



Independência temporal das respostas do esforço percebido e da frequência cardíaca em relação à velocidade de corrida na simulação de uma prova de 10km

Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi^{1,2,3}, Fábio Yuzo Nakamura³, Luiz Claudio Rossi², Maria Augusta Peduti Dal'Molin Kiss² e Emerson Franchini^{2,3}

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi investigar a estratégia de corrida, o esforço percebido e a frequência cardíaca durante a simulação de uma competição de corrida. Nove corredores recreacionais percorreram a distância de 10km em uma pista de atletismo descoberta, com a temperatura ambiente variando entre 28 e 30°C. Antes do início da prova foi solicitado aos corredores que percorressem a distância de 10km "na maior velocidade possível". A velocidade de corrida, o esforço percebido e a frequência cardíaca foram mensurados nas parciais de 400m. A velocidade de corrida diminuiu na 19ª e na 20ª parciais ($p < 0,05$). A frequência cardíaca aumentou significativamente na sétima e na 10ª voltas ($p < 0,05$) e posteriormente estabilizou-se, ao passo que o esforço percebido aumentou estatisticamente até a 13ª volta ($p < 0,05$). Esses dados sugerem que a estratégia de corrida, o esforço percebido e a frequência cardíaca possuem ajustes temporais distintos durante as provas de corridas. Possivelmente, a estratégia de corrida é estabelecida antes da simulação da competição e possui um aspecto poupador para um possível *sprint*. Esse efeito poupador da estratégia de corrida parece ser determinado principalmente até a metade da prova pela modulação do esforço percebido, que é resultante de um processo de retroalimentação metabólico, contextual e cognitivo.

ABSTRACT

Temporal independence of perceived exertion response and heart rate in relation to run velocity at a 10 km test simulation

The objective of this study was to investigate pacing strategy, perceived exertion and heart rate during a competitive run simulation. Eight recreational runners ran a 10 km distance in an outdoor 400 m track with 28-30°C temperature. Before the run they were asked to run the 10 km as faster as possible. The run velocity, the perceived exertion and the heart rate were measured each 400 m. The speed of run decreased on 19th and 20th laps ($p < 0.05$). The heart rate increased significantly on 7th and 10th laps ($p < 0.05$) and achieved steady state afterwards, while the perceived exertion increased statistically until the 13th lap ($p < 0.05$). These data suggest that pacing strategy, perceived exertion and heart rate have different temporal adjustments during a competitive run. Possibly the run strategy is established before the competition simulation

Palavras-chave: Escala de Borg. Teleantecipação. Estratégia de corrida. Fadiga. Sinais aferentes.

Keywords: Borg scale. Teleoanticipation. Pacing strategy. Fatigue. Afferent signals.

Palabras-clave: Escala de Borg. Tele anticipación. Estrategia de corrida. Fadiga. Señales aferentes.

and has an economic aspect to the last lap. This economic effect of run strategy is determined until the half of the distance is completed by rate of perceived exertion modulation, which is a result of metabolic, context and cognitive feedbacks.

RESUMEN

Independencia temporal de las respuestas del esfuerzo percibido y la frecuencia cardíaca respecto a las carreras de velocidad en la simulación de una prueba de 10 km

*El objetivo del presente estudio ha sido el de investigar la estrategia de carreras, el esfuerzo percibido y la frecuencia cardíaca durante la simulación de una prueba de velocidad. Nueve corredores de recreación recorrieron una distancia de 10km en una pista de atletismo descubierta, con temperatura ambiente variando entre 28-30 °C. Antes del inicio de la prueba fue solicitado a los participantes que recorriesen la distancia de 10km "a la mayor velocidad posible". La velocidad de corrida, el esfuerzo percibido y la frecuencia cardíaca fueron mensurados en los trechos de 400m. La velocidad de corrida disminuyó en el décimo nona y en el vigésimo trecho ($p < 0,05$). La frecuencia cardíaca aumentó significativamente en la séptima y en la décima vuelta ($p < 0,05$), posteriormente se estabilizó, al paso que el esfuerzo percibido aumentó estadísticamente hasta la décima tercera vuelta ($p < 0,05$). Esos datos sugieren que la estrategia de corrida, el esfuerzo percibido y la frecuencia cardíaca poseen ajustes temporales distintos durante las pruebas de carreras. Posiblemente la estrategia de corrida esté establecida antes de la simulación de la competición y posea un aspecto ahorrador para un posible *sprint*. Ese efecto ahorrador de la estrategia de corrida parece estar determinado, principalmente hasta la mitad de la prueba, por la modulación del esfuerzo percibido, que es resultante de un proceso de retroalimentación metabólico, contextual y cognitivo.*

