

RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E METABÓLICAS DE ATLETAS DE DIFERENTES MODALIDADES DA EQUIPE DE ATLETISMO DA UNISC

MARCOS VINÍCIOS JACOBS¹; ÉBONI MARÍLIA REUTER¹; HILDEGARD HEDWIG POHL¹;
VALERIANO ANTÔNIO CORBELLINI¹; MIRIAM BEATRIS RECKZIEGEL¹
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL/RS/BRASIL
miriam@unisc.br

INTRODUÇÃO

A aplicação de testes para avaliação funcional de atletas de alto rendimento tem como foco a capacidade cardiorrespiratória, para tanto o resultado mais preciso seria através da aplicação de um teste direto, através da ergoespirometria, principalmente quando utilizados ergômetros que se aproximem do gesto esportivo praticado, buscando maximizar o desempenho no que concerne às respostas metabólicas e cardiorrespiratórias.

O teste cardiorrespiratório ou ergoespirometria avalia as respostas cardiovasculares, pulmonares e metabólicas durante o esforço físico, analisando as interações entre os sistemas para a captação, transporte e metabolização do oxigênio (O₂), o que é importante para identificar a produção de energia em repouso e no esforço físico, além da descrição da eliminação do gás carbônico (CO₂) produzido. Nestes testes as variáveis analisadas compreendem o fluxo respiratório (ventilometria) aliado a medidas dos gases respiratórios (oxigênio e gás carbônico). Com isso, o exame fornece informações precisas sobre o consumo máximo de oxigênio (VO₂máx), que representa a potência aeróbica do indivíduo e tem grande utilidade clínica e esportiva (YAZBEK *et al.*, 2001).

Portanto, o teste ergoespirométrico proporciona a determinação e a monitorização das variáveis respiratórias, metabólicas e cardiovasculares durante o exercício físico, trazendo informações sobre a integridade do desempenho dos sistemas envolvidos no transporte de gases bem como suas adaptações durante a realização de um exercício. Ele é um método que acrescenta qualidade ao diagnóstico da aptidão física, além de permitir monitorar o treinamento de atletas, com maior acurácia científica, respeitando a individualidade biológica do sujeito (NETO, 2001). Outra contribuição da avaliação é a identificação das modificações respiratórias potencializadas pelo estresse imposto durante o teste de esforço (SERRA, 1997).

Para Lopes e Porcaro (2007) a grande vantagem da ergoespirometria é a possibilidade de monitorização das respostas fisiológicas, proporcionando segurança e precisão nos resultados, além de ser um procedimento não invasivo que avalia o desempenho físico e a capacidade funcional de um indivíduo ou atleta (YAZBEK *et al.*, 2001).

Diante da contribuição da avaliação ergoespirométrica ela integra os parâmetros de avaliação propostos no projeto “Correlação entre perfil bioquímico sanguíneo e desempenho de atletas corredores no ensaio ergoespirométrico de Bruce e em provas específicas utilizando espectroscopia no infravermelho”, do qual o presente artigo é um recorte. Propõe-se assim, descrever o desempenho cardiorrespiratório e metabólico de atletas da equipe de atletismo da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) em testes ergoespirométricos, utilizando o Protocolo de Bruce, destacando respostas fisiológicas e considerando as características do esporte praticado, como parte dos objetivos específicos do projeto.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia consistiu de um estudo transversal analítico descritivo, com desenho metodológico quantitativo. A amostra se compôs de um grupo de 12 atletas da equipe de Atletismo da UNISC, de diferentes modalidades (velocistas, meio-fundistas e fundistas), sendo seis do sexo masculino. Os atletas aderiram voluntariamente a pesquisa, mediante termo de

consentimento livre e esclarecido. Este estudo integra o projeto “Correlação entre perfil bioquímico sanguíneo e desempenho de atletas corredores no ensaio ergoespirométrico de Bruce e em provas específicas utilizando espectroscopia no infravermelho”, proposto e aprovado pelo Comitê de Ética pelo protocolo 2146/08.

Constaram os dados coletados de variáveis antropométricas, ergoespirométricas e de biomarcadores séricos destes atletas. Em que pese a importância das demais variáveis pesquisadas, nessa exposição estaremos privilegiando na antropometria os seguintes dados: peso, estatura, índice de massa corporal (IMC) e percentual de gordura (%G); na ergoespirometria o volume do consumo de oxigênio (VO_2), dióxido de carbono (VCO_2), quociente respiratório (QR); e nos biomarcadores séricos o lactato sanguíneo (LA).

