

Efeitos do uso da máscara para análise de gases sobre variáveis fisiológicas e perceptuais máximas e submáximas durante um teste incremental

CDD. 20.ed. 796.022
796.426

<http://dx.doi.org/10.1590/1807-55092016000300523>

Danilo Fernandes Da SILVA*
Fábio Yuzo NAKAMURA**
Fabiana Andrade MACHADO*

*Centro de Ciências da Saúde, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil.

**Centro de Educação Física e Esporte, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

Resumo

Este estudo teve como objetivo determinar os efeitos do uso da máscara para análise de gases sobre variáveis fisiológicas e perceptuais máximas e submáximas durante um teste incremental. Foram avaliados 21 corredores recreacionais de "endurance" (VO_{2max} : $54,0 \pm 7,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) com idade entre 30 e 49 anos. Os mesmos foram submetidos a dois diferentes testes incrementais em ordem aleatória para determinação da MVA, sendo utilizado em um deles o equipamento para análises de gases e no outro não. A velocidade pico em esteira foi determinada com base no ajuste de KUIPERS et al.¹⁷. Foram também analisadas variáveis fisiológicas (FC e %FC_{max}) e perceptuais (PSE) a cada estágio para comparação entre os protocolos. Os corredores realizaram uma performance de 10 e 15 km em pista de atletismo para verificar a relação com a máxima velocidade aeróbia obtida nos dois testes. O uso da máscara para a análise de gases reduziu a V_{pico} , mas não modificou a FC_{max} e a PSE_{max}. Em relação às variáveis submáximas, a FC foi influenciada principalmente nos estágios iniciais em que os valores foram maiores no teste em que a análise de gases foi feita. Porém, quando expressa em %FC_{max}, os atletas permaneceram na maioria dos estágios submáximos em percentuais maiores durante o protocolo com o uso da máscara. Para a PSE, não houve diferenças significativas, com exceção do estágio a 10 km·h⁻¹, em que a PSE foi maior quando se utilizou a máscara. A V_{pico} é reduzida devido à utilização da máscara para análise de gases e a FC e o %FC_{max} em estágios submáximos são maiores devido ao uso desse equipamento, especialmente nos estágios iniciais.

PALAVRAS-CHAVE: Corrida; Consumo de Oxigênio; Teste de exercício.

Introdução

A máxima velocidade aeróbia (MVA) é uma variável preditora da performance de corredores de média e longa distâncias¹⁻², podendo também ser utilizada no controle e prescrição do treinamento³. Esta variável reflete, em teoria, a mínima velocidade associada à ocorrência do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max})¹, sendo um indicativo da potência aeróbia do indivíduo.

Diferentes metodologias foram propostas ao longo das décadas de 80 e 90 com o objetivo de determinar a MVA⁴⁻⁸. Entretanto, esses métodos têm gerado diferentes velocidades⁹. Além disso, a escolha do protocolo pode também influenciar a medida¹⁰⁻¹¹. NOAKES et al.² demonstraram que o método de

SCRIMGEOUR et al.⁷, baseado na velocidade pico (V_{pico}) obtida em um protocolo incremental em esteira, é capaz de prever a performance de corredores em provas com distâncias entre 10 e 90 km. Além disso, os autores sugeriram que fatores musculares relacionados à geração de potência, e não o sistema cardiovascular, limitariam essa variável.

Uma das principais vantagens para técnicos e pesquisadores em utilizar a V_{pico} para o monitoramento do atleta durante uma temporada é que essa variável pode ser determinada sem o uso da máscara de um analisador de gases e/ou de técnicas invasivas para a verificação de outras variáveis fisiológicas (e.g., lactato sanguíneo). No entanto, em vários dos

estudos anteriores, a V_{pico} foi determinada em conjunto com esses procedimentos^{2,12}. Até onde temos conhecimento, apenas o estudo de McLAUGHLIN et al.¹ determinou a V_{pico} em um protocolo “limpo” (ou seja, sem máscara) e verificou correlação de -0,89 com o tempo na prova de 16 km.

Não se sabem os efeitos do uso da máscara de um analisador de gases sobre a V_{pico} e, somado a isso, não se sabe se o uso desse equipamento teria também efeitos sobre outras variáveis como a frequência cardíaca e a percepção subjetiva de esforço, tanto em estágios submáximos quanto máximos do protocolo incremental. Considerando que essas variáveis são frequentemente utilizadas para prescrição do treinamento aeróbio em diferentes zonas fisiológicas¹³⁻¹⁴, é

importante saber se existem diferenças nas respostas entre um protocolo incremental máximo com e sem o uso da máscara de um analisador de gases.