INTRODUÇÃO

Devido ao baixo custo e à facilidade de acesso ao local de prática, as corridas de meio-fundo e fundo estão, provavelmente, entre as modalidades mais populares do atletismo. Nessas provas, os atletas têm a meta de percorrer dada distância em um período de tempo inferior ao de outros competidores ou ao de um recorde previamente estabelecido. Isso tem levado alguns pesquisadores a discutirem as principais variáveis fisiológicas que determinam o desempenho desses atletas. Noakes⁽¹⁾ sugeriu que parte dos eventos relacionados ao acoplamento excitação/contração são imprescindíveis para o sucesso nessas competições, ao passo que Bas-

1. Grupo de Estudos em Fisiologia da Atividade Motora – Curso de Educação Física – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Universidade Presbiteriana Mackenzie.

2. Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

3. Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento – GEAFIT – Universidade Estadual de Londrina.

Recebido em 25/9/05. Aceito em 25/1/06.

Endereço para correspondência: Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi, Rua Clorindo de Oliveira Café, 91, Jd. Nelly, Butantã – 05371-140 – São Paulo, SP. E-mail: bertuzzi@usp.br

set e Howley⁽²⁾ atribuíram o desempenho dos atletas à aptidão do sistema cardiorrespiratório.

Por outro lado, sabe-se que, em decorrência de as provas de meio-fundo e fundo terem duração superior a dois minutos, a transferência de energia durante essas tarefas é concebida prioritariamente pelo sistema oxidativo⁽³⁾. Além disso, acredita-se que, independentemente do nível de aptidão dos indivíduos, a frequência cardíaca (FC) é a principal responsável pela elevação do débito cardíaco nas intensidades entre 60% e 70% do consumo máximo de oxigênio⁽⁴⁾. Logo, os resultados de alguns estudos apontaram para a possibilidade de utilização do monitoramento da FC para representar a demanda fisiológica em tarefas predominantemente aeróbias⁽⁵⁻⁷⁾.

Além da FC, a escala do esforço percebido (EP) apresentada por Borg⁽⁸⁾ também tem sido amplamente empregada no controle^(9,10) e na determinação indireta de intensidades de realização de tarefas cíclicas contínuas⁽¹¹⁾ e intermitentes⁽¹²⁾ com predominância aeróbia. A utilização dessa escala está baseada na premissa de que os ajustes fisiológicos promovidos pelo estresse físico produzem sinais sensoriais aferentes que são capazes de alterar a percepção subjetiva do esforço. Pressupõe-se que o processamento do EP é dado pela interação de múltiplos sinais aferentes oriundos dos sistemas cardiorrespiratório^(12,13) e neuromuscular⁽¹⁴⁾. Entretanto, Rejeski e Ribisl⁽¹⁵⁾ demonstraram que a resposta do EP pode estar dissociada da intensidade do exercício quando os indivíduos têm algum tipo de informação sobre o tempo de duração da tarefa. Além disso, evidências recentes têm sugerido que os ajustes da potência muscular e do EP sofrem influência de um modelo de programação antecipatório denominado teleantecipação^(16,17).

De acordo com Lambert *et al.*⁽¹⁷⁾, a teleantecipação é resultante de complexas interações entre os *feedbacks* metabólicos, cognitivos e contextuais passados e atuais, que determinam o ritmo a ser empregado em determinada tarefa, com o objetivo de evitar precocemente o desencadeamento dos processos fisiológicos responsáveis pela fadiga. Logo, é provável que o desempenho de corredores de provas de meio-fundo e fundo não dependa apenas do potencial metabólico, mas sobretudo da elaboração da estratégia de corrida (EC) adotada, visando a maior eficácia⁽¹⁸⁾.

De qualquer forma, cabe ressaltar que a maior parte dos desenhos experimentais dos estudos supracitados foram estruturados com tarefas laboratoriais ou de campo que tiveram o controle da intensidade, da duração e do ambiente, ao passo que na situação real da prática esportiva os atletas fazem a auto-seleção do ritmo empregado e estão constantemente expostos a diferentes tipos de *feedback* internos e externos. Nesse sentido, o objetivo da presente investigação foi analisar o comportamento da EC, da FC e do EP durante a simulação de uma prova de 10km, na qual se solicitou aos corredores que percorressem essa distância no menor período de tempo possível.

