

Influência do aprendizado e da informação espaço-tempo no desempenho de corredores em testes contrarrelógio

Influence of learning and space-time feedback on the time trial performance of amateur runners

HOHL, R; SILVA, C E; AUGUSTO, J B. Influência do aprendizado e da informação espaço-tempo no desempenho de corredores em testes contrarrelógio. *R. bras. Ci. e Mov* 2015;23(1):76-87.

RESUMO: O teste contrarrelógio (TCR), ou teste de resistência com término previamente estabelecido pelas dimensões tempo ou distância, é utilizado como meio de avaliação do desempenho de corredores em uma situação com variação livre da velocidade. Tanto o aprendizado motor, isto é, a transição de uma situação nova para rotina, quanto o processamento de informações dimensionais, são aspectos cognitivos que podem influenciar o resultado do TCR. Portanto, procurou-se avaliar a influência da informação dimensional exclusiva do tempo transcorrido ou da distância percorrida na reprodutibilidade do desempenho (i.e. tempo total) entre dois TCRs em situação novidade. Adicionalmente, a estratégia de corrida de um TCR-rotina foi comparada ao TCR-novidade para avaliar a influência do aprendizado no desempenho. Para este fim, seis corredores amadores realizaram dois TCRs de 3000m (T3000) com 15 dias de intervalo como linha de base. O T3000 fazia parte da rotina dos últimos três anos de treinamento. Ao longo dos 15 dias, foram realizados duas duplicatas de TCRs-novidade com intervalos de 48h entre as repetições. Os TCRs-novidade duplicados foram testes repetidos em distâncias idênticas não vivenciadas previamente. Na duplicata 1, os corredores tiveram informação do tempo transcorrido e, na duplicata 2, da distância percorrida. Todos os corredores utilizaram aparelho GPS. Observou-se que a informação exclusiva da distância ou do tempo não influenciou a reprodutibilidade do desempenho do TCR-novidade. Contudo, os corredores apresentaram uma estratégia de corrida em “W”, com maior velocidade média, reproduzida apenas nos testes T3000-rotina. Portanto, os corredores apresentaram uma estratégia de corrida mais eficiente e específica no T3000-rotina que não foi reproduzida em distâncias similares em situação novidade. O estudo aponta para o desenvolvimento de métodos de treinamento de corrida que aprimorem a transição da habilidade apresentada na rotina de treinamento para uma situação de novidade.

Palavras-chave: Teste Contrarrelógio; Corredores; Estratégia de Corrida; Desempenho; Aprendizado Motor.

ABSTRACT: The time trial (TT) test, previously set by time or distance, is used to evaluate the performance in a situation where power or speed is freely changed by the athlete. The motor learning, namely the transition between novelty to routine, and the processing of dimensional information may influence the pacing strategy and time trial performance. Therefore, our purpose was to evaluate the influence of elapsed time or distance covered feedback on the reproducibility of performance (i.e. total time) comparing two TTs in novelty, that is, with dimensions never experienced before. In addition, the pacing of a TT in routine, that is, with dimension experienced several times, was compared with the TT in novelty to assess the influence of learning on performance. Six amateur runners performed two 3000m TT (3000TT) within fifteen days as baseline. The 3000TT was the test of routine for the last three years of running training. Along the 15 days, two TT in novelty with different dimensions were duplicated with 48h between each trial. Along the TT in novelty, runners had the feedback of elapsed time (duplicate 1) or distance covered (duplicate 2), exclusively. All runners used a GPS device during the trials. We found that exclusive information of elapsed time or distance covered did not influence the time trial's reproducibility. Nevertheless, the runners showed a “W-shape” pacing, with the highest average speed only reproduced within the two 3000TT routine tests. Therefore, the runners showed a more efficient and specific pacing strategy during the TT in routine which was not reproduced during the TTs in novelty with similar dimensions. Our study highlights the importance of training methods that transpose the performance of a routine ability to novel contexts.

Key Words: Time trial; Runners; Pacing strategy; Performance; Motor learning.

Rodrigo Hohl¹
Carlos Eduardo da Silva²
Júlia Barreira Augusto²

¹Universidade Federal de Juiz de Fora

²Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas

Contato: Rodrigo Hohl - hohlrodrigo@gmail.com

Introdução

O teste contrarrelógio (TCR), ou teste de resistência com término previamente estabelecido pelo tempo de duração ou distância, é utilizado como meio de se avaliar o desempenho de corredores em uma tarefa com variação livre da velocidade¹. Postula-se que a variação da velocidade é produto do controle cerebral teleantecipatório. A teoria teleantecipatória prevê que antes do início do exercício o cérebro antecipa a melhor estratégia de modulação do esforço com o objetivo de evitar a exaustão antes do término da demanda². Recentemente, o Modelo do Governador Central (MGC) atualizou a teoria teleantecipatória postulando que a intensidade do exercício e, conseqüentemente, o recrutamento de unidades motoras, é controlada pelo cérebro de acordo com as informações aferentes (i.e. *feedback*) relativas às alterações fisiológicas (e.g. pH, temperatura, sensações respiratórias, PCO₂, PO₂, pressão arterial etc.) e de acordo com a aspectos cognitivos (i.e. *feedforward*) relativos ao contexto do evento ou demanda a ser cumprida^{3, 4}. Nesse sentido, sugere-se que a operação teleantecipatória torna-se mais eficiente quando o atleta pode controlar o esforço a partir do conhecimento prévio da duração e do propósito da demanda^{2,5}.