Desse modo, o objetivo do presente estudo foi determinar os efeitos do uso da máscara para análise de gases sobre variáveis fisiológicas e perceptuais máximas e submáximas durante um teste incremental. Tendo em vista que os participantes poderiam aumentar o seu grau de vigilância e ativação devido ao desconforto causado pelo uso da máscara e que a vigilância, em específico, pode influenciar a frequência cardíaca (FC)¹⁵, temos a hipótese de que o uso da máscara poderia alterar a resposta do sistema cardiovascular aumentando a FC dos participantes, especialmente nos estágios submáximos.

Método

Participantes

Participaram do estudo 21 corredores, com idades entre 30 e 49 anos (idade, $41,2 \pm 6,9$ anos; massa corporal de $75,4 \pm 11,4$ kg; estatura de $173,9 \pm 7,8$ cm; índice de massa corporal de $24,8 \pm 2,4$ kg·m⁻² e $VO_{2\text{max}}$ de $54,0 \pm 7,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) e experiência em provas de 5 a 15 km (tempo de prática de $10,9 \pm 11,1$ anos). Antes do início dos procedimentos, todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa local (n. 539/2011).

Design experimental

Após o processo de familiarização com o ergômetro (esteira ergométrica automática multiprogramável, INBRAMED Super ATL, Porto Alegre - Brasil) os participantes foram submetidos, aleatoriamente, a dois testes incrementais contínuos de esforço máximo, com inclinação fixada em 1%, para a determinação da MVA. Os participantes foram instruídos a não se alimentarem nas duas horas antecedentes aos testes, a se absterem do consumo de caféina e álcool e não realizarem exercícios físicos extenuantes 48 horas antes da realização dos testes. Foi respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre cada teste.

Determinação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{max}}$) e da velocidade pico com análise de gases ($V_{\text{pico-C}}$)

O teste incremental foi precedido de um aquecimento de três minutos a $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e iniciou a $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos. Os testes foram realizados até a exaustão voluntária e os participantes foram encorajados verbalmente a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Ao final de cada estágio, foram monitoradas a FC por meio de monitor cardíaco portátil (Polar RS800, Kempele - Finlândia) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20¹⁶. Para as análises, foi também utilizado o percentual da FC máxima ($\%FC_{\text{max}}$), considerado o maior valor atingido ao longo do teste incremental. A coleta de gases para a determinação do $VO_{2\text{max}}$ foi realizada por um sistema de espirometria de circuito aberto FitMate (COSMED®, Roma - Itália) que fornece valores de variáveis ventilatórias e respiratórias a cada 15 segundos. Foi considerado como $VO_{2\text{max}}$ o maior valor registrado pelo equipamento ao final do teste. Os testes foram mantidos até a exaustão voluntária, sendo os participantes encorajados verbalmente a se manterem em exercício pelo maior tempo possível. Cada teste foi considerado válido quando atendido o critério de $PSE \geq 19$ na escala de Borg¹⁶.

A velocidade pico com análise de gases ($V_{\text{pico-C}}$) foi considerada como a máxima velocidade de corrida atingida durante o teste incremental. Caso o participante não concluísse o último estágio, calculou-se a V_{pico} com base no tempo parcial mantido no último estágio atingido, a partir da equação proposta por KUIPERS et al.¹⁷:

$$V_{\text{pico}} = v_{\text{completo}} + t/T * \text{incremento na velocidade}$$

Em que v_{completo} = velocidade ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) no último estágio completo;

t = tempo (segundos) mantido no estágio incompleto;

T = duração (segundos) do estágio completo (ex.: 180 s);

Incremento na velocidade = taxa de aumento da velocidade em cada estágio ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$).

Determinação da velocidade pico sem análise de gases ($V_{\text{pico-S}}$)

A $V_{\text{pico-S}}$ foi determinada seguindo o mesmo protocolo experimental utilizado para a determinação do $VO_{2\text{max}}$, no entanto, sem a utilização da máscara de coleta de gases. Os participantes foram incentivados a se manterem em esforço pelo maior tempo possível e foram utilizados os mesmos critérios de exaustão utilizados para a determinação do $VO_{2\text{max}}$.

A $V_{\text{pico-S}}$ foi considerada como a máxima velocidade de corrida atingida durante o teste incremental. Caso o participante não concluísse o último estágio

iniciado, calculou-se a V_{pico} a partir dos mesmos procedimentos adotados para o cálculo da $V_{\text{pico-C}}$.

