

O EFEITO AGUDO DO RAST TEST SOBRE O ESTRESSE OXIDATIVO E OS MARCADORES DE DANOS MUSCULARES EM ATLETAS JOVENS

THE ACUTE EFFECT OF RAST TEST ON OXIDATIVE STRESS AND MUSCLE DAMAGE MARKERS IN YOUNG ATHLETES

Patrícia Morgana Ferreira Santos¹, Lúcio Marques Vieira Souza¹, Matias Batista dos Santos¹, João Eliakim dos Santos Araújo¹, Jymmys Lopes dos Santos¹, Isis Barbosa Dória¹, Natanael Vinicius Sena Santos¹ e Emerson Pardon¹

¹Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, Brasil.

RESUMO

Poucos estudos abordam os efeitos dos exercícios de alta intensidade e curta duração como o Running Anaerobic Sprint Test (Rast test), o que pode favorecer o adequado controle das sessões de treino e, conseqüentemente, o desempenho atlético. O objetivo deste estudo foi investigar o efeito agudo do Rast Test sobre o estresse oxidativo e danos musculares em jovens atletas. Participaram 09 atletas jovens, com idade entre 15 e 18 anos. O Rast Test determinou o PAN-pico, PAN média, mínimo PAN ($534,8 \pm 138,9$; $714,6 \pm 102,2$; $285,2 \pm 285,2$ Watts, respectivamente) e FI ($7,0 \pm 1,5$ Watts / seg) dos atletas corredores, resultando em um aumento da peroxidação lipídica analisadas pelo TBARS (pré: $0,48 \pm 0,1$ nmolEq MDA.mL vs pós: $0,66 \pm 0,0$ nmolEq MDA.mL), da atividade antioxidante da glutatona peroxidase (pré: $165,8 \pm 87,7$ mmol / min / mg vs pós: $297,4$ mmol \pm $624,4$ / min / mg) ($p < 0,05$), e aumento das concentrações séricas de lactato desidrogenase (pré: $326,0 \pm 72,65$ U / L e pós: $758,72 \pm 135,09$ U / L) e creatina quinase (pré: $278,1 \pm 78,64$ U / L e pós: $983,62 \pm 339,49$ U / L) ($p < 0,05$). Conclui-se que o Rast Test promove estresse oxidativo e danos musculares em jovens atletas.

Palavras-chave: Exercício de alta intensidade. Desempenho atlético. Estresse oxidativo. Dano muscular.

ABSTRACT

Few studies about the effects investigated of high intensity and short duration exercises such as Rast Test, which may favor the adequate control of training sessions and, consequently, athletic performance. The objective of this study was to investigate the acute effect of Rast Test on oxidative stress and muscle damage in young athletes. Participating were 09 young athletes, aged between 15 and 18 years. Rest Test determined PAN-peak, mean PAN, minimum PAN (534.8 ± 138.9 , 714.6 ± 102.2 , 285.2 ± 285.2 Watts, respectively) and FI (7.0 ± 1.5 Watts / sec) of the runner athletes, resulting in an increase of the lipid peroxidation analyzed by TBARS (pre: 0.48 ± 0.1 nmolEq MDA.mL vs post: 0.66 ± 0.0 nmolEq MDA. mL), antioxidant activity of glutathione ($p < 0.05$), and increased serum lactate dehydrogenase concentrations (pre: 326.0 mmol / \pm 72.65 U / L and post: 758.72 ± 135.09 U / L) and creatine kinase (pre: 278.1 ± 78.64 U / L and post: 983.62 ± 339.49 U / L) ($p < 0.05$). It is concluded that Rast Test promotes oxidative stress and muscle damage in young athletes.

Keywords: High intensity exercise. Athletic performance. Oxidative stress. Muscle damage.

Introdução

O Running Anaerobic Sprint Test (Rast Test) é um protocolo de exercício de alta intensidade e curta duração, que vem sendo bastante utilizado para estimar a aptidão anaeróbia, sendo importante para a quantificação de intensidades de exercícios e prescrição de treinamento em atletas¹. Além disso, o Rast Test pode ser importante ferramenta para melhoria do desempenho em provas desportivas de curta duração, principalmente no atletismo, em que é requerida a manutenção prolongada de grandes quantidades de fornecimento de energia².

O exercício de alta intensidade e curta duração provoca um desequilíbrio na homeostase celular decorrente do aumento do estresse oxidativo devido ao aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs)³. Quando acontece um desequilíbrio entre a produção de EROs e a biodisponibilidade de antioxidante, a qual se prevalece um aumento na produção de EROs e uma diminuição na defesa antioxidante, se estabelece uma situação

metabólica caracterizada como estresse oxidativo, que está associada a danos aos fosfolipídios de membranas celulares, oxidação de compostos tióis, cofatores enzimáticos, proteínas, nucleotídeos e DNA, além de disfunções metabólicas musculares e aumento de seus respectivos marcadores de danos^{4,5}.