Diversos estudos que manipularam ou não forneceram informação aos sujeitos durante o TCR mostraram que há influência da informação na estratégia de modulação da intensidade⁶⁻¹⁰. Contudo, a precisão, manipulação ou disponibilidade não são as únicas características da informação que podem influenciar o desempenho e a estratégia. Durante um TCR ou evento competitivo, a informação disponível ao atleta também possui natureza dimensional e independente entre si de tempo ou espaço, sendo a velocidade a relação entre o espaço e o tempo. Segundo o modelo teórico proposto por Piaget¹¹, velocidade, tempo e espaço não são conceitos concebidos *a priori*, mas são conceitos adquiridos durante o processo de desenvolvimento humano. A representação abstrata das coisas que não podem ser vistas ou tocadas (i.e. ideias ou tempo) são hipoteticamente dependentes de uma relação assimétrica com as representações geradas a partir de experiências percepto-motoras relativas ao

domínio concreto como o espaço, a força e o movimento¹². Atualmente, não encontramos estudos que observaram a influência da natureza dimensional da informação espaço-tempo no desempenho ou na estratégia de corrida em TCRs repetidos.

Além da padronização da natureza da informação, a familiarização é condição fundamental para diminuir a variabilidade entre TCRs repetidos e, portanto, também influencia a avaliação do desempenho em um TCR^{1,13,14}. A familiarização em corredores experientes é principalmente utilizada para diminuir a influência da novidade ambiental (e.g. laboratório, equipamentos, pessoas estranhas e o local do teste) visto que o complexo padrão de movimento rítmico da corrida é automatizado e executado sem a necessidade de coordenação consciente¹⁵.

A familiarização é um fenômeno cognitivo que pode estar circunscrito nos dois primeiros estágios do processo de aprendizado da habilidade motora, dividido em cinco fases: aprendizado rápido, aprendizado lento, consolidação, automação e retenção¹⁶. No aprendizado rápido, o aprimoramento do desempenho motor ocorre após uma única sessão de prática; no aprendizado lento há um considerável aprimoramento de desempenho através de diversas sessões de prática. A fase de consolidação se caracteriza pela manutenção do desempenho que pode ser verificada durante horas após a prática, sem sofrer interferência de outras tarefas motoras. Na fase de automação a habilidade é desempenhada através de mínimos recursos cognitivos tornando-se resistente ao efeito do tempo e das interferências externas. Finalmente, na fase de retenção, a habilidade motora é executada prontamente após um longo tempo sem que a tarefa seja praticada.

As cinco fases do aprendizado motor ilustram a distinção gradativa entre a novidade e a rotina cognitiva¹⁷. A transição novidade-rotina ocorre acompanhada de alterações na ativação e na conectividade de áreas corticais executivas e substratos neurais responsáveis pelo comando motor central^{18,19}. Nesse sentido, a rotina de treinamento no contexto cognitivo caracteriza-se por fases

avançadas do processo de aprendizado que estão além da fase de familiarização. Portanto, transpor o desempenho do TCR realizado na rotina do treinamento como parâmetro de previsão do resultado desportivo em situação de novidade pode não ser diretamente aplicável, pois os TCRs de rotina comparado com a competição diferem em aspectos ecológicos que podem influenciar a estratégia de corrida. Salienta-se que no alto nível competitivo, onde a capacidade física e a habilidade técnica entre os atletas são similares, sutis variações no desempenho podem fazer a diferença entre o recorde, a vitória, e a derrota^{20, 21}. Enquanto a influência da familiarização na avaliação de TCRs foi objeto de estudo¹⁴, a avaliação da influência das fases mais avançadas do processo de aprendizado no resultado do TCR ainda não recebeu a mesma atenção.

Este presente trabalho teve dois objetivos: (1) avaliar se a informação exclusiva do tempo transcorrido ou da distância percorrida influenciaria a reprodutibilidade do desempenho (i.e. tempo total) entre dois TCRs em situação de novidade e (2) comparar a estratégia de corrida de um TCR de rotina com os TCRs em situação de novidade. Os TCRs-novidade foram realizados em distâncias ou tempos de finalização não familiarizados com o intuito de evidenciar a influência da representação mental do tempo e da distância e atenuar o efeito do controle teleantecipatório executado em dimensões conhecidas. O TCR-rotina teve como característica a distância fixa de 3000m, sendo que os atletas deste estudo realizaram pelo menos 5 testes/ano nos últimos 3 anos de treinamento.

Materiais e Métodos

Sujeitos

Participaram do estudo 6 corredores amadores (4 homens e 2 mulheres) integrantes de uma equipe de corredores organizada como parte de um projeto de extensão universitária (idade 40 ± 13 anos; altura 166 ± 9 cm; massa corporal $62,3 \pm 6,1$ kg). Todos os atletas possuíam no mínimo 3 anos de experiência com treinamento periodizado de corrida. Cinco corredores

competiam regularmente em provas de 10 km e um corredor competia em provas de 5 km.