Teste de campo: performances de 10 e 15 km

Foram realizados dois testes de campo para verificação das velocidades médias dos corredores em provas de 10 e 15 km. Assim como para os testes laboratoriais, foi respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre os testes. As performances foram conduzidas em pista oficial de atletismo (400 m) após um período de 10 minutos de aquecimento, sendo computado o tempo de prova para o cálculo da velocidade média.

Análise estatística

Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão (DP). Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico Statistical Package for the Social Sciences 13.0 (SPSS Inc., USA). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk. As variáveis máximas (MVA , FC_{max} e $PSE_{\text{máx}}$) e submáximas (FC e PSE nos estágios submáximos) obtidas nos protocolos foram comparadas com o teste t para amostras dependentes. A relação entre a $V_{\text{pico-C}}$ e a $V_{\text{pico-S}}$ com as performances em provas de 10 e 15 km foi avaliada utilizando-se o teste de correlação de Pearson. Adotou-se para todas as análises nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

A comparação entre as variáveis: máxima velocidade aeróbia (MVA), duração do teste incremental, frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e percepção subjetiva de esforço ao final do teste ($PSE_{\text{máx}}$) estão apresentadas na TABELA 1. Dos 21 corredores avaliados, 18 apresentaram $V_{\text{pico-S}}$ maior que a $V_{\text{pico-C}}$,

um apresentou o oposto e dois apresentaram valores iguais. A análise estatística revelou que a $V_{\text{pico-S}}$ foi significativamente maior que a $V_{\text{pico-C}}$ ($1,9 \pm 1,7\%$), considerando que os participantes permaneceram mais tempo no protocolo da $V_{\text{pico-S}}$. Não houve diferenças estatisticamente significantes para a FC_{max} e $PSE_{\text{máx}}$.

TABELA 1 - Comparação entre os valores médios \pm desvio padrão (DP), diferença absoluta (Dif absoluta) e diferença relativa (Dif %) das variáveis máxima velocidade aeróbia (MVA), duração do teste incremental, frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e percepção subjetiva de esforço ao final do teste ($PSE_{\text{máx}}$) a partir do protocolo de determinação da $V_{\text{pico-S}}$ e da $V_{\text{pico-C}}$ ($n = 21$).

	Com máscara	Sem máscara	Dif. absoluta	Dif. relativa	p
MVA ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$14,9 \pm 1,4^*$	$15,2 \pm 1,4$	$-0,3 \pm 0,3$	$-1,9 \pm 1,7$	$< 0,001$
Dur. do protocolo (min)	$20,7 \pm 4,1^*$	$21,5 \pm 4,2$	$-0,8 \pm 0,9$	$-4,0 \pm 4,3$	$< 0,001$
FC_{max} (bpm)	$183,7 \pm 12,7$	$182,9 \pm 12,9$	$0,9 \pm 4,9$	$0,5 \pm 2,7$	0,431
$PSE_{\text{máx}}$ (6-20)	$19,4 \pm 0,6$	$19,5 \pm 0,6$	$-0,1 \pm 0,6$	$-0,5 \pm 3,3$	0,493

* $p < 0,05$ em relação à $V_{\text{pico-S}}$.

Nas TABELAS 2, 3 e 4 estão os resultados da comparação entre as variáveis submáximas do teste: FC, percentual da FC_{max} ($\%FC_{max}$) e PSE. Foram apresentados os valores para os estágios até o estágio que representa a velocidade de $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, pois esta foi a última velocidade que mais de um participante conseguiu completar.

A FC foi maior no teste com o uso do equipamento de análise de gases nos estágios a 9, 10, 11 e $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, com percentuais de diferença para estas velocidades variando entre $2,0 \pm 3,1 \%$ e $4,9 \pm 7,4 \%$. Observou-se que o percentual de diferença entre a FC reduziu conforme o aumento da velocidade do teste, exceto para a transição entre $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

A comparação entre o $\%FC_{max}$ nos estágios submáximos revelou que, semelhante ao observado para a FC, esta variável foi significativamente maior no

protocolo com o uso do equipamento de análise de gases comparado ao protocolo limpo. Entretanto, as diferenças foram observadas em mais velocidades ($9, 10, 11, 13, 14, 16$ e $17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). As diferenças percentuais entre o $\%FC_{max}$ nos dois testes para as velocidades em que houve diferença estaticamente significativa variaram entre $0,6 \pm 1,3 \%$ e $4,4 \pm 7,0 \%$, sendo que os estágios iniciais apresentaram as maiores diferenças percentuais.