Aos sujeitos foi recomendado dieta branda e descanso nas 24h prévias ao teste, sendo submetidos inicialmente à avaliação antropométrica, tensão arterial e frequência cardíaca de repouso. Na sequência o atleta foi posicionado na esteira (ergômetro), sendo-lhe acoplado o sistema de espirometria (análise de gases respiratórios). Após o início do ensaio na esteira, a cada três minutos e até o término do teste foi feita a coleta de sangue em polpa digital de maneira semelhante à utilizada no repouso. Também durante o ensaio, a frequência cardíaca foi verificada a cada 20 segundos com frequencímetro digital e a pressão arterial aferida a cada 3 minutos com esfigmomanômetro de coluna de mercúrio.

Na dimensão antropométrica avaliou-se a composição corporal através do Índice de Massa Corporal (IMC-kg/m²), calculado pela razão do peso (kg)/altura (m²), classificando-se os resultados segundo a Organização Mundial de Saúde (BOUCHARD, 2003). Já o %G foi obtido através do somatório de dobras cutâneas (ΣDC), por meio da medição com compasso de Lange. Para a estimativa da densidade corporal utilizou-se Jackson e Pollock e para o cálculo do Percentual de Gordura a equação de Siri, observando-se a classificação de Pollock e Wilmore (2003).

Em relação ao teste ergoespirométrico, foi utilizado o protocolo de Bruce, em esteira ergométrica e analisador de gases TEEM 100, avaliando o desempenho cardiorrespiratório a partir do volume do consumo de oxigênio (VO_2), dióxido de carbono (VCO_2), quociente respiratório (QR), frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA).

Para avaliar o perfil metabólico, realizou-se coleta sanguínea no pré e pós teste (veia braquial), sendo verificado a partir de amostras de plasma congelado, os níveis de lactato sanguíneo (LA). A coleta de sangue venoso periférico foi realizada em veia braquial, sendo armazenado em *vacutainer* para obtenção de plasma e em outro frasco sem anticoagulante, para obtenção de soro. Simultaneamente foram coletadas duas alíquotas de sangue em polpa digital, uma de 5 μ L, outra de 10 μ L. A coleta de sangue periférico no pós-teste foi realizada após 10 minutos do término do ensaio ergoespirométrico. Todas as amostras foram armazenadas adequadamente e analisadas posteriormente através de técnicas de bioquímica padronizadas e por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier.

Os dados digitados foram tabulados em planilha eletrônica (*Excel, Microsoft Office 2007*) e analisados no *Statistical Package for Social Sciences for Windows* (SPSS – versão 18.0), através de estatística descritiva, com dados de média e desvio padrão, sendo esta aplicada tanto para sexo quanto para modalidade.

DISCUSSÃO E RESULTADOS

Na Tabela 1 pode ser observado as variáveis de caracterização antropométrica da amostra estudada, onde os atletas com idade média de 20,83 e 17,50 anos obtiveram resultados de IMC de $22,68 \pm 2,26$ kg/m² e $20,38 \pm 3,16$ kg/m² e de percentual de gordura de $8,26 \pm 3,60\%$ e $18,19 \pm 3,53\%$, respectivamente no sexo masculino e feminino. Estes resultados são semelhantes aos encontrados em outros estudos a seguir descritos. Siqueira, *et al.* (2009), em estudo realizado com vinte maratonistas do sexo masculino com idade média de $35,5 \pm 10$ anos, encontraram valores de IMC de $21 \pm 1,2$ kg/m². Já o estudo realizado com 26

atletas corredores do sexo masculino, realizado por Guglielmo *et al.* (2005), encontraram percentual de gordura de $6,6 \pm 3,1\%$. Em relação ao sexo feminino, Nunes *et al.* (2009), em estudos realizado com 112 atletas de futsal com a idade, $22,1 \pm 5,4$ anos, encontraram o IMC de $22,3 \pm 1,9$ kg/m² e percentual de gordura de $23,2 \pm 5,1\%$.

Tabela 1. Caracterização antropométrica do grupo estudado.

Variáveis	Atletas	
	Sexo Masculino (n=06)	Sexo Feminino (n=06)
	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$
Idade (anos)	$20,83 \pm 5,53$	$17,50 \pm 1,38$
Peso (kg)	$69,04 \pm 12,59$	$54,95 \pm 10,54$
Estatutura (m)	$1,74 \pm 0,08$	$1,64 \pm 0,06$
IMC (Kg/m²)	$22,68 \pm 2,26$	$20,38 \pm 3,16$
% Gordura	$8,26 \pm 3,60$	$18,19 \pm 3,53$

IMC = Índice de Massa Corporal; %G = Percentual de gordura; $\bar{x} \pm sd$ = média \pm desvio padrão.

