

**ANÁLISE DE MARCADORES CELULARES E BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS  
PARA DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE MONITORAMENTO DO TREINAMENTO  
DE PRATICANTES DE MUSCULAÇÃO**

Joaquim Maria Ferreira Antunes Neto<sup>1</sup>

João Pedro Expedito de Almeida<sup>1</sup>

Mônica Furquim de Campos<sup>1</sup>

**RESUMO**

Parâmetros de monitoramento do treinamento esportivo servem para determinar se a carga de esforço físico é compatível com o período recuperativo estabelecido. A manipulação de variáveis de força no treinamento de musculação é algo complexo, pois envolve necessariamente indução de microlesões celulares e ruptura da homeostasia da fibra muscular. Com isso, observa-se o extravasamento de enzimas celulares e formação de metabólitos. Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar marcadores celulares e bioquímicos sanguíneos visando estabelecer parâmetros de monitoramento do treinamento de musculação. Participaram do estudo 10 praticantes de musculação, sexo masculino, em nível elevado de suporte de carga de treinamento. Houve coleta de 5 mL de sangue e separação do plasma por centrifugação para análise de parâmetros celulares, tais como creatina quinase total (CK), isoenzima CK-MB, alanina aminotransferase, aspartato aminotransferase, e parâmetros bioquímicos – creatinina, ureia e ácido úrico. Os valores mostraram significância estatística ( $p < 0.05$ ) para CK ( $336 \pm 165,08$  UI/L) e creatinina ( $1,13 \pm 0,14$  mg/dL). Concluiu-se que é possível utilizar os parâmetros CK e creatinina para o monitoramento do treinamento de musculação, pois refletem eventos microlesivos e de catabolismo da fibra muscular.

**Palavras-Chave:** Musculação. Creatina Quinase. Creatinina. Monitoramento. Treinamento Esportivo.

1-Instituto de Ensino Superior de Itapira (IESI), Itapira-SP, Brasil.

**ABSTRACT**

Analysis of blood cellular and bio-chemical markers for determination of training monitoring parameters of musculation practice

Sports training monitoring parameters serve to determine whether the physical effort load is compatible with the established recovery period. The manipulation of force variables in bodybuilding training is somewhat complex, since it necessarily involves induction of cellular micro injuries and rupture of muscle fiber homeostasis. As a result, extravasation of cellular enzymes and formation of metabolites is observed. In this way, the objective of this study was to analyze cellular and biochemical biomarkers in order to establish bodybuilding monitoring parameters. Participated in the study 10 bodybuilders, at a high level of training load support. There were 5 mL of blood and plasma separation by centrifugation for analysis of cellular parameters, such as total creatine kinase (CK), CK-MB isoenzyme, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, and biochemical parameters - creatinine, urea and uric acid. The values showed statistical significance ( $p < 0.05$ ) for CK ( $336 \pm 165.08$  IU/L) and creatinine ( $1.13 \pm 0.14$  mg / dL). It was concluded that it is possible to use CK and creatinine parameters to monitor bodybuilding training, since they reflect microleak events and catabolism of the muscle fiber.

**Key words:** Bodybuilding. Creatine Kinase. Creatinine. Monitoring. Sports Training.

E-mails dos autores:

joaquim\_netho@yahoo.com.br

joapedro200613@hotmail.com

monicafurquim@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A dosagem da concentração da enzima Creatina Quinase (CK) vem sendo utilizada como indicador do estresse imposto a musculatura esquelética durante a prática de exercício físico (Coelho e colaboradores, 2011).

No fisiculturismo, os atletas possuem concentração elevada da CK plasmática, devido aos exercícios ativos resistidos, com cargas elevadas e altas repetições determinarem a ocorrência de micro lesões celulares (Antunes Neto e colaboradores, 2007).

A potencialização da força e hipertrofia pode ser advinda do treinamento de força, que promove alterações hormonais e estruturais musculares. Para tanto, há a necessidade da manipulação das variáveis agudas do treinamento.

Conforme descrito, tal estrutura de treinamento induz dor muscular tardia (DMT), cuja magnitude será determinada pela intensidade do exercício e se o praticante está acostumado ou não com o padrão específico de movimento (Foschini, Prestes e Charro, 2007).

Evidencia-se que a contração muscular excêntrica seja grande fator indutor da instalação da DMT decorrente de micro lesões celulares (Antunes Neto, 1998).