Em relação à PSE nos estágios submáximos do teste incremental, observou-se diferença estatisticamente significativa apenas para a velocidade de $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, na qual a percepção de esforço foi maior no protocolo com uso do equipamento de análise de gases. As diferenças percentuais variaram entre $-1,7 \pm 2,9 \%$ e $8,3 \pm 4,8 \%$, sendo que os três primeiros estágios foram os que apresentaram as maiores diferenças ($5,4 \pm 14,1 \%$; $8,3 \pm 14,8 \%$ e $4,7 \pm 11,9 \%$, respectivamente).

TABELA 2 - Comparação entre os valores médios \pm desvio padrão (DP), diferença absoluta (Dif absoluta) e diferença relativa (Dif %) da frequência cardíaca (FC) nos estágios entre 9 e $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a partir do protocolo de determinação da V_{pico-S} e da V_{pico-C} ($n = 21$).

* $p < 0,05$ em relação à V_{pico-S} .

	N	Com máscara	Sem máscara	Dif. absoluta	Dif. relativa	p
FC - $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	21	138,4 \pm 19,7*	131,8 \pm 15,4	6,6 \pm 10,1	4,9 \pm 7,4	0,007
FC - $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	21	146,6 \pm 19,1*	141,2 \pm 16,5	5,4 \pm 6,9	3,8 \pm 4,7	0,002
FC - $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	21	154,4 \pm 18,9*	151,1 \pm 17,2	3,3 \pm 6,6	2,2 \pm 4,2	0,031
FC - $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	21	161,5 \pm 18,9	159,1 \pm 17,9	2,4 \pm 6,7	1,6 \pm 4,2	0,111
FC - $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	21	169,8 \pm 18,1*	166,5 \pm 17,9	3,3 \pm 5,3	2,0 \pm 3,1	0,010
FC - $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	21	175,7 \pm 17,1	173,8 \pm 17,1	1,9 \pm 4,9	1,1 \pm 2,8	0,097
FC - $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	14	174,9 \pm 12,3	173,3 \pm 12,5	1,6 \pm 5,3	1,0 \pm 3,0	0,263
FC - $16 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	11	178,1 \pm 11,7	176,1 \pm 11,7	2,0 \pm 5,4	1,2 \pm 3,0	0,246
FC - $17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	4	180,3 \pm 9,2	180,0 \pm 11,7	0,3 \pm 4,7	0,2 \pm 2,7	0,922
FC - $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (bpm)	3	180,7 \pm 10,0	181,3 \pm 11,0	-0,7 \pm 4,0	-0,3 \pm 2,3	0,802

TABELA 3 - Comparação entre os valores médios \pm desvio padrão (DP), diferença absoluta (Dif absoluta) e diferença relativa (Dif %) do percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{max}$) nos estágios entre 9 e $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a partir do protocolo de determinação da V_{pico-S} e da V_{pico-C} ($n = 21$).

* $p < 0,05$ em relação à V_{pico-S} .

	N	Com máscara	Sem máscara	Dif. absoluta	Dif. relativa	p
$\%FC_{max}$ - $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	21	75,1 \pm 7,0*	72,0 \pm 5,4	3,2 \pm 4,9	4,4 \pm 7,0	0,008
$\%FC_{max}$ - $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	21	79,6 \pm 6,3*	77,1 \pm 5,5	2,5 \pm 3,3	3,3 \pm 4,3	0,002
$\%FC_{max}$ - $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	21	83,9 \pm 6,1*	82,5 \pm 5,5	1,4 \pm 2,6	1,7 \pm 3,1	0,025
$\%FC_{max}$ - $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	21	87,8 \pm 6,2	86,8 \pm 5,8	0,9 \pm 2,3	1,1 \pm 2,7	0,083
$\%FC_{max}$ - $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	21	92,3 \pm 5,3*	90,9 \pm 5,9	1,3 \pm 2,0	1,6 \pm 2,4	0,006
$\%FC_{max}$ - $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	21	95,5 \pm 4,7*	95,0 \pm 5,1	0,6 \pm 1,2	0,6 \pm 1,3	0,048
$\%FC_{max}$ - $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	14	96,8 \pm 3,4	96,2 \pm 4,1	0,6 \pm 1,2	0,7 \pm 1,2	0,074
$\%FC_{max}$ - $16 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	11	98,6 \pm 2,1*	97,7 \pm 3,4	0,9 \pm 1,3	1,0 \pm 1,4	0,048
$\%FC_{max}$ - $17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	4	99,3 \pm 1,0*	98,0 \pm 1,8	1,3 \pm 0,8	1,3 \pm 0,8	0,046
$\%FC_{max}$ - $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	3	100,0 \pm 0,0	99,8 \pm 0,3	0,2 \pm 0,3	0,2 \pm 0,3	0,423

TABELA 4 - Comparação entre os valores médios \pm desvio padrão (DP), diferença absoluta (Dif absoluta) e diferença relativa (Dif %) da percepção subjetiva de esforço (PSE) nos estágios entre 9 e 18 km·h⁻¹ a partir do protocolo de determinação da V_{pico-S} e da V_{pico-C} (n = 21).