Observa-se que durante a atividade muscular intensa, a demanda energética pode aumentar em até trinta e cinco vezes em relação ao repouso, logo, há um grande aumento no consumo de oxigênio, na sua maior parte em consequência do aumento do trabalho muscular. Alguns estudos revelam que, o aumento de EROs, estão diretamente ligados aos mecanismos iniciais das lesões no músculo, tendo como resultado o aumento das proteínas intracelulares, como creatina quinase (CK) da lactado desidrogenase (LDH), troponina I, mioglobina e miosina, peroxidação lipídica da membrana celular, bem como aumento do processo inflamatório após os exercícios^{4,6,7}.

Rannou et al⁸, Lima et al⁹ e Vendrusculo et al¹⁰ analisaram as concentrações séricas de CK e LDH após a realização de exercício e constataram que esses são bons indicadores do aumento da permeabilidade celular resultante do dano muscular.

Verifica-se ainda que o exercício promove mecanismos relacionados ao estresse oxidativo celular, sendo este causado pelo desequilíbrio entre a produção de EROs e o combate às mesmas pelas enzimas antioxidantes e dependendo da intensidade e duração do exercício realizado pode ocasionar fadiga, redução da performance e ao dano muscular, devido às lesões oxidativas junto aos lipídios, ácidos nucleicos e proteínas celulares^{11,12}.

Estudos investigaram os efeitos do exercício de alta intensidade e curta duração na atividade das enzimas antioxidantes^{13,14} e dos marcadores indiretos de lesões musculares em jovens, tanto como alternativas de amenizar o estresse oxidativo por este tipo de exercício quando, possivelmente, melhorar o desempenho atlético¹⁰. Portanto, há ainda na literatura científica uma lacuna do efeito do Rast Test sobre o estresse oxidativo e sobre os marcadores indiretos de dano muscular em jovens atletas, bem como possíveis correlações entre estes marcadores fisiológicos com a performance no referido teste.

De maneira geral, hipotizou-se que ocorreria aumento destas variáveis fisiológicas após o teste e que estas não se correlacionariam com o dano aos fosfolipídios de membranas celulares, principalmente pela característica anaeróbia do teste. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi analisar o efeito agudo do Rast Test sobre o estresse oxidativo e danos musculares em jovens atletas.

Métodos

Participantes

A amostra foi composta por nove jovens entre 15 e 18 anos, saudáveis e praticantes de atletismo por pelo menos um ano. Todos os voluntários foram informados sobre os riscos e benefícios envolvidos no estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, bem como os seus respectivos responsáveis legais. De acordo com os critérios de exclusão os voluntários não poderiam estar sedentários de acordo com a análise do IPAC versão curta, nem apresentar doenças crônicas que interferissem na realização do esforço máximo, não apresentar lesões osteomiotóxicas, não ser tabagistas, para não influenciar nas variáveis coletadas e não estar de acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, bem como não o devolver devidamente assinado pelo responsável legal. O estudo foi aprovado pelo Comitê de ética da Universidade Federal de Sergipe (protocolo de pesquisa nº 643.484/2014).

Tabela 1. Características antropométricas dos voluntários (média \pm DP)

Peso (kg)	Estatura (cm)	IMC (Kg/m ²)	RCQ	%G
59.2 \pm 11.4	1.7 \pm 0.1	19.6 \pm 2.5	0.84 \pm 0.08	12.6 \pm 4.0

Fonte: Os autores

Procedimentos

Os voluntários foram orientados a não ingerir bebida alcoólica, café, medicação e tampouco realizar exercício físico durante 24 horas antecedentes aos procedimentos experimentais. Os alimentos recomendados para manter uma adequada abstinência, influenciando ao mínimo as variáveis a serem coletadas, foram: chocolate e produtos à base de cacau, açaí, guaraná em pó, chás pretos (mate, ice tea, bebidas energéticas), refrigerantes à base de cola e de guaraná e o café¹⁵. Para controle do consumo alimentar dos atletas foi realizado o recordatório 24h em três dias não consecutivos, seguindo as recomendações da Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva (Issn)¹⁶.

Os procedimentos para a avaliação antropométrica e para a realização do teste de aptidão anaeróbia foram executados nesta sequência, sendo que na semana anterior foi realizada uma familiarização do teste de esforço máximo (Rast). Todos os procedimentos envolvidos na realização dos testes e da coleta sanguínea foram realizados no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Quanto às análises bioquímicas foram realizados em dois laboratórios do Departamento de Fisiologia da UFS, a saber: Laboratório de Biofísica do Coração (LBC) para análise do CK, LDH e GPx e o Laboratório de Química de Produtos Naturais e Bioquímica (LQPNB) para a análise do TBARS.

Previamente ao protocolo de exercício físico, todos os voluntários passaram por uma avaliação antropométrica, no qual a estatura foi verificada a partir de um estadiômetro da marca Sanny®, o peso a partir de uma balança digital portátil, com capacidade de 150kg e precisão de 100g. Para a realização das medidas de circunferência do abdômen, cintura e quadril foi utilizada uma fita métrica da marca Sanny. O percentual de gordura foi verificado através do protocolo de Lohman¹⁷, coletando-se as medidas das dobras cutâneas do tríceps e subescapular através do compasso da mesma marca.