Os voluntários se comprometeram a não se apresentarem para os testes experimentais em jejum de mais de 2 horas. Nenhum atleta utilizou suplementos alimentares ou substâncias psicoativas durante o período do estudo. A rotina habitual de hidratação foi mantida. Durante a realização do estudo, todos os atletas suspenderam a rotina de treinamento. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico sob o protocolo 15513413.5.0000.5588.

Caracterização dos testes contrarrelógio

A disponibilidade da informação sobre o tempo ou a distância antes e durante a realização dos TCRs foram controladas neste estudo. Nesse sentido, os atletas foram precisamente esclarecidos sobre o critério de finalização de cada TCR. Todos os testes foram realizados na raia interna de uma pista de atletismo oficial com 400m. Os atletas estavam acostumados com o treinamento regular de corrida, o ambiente, a pista, o avaliador, o objetivo e a prática do TCR.

Os corredores deste estudo realizaram pelo menos cinco TCRs de 3000m (T3000) por ano nos últimos 3 anos para avaliação do desempenho. A cada volta na pista (400m), eles recebiam a comunicação verbal da distância percorrida durante os testes. Portanto, além da familiaridade com o T3000 os atletas receberam informações precisas sobre a distância. Os atletas foram instruídos a terminarem o T3000 no menor tempo possível.

Dois TCRs com finalização por tempo pré-determinado, TCR_{t1} e TCR_{t2}, foram dimensionados de maneira que a distância percorrida pelos atletas ficasse entre 3300-4500m. Procurou-se estabelecer um tempo total de teste que os corredores não associassem com o desempenho em 5000m (distância oficial de competições) ou com o desempenho no T3000. Os atletas foram instruídos a percorrerem a maior distância possível no tempo estipulado, sendo TCR_{t1} = 989s e TCR_{t2} = 1066s. Os corredores utilizaram um cronometro de pulso

durante o TCR_{t_1} e o TCR_{t_2} . Adicionalmente, o tempo total acumulado era comunicado a cada volta completa na pista (400m).

Dois TCRs com término estabelecido pela distância, TCR_{d_1} e TCR_{d_2} , foram realizados com a mesma distância atingida nos TCR_{t_1} e TCR_{t_2} , respectivamente. Nos testes TCR_{d_1} e TCR_{d_2} , os atletas foram instruídos a correr as distâncias no menor tempo possível. Os voluntários realizaram o TCR_{d_1} e 2 sem cronometro ou informação de tempo. A informação da distância total a ser cumprida foi previamente comunicada como distância métrica e também como o número de voltas na pista. A distância total percorrida foi comunicada verbalmente a cada volta completa na pista.

Os testes duplicados TCR_{t_1} e TCR_{d_1} (TCR_1) e TCR_{t_2} e TCR_{d_2} (TCR_2) tiveram, portanto, a mesma distância. Essa característica possibilitou a análise da reprodutibilidade do tempo total entre dois testes repetidos. Os atletas não foram comunicados sobre a semelhança das distâncias entre TCR_{t_1}/TCR_{d_1} ou TCR_{t_2}/TCR_{d_2} em vista de se evitar a consciência da experiência prévia. Realizaram-se dois testes duplicados (i.e. TCR_1 e TCR_2) para que as observações fossem confirmadas por reprodução.

Desenho experimental

O presente estudo trata-se de uma observação sistemática para análise da tarefa. Todos os TCRs foram realizados após um aquecimento padronizado com duração de 10 minutos que consistia de corrida leve e alongamentos. Por ser teste de rotina, a duplicata do T3000 foi utilizada como linha de base do desempenho durante o período do estudos. Portanto, o T3000 foi o primeiro e o último teste realizado no período experimental.

Os testes foram realizados em seis dias com 48 horas de intervalo, exceto entre o terceiro e o quarto dia onde houve um intervalo de 72 horas (Figura 1). Por conveniência, alguns atletas realizaram os testes no período da manhã ou da tarde. A partir da conveniência do primeiro teste, os TCRs subsequentes foram repetidos na mesma hora do dia. A ordem dos TCRs de mesma

distância foi alternada nas semanas 1 e 2 para dificultar a associação da ordem dos testes com a repetição de distâncias semelhantes.

- 1º dia: TCR com 3000m (pré-T3000)
- 2º dia: TCR_{t_1} com término em 989s
- 3º dia: TCR_{t_2} com término em 1066s
- 4º dia: TCR_{d_2} com término na distância percorrida no TCR_{t_2}
- 5º dia: TCR_{d_1} com término na distância percorrida no TCR_{t_1}
- 6º dia: TCR com 3000m (pós-T3000)

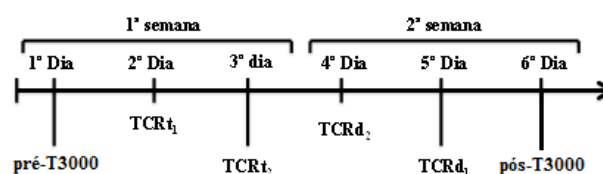


Figura 1. Desenho experimental do estudo

Temperatura, umidade e frequência cardíaca

A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas antes e após a realização dos testes com um termo-higrômetro (Minipa - MT-241) colocado próximo à raia interna da pista. O cardiofrequencímetro FORERUNNER 405 (Garmin, USA) foi utilizado para aferição da frequência cardíaca (FC) antes do aquecimento e logo após o término dos testes.