	N	Com máscara	Sem máscara	Dif. absoluta	Dif. relativa	p
PSE - 9 km·h ⁻¹	21	9,2 \pm 1,5	8,8 \pm 1,6	0,4 \pm 1,2	5,4 \pm 14,1	0,162
PSE - 10 km·h ⁻¹	21	10,6 \pm 1,8*	9,9 \pm 1,8	0,7 \pm 1,5	8,3 \pm 14,8	0,036
PSE - 11 km·h ⁻¹	21	12,1 \pm 2,1	11,6 \pm 2,2	0,4 \pm 1,3	4,7 \pm 11,9	0,154
PSE - 12 km·h ⁻¹	21	13,4 \pm 2,5	13,5 \pm 2,5	-0,1 \pm 1,5	-0,2 \pm 10,9	0,883
PSE - 13 km·h ⁻¹	21	15,6 \pm 3,0	15,2 \pm 3,0	0,4 \pm 1,5	3,2 \pm 10,7	0,268
PSE - 14 km·h ⁻¹	21	17,3 \pm 2,7	17,2 \pm 3,0	0,1 \pm 1,5	1,5 \pm 10,8	0,771
PSE - 15 km·h ⁻¹	14	17,9 \pm 3,1	17,5 \pm 3,3	0,4 \pm 1,4	2,6 \pm 9,0	0,373
PSE - 16 km·h ⁻¹	11	18,8 \pm 1,7	18,4 \pm 1,9	0,5 \pm 0,7	2,7 \pm 4,3	0,053
PSE - 17 km·h ⁻¹	4	19,5 \pm 0,6	19,0 \pm 1,4	0,5 \pm 1,0	2,9 \pm 5,9	0,391
PSE - 18 km·h ⁻¹	3	19,7 \pm 0,6	20,0 \pm 0,0	-0,3 \pm 0,6	-1,7 \pm 2,9	0,423

*p < 0,05 em relação à V_{pico-S} .

A correlação entre a V_{pico-C} e a V_{pico-S} foi de 0,98 (p < 0,05). As FIGURAS 1 e 2 apresentam as correlações entre a V_{pico-C} e a V_{pico-S} com as performances de 10 e 15 km, respectivamente.

Observou-se uma leve redução da correlação da V_{pico-C} comparada à V_{pico-S} , tanto para a prova de 10 km (r = 0,75 e r = 0,77) quanto para a prova de 15 km (r = 0,72 e r = 0,75).

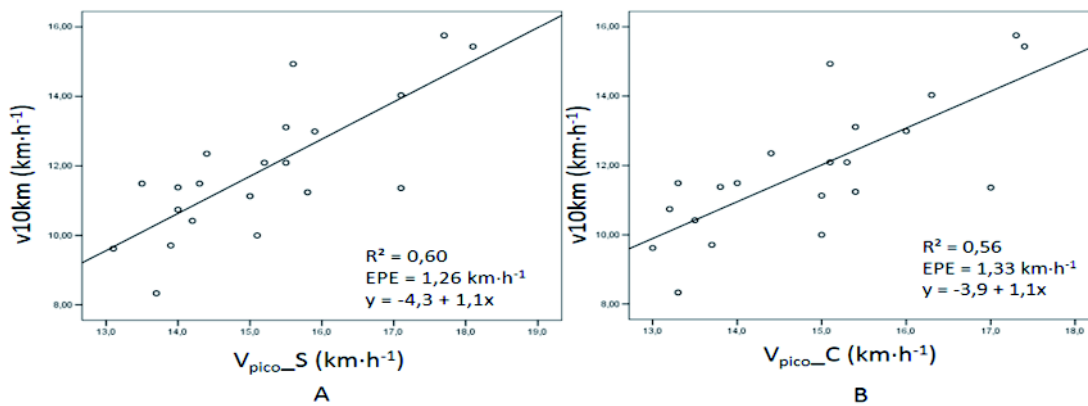


FIGURA 1 - Correlação entre a V_{pico-S} e a performance de 10 km (A) e entre a V_{pico-C} e a mesma prova (B) em uma amostra de 21 participantes.