Protocolo Rast Test

O protocolo de exercício físico realizado foi o Running Anaerobic Sprint Test (Rast Test), cuja finalidade é avaliar a aptidão anaeróbia daquele que o realiza. Embora tenha uma distância de corrida fixa e pré-estabelecida de 35m, o que desfavorece a especificidade atlética das diferentes modalidades esportivas, sabe-se que é um protocolo bastante utilizado para a avaliação de atletas, principalmente pela facilidade com que é realizado¹⁸.

Previamente ao teste, os voluntários realizaram um aquecimento de aproximadamente cinco minutos, composto por uma corrida de intensidade leve e “sprints” de 10m. Após o aquecimento, foram reforçadas as orientações gerais do teste e esclarecidas possíveis dúvidas para que os voluntários realizassem adequadamente o teste.

O Rast consistiu na realização de seis “sprints” de 35m com intervalos de 10s entre os mesmos. Em cada um dos “sprints” registrou-se o tempo percorrido. As pausas e o início de cada “sprint” foram devidamente informados por estímulo sonoro. Ao iniciar a corrida realizou-se o registro do tempo, sendo imediatamente parado no momento em que o voluntário ultrapassasse o trigésimo quinto metro. Para o adequado controle dos registros dos tempos dos “sprints” e das pausas, foram utilizados três cronômetros digitais (Flix technology®, timex iroman g85, EUA), manipulados por três avaliadores. A distância de 35m

foi medida utilizando-se uma trena métrica e os extremos do percurso foram demarcados com cones para facilitar a visualização e o adequado registro dos tempos.

Os parâmetros analisados pela realização do Rast foram: potência máxima (o “sprint” de maior potência), potência média (média da potência gerada nos seis “sprints”), a potência mínima, o Índice de fadiga 1 (em Watts/seg) e índice de fadiga 2 (em %).

Análises bioquímicas

As coletas sanguíneas foram realizadas no início e imediatamente após ao Rast, em uma sala climatizada, por quatro técnicos de enfermagem devidamente treinados e habilitados. Os participantes ficaram na posição sentada, e depois foi feita antisepsia local utilizando-se álcool 70% e algodão. Para obtenção do soro, o sangue foi coletado por punção venosa através do sistema de coleta à vácuo e contido em tubo (Injex vácuo 4ml) sem anticoagulante. Assim que foram coletados os 4ml de sangue, separados imediatamente, em tubos de 2ml e, rapidamente, mantidos em isopor com gelo em gel e levados para o LBC no departamento de Fisiologia. A fim de obter-se o soro, o sangue foi centrifugado à 4000 rpm, sob temperatura de 10°C, durante 10 minutos.

A creatina kinase (CK) e a lactato desidrogenase (LDH) foram as enzimas usadas como biomarcadores da lesão tecidual neste estudo. Para determinação quantitativa da CK e da LDH em soro, foram utilizados os kits comerciais CK-Nac Liquiform e LDH Liquiform kit onde os reagentes de trabalho apresentavam 1000µL de reagentes específicos dos kits e apenas 20µL do soro. A leitura foi feita em cubetas de quartz termostaticada a 37±0,2°C em espectrofotômetro UV/VIS com absorvância em 340nm.

A determinação do estresse oxidativo provocada pelo exercício de alta intensidade e curta duração foi avaliada através da quantificação de lipoperoxidativos pelo teste ácido tiobarbitúrico (Tbars). De acordo com o método Lapenna^{19,20}.

A determinação da GPx foi feita através do kit laboratorial BioAssay Systems' QuantiChrom Gluthathione Assay Kit, específico para medir com precisão a glutathione reduzida em amostras biológicas. O soro foi diluído 20x, misturado com os reagentes de trabalho do kit e incubado 25 minutos à temperatura ambiente. A leitura foi feita em espectrofotômetro UV/VIS com absorvância à 412nm.

Análise estatística

Os dados foram expressos como média ±DP. O teste t Student para dados pareados foi utilizado para a comparação de cada variável bioquímica pré e pós-teste. Correlação de Pearson foi utilizada entre todas as variáveis, sendo adotado um nível de significância de 5%. O software utilizado para análise dos dados foi o Graph Pad Prism versão 5.0, San Diego, EUA.

Resultados

Os dados estão apresentados de forma descritiva, enquanto média e ± DP sendo sequencialmente organizados em tabelas e figuras a partir das características antropométricas, dos resultados de performance do Rast Test, bem como pelos valores de dano muscular e estresse oxidativo. As características antropométricas da amostra estudada estão apresentadas na Tabela 1.

A Tabela 2 mostra os valores absolutos, potência pico, potência media, potência mínima, índice de fadiga 1 e índice de fadiga 2 dos corredores, obtidos pelo teste anaeróbico máximo.