Na avaliação dos parâmetros antropométricos levou-se em consideração o %G, pois de acordo com Deng *et al.* (2001) o IMC não leva em consideração a distribuição da gordura corporal, podendo gerar um resultado inapropriado em atletas, que muitas vezes têm um IMC > 25 kg/m² e um percentual de gordura de 10-15%. Para este grupo de indivíduos com características homogêneas, distorções na classificação do IMC podem ocorrer devido à massa muscular elevada, que superestima valores do IMC (WITT; BUSH, 2005). É importante levar em consideração as características antropométricas, pois alguns fatores implicam em diferentes respostas fisiológicas ao exercício, quando diferenciados por sexo, sendo eles a proporção e composição corporal, características musculares, capacidade aeróbica entre outros.

A avaliação ergoespirométrica, observada na Tabela 2, busca diferenciar o consumo de oxigênio conforme o tipo de treinamento. Pode se observar valores mais elevados de consumo de oxigênio (VO₂) em atletas que participam de provas predominantemente aeróbicas quando comparadas com atletas de provas anaeróbicas, com médias de VO₂ máximo de 49,85 e 41,81 ml/Kg/min, respectivamente.

Tabela 2. Comparativo de VO₂ máximo, diferenciados conforme o tipo de treinamento.

		VO ₂ ml/kg/min					
Treinamento	Atleta	Repouso	3'	6'	9'	12'	15'
Aeróbico	01	3,01	16,06	17,07	24,90	32,93	46,99
	02	2,40	15,90	22,44	28,32	39,00	57,52
	03	1,74	24,40	25,93	37,69	41,18	50,98
	04*	6,19	16,12	16,40	25,47	27,19	40,58*
	05	0,20	9,16	12,95	20,72	16,93	53,19
Média	-	2,71	16,33	18,96	27,42	31,45	49,85
Anaeróbico	Atleta	Repouso	3'	6'	9'	12'	15'
	06	2,71	11,92	17,48	24,39	39,43	-
	07	7,67	12,51	20,90	30,93	49,70	-
	08	0,12	5,93	11,48	15,93	36,30	-
Média	-	3,50	10,12	16,62	23,75	41,81	-

*O atleta 4 atingiu mais três estágios com, respectivamente, 51,08, 54,53 e 65,32 de VO₂ max.

Em relação aos parâmetros ergoespirométricos, os resultados apontam que os atletas com treinamento específico para o trabalho aeróbico obtiveram valores mais elevados de VO₂ máximo, indicando uma melhor capacidade para captar, transportar e utilizar oxigênio, quando comparados com os atletas de velocidade/explosão. O que vai ao encontro das afirmações de

Thomas (2007), quando salienta que o rendimento de um atleta está fortemente ligado à sua condição metabólica. Estes resultados ainda refletem a adaptação do sistema cardiorrespiratório, bem como a adaptação a nível tecidual, sendo que o VO₂ máximo é o componente da aptidão aeróbia que melhor representa esta capacidade (FURTADO *et al.*, 2004). Outro aspecto visualizado nos resultados deste estudo é o aumento gradativo da captação de oxigênio atmosférico, de forma proporcional ao esforço realizado pelos atletas, sendo que teve seu pico no momento de máxima intensidade da atividade, dados corroborados por Freitas (2004). Essas variações entram em acordo com Wilmore e Costill (2001), que relataram as adaptações do sistema respiratório ao treinamento, fazendo com que o organismo humano se adapte a estímulos repetidos, tornando a produção de energia eficaz reduzindo o risco à fadiga.

Ao analisarmos o lactato sanguíneo, enquanto variável metabólica, avaliado em estado de repouso e após a realização do teste ergoespirométrico através do protocolo de Bruce (Tabela 3), observa-se que os atletas participantes de modalidade com predomínio aeróbico apresentaram 9,23 mmol/dL no final do teste de esforço máximo quando comparados com os atletas com predomínio anaeróbico que obtiveram uma média de concentração de lactato de 13,64 mmol/dL.

Tabela 3. Comparativo de lactato, diferenciados conforme o tipo de treinamento.