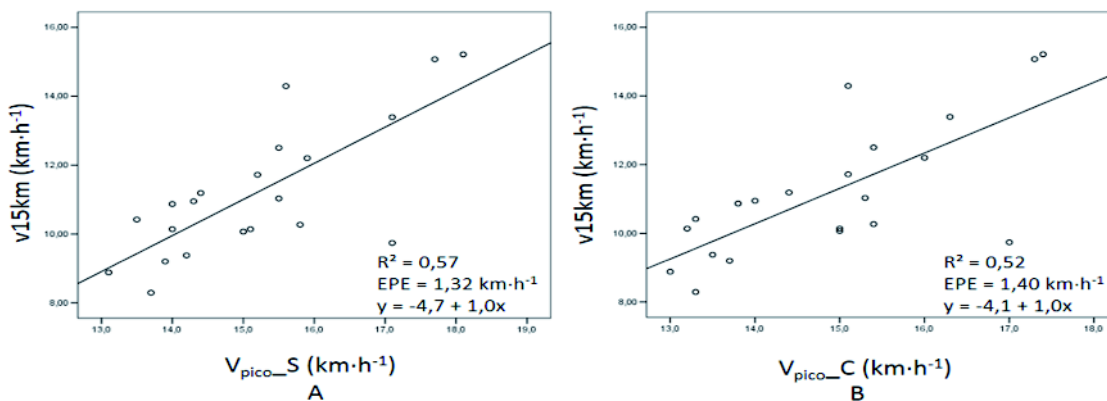


FIGURA 2 - Correlação entre a V_{pico-C} e a performance de 15 km (A) e entre a V_{pico-S} e a mesma prova (B) em uma amostra de 21 participantes.

Discussão

O objetivo do presente estudo foi determinar os efeitos do uso da máscara para análise de gases sobre variáveis fisiológicas e perceptuais máximas e submáximas durante um teste incremental. O principal achado foi que o uso da máscara para a análise de gases reduziu a V_{pico} , mas não modificou a FC_{max} e a PSE_{max} . Em relação às variáveis submáximas, a FC foi influenciada principalmente nos estágios iniciais em que os valores foram maiores no teste em que a análise de gases foi feita. Porém, quando expressa em $\%FC_{\text{max}}$, os atletas permaneceram na maioria dos estágios submáximos em percentuais maiores durante o protocolo com o uso da máscara. Para a PSE , não houve diferenças significativas, com exceção do estágio a $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, em que a PSE foi maior quando se utilizou a máscara. Cabe ressaltar que os valores de PSE foram sistematicamente maiores (com exceção do estágio de 12 km/h) com a utilização da máscara em todos os estágios submáximos. Além disso, a $V_{\text{pico-S}}$ apresentou correlação um pouco mais elevada com as performances de 10 e 15 km comparada com a $V_{\text{pico-C}}$.

Estudos prévios demonstraram que a V_{pico} é uma variável reproduzível na comparação entre teste-reteste, não apresentando diferenças na comparação entre os dois momentos e apresentando elevado coeficiente de correlação intraclasse e baixo viés¹⁸⁻²⁰. Entretanto, tais estudos avaliaram a V_{pico} em conjunto com a avaliação do $VO_{2\text{max}}$ e dos limiares relacionados ao lactato sanguíneo. Poucos estudos avaliaram a V_{pico} a partir da realização de um protocolo limpo sem a utilização de equipamento de análise de gases ou coletas de sangue¹ e, até onde temos conhecimento, o impacto específico da análise do consumo de oxigênio em conjunto com a V_{pico} não havia ainda sido estudado. Diante dos resultados do presente estudo, é possível sugerir que o uso da máscara para a análise de gases causa um desconforto ao participante, resultando na interrupção do teste, em média, $0,8 \pm 0,9$ minutos mais cedo.

É possível que esse desconforto aumente o grau de vigilância e ativação do participante. A vigilância, em específico, pode influenciar a FC ¹⁵; assim, essas respostas causadas pelo desconforto associado ao uso da máscara poderiam explicar os resultados observados em relação aos valores de FC e $\%FC_{\text{max}}$ durante os estágios submáximos dos testes incrementais. Aparentemente, o uso da máscara estaria estimulando a resposta cardiovascular, levando os participantes a apresentarem valores mais elevados de FC e $\%FC_{\text{max}}$, especialmente nos primeiros estágios submáximos. A verificação de diferença em

estágios submáximos mais elevados para o $\%FC_{\text{max}}$ poderia ser explicada pela diferença na FC_{max} observada entre os protocolos que, apesar de não ter sido estatisticamente significativa, foi, em média, $0,9 \pm 4,9$ bpm menor no protocolo sem máscara comparado ao protocolo com o uso do analisador de gases.