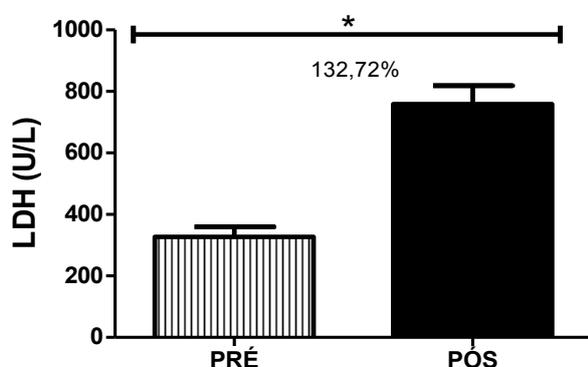
Tabela 2. Valores médios de potência de pico (PAN-pico), potência média (PAN-média), potência mínima (PAN-min) e índices de fadiga (FI) dos nove corredores obtidos no Rast Test

PAN-pico (Watts)	PAN-média (Watts)	PAN-min (Watts)	IF (Watts/seg)
534.8 ± 138.9	714.6 ± 102.2	285.2 ± 285.2	7.0 ± 1.5

Fonte: Os autores

As concentrações de LDH (pré: 326,0±72,65 U/L e pós: 758,72±135,09 U/L) e da CK (pré: 278,1±78,64 U/L e pós: 983,62±339,49 U/L) tiveram aumentos após a realização do Rast teste ($p \leq 0,05$) estando ilustradas na Figura 1.

A



B

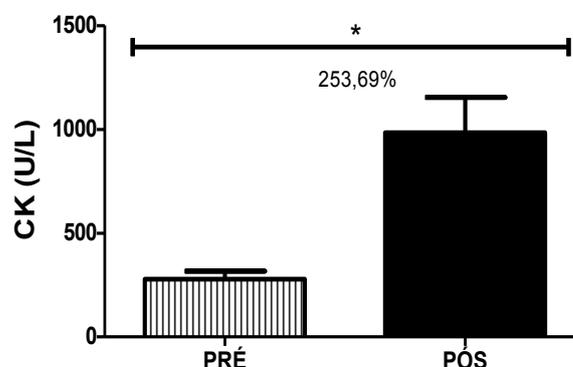


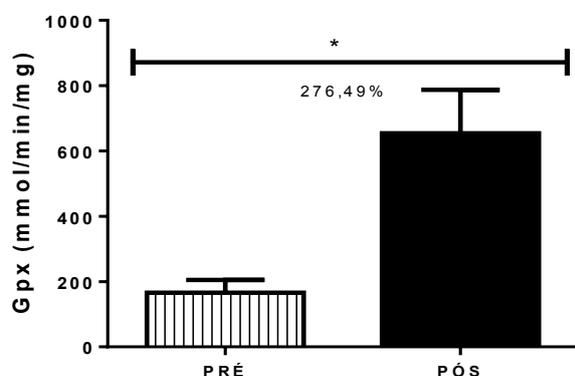
Figura 1. Marcadores de danos musculares nos momentos PRÉ e PÓS do Rast Test

Nota: Painel (A) apresenta a concentração plasmática do LDH. Painel (B) apresenta a CK *Diferenças estatisticamente significativas em todos os valores ($p < 0,05$) em relação ao momento Pré

Fonte: Os autores

Em relação à enzima antioxidante, o protocolo promoveu um aumento significativo da atividade da glutatona depois do teste (pré: 165,84 ± 87,73 mmol/min/mg e pós: 624,38 ± 297,38 mmol/min/mg; Figura 2A), observando, também, um aumento do estresse oxidativo tecidual avaliado pelo TBARS no pós-teste (pré: 0,48±0,12 nmolEq MDA. mL e pós: 0,66±0,0 nmolEq MDA. mL; Figura 2B).

A



B

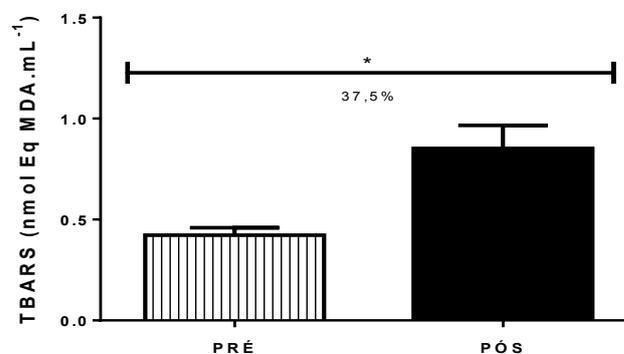


Figura 2. Marcadores de estresse oxidativo nos momentos PRÉ e PÓS do Rast Test

Nota: Painel (A) apresenta a atividade enzimática da GP. Painel (B) apresenta a concentração plasmática de TBARS. *Diferenças estatisticamente significativas em todos os valores ($p < 0,05$) em relação ao momento Pré

Fonte: Os autores

Por fim, no intuito de verificar associações entre as variáveis estudadas, realizou-se uma matriz correlacional, apresentada na Tabela 3. A maioria das variáveis apresentadas na Tabela 2 e Figuras 1 e 2 apresentaram moderadas e altas correlações entre si.

Tabela 3. Correlações entre os valores de pico de potência (PAN-pico), potência média (PAN-média), potência mínima (PAN-min), índice de fadiga (IF) com LDH, CK, GPx e TBARS

	LDH	CK	GPX	TBARS
PAN-pico	0.60*	0.14	0.84*	-0.94
PAN-média	0.49*	0.03	0.82*	-0.95
PAN-min	-0.71	0.48*	0.68*	-0.69
IF	0.90*	0.48*	0.68*	-0.69

Nota: * $p < 0.05$ para correlação entre variáveis de Rast Test, enzimas marcadoras indiretas de dano muscular [CK, LDH] e marcadores de estresse oxidativo [TBARS, GPx]

Fonte: Os autores

Discussão

O objetivo geral do presente estudo foi investigar o efeito do Rast Test sobre marcadores bioquímicos: dano muscular e estresse oxidativo em jovens atletas. De acordo com os principais resultados, o teste foi suficiente para alterar os níveis séricos de LDH, CK, GPx e TBARS, havendo correlação entre estas e algumas variáveis da aptidão anaeróbia (PAN-pic, PAN-med, Pan-min e IF1) (Tabela 3).