Captação da velocidade durante o teste

Um aparelho GPS (*Global positioning system*; Q-Sports BT-Q1300ST, Qstarz International Co., Taiwan) foi colocado em um cinto elástico acoplado no braço direito, entre a articulação do ombro e do cotovelo. A frequência de captação dos dados foi de 1Hz. O armazenamento dos dados foi iniciado 1 minuto antes dos testes com os voluntários parados no local de início. Os sujeitos permaneceram no local de chegada por 10 segundos para caracterização do término dos testes. Os atletas não relataram desconforto com o aparelho. O local onde os testes foram realizados era aberto, sem edificações ou

árvores ao redor. Não houve interrupção da captação do sinal do GPS.

Análise Estatística

Todos os valores das velocidades extraídos do GPS foram ajustados no aplicativo MATLAB 10 (Mathworks, Natick, MA, USA). Devido à alta taxa de captação de dados pelo GPS (1 Hz), fracionou-se a distância total em intervalos de 10% (i.e. 0-10%, 11%-20%, 21-30% etc) para o cálculo da velocidade média respectiva de cada fração. Ademais, a representação em porcentagem da distância permitiu a comparação do comportamento da velocidade ao longo dos TCRs com diferentes distâncias.

O teste-t pareado ou não pareado foi aplicado para análise da diferença estatística entre duas amostras de dados. Foi utilizado o teste ANOVA para medidas repetidas com pós-teste de Newman-Keuls para análise da diferença estatística entre três amostras de dados. O teste ANOVA para medidas repetidas com pós-teste de Dunnett foi aplicado para análise da diferença estatística das velocidades médias de cada fração de 10% em relação à velocidade média final na fração 100% (i.e. amostra de referência). O pós-teste de Dunnett foi adotado segundo o princípio da parcimônia. O nível de significância considerado foi $P < 0,05$.

A qualificação da variabilidade encontrada entre as duplicatas dos TCRs foi realizada segundo o critério estabelecido por Hopkins^{24,25}. Adotamos 0,5% como limite de variação sem efeito competitivo e os limiares baixo (0,5-0,9%), moderado (1,0-1,5%), alto (1,6-2,5%) e muito alto (>2,5%) como gradações da variabilidade com efeito significativo no resultado de competições de elite.

Resultados

Influência ambiental

Não houve diferença significativa no tempo total do pré-T3000 comparado ao T3000 realizado após o período experimental (Tabela 1). A diferença significativa de temperatura observada no pré-T3000 em relação ao pós-T3000 não foi acompanhada por diferenças no

desempenho ou na FC. Os demais TCRs-novidade que intercalaram os dois testes T3000 foram realizados em condições climáticas similares e apresentaram valores de FC sem diferença estatística (não mostrados) em comparação aos dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Desempenho, condições climáticas e frequência cardíaca (FC) nos testes de 3000m (T3000).

	pré-T3000	pós-T3000
Desempenho (s)	795,7 ± 73,3	791,7 ± 78,4
Temperatura (°C)	30,1 ± 3,6 *	22,9 ± 4,3
Umidade (%)	48,3 ± 10,2	52,1 ± 16,2
FC pré-teste (bpm)	93,2 ± 12,8	84,4 ± 11,3
FC pós-teste (bpm)	191,2 ± 3,1	193,4 ± 10,4

* $p < 0,05$ (teste t). Bpm: batimentos por minuto. Média±DP.

Reprodutibilidade entre TCRs repetidos com distâncias iguais

Os resultados da Tabela 2 mostram que as diferenças em segundos encontradas nos testes repetidos $TCR_{d1}-TCR_{t1}$ e $TCR_{d2}-TCR_{t2}$, com termos e informações exclusivas de distância (TCRd) ou de tempo (TCRt), não foram significativamente diferentes em relação a diferença de tempo encontrada entre os testes repetidos pré-T3000 e pós-T3000, sendo ambos realizados nas mesmas condições de informação e término por distância. Adicionalmente, não houve reprodução da “alta” variação do tempo total do TCR1, pois a variação em TCR2 foi “sem efeito”. Caso o Atleta 1 fosse desconsiderado, a variação em TCR1 seria “moderada” tal qual a variação encontrada na duplicata T3000.

Estratégias de corrida

A Figura 2 mostra as estratégias de corrida. As velocidades das frações 10% de cada corredor foram obtidas através da média da duplicata dos testes pré-T3000 e pós-T3000, TCR_{t1} e TCR_{d1} , TCR_{t2} e TCR_{d2} gerando, portanto, três curvas de velocidade a partir de seis testes realizados dois a dois. A Figura 3 apresenta a média do comportamento da velocidade em cada um dos seis TCRs realizados neste estudo.

O T3000 apresentou uma estratégia de velocidade variável com três picos de velocidade em 10%, 40% e

100%. O pico de velocidade em 40% do T3000 foi reproduzido nas duas repetições (Figura 3), mas não se apresentou caracterizado no TCR1 e no TCR2 (Figura 2). Na fração 10% do T3000, os atletas adotaram uma velocidade média próxima da velocidade na fração 100%

(sem dif. estatística). Tal comportamento não ficou caracterizado nos TCR1 e TCR2 (Figura 2).