Apesar da FC durante o exercício ser determinada por mecanismos neurais relacionados ao aumento da atividade do sistema nervoso simpático²¹, os mecanismos associados à interrupção precoce de um esforço devido a uma sensação desconfortável causada pelo uso da máscara precisam ser mais bem investigados. Apesar de demonstrado que a sensação de esforço durante um exercício parece ser gerada centralmente²², SMIRMAUL²³ sugere que outras sensações desagradáveis durante o exercício, como a temperatura e a dor, podem ser baseadas em uma resposta sensorial aferente. É possível que o desconforto causado pela máscara seja também reflexo de uma resposta sensorial aferente.

Estudos sugerem que a FC em estágios submáximos é uma variável que apresenta elevada reprodutibilidade; entretanto, tende a ser menor no momento do reteste^{20,24-26}, possivelmente devido a uma maior adaptação do sujeito ao protocolo²⁵. Porém, no presente estudo, a ordem da realização dos testes foi aleatorizada, eliminando quaisquer possíveis vieses relacionados a este fator.

Por outro lado, as respostas da PSE não foram estatisticamente diferentes ao longo dos dois protocolos, com exceção da velocidade de $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Considerando que essa é uma variável que apresenta reprodutibilidade limitada em alguns estudos^{25,27-28}, as conclusões sobre um possível efeito da utilização da máscara também se tornam limitadas. Destaca-se, no entanto, que a PSE tendeu a ser maior na condição de uso de máscara em comparação a sem uso de máscara, ao longo da maior parte das cargas submáximas.

Estudos anteriores demonstraram que a velocidade pico é uma importante preditora da performance em provas de média e longa distância^{1,12,29}, especialmente se avaliada em protocolos com duração de três minutos²⁹. No presente estudo, a $V_{\text{pico-S}}$ determinada em um protocolo limpo apresentou correlações um pouco mais elevadas com as performances de 10 e 15 km, reforçando assim a utilização de protocolos com essa mesma característica para determinação da MVA.

No entanto, não foi possível verificar se os limiares referentes às concentrações de lactato, considerados como o padrão ouro para determinação do limiar

anaeróbio³⁰, são influenciados pela presença da máscara. Isso se deve ao fato de termos testado um protocolo limpo para determinação da V_{pico} . Desse modo, a adição dessa análise comprometeria essa característica do protocolo. Mesmo assim, sugere-se que futuros estudos verifiquem se a utilização da máscara para análise de gases influencia nas concentrações de lactato e, conseqüentemente, nos limiares relacionados a essa variável, tendo em vista que essa é uma prática comum utilizada para otimizar as avaliações dos participantes. Sugere-se também a investigação dos possíveis efeitos do uso da máscara sobre a correspondência entre velocidade de corrida e FC, e seus possíveis desdobramentos sobre a precisão da prescrição de treinamentos, que em

geral ocorrem sem máscara. Ou seja, a velocidade do treinamento realizado sem máscara pode subestimar a velocidade de um dado valor de FC alvo, caso este último tenha sido calculado a partir de um protocolo com o uso de analisador de gases.

Dessa forma, conclui-se que a V_{pico} é reduzida devido à utilização da máscara para análise de gases e que a FC e o $\%FC_{max}$ em estágios submáximos é maior devido ao uso desse equipamento, especialmente nos estágios iniciais. Somado a isso, a $V_{pico}-S$ apresentou correlações um pouco mais elevadas com as performances nas provas de 10 e 15 km, sugerindo-se, então, o uso desse protocolo para o monitoramento do atleta durante a temporada.

Abstract

The effects of the use of the mask for gas analysis on the submaximal and maximal physiological and perceptual variables in response to an incremental test

This study aimed to determine the effects of using the mask to gas analysis on maximal and submaximal physiological and perceptual variables during an incremental test. We assessed 21 recreationally endurance trained runners (VO_{2max} : 54.0 ± 7.6 mL·kg⁻¹·min⁻¹) aged 30 to 49 years. These runners were submitted to two different incremental tests in randomized order to determination of maximum aerobic velocity (MAV), being used in one of them the equipment to gas analysis and not in the other. Peak velocity (V_{peak}) was determined based on KUIPERS et al.¹⁷ adjustment. It was also analyzed physiological (HR and $\%HR_{max}$) and perceptual (RPE) variables in each stage to comparison between protocols. Runners did a 10 and 15 km performance in field track to verify the relationship with maximal aerobic speed obtained in both protocols. The use of the mask for gas analysis reduced V_{peak} , but did not modify HRmax and RPEmax. In regard to submaximal variables, HR was influenced mainly in initial stages in which values were higher in the test which the mask was used. However, when expressed as $\%HR_{max}$, runners remained in the majority of submaximal stages in higher percentages during the protocol with mask. For RPE, there was no significant difference, except in the stage of 10 km·h⁻¹, which RPE was higher when the mask was used. MAV is reduced when mask is used to gas analysis and HR and $\%HR_{max}$ in submaximal stages are higher due to the use of this equipment especially in initial stages.