A aptidão anaeróbia é um fator determinante de performance em provas desportivas em que é requerida a manutenção prolongada de grande potência e capacidade anaeróbia para o fornecimento de energia², sendo um componente essencial para o bom desempenho em algumas modalidades esportivas, pois em determinados momentos, há a exigência de um esforço anaeróbio máximo²¹⁻²³.

Nesse contexto, a ressíntese de ATP pela via anaeróbia deve ser realizada rapidamente e de maneira eficiente para prevenir a fadiga e manter a contração muscular colaborando para o desempenho do atleta²⁴. Vale ressaltar que a potência muscular máxima e a capacidade anaeróbia são altamente dependentes de idade, sexo, características morfológicas e do nível de condicionamento físico² logo, determinar a aptidão anaeróbia torna-se necessário para a adequação do treinamento.

Os resultados obtidos através do Rast Test (Tabela 2) possibilitaram avaliar a potência máxima ou pico, o que bioenergicamente reflete a eficiência em ressintetizar ATP a partir da via ATP- CP; a potência média, a qual sinaliza a capacidade de ressintetizar ATP. O índice de fadiga também foi determinado, o qual interfere na condição de manutenção que o indivíduo consegue ressintetizar ATP através do metabolismo anaeróbio. A determinação destas variáveis possibilita uma prescrição segura e adequada de exercício físico controlando-se as variáveis do treinamento e respeitando a individualidade biológica dos atletas^{8,22}.

Zagatto et al²³ ao avaliarem 17 indivíduos moderadamente ativos em pista de 400m através do Rast test, observaram valores de Pan-Pico (695,4±107,4W), Pan-média (555,2±77,30W) e IF (36.01±8.79%) esses valores foram superiores aos encontrados na presente investigação (tabela 2). Os resultados das potencias dos atletas do presente estudo são considerados fracos se comparados a atletas profissionais, o que pode ser atribuído ao nível de condicionamento dos indivíduos avaliados. Em contrapartida os índices de fadiga (tabela 2) se enquadram como sendo aceitáveis. De acordo com a tabela de Bangsbo¹⁸, para a classificação do índice de fadiga é considerado bom de 6,97 a 8,90, pode-se concluir então que os índices de fadiga desses avaliados enquadram-se nessa classificação.

Adicionalmente, observou-se que o Rast Test aumentou significativamente os níveis séricos de CK e LDH (figura 1), corroborando com os achados de outros estudos²³⁻²⁵, ou seja, sinalizando danos musculares oriundo do teste anaeróbio máximo. Considerando que o Rast Test é um esforço intermitente máximo, a energia necessária para sua realização é prioritariamente a partir das fontes anaeróbias, logo, é capaz de aumentar os níveis séricos das enzimas marcadoras de danos musculares^{3,23}.

Em outro estudo, Clarkson e Tremblay²⁵ observou-se um aumento significativo de 11,22% na concentração plasmática de CK e 13,16% na concentração de LDH após o teste de Wingate. Sendo assim, exercícios de alta intensidade e curta duração elevam a peroxidação lipídica e o aumento de concentrações das enzimas marcadoras de dano muscular e acabam sendo indicativos de estresse oxidativo^{4,8,26,27}.

De acordo com os resultados desse estudo (Figuras 1 e 2B) foram observados níveis elevados de LDH e CK após o exercício, bem como para os TBARS, de forma semelhante a um outro estudo²⁰, onde foi encontrado um elevado nível de peroxidação lipídica, após exercício agudo, no entanto, também observaram um grande aumento de GPx no presente estudo. Este aumento indica que o "equilíbrio" entre antioxidantes e oxidantes após o exercício foi favorável à defesa do corpo, em um movimento para prevenir o estresse oxidativo.

No presente estudo foi utilizado um protocolo de exercício de alta intensidade e curta duração, sendo que após o teste houve um aumento do estresse oxidativo nos jovens atletas, uma vez que os valores de TBARS encontraram-se significativamente elevados em relação ao período pré-exercício (Figura 2B). Sureda et al²⁸ encontraram um aumento de malondialdeído em linfócitos, após uma única sessão de exercício intenso, que também é considerado um marcador de peroxidação lipídica e sinaliza o estresse oxidativo.

Alterações induzidas pelo exercício em níveis de antioxidantes também têm sido investigados, mas a sua importância para determinar o estresse oxidativo é mais frágil quando comparada à peroxidação lipídica, por exemplo. Contudo, em nossos resultados, não apenas o TBARS, mas também a glutathione peroxidase (GPx) aumentou após o Rast Test (Figura 2A), assim como descrito por outros autores que também relataram aumento na atividade das enzimas antioxidantes logo após o Rast Test em jovens jogadores de futebol²⁹.