Tabela 2. Diferença em segundos e porcentagem de variação do tempo entre os testes repetidos pré-T3000/pós-T3000, TCR₁/TCR_{d1} e TCR₂/TCR_{d2}.

Atleta	Diferença (s)			Variação do tempo total (%)		
	T3000m pós-pré	TCR _{d1} - 989	TCR _{d2} - 1066	T3000	TCR1	TCR2
1	-6	-35	-9	0,9	3,5	0,8
2	-1	-19	1	0,1	1,9	0,1
3	3	-13	0	0,4	1,3	0
4	-17	-12	2	2,1	1,2	0,3
5	9	12	7	1	1,2	0,7
6	-12	2	5	1,5	0,2	0,5

Módulo						
Média ± DP	8,0 ± 5,9	15,5 ± 11,0	4,0 ± 3,6	1,0 ± 0,7	1,6 ± 1,1	0,4 ± 0,3
Variação	-	-	-	Moderada	Alta	Sem efeito

989s tempo de finalização do TCR₁; 1066s tempo de finalização do TCR₂; TCR_{d1}: teste contra-relógio com a distância realizada no TCR_{d1}; TCR_{d2}: teste contra-relógio com a distância realizada no TCR_{d2}. TCR1 e TCR2: variação de tempo encontrada entre TCR₁/TCR_{d1} e TCR₂/TCR_{d2}, respectivamente. A qualificação da influência da variação no resultado competitivo foi estabelecida por Hopkins²⁴. As médias foram calculadas a partir do módulo do número. Não houve diferença significativa entre as médias (ANOVA com pós-teste de Newman-Keuls).

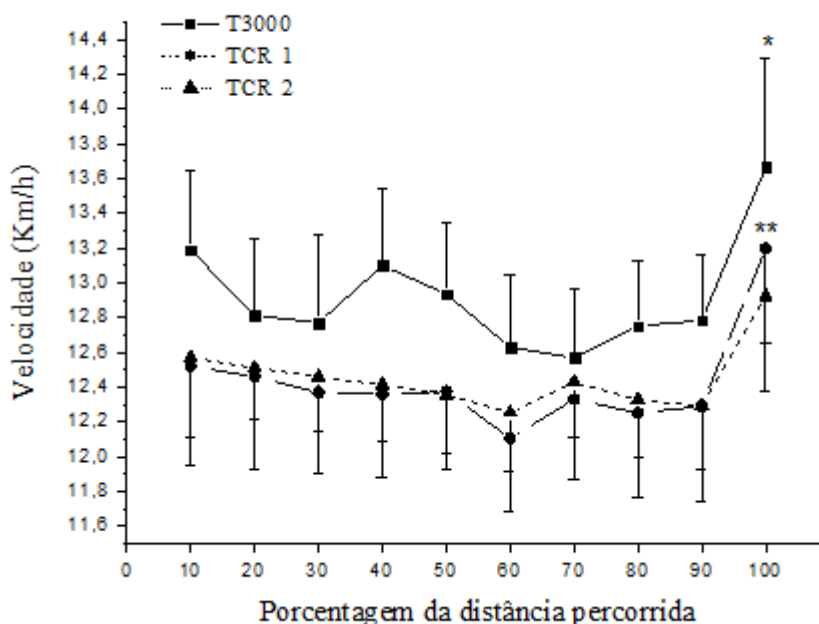


Figura 2. Estratégias de corrida nos testes em duplicata T3000, TCR1 e TCR2.

As velocidades das frações 10% de cada corredor foram obtidas através da média da duplicata dos testes pré-T3000 e pós-T3000, TCR₁ e TCR_{d1}, TCR₂ e TCR_{d2}. * dif. significativa para todas as porcentagens em T3000 exceto 10% e 40% (ANOVA com pós teste Dunnett, P < 0,01); ** dif. significativa para todas as velocidades em TCR1 (ANOVA com pós teste Dunnett, P < 0,01). Não houve diferença significativa na curva TCR2. Média ± EPM.