A contração excêntrica caracteriza-se quando o torque da sobrecarga é maior que o torque muscular, gerando alongamento ativo da musculatura e “forçando” uma separação abrupta entre a cabeça da miosina e a actina (Antunes Neto e Vilarta, 2011; Enoka, 1994).

Estudos clássicos mostraram que as fibras de contração do tipo glicolítica rápida são as mais suscetíveis à ocorrência de micro lesões celulares. Isso pode ser devido a um recrutamento seletivo de unidades motoras destas fibras de contração rápida durante o exercício excêntrico. A indução de fadiga neste tipo de fibra é mais evidente, uma vez que a insuficiência metabólica gerada e o enrijecimento muscular induzirão estresse mecânico e ruptura das estruturas cito esqueléticas musculares (Antunes Neto, 1998; Antunes Neto e Vilarta, 2011; Lieber e colaboradores, 1994; Lieber, Thornell e Fridén, 1996).

Coelho e colaboradores (2011) sugerem que exista uma faixa de

concentração de CK que varia entre 300-500 U/L em atletas, dependendo de fatores como individualidade e modalidade do treinamento.

Lazarim e colaboradores (2009) sugeriram que na modalidade de futebol de campo, valores acima de 975 U/L poderiam ser indicativos da transição do overreaching (estresse metabólico) para o overtraining (estresse generalizado envolvendo vários sistemas orgânicos).

O objetivo geral deste trabalho foi analisar níveis plasmáticos de CK em atletas que se encontram em fase intermediária do processo de treinamento (base de três anos de treinamento de força), com o intuito de compreender se há diferença em relação a grupos com maior tempo de vivência nesta prática, tal como relatado por Antunes Neto e colaboradores (2007).

De forma específica, marcadores celulares como CK-MB (isoenzima específica para musculatura cardíaca), alanina aminotransferase (TGP) e aspartato aminotransferase (TGO) foram também investigados como marcadores celulares.

Níveis de creatinina, ureia e ácido úrico serviram como parâmetros metabólicos de estresse nas condições estudadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

**Sujeitos:** O grupo não treinado (GNT) foi composto por 8 sujeitos (não treinados) do sexo masculino que não estavam habituados a realizar exercícios de musculação. As características dos voluntários eram:  $22 \pm 4$  anos,  $1,61 \pm 3$  metros e  $58 \pm 4$  quilos.

O grupo treinado (GT) foi composto por 10 sujeitos do sexo masculino que praticavam musculação entre dois e três anos, no mínimo 5 sessões semanais, com idade média de  $28 \pm 4$  anos, estatura de  $1,76 \pm 5$  metro e massa corporal de  $73,5 \pm 6$  quilos.

Todos os voluntários envolvidos foram notificados dos objetivos das análises, assinando um termo de consentimento esclarecido para as realizações das coletas. As experimentações estavam de acordo com as normas estabelecidas pelos comitês de ética de pesquisas envolvendo seres humanos e também com o Comitê Interno de Ética da Instituição de Ensino São Francisco (IESF) (protocolo 2016/07).

**Exercícios Físicos.** O GNT foi orientado a não realizar exercícios de força

durante duas semanas, mantendo suas atividades da vida diária. O GT encontrava-se em fase habitual de treinamento de força de musculação (todos os praticantes estavam em mesociclo incluindo exercícios de força máxima - já haviam passado pela fase de resistência de força). O objetivo era quantificar possíveis alterações dos marcadores estudados em momento de pico de treinamento, para que se chegasse a uma compreensão sobre os eventos adaptativos e alterações celulares e metabólicas.

**Coleta de Sangue.** Todos os voluntários foram orientados sobre as exigências para a coleta de sangue, sendo que as mesmas ocorreram entre sete horas e oito horas da manhã.

Foram coletadas amostras de 5 mL de sangue. As amostras foram centrifugadas a 3.000 r.p.m. por 10 minutos, com separação do plasma e hemáceas. As análises enzimáticas de CK ocorreram através do método reativo para determinação de quantidade plasmática (CK NAC – Método Cinético, Laborlab) por meio de espectrofotometria a 340 nm. Utiliza-se tal parâmetro para se observar, indiretamente, níveis de microlesão celulares. O teste de creatinina é feito para determinar o produto final do catabolismo muscular, enquanto que o de ureia e ácido úrico permite estabelecer o produto final do metabolismo purínico.