KEY WORDS: Running; Oxygen consumption; Exercise test.

Referências

1. McLaughlin JE, Howley ET, Bassett Jr DR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of classic model for predicting endurance running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:991-7.
2. Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO_{2max} test predicts running performance. *J Sports Sci.* 1990;8:35-45.
3. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108:1153-67.
4. Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Times to exhaustion at 100% of velocity at VO_{2max} and modeling of the time-limit / velocity relationship in elite long-distance runners. *Eur J Appl Physiol.* 1994;69:271-3.

5. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthélémy JC, Dormois D. The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol.* 1990;60:38-43.
6. di Prampero PE. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med.* 1986;7:5-72.
7. Scrimgeour AG, Noakes TD, Adams B, et al. The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *Eur J Appl Physiol.* 1986;55:202-9.
8. Daniels J, Scardina N, Hayes J, Foley P. Elite and subelite female middle- and long- distance runners. In: Landers DM. *Sport and elite performers.* Champaign: Human Kinetics; 1984.
9. Hill DW, Rowell AL. Running velocity at VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28:114-9.
10. Machado FA, Kravchychyn AC, Peserico CS, da Silva DF, Mezzaroba PV. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests. *J Sci Med Sport.* 2013;16:276-80.
11. Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med.* 2003;24:486-91.
12. Scott BK, Houmar J. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *Int J Sports Med.* 1994;15:504-7.
13. Cunha FA, Farinatti PTV, Midgley AW. Methodological and practical application issues in exercise prescription using the heart rate reserve and oxygen uptake reserve methods. *J Sci Med Sport.* 2011;14:46-57.
14. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37:153-6.
15. Tremayne P, Barry RJ. Elite pistol shooters: physiological patterning of best vs. worst shots. *Int J Psychophysiol.* 2001;41:19-29.
16. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14:377-81.
17. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. *Int J Sports Med.* 1985;6:197-201.
18. Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med.* 2008;29:238-43.
19. Harling SA, Tong RJ, Mickleborough TD. The oxygen uptake response running to exhaustion at peak treadmill speed. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:663-8.
20. Coen B, Urhausen A, Kindermann W. Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. *Int J Sports Med.* 2001;22:8-16.
21. European Society of Cardiology. North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation.* 1996;93:104-6.
22. Marcora S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. *J Appl Physiol.* 2009;106:2060-2.
23. Smirmaul BPC. Sense of effort and other unpleasant sensations during exercise: clarifying concepts and mechanisms. *Br J Sports Med.* 2012;46:308-11.
24. Strupler M, Mueller G, Perret C. Heart rate-based lactate minimum test: a reproducible method. *Br J Sports Med.* 2009;43:432-6.
25. Grant S, McMillan K, Newell J, et al. Reproducibility of the blood lactate threshold, 4 mmol.l marker, heart rate and ratings of perceived exertion during incremental treadmill exercise in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2002;87:159-66.
26. Heitkamp H, Holdt M, Sceib K. The reproducibility of a 4 mmol.L-1 lactate threshold in trained and untrained women. *Int J Sports Med.* 1991;12:363-8.
27. Roffey DM, Byrne NM, Hills AP. Effect of stage duration on physiological variables commonly used to determine maximum aerobic performance during cycle ergometry. *J Sports Sci.* 2007;25:1325-35.
28. Lamb KL, Eston RG, Corns D. Reliability of ratings of perceived exertion during progressive treadmill exercise. *Br J Sports Med.* 1999;33:336-9.
29. Machado FA, Kravchychyn AC, Peserico CS, da Silva DF, Mezzaroba PV. Incremental test design, peak 'aerobic' running speed and endurance performance in runners. *J Sci Med Sport.* 2013;16:577-82.
30. Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6:8-24.

Agradecimentos

Agradecemos a Ger-Ar Med pelo empréstimo do analisador de gases para realização deste estudo. Agradecemos também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudo.

ENDEREÇO

Danilo Fernandes da Silva
Departamento de Educação Física
Universidade Estadual de Maringá
Av. Colombo, 5700 - Bloco M 06 - sala 6
87020-900 - Maringá - PR - BRASIL
e-mail: danilofernandesdasilva@hotmail.com

Recebido para publicação: 15/03/2014

Aceito: 09/06/2015