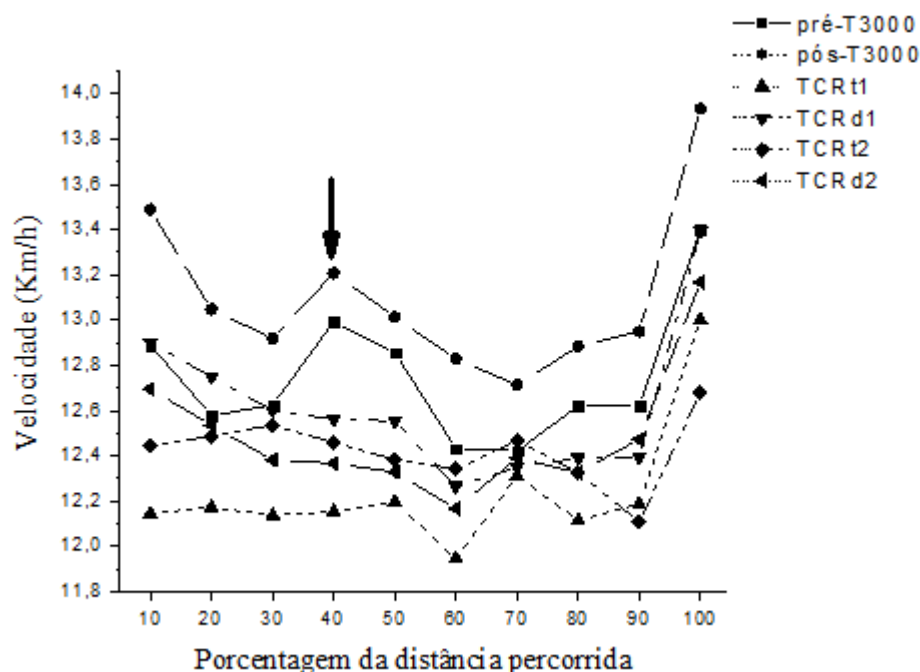


Figura 3. Estratégia de corrida dos seis TCRs realizados neste estudo.

A seta destaca a reprodução do pico de velocidade em 40% no pré-T3000 e pós-T3000. Média sem medida de dispersão para melhor visualização.

A velocidade média de cada um dos TCRs (Tabela 3) foi calculada utilizando-se as velocidades de cada fração de 10% (N= 10) mostradas na Figura 2.

A velocidade média do T3000 foi significativamente maior que as velocidades médias encontradas em TCR1 e TCR2 que, por sua vez, foram semelhantes (Tabela 3). As distâncias percorridas sofreram um acréscimo médio similar de ~460m entre as duplicatas com distâncias mais próximas (T3000 < TCR1 < TCR2). O aumento médio da distância percorrida igual a 440m no TCR2 em relação ao TCR1 não foi associado a uma diferença significativa da velocidade média entre TCR1 e TCR2.

Tabela 3. Distâncias percorridas e velocidades médias nas duplicatas T3000, TCR1 e TCR2.

	Distância (m)			Velocidade (Km/h)
	Média ± SD	Mín	Máx	
T3000	3000	-	-	12,9 ± 0,3***
TCR1	3479 ± 494	3300	4220	12,4 ± 0,3
TCR2	3919 ± 355	3515	4585	12,4 ± 0,2

*** dif. significativa para TCR1 e TCR2 (ANOVA com pós-teste de Newman-Keuls, P< 0,001, N=10). Velocidade aferida por GPS (Média ± DP).

Discussão

Influência da natureza dimensional da informação no desempenho

Em primeira análise, as condições ambientais como temperatura e umidade relativa do ar poderiam influenciar a reprodutibilidade do TCR e da FC²⁶. Portanto, a temperatura e umidade relativa foram medidas antes e após cada TCR para a avaliação da necessidade de exclusão de testes que tenham sido realizados em condições climáticas que comprometessem a análise comparativa.

O T3000 foi o TCR de rotina que serviu como linha de base do período experimental. Conforme mostrado na Tabela 1, a diferença significativa encontrada na temperatura do pré-T3000 em relação ao pós-T3000, não foi associada tanto com diferença significativa no tempo de execução dos testes quanto com alteração da FC aferida imediatamente após os testes.

Nesse sentido, outro estudo demonstrou que a reprodutibilidade do TCR não foi afetada quando a temperatura ambiente atingiu 30,5 °C²⁷. Estando este valor de temperatura acima da média aferida durante todo este estudo, conclui-se, portanto, que a temperatura e a umidade relativa do ar não influenciaram a

reprodutibilidade dos resultados dos TCRs apresentados neste estudo.

A análise da diferença entre os tempos dos TCRs-novidade com distâncias iguais não confirma que houve influência significativa da natureza dimensional da informação no desempenho dos corredores (Tabela 2). O maior valor médio da diferença entre os tempos encontrado neste estudo foi observado nos testes repetidos TCR_{t1} e TCR_{d1} (duplicata TCR1) que, no entanto, foi similar à diferença de 16s observada entre dois TCRs repetidos de 5000m realizado por corredores em um outro estudo independente¹. Ademais, não houve diferença significativa da variação do tempo das duplicatas TCR1 e TCR2 comparados à duplicata T3000 de rotina, sendo os dois T3000 reproduzidos com disponibilidade de informação rigorosamente iguais. Contudo, a limitação deste estudo em contar com um número reduzido de voluntários pode ter comprometido o poder do teste estatístico. Por outro lado, não houve reprodução da variação percentual de “alta” influência competitiva encontrada no TCR1 comparada à duplicata TCR2. Isso sugere que a alta variação do tempo encontrada no TCR1 não pode ser atribuída ao caráter dimensional da informação.

Na fase adulta, o conceito integrado de tempo, espaço e velocidade demonstraram-se experimentalmente consolidados a partir dos 20 anos de idade²⁸. Comparado com não atletas, atletas experientes apresentaram melhor habilidade navegacional antecipatória²⁹. Outros autores¹⁴ observaram que ciclistas bem treinados reproduziram o tempo total em 4TCRs repetidos de 4 Km, sem necessidade de familiarização, quando houve informação concomitante sobre o tempo transcorrido e sobre a distância total a ser percorrida. Neste mesmo estudo¹⁴, a diminuição do tempo de execução ao longo dos 4TCRs repetidos (i.e. melhora de desempenho) foi observada apenas no grupo de ciclistas que não tiveram qualquer informação dimensional sobre os testes. Isso significa que a influência da experiência prévia sobre o resultado final passou a ser significativa apenas quando não houve informação sobre o percurso. O presente estudo acrescenta que quando a informação de tempo ou espaço

foi disponibilizada exclusivamente de maneira equilibrada, a natureza dimensional da informação não influenciou sistematicamente a reprodutibilidade de TCRs com dimensões não familiares.