METODOLOGIA

Sujeitos

Oito corredores recreacionais do gênero masculino participaram deste estudo após a leitura e assinatura do termo de consentimento informado, que foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética local. Todos os indivíduos treinavam havia pelo menos três anos, com frequência semanal mínima de quatro dias, e participavam regularmente de competições regionais. As principais características dos corredores estão presentes na tabela 1.

Medidas antropométricas

A massa corporal total foi mensurada por meio de uma balança mecânica (*Filizola*[®], Brasil). A mensuração das dobras cutâneas subescapular, tricipital e abdominal foi feita por três vezes em sistema de rodízio, de acordo com a padronização recomendada pela

International Society for the Advancement of Kinanthropometry⁽¹⁹⁾. Para realizar essas medidas utilizou-se um compasso da marca *CESCORF* com precisão de 1mm, sendo adotados os valores das respectivas medianas para representá-las. A densidade corporal foi estimada pela equação apresentada por Lohman⁽²⁰⁾, ao passo que o percentual de gordura corporal foi estimado pela equação proposta por Siri⁽²¹⁾.

TABELA 1
Idade cronológica e variáveis antropométricas dos corredores recreacionais (n = 8)

Idade (anos)	17 ± 1
Massa corporal total (kg)	59,0 ± 8,7
Estatura (cm)	171,2 ± 8,2
Dobra tricipital (mm)	8 ± 2
Dobra subescapular (mm)	10 ± 2
Dobra abdominal (mm)	13 ± 6
Σ das dobras (mm)	31 ± 10
Percentual de gordura corporal (%)	7,6 ± 0,7

Os valores são médias ± desvios-padrão.

Prova de 10km

A simulação da prova de 10km foi realizada em uma pista de atletismo com dimensões oficiais. Essa pista era cercada por estruturas de concreto (por exemplo, vestiários) e árvores que dificultavam a passagem do vento. Além disso, durante essa simulação a temperatura ambiente variou entre 28°C e 30°C.

Foi solicitado aos indivíduos que não realizassem nenhum tipo de treinamento vigoroso e que não ingerissem álcool nas 72h que precederam o desenvolvimento desta investigação. Também foi requerido aos sujeitos que não consumissem alimentos que tivessem cafeína e que a última refeição fosse realizada pelo menos 2h antes da simulação da prova. A coleta dos dados foi realizada nos horários próximos aos quais os sujeitos estavam acostumados a treinar.

Após os esclarecimentos gerais que envolviam o estudo, foi solicitado aos corredores que percorressem a distância de 10km no menor tempo possível. Os corredores largaram em dois blocos com quatro indivíduos. O tempo total e parcial em cada volta de 400m foi mensurado individualmente por um cronômetro manual da marca *Casio* (HS 50W, Japão). A EC foi estabelecida em virtude da velocidade média (\bar{v}) que os indivíduos mantiveram nas parciais de 400m [\bar{v} (m·s⁻¹) = 400m/tempo parcial (s)].

O monitoramento da frequência cardíaca durante as parciais de 400m foi realizado por freqüencímetros da marca *Polar* (modelo A1, Finlândia). A mensuração do EP foi realizada por meio da escala de 15 pontos apresentada por Borg (1982), que foi previamente traduzida para a língua portuguesa (figura 1). As cópias dessa escala foram plastificadas e reduzidas a 10cm de comprimento por 5cm de largura, sendo posteriormente fixadas próximas ao punho do antebraço dominante dos indivíduos. Antes do início da simulação da prova foi demonstrado aos corredores como se deveria reportar o EP. A reprodutibilidade da mensuração do EP em teste progressivo ou de carga constante em pista de atletismo já foi anteriormente demonstrada⁽²²⁾.

Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente mediante o programa computadorizado *SPSS* (versão 10.0) e posteriormente apresentados em médias ± desvios-padrão. O nível de associação entre a velocidade média, a frequência cardíaca e o esforço percebido foi verificado pelo coeficiente de correlação de Pearson. A comparação das respostas da frequência cardíaca, do esforço percebido e da velocidade média durante as voltas de 400m foi realizada

pela análise de variância com medidas repetidas a um fator (volta), seguido pelo teste para comparações múltiplas de Bonferroni. Para todas as análises foi adotado o nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

6	
7	Muito, muito fácil
8	
9	Muito fácil
10	
11	Razoavelmente fácil
12	
13	Um pouco difícil
14	
15	Difícil
16	
17	Muito difícil
18	
19	Muito, muito difícil
20	

Figura 1 – Escala do esforço percebido de 15 pontos traduzida para a língua portuguesa

RESULTADOS

Os principais resultados estão na tabela 2 e são apresentados graficamente na figura 2. Tanto a FC ($r = -0,53$; $p = 0,006$) como o EP ($r = -0,60$; $p = 0,001$) correlacionaram-se negativamente com a \bar{v} , ao passo que a FC se correlacionou positivamente com o EP ($r = 0,44$; $p = 0,027$). Como pode ser observado, a \bar{v} da 2ª volta foi estatisticamente inferior à da 19ª ($F = 6,041$; $p < 0,05$) e da 20ª ($F = 6,041$; $p < 0,05$) voltas. Somente a resposta da FC da 2ª volta foi significativamente inferior à da 7ª ($F = 6,476$; $p < 0,05$) e à da 10ª ($F = 6,476$; $p < 0,05$) voltas. O EP alterou-se estatisticamente até aproximadamente a metade da prova, pois na 1ª e na 2ª voltas os valores foram estatisticamente inferiores aos da 11ª, 13ª, 16ª, 17ª, 18ª, 19ª, 20ª, 21ª, 22ª, 23ª, 24ª e 25ª voltas ($F = 35,446$; $p < 0,05$). Na 3ª volta o EP também foi significativamente inferior ao da 13ª, 17ª, 18ª, 19ª, 20ª, 21ª, 22ª, 23ª, 24ª e 25ª voltas ($F = 35,446$; $p < 0,05$). As respostas do EP na 4ª, 5ª, 6ª, 7ª e 8ª voltas novamente foram menores que os da 18ª, 19ª, 20ª, 21ª, 24ª e 25ª voltas ($F = 35,446$; $p < 0,05$). Da mesma maneira, o EP da 9ª, 10ª e 11ª voltas foi inferior ao da 18ª, 19ª e 24ª voltas ($F = 35,446$; $p < 0,05$). Na 12ª volta o EP ainda se manteve inferior quando comparado com o da 20ª e 21ª voltas ($F = 35,446$; $p < 0,05$). Por fim, a resposta do EP na 13ª volta foi inferior ao da 18ª, 19ª, 20ª e 24ª voltas ($F = 35,446$; $p < 0,05$).

TABELA 2
Médias e desvios-padrão do tempo, da velocidade, da frequência cardíaca e do esforço percebido durante a simulação da prova de 10km (n = 8)

Tempo (min)	44 ± 2
Velocidade média (m·s ⁻¹)	3,8 ± 0,2
Velocidade média (km·h ⁻¹)	13,8 ± 0,6
Frequência cardíaca (bpm)	185 ± 4
Escala subjetiva do esforço (escore)	14 ± 2

DISCUSSÃO

Ao menos no que é de nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a analisar os ajustes agudos promovidos no EP e na FC em virtude da EC adotada pelos corredores durante uma situação específica à prova de meio-fundo. Comumente, os desenhos experi-