Segundo Deminice et al³⁰ foi observado aumento significativo do marcador de estresse oxidativo MDA no plasma ($1,53 \pm 0,19 \mu\text{mol/L}$) e um aumento significativo na atividade da enzima antioxidante GPx ($57,5 \pm 5,3 \text{U/gHb}$) logo após o Rast Test, corroborando os resultados encontrados em nosso estudo e comprovando, mais uma vez, que o protocolo promove um aumento nos níveis do marcador de estresse oxidativo, "desafiando" o sistema antioxidante. E ainda, estudos de Margaritis et al³¹ afirmam que, quanto melhor o $\text{VO}_2\text{máx}$ de triatletas mais alta a atividade da enzima antioxidante GPx nos eritrócitos, protegendo o organismo do dano à membrana celular.

Ao correlacionar os parâmetros anaeróbios do Rast Test (PAN-pic, PAN-med, Pan-min e IF1) com os marcadores de dano muscular (LDH, CK) e estresse oxidativo (GPx) (Tabela 3), verificou-se associações entre si, principalmente com o estresse oxidativo. Segundo Gladden³², a glicólise anaeróbia acelerada aumenta a atividade das enzimas LDH e PFK, à saturação dos mecanismos de bombas de prótons, o aumento da fosforilase devido a maior concentração de cálcio, fosfato inorgânico e adenosina monofosfato³³, bem como vasoconstrição periférica, diminuindo a oxigenação em diversos tecidos e atenuando a ligação do H^+ ao $\text{O}^{27,34}$. Possivelmente tal resposta fisiológica possa elucidar a razão pela qual houve correlação inversa entre as potências e o TBARS (Tabela 3), ou seja, indivíduos com maiores valores de potência (melhor aptidão anaeróbia) apresentaram menores valores de TBARS,

logo, corredores aerobiamente mais preparados (menor aptidão anaeróbia) apresentaram valores de TBARS mais elevados.

De acordo com Finkel e Holbrook³⁴, a opção mais eficiente para elevar a quantidade de antioxidantes no organismo seria através da indução do próprio estresse oxidativo, estimulando os mecanismos antioxidantes celulares e elevando a resistência a lesões induzidas por exercício físico de alta intensidade^{34,35}. Ademais, segundo Leeuwenburgh et al³², o estresse oxidativo induzido pelo exercício pode disparar adaptações em tecidos específicos em resposta ao treinamento. Essas adaptações estão relacionadas a uma série de sistemas, dos quais os mais importantes são os sistemas enzimáticos, compostos pela superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase.

No entanto, Palazzetti et al³⁶ descreveram que atletas em condições de sobrecarga de treinamento, apresentam maiores índices de lipoperoxidação, avaliada pelo nível de substâncias reativas como o ácido tiobarbitúrico (Tbars), CK-MB e mioglobina plasmáticas (marcadores de lesão muscular), além de queda da relação GSH:GSSG (razão glutathione reduzida por dissulfeto de glutathione), indicando claramente que essa sobrecarga compromete os mecanismos de defesa antioxidantes relacionados à resposta induzida pelo exercício. Neste sentido, compreender a sobrecarga imposta ao organismo após treinos e testes anaeróbios máximos permitem ajustes adequados quanto ao descanso e aos treinos subsequentes, para que não haja comprometimento da defesa antioxidante, perda de rendimento e possível lesão³⁷.

Complementarmente, é importante observar alguns indicadores, citados por Silva et al³⁸, que podem influenciar no desempenho do atleta, tais como os aspectos do crescimento, amadurecimento biológico, nível de treino prévio adquirido, o esforço percebido durante as sessões e as metas a serem alcançadas, minimizando quaisquer comprometimentos à saúde. Diferentes estratégias para aumentar a capacidade antioxidante e a diminuição de lesão muscular vêm sendo utilizadas em estudos, como a utilização de suplementação, restrições dietéticas e fármacos⁴. Uma estratégia citada por Finkel e Holbrook³⁴, como mais eficiente para aumentar a quantidade endógena de antioxidantes, pode ser a maior indução do próprio estresse oxidativo, como fora anteriormente comentado, uma vez que estimularia os mecanismos antioxidantes celulares e aumentaria a resistência a lesões induzidas pelo exercício^{9,39}. Sendo assim, ressalta-se a necessidade de se atentar ao descanso entre as sessões, bem como às variáveis relacionadas ao treinamento, como o volume e intensidade, que devem ser prescritas de forma gradativa e individualizada⁵, melhorando assim todos os aspectos relacionados a performance dos atletas, uma vez que, os valores encontrados do Rast Test no presente estudo, possibilitaram desenvolver níveis elevados de potência e resistência à fadiga e enfatizando o treinamento anaeróbio lático e alático.

Conclusões

Conclui-se que o Rast Test promoveu estresse oxidativo e dano muscular em atletas jovens, com um aumento significativo da atividade enzimática da Glutathione Peroxidase (GPx), bem como aumento significativo nas concentrações de marcadores lipoperoxidativos (TBARS) e de danos musculares (LDH e CK) em jovens atletas. Dessa forma, o Rast Test por ser caracterizado com um exercício de alta intensidade e as concentrações aumentadas dessas enzimas constituem um bom parâmetro para a avaliação de estresse oxidativo induzido por esse tipo de exercício.