Treinamento	Atleta	Pré Teste	Pós Teste
Aeróbico	01	0,6654	9,8701
	02	0,9981	8,7611
	03	0,2218	10,2028
	04	2,7725	6,7649
	05	1,109	10,5355
Média	--	1,15336	9,22688
Anaeróbico	06	0,9981	12,3099
	07	1,5526	14,8606
	08	2,1071	13,7516
Média	--	1,5526	13,6407

Os atletas de resistência aeróbica prolongaram a utilização de fontes energéticas oxidativas atingindo um maior número de estágios no teste de esforço como indica o valor em média (16,8±4,02), simultaneamente apresentando menor concentração de lactato (9,23±1,53 mmol/dL) quando comparados aos atletas de velocidade/explosão (12,00±0,00; 13,64±1,28 mmol/dL, respectivamente para número de estágios e lactato sanguíneo), o que pode estar relacionado à modalidade praticada, ao tipo de treinamento e às características individuais dos atletas.

Assim, os resultados apontam que atletas que têm como característica a velocidade, utilizam mais energia anaeróbica, possuem de forma mais acentuada a acidificação sanguínea, resultante tanto do aumento do volume de VCO₂, como do aumento dos níveis de lactato sanguíneo, que quando acumulado resulta na acidose metabólica, contribuindo para a fadiga muscular (OLIVEIRA FILHO; OLIVEIRA, 2007).

A acidificação sanguínea, resultante do aumento do volume de VCO₂, tem como fator agregador o lactato sanguíneo que quando acumulado resulta na acidose metabólica contribuindo para a fadiga muscular (OLIVEIRA FILHO; OLIVEIRA, 2007), o que pode ser observado nos atletas avaliados, pois apresentaram importantes aumentos no nível de lactato sanguíneo. Para Barros Neto, Tebexreni e Tambeiro (2001), esta acidose metabólica do exercício, decorre da desproporção entre o aporte e a demanda mitocondrial de oxigênio, aumentando a relação piruvato/lactato.

A Tabela 4 demonstra as respostas fisiológicas encontradas na execução do teste pelos atletas através do quociente respiratório (QR), índice resultante do parâmetro comparativo de VCO_2/VO_2 , que pode indicar os substratos energéticos predominantes para a realização de cada estágio do teste de esforço. Pode se observar que ambos os grupos de atletas (com treinamento aeróbico e anaeróbico) atingiram um QR superior a “1” ($QR > 1$) no último estágio do teste (15º e 12º minuto, respectivamente).

Tabela 4. Comparativo de QR, diferenciados conforme o tipo de treinamento.

		QR					
Treinamento	Atleta	Repouso	3'	6'	9'	12'	15'
Aeróbico	01	0,93	0,80	0,85	0,88	1,03	1,00
	02	1,09	0,75	0,78	0,83	0,88	0,99
	03	0,88	0,97	1,04	1,07	1,11	1,11
	04*	1,09	0,98	0,97	1,01	1,01	1,05*
	05	1,00	0,83	0,83	0,85	0,85	0,93
Média	--	1,00	0,87	0,89	0,93	0,98	1,02
Anaeróbico	Atleta	Repouso	3'	6'	9'	12'	15'
	06	1,15	0,90	0,88	0,96	1,10	-
	07	0,92	0,83	0,90	0,98	1,06	-
	08	1,00	0,79	0,81	0,91	0,95	-
Média		1,02	0,84	0,86	0,95	1,04	-

*O atleta 4 atingiu mais três estágios com, respectivamente, 1,02, 0,97 e 1,01 de QR.

A partir dos resultados analisados pode se concluir que os atletas que praticam modalidades com predominância aeróbica (longa duração e baixa ou moderada intensidade) apresentaram maiores valores de VO_2 bem como permaneceram na faixa aeróbica ($QR < 1$) em estágios posteriores, indicando uma melhor capacidade cardiorrespiratória.

Os resultados apontam os efeitos do treinamento sobre a eficiência no aproveitamento das rotas metabólicas, características de atividades físicas que promovam adaptações fisiológicas e metabólicas, potencializando capacidades físicas e otimizando as respostas cardiorrespiratórias.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos na avaliação dos atletas no ensaio ergoespirométrico de Bruce, foi possível destacar a importância que essa avaliação pode assumir no monitoramento de atletas em treinamento em diversas áreas esportivas. Especialmente nos esportes que se caracterizam por exigir do atleta uma alta capacidade de suprir oxigênio e nutrientes em grandes quantidades para manter o metabolismo aeróbico por mais tempo e evitar a fadiga.