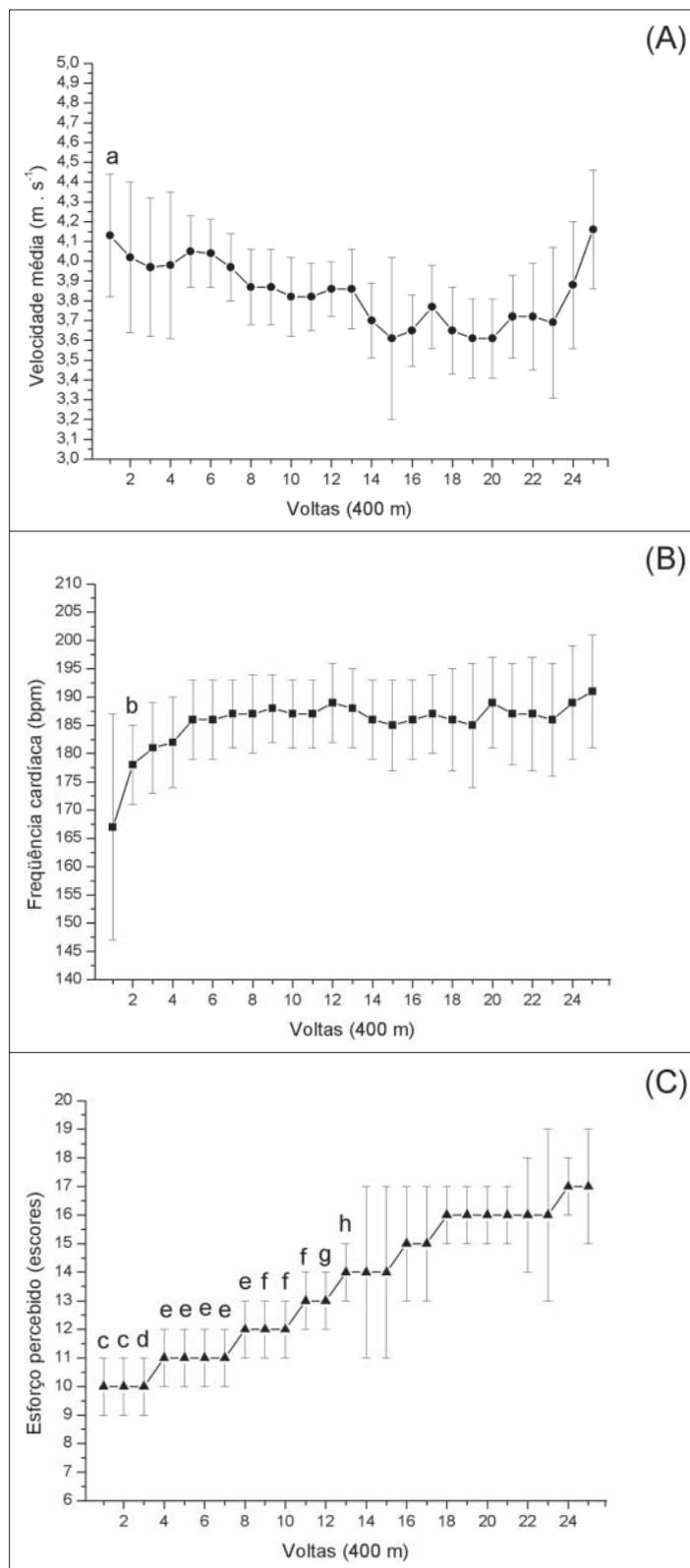


Figura 2 – Comportamento da estratégia de corrida (painel **A**), da frequência cardíaca (painel **B**) e do esforço percebido (painel **C**) durante a simulação da prova de 10km (n = 8)

Os valores são médias ± desvios-padrão. a = diferença significativa da 19ª e 20ª voltas; b = diferença significativa da 7ª e 10ª voltas; c = diferença significativa da 11ª, 13ª, 16ª, 17ª, 18ª, 19ª, 20ª, 21ª, 22ª, 23ª, 24ª e 25ª voltas; d = diferença significativa da 13ª, 17ª, 18ª, 19ª, 20ª, 21ª, 22ª, 23ª, 24ª e 25ª voltas; e = diferença significativa da 18ª, 19ª, 20ª, 21ª, 24ª e 25ª voltas; f = diferença significativa da 18ª, 19ª e 24ª voltas; g = diferença significativa da 20ª e 21ª voltas; h = diferença significativa da 18ª, 19ª, 20ª e 24ª voltas. Nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

mentais dos estudos que também analisaram essas variáveis em conjunto foram estruturados com tarefas laboratoriais, que permitiram o controle de outras variáveis que podem interferir na resposta do esforço percebido e da FC⁽⁶⁾.

Em outros esportes predominantemente aeróbios, sobretudo no remo⁽²³⁾, tem-se sugerido que a determinação da EC ideal pode ter implicações diretas na maximização do desempenho dos atletas. Garland⁽²³⁾ observou que os remadores vencedores de competições internacionais de 2.000m tendem a realizar os primeiros 500m na maior velocidade média da prova, porém é comum haver redução de aproximadamente 2% nos 1.500m remanescentes. Segundo Garland⁽²³⁾, apesar de a estratégia supracitada potencializar os processos que desencadeiam a fadiga muscular aguda, supostamente os atletas se beneficiariam taticamente por ocupar posições que possibilitam o monitoramento dos barcos adversários, visto que nesse esporte os atletas remam de frente para o local da largada.