Para a realização dos dois marcadores, utilizaram-se o método cinético ou direto sem desproteinização (creatinina, Laborlab®, CAT N.0 01600, leitura a 510nm) e o método enzimático (ácido úrico, Laborlab®,

CAT N.0 00100, leitura a 530nm) em amostras de plasma. Os valores foram calculados de acordo com as normas do fabricante, com unidade final expressa em mg/dL.

### **Análises Estatísticas**

Utilizamos o software GraphPad Instat® (San DiegoCA) para conduzir as análises estatísticas. O teste apropriado foi “one way” ANOVA para amostras pareadas e o teste Tukey foi adotado como pós teste.

## **RESULTADOS**

### **Marcadores Celulares**

Os valores observados para CK (UI/L) apresentaram aumento significativo quando comparados ao grupo GT ( $p < 0.05$ ;  $p = 0.017$ ).

Os demais parâmetros, CK – MB, TGP e TGO, apesar de mostrarem uma tendência de aumento para o grupo GT, não apresentaram significância estatística.

### **Marcadores Bioquímicos**

Os valores observados para creatinina (mg/dL) mostraram-se significativos para o grupo GT ( $p < 0.05$ ;  $p = 0.024$ ) ao serem comparados a GNT.

Da mesma forma que se observou nos marcadores celulares, há uma tendência de aumento para os demais marcadores, ureia e ácido úrico, porém sem significância estatística.

**Tabela 1** - Marcadores celulares dosados no plasma no grupo não treinado (GNT) e grupo treinado (GT), Onde: \* $p < 0.05$ .

<b>Marcadores Celulares</b>	<b>GNT</b>	<b>GT</b>
Creatina Quinase (UI/L)	78,0 ± 28,58	336 ± 165,08*
Creatina Quinase MB (UI/L)	11,3 ± 3,10	17,22 ± 2,68
Alanina Aminotransferase – TGP (UI/L)	14,5 ± 7,72	23,44 ± 6,69
Aspartato Aminotransferase – TGO (UI/L)	15,5 ± 4,35	25,22 ± 5,69

**Tabela 2** - Marcadores bioquímicos dosados no plasma no grupo não treinado (GNT) e grupo treinado (GT), Onde: \* $p < 0.05$ .

<b>Marcadores Bioquímicos</b>	<b>GNT</b>	<b>GT</b>
Creatinina (mg/dL)	0,74 ± 0,13	1,13 ± 0,14*
Ureia (mg/dL)	25,25 ± 9,14	31,77 ± 4,35
Ácido Úrico (mg/dL)	5,25 ± 0,88	5,74 ± 0,88

**DISCUSSÃO**

A busca de marcadores para predição da condição atlética é um dos objetivos mais importantes no treinamento físico e esportivo, sendo que multifatores estão envolvidos. Os objetivos da modalidade e o princípio da sistematização do treinamento são determinantes para o planejamento ótimo da sequência de cargas de exercícios, sendo que a monitoração e modulação das cargas de treinamento impactam na necessidade constante de reorganização das mesmas para que se obtenham respostas adaptativas desejáveis (Antunes Neto, Siviero e Padovani, 2016).

A CK vem sendo utilizada como um marcador de estresse muscular decorrente da atividade física, podendo ser usada como um indicador de uma possível futura lesão, e também para monitorar a carga de treinamento. Quanto maior a intensidade e o tempo desse exercício, maior a quantidade de microlesões musculares que permitem o extravasamento desta enzima para seu meio extracelular. A literatura apresenta que o aumento de CK está bem relacionado com exercícios de força de alta intensidade ou atividades cíclicas de alto volume (Antunes Neto e colaboradores, 2007; Uchida e colaboradores, 2009).

Neste caso, a micro lesão está relacionada com distúrbios mecânicos, sobretudo com a fase excêntrica da contração muscular. A tensão excessiva do complexo actina-miosina leva a distúrbios nas linhas Z e das bandas A dos sarcômeros e ruptura do retículo sarcoplasmático, bem como fragmentação da membrana da fibra muscular (Antunes Neto e colaboradores, 2006; Lieber e colaboradores, 1996; Nosaka e Clarkson, 1994; Teague e Schwane, 1995).