Comparação da estratégia de corrida entre TCR- rotina e TCR-novidade

A estratégia de corrida adotada na execução de um TCR por vezes é subestimada como flutuações na intensidade do exercício que adicionam “ruído” na avaliação da influência fisiológica do desempenho. No entanto, Jeukendrup e Currel¹³ argumentaram que ‘a estratégia de ritmo de corrida é um componente inerente do desempenho real e não é algo que deva ser omitido no teste de desempenho’. As variações de comportamento ao longo de um TCR não são ruídos adicionados à coleta de dados, mas são flutuações não aleatórias e determinísticas, que têm uma dimensão fractal e são geradas por mecanismos de controle intrínseco da intensidade presente no sistema nervoso central³⁰.

Neste presente estudo, as estratégias de corrida representadas na Figura 2 mostraram que os corredores adotaram um comportamento variável no TCR-rotina (duplicata T3000) com picos de velocidade em 10%, 40% e 100%, ao passo que a estratégia adotada nas duplicatas TCR1 e TCR2-novidade apresentaram um comportamento de manutenção da velocidade inicial até 90% do percurso. A estratégia variável resultou numa velocidade média significativamente maior na execução do T3000 comparado ao TCR1 e TCR2 (Tabela 3). Ressalta-se, entretanto, a ausência de um TCR em duplicata com distância menor que 3000m, o que pode ser considerado uma limitação deste estudo. Apenas considerando as dimensões dos TCRs utilizados neste estudo, não houve associação proporcional entre a variação da velocidade média e a variação da distância percorrida (Tabela 3).

Dentre os tipos de estratégias variáveis, o comportamento em “U”, ou seja, com início forte, redução e manutenção da velocidade até cerca de 90% da distância total seguido pelo *endspurt* (i.e. velocidade máxima de chegada), é frequentemente observada em

competições de 5000m e 10000m^{31,32}. Neste presente estudo, os corredores adotaram, sem instrução ou consciência, uma estratégia em “W” específica do TCR-rotina de 3000m que foi reproduzida mesmo com 4TCRs-novidade intercalados (Figura 3). Nesse sentido, as observações deste estudo corroboram com o estudo de Mauger et al.³³ que demonstraram em ciclistas que a estratégia de ritmo aprendida é robusta e não sofre influência de outras estratégias de ritmo intercaladas.

Os TCR-novidade, por sua vez, caracterizaram-se por uma estratégia mais conservadora que não se alterou mesmo após as quatro repetições realizadas num espaço de duas semanas (Figura 3). De maneira semelhante, outros autores observaram que em ciclistas não treinados e não familiarizados, o padrão de variação do ritmo não se altera de forma aguda com a prática de 4TCRs realizados num intervalo de 17 min³⁴.

As observações sugerem que os atletas deste estudo desenvolveram uma estratégia específica de corrida observada no T3000 que não foi transferida para outras distâncias não vivenciadas na rotina de treinamento. Nesse sentido, Mauger et al.¹⁴ encontraram correlação positiva entre eletromiografia integrada de membro inferiores e a estratégia variável de ritmo em ciclistas que realizaram um TCR de 4 Km com informação da distância e familiarização, ou seja, houve coordenação entre variação da intensidade e recrutamento de unidades motoras. Contudo, quando outro grupo de ciclistas realizou o mesmo TCR de 4 km sem informação alguma, caracterizando uma situação de novidade, a correlação entre eletromiografia e estratégia de ritmo foi negativa, ou seja, o padrão de recrutamento de unidades motoras correspondeu ao modelo de fadiga periférica. Portanto, o padrão de recrutamento de unidades motoras dos músculos envolvidos na tarefa motora pode sofrer alterações a partir do sistema nervoso central conforme a familiaridade e a disponibilidade da informação. Nosso estudo sugere, como hipótese de trabalho, que um fenômeno semelhante pode ocorrer durante a transição rotina-novidade. Isto é, o TCR-rotina apresenta um padrão de recrutamento de unidades motoras mais

eficiente, enquanto o TCR-novidade apresenta um comportamento padrão ou de referência.

Conclusões e perspectivas

Desde que haja informação sobre as dimensões e o propósito do TCR, o atleta experiente processa a informação de tempo ou espaço com igual eficiência. No entanto, um TCR que se torne rotina numa distância diferente da competição de escolha pode representar apenas uma avaliação específica do TCR.