No presente estudo, os corredores também iniciaram a simulação da prova de 10km na maior \bar{v} de todo o percurso, mas posteriormente, em especial na 20ª volta, eles reduziram expressivamente o ritmo empregado em até aproximadamente 13%. Além disso, próximo ao final da prova, os indivíduos aumentaram novamente o ritmo empregado, chegando a ultrapassar a velocidade da primeira volta. Logo, fica claro que os corredores recreacionais adotam como EC uma redução acentuada da velocidade ao longo do percurso como agente poupador para um possível *sprint* final.

Ao se admitir que a velocidade média do limiar de 4mM de lactato de corredores recreacionais é de aproximadamente 14,3km·h⁻¹⁽²⁴⁾, a qual seria similar à do presente estudo (\cong 13,8km·h⁻¹), pode-se pressupor que, nas competições de meio-fundo e fundo, a EC desses indivíduos é determinada principalmente pela capacidade aeróbia. Possivelmente, a influência da capacidade aeróbia na EC se deve ao fato de as velocidades supralimiares induzirem a elevação da produção do lactato⁽²⁵⁾, o qual estaria relacionado ao aumento da acidose celular e, conseqüentemente, à fadiga muscular aguda⁽²⁶⁾. Dessa forma, é provável que os corredores recreacionais tenham ajustado constantemente a \bar{v} de forma inversa à da contribuição do sistema glicolítico, ao menos até a penúltima volta. Sabe-se que, com a participação do sistema glicolítico em protocolos com carga contínua, há aumento do EP proporcional à taxa de mobilização anaeróbia⁽¹¹⁾. Contudo, esse enunciado deve ser contemplado com cautela, visto que na presente investigação não houve a mensuração dessa variável fisiológica.

A correlação inversamente proporcional detectada entre a FC e a \bar{v} indica que, além da capacidade aeróbia, o estresse do sistema cardiovascular pode ser outra variável que modula a EC via sistema nervoso central. Nossos resultados corroboram parte das hipóteses apresentadas por Noakes *et al.*⁽²⁷⁾, os quais sugeriram que a limitação do exercício físico é dada por um modelo teórico denominado de "governador central". Nesse modelo, assume-se que os quimiorreceptores localizados no miocárdio enviariam sinais inibitórios ao sistema nervoso central antes de a capacidade máxima do coração ser alcançada, resultando na redução dos comandos neurais para o músculo esquelético, com o intuito de evitar a resposta isquêmica do miocárdio. Evidência a favor dessa hipótese é o aumento da FC máxima e do próprio débito cardíaco máximo, identificados em exercício sob hiperóxia e, a resposta inversa, sob hipóxia induzida em laboratório.

Por outro lado, a elevação da FC durante o exercício físico tem sido comumente atribuída ao aumento da demanda metabólica imposta pela intensidade da tarefa^(6,7). Contudo, ao longo dos 10km, a FC teve o primeiro aumento significativo somente a partir da sétima volta (aproximadamente 12 minutos) e manteve-se elevada até o final da prova, ao passo que a maior \bar{v} foi detectada no início da corrida, seguida por redução expressiva no decorrer da simulação. Segundo Achten e Jeukendrup⁽⁵⁾, a resposta da FC durante o exercício físico também pode ser influenciada por diversos fatores extrínsecos, entre eles, a temperatura ambiental e o estado de hidratação dos indivíduos. Não obstante, a maior parte dos estudos reunidos por Achten e Jeukendrup⁽⁵⁾ utilizou a temperatura ambiente acima de 35°C e a redução de aproximadamente

5% do peso corporal. Logo, é provável que essas variáveis tenham exercido pouca influência na resposta da FC durante a simulação da prova, visto que, além de os indivíduos serem instruídos a não consumir alimentos que poderiam induzir a hipo-hidratação, a temperatura ambiente sempre esteve abaixo de 35°C.

Esse pressuposto é reforçado pelos resultados do estudo de Boudet *et al.*⁽²⁸⁾, no qual não foi obtida correlação significativa entre a resposta da FC e as condições climáticas em competições de corridas de rua. De certa forma, esses achados podem indicar que, durante as provas de meio-fundo e fundo, o monitoramento da FC pode ser um índice fisiológico ineficaz para o monitoramento da intensidade do esforço nessas situações.

Em relação ao EP, ele tem sido amplamente associado a um processo de interação sensorial dos ajustes fisiológicos oriundos da demanda metabólica imposta pelo esforço físico^(8,11,22). No entanto, ainda não são concordantes as informações a respeito dos principais estímulos fisiológicos (central ou periférico) que determinam as alterações na percepção do esforço. Por exemplo, Noble *et al.*⁽¹⁴⁾ observaram que a elevação da percepção do esforço é acompanhada pelos aumentos das concentrações de lactato sanguíneo e muscular. Já os resultados dos estudos reunidos por Robertson⁽¹³⁾ indicaram que os ajustes do esforço percebido são mediados pelos aumentos da FC, da ventilação pulmonar, do quociente respiratório e do consumo de oxigênio.