Referências

1. Perez-Gomez J, Rodriguez GV, Ara I, Olmedillas H, Chavarren J, González-Henriquez JJ, et al. Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *Eur J Appl Physiol*. 2008 Apr;102(6):685–94. DOI: 10.1007/s00421-007-0648-8.
2. De-Oliveira FR, Lima-Silva AE, Nakamura FY, Kiss MAPDM, Loch M da SG. Track test to assess the lactic ability in high level runners. *Rev Bras Med Esporte*. 2006 Apr;12(2):99–102. DOI: 10.1590/S1517-86922006000200009
3. Petry ÉR, Alvarenga ML, Cruzat VF, Tirapegui J. Exercício físico e estresse oxidativo: mecanismos e efeitos. *Rev Bras Ciênc E Mov*. 2010;18(4):90–9. DOI 10.18511/0103-1716
4. Cruzat VF, Rogero MM, Borges MC, Tirapegui J. Current aspects about oxidative stress, physical exercise and supplementation. *Rev Bras Med Esporte*. 2007 Oct;13(5):336–42. DOI: 10.1590/S1517-86922007000500011
5. Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress : relationship with exercise and training. *Sports Med Auckl NZ*. 2006;36(4):327–58. DOI: 10.1007 / s40279-018-0985-2
6. Jenkins RR, Goldfarb A. Introduction: oxidant stress, aging, and exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1993 Feb;25(2):210–2. DOI: 10.1249 / MSS.0000000000001796
7. Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med Auckl NZ*. 2008;38(6):483–503. DOI: 10.1007 / s40279-018-0985-2
8. Rannou F, Prioux J, Zouhal H, Gratas-Delamarche A, Delamarche P. Physiological profile of handball players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2001 Sep;41(3):349–53. DOI: 10.23736 / S0022-4707.18.09056-4
9. Lima EV de, Tortoza C, Rosa LCL da, Lopes-Martins RAB. Study of the correlation between the velocity of motor reaction and blood lactate in different times of combat in judo. *Rev Bras Med Esporte*. 2004 Oct;10(5):339–43. DOI: 10.1590/S1517-86922004000500001.
10. Vendrusculo AP, Alberton CL, Beltrame F, Maier J, Tartaruga LP, Pantoja PD, et al. Análise de lesão muscular e comportamento do vo2máx entre um programa de treinamento de corrida em piscina funda e corrida em terra. *Cinergis*. 2014 Dec;15(2).
11. Lima DS, Voltarelli FA, Kietzer KS. Verificação de um biomarcador de estresse oxidativo em atletas de natação em período específico de treinamento físico. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, São Paulo. v.9. n.51. p.97-104. Jan./Fev. 2015. ISSN 1981-9900.
12. Prado FP, Paludetto DRB, Bachur CAK, Freitas RAL, Zaia JE, Neto TLB, et al. Estresse oxidativo no plasma sanguíneo de indivíduos submetidos ao esforço físico agudo seguido de criomersão corporal. *Fisioter Pesq*. 2012;19(3):215-221. DOI:10.1590/S1809-29502012000300005.
13. Ji LL. Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proc Soc Exp Biol Med Soc Exp Biol Med N Y N*. 1999 Dec;222(3):283–92. DOI: 10.1177/153537029922200311.
14. Teodoro BG, Natali AJ, Fernandes SAT, Peluzio M do CG. A influência da intensidade do exercício físico aeróbio no processo aterosclerótico. *Rev Bras Med Esporte*. 2010 Oct;16(5):382–7. DOI:10.1590/S1517-86922010000500013
15. Dos Santos JL, Lima C de A, de Araujo SS, Migueldos-Santos R, Estevam C dos S, Freire JMM. Efeito ergogênico da cafeína em exercício de prioridade anaeróbica. *Braz J Biomotricity*. 2013 Nov;7(2).
16. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, et al. ISSN exercise & Sport nutrition review: research & recommendations, *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2010; 7(7) :01-43. DOI: 10.1186/1550-2783-7-7.
17. Lohman TG. *Advances in body composition assessment*. Champaign. Human Kinetics Publishers,1992. DOI: 10.1590/S0102-311X1993000500016.
18. Bangsbo J. Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1998 Jan;30(1):47–52. DOI: 10.1097/00005768-199801000-00007.
19. Moro VL, Fuke K, Cancian L, Matheus SC, Moro ARP. Anaerobic capacity in soccer players from different competitive levels: Comparison of players in different field positions. *Motricidade*. 2012 Sep 30;8(3):71–80. DOI: 10.6063/motricidade.8(3).1158.
20. Lapenna D, Ciofani G, Pierdomenico SD, Giamberardino MA, Cuccurullo F. Reaction conditions affecting the relationship between thiobarbituric acid reactivity and lipid peroxides in human plasma. *Free Radic Biol Med*. 2001 Aug 1;31(3):331–5. DOI: 10.1016/S0891-5849(01)00584-6.
21. Dos Santos JL, Dantas REA, Lima CA, de Araújo SS, de Almeida ECV, Marçal AC, et al. Protective effect of a hydroethanolic extract from *Bowdichia virgilioides* on muscular damage and oxidative stress caused by strenuous resistance training in rats. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11:58. DOI: 10.1186/s12970-014-0058-3.