Os atletas participantes de atividades com predomínio aeróbico apresentaram melhor desempenho durante a prova em termos de VO_2 e de duração do teste; este fato pode estar associado a uma adaptação cardiovascular ao treinamento de endurance, que aumenta o volume de enchimento cardíaco (volume diastólico) e a força da contração, através da hipertrofia fisiológica do miocárdio. Os atletas de atividades aeróbicas também apresentaram maior VO_2 máximo a prova, bem como um acúmulo reduzido de lactato sanguíneo no final do teste ergoespirométrico, permanecendo na faixa aeróbica ($QR < 1$) em estágios posteriores, indicando uma melhor capacidade cardiorrespiratória.

Os resultados encontrados são compatíveis com os descritos na literatura e os atletas que participam de provas com predomínio aeróbico foram os que apresentaram um maior

desempenho global, fato este relacionado às adaptações promovidas pelo treinamento em respostas cardiovasculares resultantes do exercício físico dinâmico.

REFERÊNCIAS

- BARROS NETO, T. L., TEBEXRENI, A. S., TAMBEIRO, V. L. Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo*. Vol.11, n.3, pag. 695-704, mai/jun, 2001.
- BOUCHARD, C. *Atividade física e obesidade*. Barueri: Manole, 2003. 469 p.
- DENG, H-W. *et al.* Characterization of Genetic and Lifestyle Factors for Determining Variation in Body Mass Index, Fat Mass, Percentage of Fat Mass, and Lean Mass. *Journal of Clinical Densitometry*, vol. 4, n. 4, p. 353–361, 2001.
- FREITAS, R. H. De, *Ergometria Bases fisiológicas e metodologia para prescrição do exercício*, 1 ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2004.
- FURTADO, E. *et al.* A. Análise do consumo de oxigênio, frequência cardíaca e dispêndio energético, durante as aulas do Jump Fit. *Rev Bras Med Esporte*, vol. 10, n.5, pag. 371-375. set/out, 2004.
- GUGLIELMO, *et al.* Relação da potência aeróbica máxima e da força muscular com a economia de corrida em atletas de endurance. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* v. 11, n. 1, p. 53-56, 2005.
- LOPES, M. C. A.; PORCARO, C. A. Comparação do Consumo Máximo de Oxigênio de Universitárias obtido pela Ergoespirometria na Esteira e no Cicloergometro. *Movimentum - Revista Digital de Educação Física*, Ipatinga, v.2, n.1, Fev./jul. 2007.
- NUNES, J. A. *et al.* Parâmetros antropométricos e indicadores de desempenho em atletas da seleção brasileira feminina de basquetebol. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2009.
- OLIVEIRA FILHO, N.; OLIVEIRA, H. B. Níveis de lactato sanguíneo em testes máximos de potência aeróbia e anaeróbia. *Educação Física em Revista*, v1, n1. p.01-13, 2007.
- POLLOCK, M. L.; WILMORE, J. H. *Exercícios na saúde e na doença: avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação*. 2. ed Rio de Janeiro: MEDSI, 1993. 718p
- SERRA, S. Considerações sobre Ergoespirometria, *Arquivos Brasileiros de Cradiologia*, v. 68, n. 4, p. 301-304, 1997.
- SIQUEIRA, L. O. *et al.* Análise de parâmetros bioquímicos séricos e urinários em atletas de meia maratona. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, v. 53, n.7, p. 844-852, 2009.
- THOMAS, D. M. *Manual de Bioquímica com correlações clínicas*, 6 ed. São Paulo: Blucher, 2007.
- WILMORE, J. H.; COSTILL, D.L. *Fisiologia do esporte e exercício*. São Paulo: Editora Manole, 2001.
- WITT, K. A.; BUSH, E. A. College Athletes with an Elevated Body Mass Index Often Have a High Upper Arm Muscle Area, but Not Elevated Triceps and Subscapular Skinfolds. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 105, n. 4, p. 599-602, 2005
- YAZBEK, J. R. *et al.* Ergoespirometria: Tipos de equipamentos, aspectos metodológicos e variáveis úteis. *Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo*, v.11, n. 3, 2001.

AUTOR CORRESPONDENTE

Miriam Beatris Reckziegel
Avenida Independência, 2293
Bairro Universitário – CEP: 96.815-900
Santa Cruz do Sul – RS
UNISC, Educação Física, bloco 42, sala 4207
miriam@unisc.br - (51) 3717-7604