Entretanto, no presente estudo, a \bar{v} e a FC dos corredores alteraram-se estatisticamente somente no início da simulação da prova de 10km, ao passo que a EP aumentou significativamente até a 13ª volta. Acredita-se que a resposta do EP também foi modulada pela interação dos fatores cognitivos e contextuais que compõem a teleantecipação⁽¹⁷⁾, a qual, nessa ocasião, foi desencadeada pela intenção de se exercitarem maximamente em uma meta com a distância fixa. Assim, pelas experiências passadas e a avaliação do contexto atual (temperatura, condições internas), a teleantecipação nortearia a taxa de aumento do esforço percebido, o qual seria mantido em níveis toleráveis para que a distância de 10km pudesse ser completada no menor tempo possível, de forma que o final da prova coincidissem com valores de EP próximos do máximo. Isso significa nova interpretação da relação entre indicadores de sobrecarga (mecânica e fisiológica) e a percepção de esforço em situações de meta fixa e de estratégia variável, podendo o EP ser enquadrado na categoria de variável independente e a velocidade de corrida como variável dependente, invertendo a lógica aceita quando da realização de testes retangulares e/ou progressivos.

A teleantecipação e a consistência do controle da intensidade de exercício por meio do EP em uma simulação de um *sprint* de 20km no ciclismo foi evidenciada nos resultados apresentados por Tucker *et al.*⁽²⁹⁾. Eles demonstraram que a temperatura central medida a cada 5km foi semelhante por quase todo o percurso sob temperatura externa de 35°C (calor) ou 15°C (frio), exceto na última e derradeira medida, que coincide com o final da simulação, a qual favoreceu maior elevação sob 35°C. O tempo médio para completar os 20km no calor (29,6 ± 1,9min) foi superior ao tempo despendido no ambiente frio (28,8 ± 1,8min), e a potência média apresentou padrão inverso (255 ± 47W *versus* 272 ± 45W). As diferenças pontuais na potência mecânica entre as condições externas diferentes foram mais evidentes e significantes estatisticamente durante a porção final da simulação (80-100% da duração total). A maior potência média mantida no teste realizado em ambiente frio foi acompanhada de maior atividade eletromiográfica, indicando que, na situação de calor, a ativação neuromuscular havia sido reduzida a partir dos 10km. Apesar das diferenças na atividade neuromuscular, o EP apresentou comportamento semelhante de aumento sob a influência das temperaturas externas. Com isso, a redução da atividade eletromiográfica anterior a quaisquer alterações drásticas na temperatura central parece estar relacionada a mecanismos de controle central, os quais evitariam

perturbações graves e irreversíveis na termorregulação. É provável que a evolução do EP, projetada do início até o final da simulação dos 20km, por intermédio de mecanismos de *feedback* sensorial e por influência da própria teleantecipação, possa ter modulado a estratégia de ativação neuromuscular e, por consequência, o próprio desempenho mecânico. Isso coloca, novamente, uma situação em que o EP poderia ser alocado como variável independente, a qual modularia a estratégia adotada para completar o percurso.

Segundo Lambert *et al.*⁽¹⁷⁾, os indivíduos programam previamente a estratégia de corrida que será adotada, no intuito de prevenir o desenvolvimento prematuro da fadiga, o que levaria a dissociação temporal entre a percepção do esforço, a frequência cardíaca e a potência externa gerada. Além disso, Gibson *et al.*⁽³⁰⁾ sugeriram que o processamento da percepção do esforço também é alterado por sinais cognitivos como, por exemplo, a lembrança de uma sessão de treinamento feita anteriormente e a motivação no momento de execução da tarefa. Nesse sentido, acreditamos que, diferentemente de outros estudos nos quais houve o controle de variáveis contextuais que podem interferir no EP^(9,11,22), a intenção de se exercitar ao máximo em situações reais da prática esportiva induz dissociação temporal do EP com a FC e com a intensidade do exercício.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo indicaram haver dissociação temporal entre o EP e a FC em virtude da EC adotada por corredores recreacionais durante a simulação de uma prova de meio-fundo. Foi proposto que a intenção de se exercitar maximamente é determinada antes do início da tarefa, porém, ela é modulada até a metade da prova por um processo de retroalimentação fisiológico, contextual e cognitivo. Essa intenção atua como agente poupador para um possível aumento da velocidade próximo do final da prova, o qual induz a resposta diferenciada comumente apresentada entre o EP e a EC nos estudos que utilizaram tarefas com maior controle dessas variáveis. Sugeriu-se também que a FC é um índice fisiológico pouco sensível na determinação da intensidade de corrida em provas de meio-fundo. Por outro lado, há necessidade de elaborar outros trabalhos que investiguem a influência do nível de aptidão aeróbia e de diferentes tipos de *feedbacks* na EC, no EP e na FC durante as situações que se aproximam das provas de 10km.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Jefferson Rosa Cardoso, pelo auxílio na análise estatística, e Flávio de Oliveira Pires, pelas sugestões.

