanismos poderiam ser influenciados pelo estresse do exercício, por respostas hormonais a longo prazo e pela necessidade de remodelação tecidual no nível celular, assim, as elevadas interações entre múltiplos hormônios e receptores providenciarão um poderoso mecanismo de adaptação em resposta ao treinamento, como consequência a redução de biomarcadores como CK e PCR no plasma sanguíneo.<sup>17</sup>

Apesar dos inúmeros trabalhos que enfoquem as respostas adaptativas em decorrência do treinamento de força muscular e biomarcadores analisados separadamente no plasma sanguíneo, há pouca informação entre si sobre os mecanismos influenciadores da CK sob a redução da PCR após TR de longa duração. Neste contexto, observamos o estudo de Miranda-Vilela et al,<sup>18</sup> que deduz uma possível influência entre esses biomarcadores. Na ocasião, os autores

avaliaram 135 indivíduos de ambos os sexos e diferentes grupos etários (15-58 anos) após um treinamento de corrida e investigaram a influência dos polimorfismos de CK (CK TaqI), sob o gene da PCR (PCR G1059C), onde, ambos os genes são induzidos pelo exercício físico e inflamação. Nesta perspectiva, os autores concluíram que, o polimorfismo (CK TaqI) influenciou significativamente os resultados da PCR, reduzindo seus parâmetros após o treinamento. Os autores concluem que os resultados indicam que os polimorfismos de CK podem influenciar o desempenho do biomarcador de inflamação da PCR induzidos pelo TR

## CONCLUSÃO

Concluindo com os nossos resultados e a partir dos resultados de outros autores que o Treinamento Resistido de longa duração promoverá, além de outros fatores, influências entre biomarcadores avaliados através do dano do músculo esquelético (CK) e dano do músculo cardíaco (PCR) determinando adaptação e remodelamento muscular em qualquer faixa etária.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

**CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES:** Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. LAMS (0000-0002-3943-8670)\*: redação do manuscrito, execução dos dados, contribuição com o conceito intelectual do estudo, avaliação dos dados da análise estatística, participação ativa da discussão dos resultados, reunião dos dados clínicos, revisão do manuscrito; LGLN (0000-0001-8299-5985)\*: avaliação dos dados da análise estatística, participação ativa da discussão dos resultados; GBP (0000-0002-5295-6229)\*: participação ativa da discussão dos resultados, reunião dos dados clínicos, revisão do manuscrito; RDL (0000-0001-7937-6972)\*: participação ativa da discussão dos resultados, reunião dos dados clínicos, revisão do manuscrito; CTM (0000-0002-1305-1697)\*: avaliação dos dados da análise estatística, participação ativa da discussão dos resultados; FN (0000-0002-2368-6020)\*: redação do manuscrito, execução dos dados, contribuição com o conceito intelectual do estudo. Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito. \*ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

## REFERÊNCIAS

1. Pappaléo NM. Gerontologia: a velhice e envelhecimento em uma visão globalizada, São Paulo: Atheneu; 1996.
2. Amaral PN, Pomatti DM, Fortes VL. Atividades físicas no envelhecimento humano: uma leitura sensível criativa. *Rev Bras Cienc Envelhec Hum*. 2007;4(1):18-27.
3. Toigo M, Boutellier U. New fundamental resistance exercise determinants o the molecular and cellular muscle adaptations. *Eur J Appl Physiol*. 2006;97(6):643-63.
4. Willis LH, Slentz CA, Bateman LA, Shields AT, Piner LW, Bales CW, et al. Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *J Appl Physiol* (1985). 2012;113(12):1831-7.
5. Antunes-Neto JM, Ferreira DC, Reis IC, Calvi RG, Rivera RJ. Manutenção de Microlesões celulares e respostas adaptativas a longo prazo no treinamento de força. *Braz J Biomotr*. 2007;1(4):87-102.
6. Morandi RF, Coelho DB, de Melo MA, Silami-Garcia E. Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2011;13(3):189-94.
7. Mavros Y, Kay S, Simpson KA, Baker MK, Wang Y, Zhao RR, et al. Reductions in C-reactive protein in older adults with type 2 diabetes are related to improvements in body composition following a randomized controlled trial of resistance training. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2014;5(2):111-20.
8. Santos MG, Pegoraro M, Sandrini F, Macuco EC. Fatores de risco no desenvolvimento da aterosclerose na infância e adolescência. *Arq Bras Cardiol*. 2008;90(4):276-83.
9. Tidball JG. Inflammatory processes in muscle injury and repair. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2005;288(2):345-53.
10. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Am Coll Sports Med*. 2011;1334-59.
11. Tibana RA, Pereira GB, Navalta, JW, Bottaro M, Prestes, J. Acute effects of resistance exercise on 24-h blood pressure in middle aged overweight and obese women. *Int J Sports Med*. 2013;34(5):460-4.
12. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull*. 2007;81(82):209-30.
13. Plebani M. Skeletal muscle biomarkers: not new but still interesting diagnostic tools. *Clin Chem Lab Med*. 2010;48(6):745-6.
14. Ferreira F, Ferreira R, Duarte JA. Stress oxidativo e dano oxidativo muscular esquelético: influência do exercício agudo inabitual e do treino físico. *Rev Port Cien Desp*. 2007;7(2):257-75.
15. Sureda A, Tauler P, Aguiló A, Cases N, Fuentespina E, Córdova A, et al. Relation between oxidative stress markers and antioxidant endogenous defences during exhaustive exercise. *Free Radic Res*. 2005;39(12):1317-24.
16. Vandenberg HH, Karlisch P, Solersli RL. Insulin and insulinlike growth factor-I stimulation of skeletal myofiber growth in vitro is enhanced 102 by mechanical activity. *J Cell Biology*. 1991;115(3):221-36
17. Antunes-Neto JM, Toyama MH, Carneiro EM, Boschero AC, Pereira-da-Silva L, Macedo DV. Circulating leukocyte heat shock protein 70 (HSP70) and oxidative stress markers in rats after a bout of exhaustive exercise. *Stress*. 2006;9(2):107-15.
18. Miranda-Vilela AL, Akimoto AK, Lordelo GS, Pereira LC, Grisolia CK, Klautau-Guimarães MN. Creatine kinase MM TaqI and methylenetetrahydrofolate reductase C677T and A1298C gene polymorphisms influence exercise-induced C-reactive protein levels. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(3):941-50.