Antunes Neto e colaboradores (2007) cogitaram que a elevação da concentração de CK plasmática poderia ser um evento inicial para a instalação de respostas adaptativas positivas. Em experimento, observaram que os níveis plasmáticos da enzima CK continuam elevados em sujeitos adaptados ao treinamento de força, porém não sofrendo alterações significativas, mesmo quando as cargas de treinamento são elevadas durante um segundo microciclo de choque. Os mesmos indicam que possa existir um limiar de alterações celulares aceitáveis para a

ocorrência de eventos adaptativos positivos. Caso um limiar acima do aceitável seja instalado, os eventos de síntese podem ser desintegrados e a estrutura não adequada de treinamento de força induzir lesões significativas ao invés de micro lesões estimulativas.

Os dados apresentados na Tabela 1 mostram que os valores médios e desvio padrão obtidos para CK plasmática ficaram em  $336 \pm 165,08$  U/L, indo também ao encontro de dados anteriores de Antunes Neto e colaboradores (2007), que também apontaram valores médios próximos a 350 U/L.

Torna-se interessante que novos estudos ajudem a compreender se há, de fato, um limiar de segurança que se reflete na concentração plasmática de CK, possibilitando o monitoramento da carga de treinamento, tanto para iniciantes na prática de musculação quanto para aqueles que já se encontram em fase adiantada de treinamento. Fatores como o tempo de duração do treinamento, a condição física no estágio de pré-treinamento e a forma de se empregar a contração excêntrica na estrutura do treinamento também devem ser levados em conta (Häkkinen, Komi e Alén, 1985).

Interessante constatar que, mesmo não havendo aumento significativo nas concentrações plasmáticas de CK-MB, TGO e TGP (Tabela 1), há uma tendência de elevação destes parâmetros.

As transaminases são encontradas no coração, fígado, músculos e rins, porém em concentrações muito menores nos músculos estriados em comparação com a CK. Já, a CK-MB, uma isoenzima da CK total, é encontrada principalmente no tecido cardíaco.

As dosagens complementares destes parâmetros podem ajudar a compreender alterações celulares, a expressão bioquímica e a etiologia do processo lesivo. Muitas vezes, o praticante de musculação não tem a compreensão total de sua condição de saúde.

A Tabela 2 apresenta valores em mg/dL dos marcadores bioquímicos para creatinina, ureia e ácido úrico. Os valores para creatinina mostraram-se significativos estatisticamente. O teste de creatinina é feito para determinar o produto final do catabolismo muscular, enquanto que o de ureia permite estabelecer o produto final do metabolismo purínico.

Em experimentação animal, composta de treinamento e indução de overtraining por meio de natação, Antunes Neto e colaboradores (2008) observaram aumentos significativos para creatinina e ureia, o que significa que o estímulo estressor aumenta a degradação das bases purínicas e de catabolismo proteico, respectivamente. Os dados de creatinina podem refletir um aumento do turnover proteico (aumento da relação entre síntese e degradação proteica), uma vez que está havendo aumento de massa magra e contínuo processo micro lesivo, evidenciados pelos valores de CK plasmática.

Feitas de forma integrada, as análises de creatinina, ureia e ácido úrico permitem compreender, sobretudo, se os eventos recuperativos estabelecidos para o treinamento estão surtindo o efeito desejado (Antunes Neto e Donadon, 2011).

Concluindo, o treinamento esportivo pode ser compreendido como uma atividade sistemática que visa proporcionar alterações morfológicas, metabólicas e funcionais que desencadeiem melhorias nas capacidades orgânicas.

Toda estratégia que possibilite o monitoramento das respostas adaptativas permite melhor estabelecimento entre a sobrecarga aplicada e o período recuperativo. O dado significativo deste trabalho aponta que praticantes de musculação (bodybuilder) mantêm valores médios de CK plasmático na faixa de  $336 \pm 165,08$  U/L.

Dados anteriores de Antunes Neto e colaboradores (2008) também apontavam para a mesma faixa. Além disso, os valores significativos para creatinina plasmática, em conjunto com os de CK, podem refletir, dependendo da magnitude, fases de progressão otimizada do treinamento ou, então, um determinado estágio de instalação de overtraining.

Futuros estudos utilizando os mesmos marcadores poderão ser decisivos para a determinação de parâmetros confiáveis de estresse e adaptação.

## REFERÊNCIAS

1-Antunes Neto, J. M. F. Modificações Morfofuncionais do Tecido Muscular Induzidas pela Atividade Excêntrica: Um Estudo Global dos Processos Adaptativos. Universidade

Estadual de Campinas. Dissertação de Mestrado. 1998.