22. Balčiūnas M, Stonkus S, Abrantes C, Sampaio J. Long Term Effects of Different Training Modalities on Power, Speed, Skill and Anaerobic Capacity in Young Male Basketball Players. *J Sports Sci Med.* 2006 Mar 1;5(1):163–70.
23. Zagatto AM, Beck WR, Gobatto CA. Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *J Strength Cond Res.* 2009 Sep;23(6):1820–7. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b3df32.
24. Hammouda O, Chtourou H, Chaouachi A, Chahed H, Ferchichi S, Kallel C, et al. Effect of short-term maximal exercise on biochemical markers of muscle damage, total antioxidant status, and homocysteine levels in football players. *Asian J Sports Med.* 2012 Dec;3(4):239–46. DOI: 10.5812/asjms.34544.
25. Clarkson PM, Tremblay I. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1988 Jul;65(1):1–6. DOI: 10.1152/jappl.1988.65.1.1
26. Berzosa C, Cebrián I, Fuentes-Broto L, Gómez-Trullén E, Piedrafita E, Martínez-Ballarín E, et al. Acute exercise increases plasma total antioxidant status and antioxidant enzyme activities in untrained men. *J Biomed Biotechnol.* 2011;2011:540458. DOI: 10.1155/2011/540458.
27. Mastaloudis A, Leonard SW, Traber MG. Oxidative stress in athletes during extreme endurance exercise. *Free Radic Biol Med.* 2001 Oct 1;31(7):911–22. DOI: 10.1016/S0891-5849(01)00667-0
28. Sureda A, Ferrer MD, Tauler P, Romaguera D, Drobnic F, Pujol P, et al. Effects of exercise intensity on lymphocyte H₂O₂ production and antioxidant defences in soccer players. *Br J Sports Med.* 2009 Mar 1;43(3):186–90. DOI: 10.1136/bjmsm.2007.043943.
29. Lamprecht M, Greilberger J, Oetl K. Analytical aspects of oxidatively modified substances in sports and exercises. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif.* 2004 Aug;20(7–8):728–30. DOI: 10.1016 / j.nut.2004.04.016
30. Deminice R, Rosa FT, Franco GS, Jordao AA, de Freitas EC. Effects of creatine supplementation on oxidative stress and inflammatory markers after repeated-sprint exercise in humans. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif.* 2013 Sep;29(9):1127–32. DOI: 10.1016 / j.nut.2004.04.016
31. Margaritis I, Tessier F, Richard MJ, Marconnet P. No evidence of oxidative stress after a triathlon race in highly trained competitors. *Int J Sports Med.* 1997 Apr;18(3):186–90. DOI: 10.1055 / s-2007-972617
32. Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol.* 2004 Jul 1;558(Pt 1):5–30. DOI: 10.1136/bjmsm.2007.043943.
33. Shulman RG. Glycogen turnover forms lactate during exercise. *Exerc Sport Sci Rev.* 2005 Oct;33(4):157 DOI:10.1097/00003677-200510000-00
34. Finkel T, Holbrook NJ. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature.* 2000 Nov 9;408(6809):239–47. DOI: 10.1038 / 35041687
35. Leeuwenburgh C, Hollander J, Leichtweis S, Griffiths M, Gore M, Ji LL. Adaptations of glutathione antioxidant system to endurance training are tissue and muscle fiber specific. *Am J Physiol.* 1997 Jan;272(1 Pt 2):R363–369. DOI: 10.1152/ajpregu.1997.272.1.R363.
36. Palazzetti S, Richard M-J, Favier A, Margaritis I. Overloaded training increases exercise-induced oxidative stress and damage. *Can J Appl Physiol* 2003;28:588-604. DOI: 10.1139/h03-045
37. Zoppi CC, Antunes-Neto J, Catanho FO, Goulart LF, Motta E Moura N, Vas de Macedo D. Alterações em biomarcadores de estresse oxidativo, defesa antioxidante e lesão muscular em jogadores de futebol durante uma temporada competitiva. *Rev Paul Educ Fís São Paulo.* 2003;17(2):119–30.
38. Silva ASR da, Santhiago V, Papoti M, Gobatto CA. Comportamento das concentrações séricas e urinárias de creatinina e uréia ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais: relações com a taxa de filtração glomerular. *Rev Bras Med Esporte.* 2006 Dec;12(6):327–32. DOI: 10.1590/S1517-86922006000600006.
39. Olkoski MM, Fuke K, Matheus SC, Soares FAA, Portella R, Rosa EJF da, et al. Physical and biochemical responses to training performed in and out of the water in indoor soccer players. *Mot Rev Educ Física.* 2013 Jun;19(2):432–40. DOI: /10.1590/S1980-65742013000200020.

Recebido em 28/09/17.

Revisado em 29/07/18.

Aceito em 02/09/18.

Endereço para correspondência: Patrícia Morgana Ferreira Santos. Cidade Univ. Prof. José Aloísio de Campos. Av. Marechal Rondon s/n, Jd. Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000. E-mail: patricia.morgana@gmail.com