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

REFERÊNCIAS

- Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:319-30.
- Basset DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 1999;32:70-84.
- Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med* 2001;31:725-41.
- Tanaka K, Yoshimura T, Sumida S, Mitsuzono R, Tanaka S, Kinishi Y, et al. Transient responses in cardiac function below, at, and above anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 1986;55:356-61.
- Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med* 2003;33:517-38.
- Petit MA, Nelson CM, Rhodes EC. Comparison of a mathematical model to predict 10-km performance from the Conconi Test and ventilatory threshold measurements. *Can J Appl Physiol* 1997;22:562-72.
- Astrand P, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol* 1954;22:218-21.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-81.
- Garcin M, Mille-Hamard L, Billat V. Influence of aerobic fitness level on measured and estimated perceived exertion during exhausting runs. *Int J Sports Med* 2004;25:270-7.
- Seiler S, Sjursen JE. Effect of work duration on physiological and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training. *Scand J Med Sci Sports* 2004;14:318-25.
- Nakamura FY, Gancedo MR, Silva LA, Lima JRP, Kokubun E. Utilização do esforço percebido na determinação da velocidade crítica em corrida aquática. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 2005;11:1-5.
- Pandolf KB. Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:397-405.
- Robertson RJ. Central signals of perceived exertion during dynamic exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:390-6.
- Noble BJ, Borg GA, Jacobs I, Ceci R, Kaiser P. A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Med Sci Sports Exerc* 1983;15:523-8.
- Rejeski WJ, Ribisl PM. Expected task duration and perceived effort: an attributional analysis. *J Sport Psychology* 1980;2:227-36.
- Albertus Y, Tucker R, Gibson AC, Lambert EV, Hampson DB, Noakes TD. Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:461-8.
- Lambert EV, Gibson AC, Noakes TD. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. *Br J Sports Med* 2005;39:52-62.
- Jones AM, Whipp BJ. Bioenergetic constraint on tactical decision making in middle distance running. *Br J Sports Med* 2002;36:102-4.
- Norton K, Olds T. *Antropometria*. 1ª ed. Rosário, 1996.
- Lohman TG. Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Hum Biol* 1981;53:181-225.
- Siri WE. Body composition from fluids spaces and density: analysis of two methods. In: Brozek J, Henschel A. *National Academy of Sciences National Research Council*. Washington, 1961;223-44.
- Garcin M, Wolff M, Bejma T. Reliability of rating scales of perceived exertion a heart rate during progressive and maximal constant load exercise till exhaustion in physical education students. *Int J Sports Med* 2003;24:285-90.
- Garland SW. An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. *Br J Sports Med* 2005;39:39-42.
- Zamparo P, Perini R, Peano C, di Prampero PE. The self selected speed of running in recreational long distance runners. *Int J Sports Med* 2001;22:285-90.
- Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of 4 mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-30.
- Jacobs I. Blood lactate: implications for training and sports performance. *Sports Med* 1986;3:10-25.
- Noakes TD, Peltonen JE, Rusko HK. Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. *J Exp Biol* 2001;204:3225-34.
- Boudet G, Garet M, Bedu M, Albuissou E, Chamoux A. Median maximal heart rate for heart rate calibration in different conditions: laboratory, field and competition. *Int J Sports Med* 2001;23:290-7.
- Tucker R, Rauch L, Harley YX, Noakes TD. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. *Pflugers Arch* 2004;448:422-30.
- Gibson AC, Baden DA, Lambert MI, Lambert EV, Harley YR, Hampson D, et al. The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Med* 2003;33:167-76.