2-Antunes Neto, J.M.F.; Donadon, C.C. Cinética de marcadores de estresse oxidativo para avaliação de overreaching induzido pelo exercício físico exaustivo. *Lecturas, Educación Física y Deportes*. Buenos Aires. Vol. 162. 2011. p. 1-10.

3-Antunes Neto, J. M. F.; Ferreira, D. C. B. G.; Reis, I. C.; Calvi, R. G.; Rivera, R. J. B. Manutenção de microlesões celulares e respostas adaptativas a longo prazo no treinamento de força. *Brazilian Journal of Biomotricity*. Vol. 1. Num. 4. 2007. p. 87-102.

4-Antunes Neto, J.M.F.; Rivera, R.J.B.; Calvi, R.C.; Raffa, M.; Donadon, C.C.; Pereira, A.; Melo, P.S. Níveis comparativos de estresse oxidativo em camundongos em duas situações do limite orgânico: Overreaching induzido por treinamento de natação e câncer. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 14. 2008. p. 553-558.

5-Antunes Neto, J.M.F.; Siviero, I.M.P.S.; Padovani, R.M. Parâmetros de estresse oxidativo em camundongos submetidos a treinamento de natação e overtraining. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. Vol. 10. Num. 60. 2016. p. 460-469. Disponível em: <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/1005/812>

6-Antunes Neto, J.M.F.; Toyama, M.H.; Carneiro, E.M.; Boscherio, A.C.; Pereira-da-Silva, L.; Macedo, D.V. Circulating leukocyte heat shock protein 70 (HSP70) and oxidative stress markers in rats after a bout of exhaustive exercise. *Stress*. Vol. 9. 2006. p. 107-115.

7-Antunes Neto, J.M.F.; Vilarta, R. Fadiga muscular e exercício excêntrico: revisão dos eventos moleculares. *Lecturas, Educación Física y Deportes*. Buenos Aires. Vol. 156. 2011. p. 1-20.

8-Coelho, D.B.; Morandi, R.F.; Melo, M.A.A.; Silami-Garcia, E. Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. *Revista Brasileira de*

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

Cineantropometria e Desempenho Humano. Vol. 13. Num. 3. 2011. p. 189-194.

9-Enoka, R.M. Neuromechanical basis of kinesiology. Champaign: Human Kinetics. 1994.

10-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. Vol. 9. Num. 1. 2007. p. 101-116.

11-Häkkinen, K.; Komi, P.V.; Alén, M. Effect of explosive type strength training on isometric force-and-relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. Acta Physiologica Scandinavica. Vol. 125. Num. 4. 1985. p. 587-600.

12-Lazarim, F. L.; Antunes Neto, J. M. F.; Silva, F. C.; Nunes, L.; Bassini-Cameron, A.; Cameron, L.; Alves, A. A.; Brenzikofer, R.; 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. Vol. 12. 2009. p. 85-90.

13-Lieber, R.L.; Schmitz, M.C.; Mishra, D.K.; Fridén, J. Contractile and cellular remodeling in rabbit skeletal muscle after cyclic eccentric contractions. Journal of Applied Physiology. Vol. 77. Num. 4. 1994. p. 1926-1934.

14-Lieber, R. L.; Thornell, I. E.; Fridén, J. Muscle cytoskeletal disruption occurs within the first 15 min of cyclic eccentric contraction. Journal of Applied Physiology. Vol. 80. Num 1. 1996. p. 278-284.

15-Nosaka, K.; Clarkson, P.M. Effect of eccentric exercise on plasma enzyme activities previously elevated by eccentric exercise. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. Vol. 69. Num. 6. 1994. p. 492-497.

16-Teague, B.N.; Schwane, J.A. Effect of intermittent eccentric contractions on symptoms of muscle microinjury. Medicine and Science in Sports and Exercise. Vol. 27. Num. 10. 1985. p. 1378-1384.

17-Uchida, M.C.; Nosaka, K.; Ugrinowitsch, C.; Yamashita, A.; Martins Junior, E.; Moriscot, A. S.; Aoki, M. S. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators, Journal of Sports Sciences. Vol. 27. Num 5. 2009. p. 499-507.

Recebido para publicação 20/01/2017

Aceito em 28/05/2017