Os resultados apresentados neste estudo sugerem que os corredores adquiriram uma habilidade motora mais eficiente e específica para o T3000 desenvolvida através da prática repetida em um ambiente familiar. Tal observação pode denotar uma fase avançada do aprendizado, provavelmente de retenção, onde os movimentos são produzidos sequencialmente em baixo estado de atenção³⁵. Um estudo que utilizou neuroimagem mostrou que durante o processo de aprendizado motor há uma gradual redução na atividade de áreas relacionadas com a atenção e correção do movimento (e.g. lobo parietal e cerebelo) e aumento da atividade de áreas relacionadas com o planejamento motor e controle sequencial do movimento (e.g. área motora suplementar e estriado)¹⁶. Adicionalmente, o aprendizado motor contínuo está associado com um processamento neural mais eficiente de integração de áreas corticais com estruturas subcorticais¹⁹. Entretanto, a ocorrência de adaptações neurais similares às observadas em estudos de neuroimagem que possam ser associadas com diferentes estratégias não declarativas de corrida será objeto de especulação por algum tempo. No presente momento, estudos de neuroimagem com corredores em atividade não estão disponíveis na literatura devido às restrições técnicas. Portanto, os resultados deste presente estudo apontam para uma hipótese de trabalho e não para uma conclusão. Isto é, outros estudos deverão ser conduzidos para investigar possíveis diferenças entre uma estratégia de corrida não declarativa em situação de rotina comparada a uma situação de novidade.

Na prática, o treinamento em corrida não deveria ficar restrito ao modelo de treinamento biológico com

controle consciente de velocidade e repetições que apenas visam adaptações cardiovasculares e musculares. Em eventos competitivos ou de velocidade variável autônoma, o recrutamento de unidades motoras e, conseqüentemente, a variação da intensidade, é resultante da interconexão de áreas corticais e subcorticais do cérebro que parecem operar de forma diferenciada em situações de rotina comparada com novas situações. O desafio pode estar em desenvolver métodos de treinamento que permitam a transição imediata da habilidade de rotina para uma situação de novidade.

Tal desafio torna-se maior em corredores de longas distâncias (e.g. maratonistas e ultramaratonistas), onde as dimensões específicas não são normalmente executadas como rotina de treinamento. Portanto, estudos que sejam conduzidos dentro das características específicas de treinamento da modalidade são fundamentais para que se possa avaliar o potencial de transposição da ciência do exercício (i.e. biológica) para a ciência do esporte (i.e. psicobiológica) em vista da integração dos aspectos biológicos com os cognitivos.

Agradecimentos

Este projeto teve financiamento pelo programa institucional de bolsas de iniciação científica – SAE - Unicamp. Os autores declaram que não houve conflito de interesse.

Referências

1. Laursen PB, Francis GT, Abbiss CR, Newton MJ, Nosaka K. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. **Med Sci Sports Exerc** 2007;39(8):1374-9.
2. Ulmer HV. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. **Experientia** 1996;52(5):416-20.
3. Lambert EV, St Clair Gibson A, Noakes TD. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. **Br J Sports Med** 2005;39(1):52-62.
4. Noakes TD, St Clair Gibson A, Lambert EV. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. **Br J Sports Med** 2004;38(4):511-4.
5. St Clair Gibson A, Lambert EV, Rauch LH, Tucker R, Baden DA, Foster C, et al. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. **Sports Med** 2006;36(8):705-22.
6. Faulkner J, Arnold T, Eston R. Effect of accurate and inaccurate distance feedback on performance markers and pacing strategies during running. **Scand J Med Sci Sports** 2011;21(6):176-83.
7. Lander PJ, Butterly RJ, Edwards AM. Self-paced exercise is less physically challenging than enforced constant pace exercise of the same intensity: influence of complex central metabolic control. **Br J Sports Med** 2009;43(10):789-95.
8. Stone MR, Thomas K, Wilkinson M, Jones AM, St Clair Gibson A, Thompson KG. Effects of deception on exercise performance: implications for determinants of fatigue in humans. **Med Sci Sports Exerc** 2012;44(3):534-41.
9. Micklewright D, Papadopoulou E, Swart J, Noakes T. Previous experience influences pacing during 20 km time trial cycling. **Br J Sports Med** 2010;44(13):952-60.
10. Albertus Y, Tucker R, St Clair Gibson A, Lambert EV, Hampson DB, Noakes TD. Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. **Med Sci Sports Exerc** 2005;37(3):461-8.
11. Piaget J. *Child's Conception of Movement and Speed*. New York: **Routledge**; 1970.
12. Talmy L. Force dynamics in language and cognition. **Cognitive science** 1988;12(1):49-100.
13. Jeukendrup AE, Currell K. Should time trial performance be predicted from three serial time-to-exhaustion tests? **Med Sci Sports Exerc** 2005;37(10):1820.
14. Mauger AR, Jones AM, Williams CA. Influence of feedback and prior experience on pacing during a 4-km cycle time trial. **Med Sci Sports Exerc** 2009;41(2):451-8.
15. MacKay-Lyons M. Central pattern generation of locomotion: a review of the evidence. **Phys Ther** 2002;82(1):69-83.
16. Doyon J, Benali H. Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. **Curr Opin Neurobiol** 2005;15(2):161-7.
17. Goldberg E. *The Conductor: A Closer Look at the Frontal Lobes*. The new executive brain: Frontal lobes in a complex world. New York: **Oxford University Press**; 2009. p. 89-2.
18. Petersen SE, van Mier H, Fiez JA, Raichle ME. The effects of practice on the functional anatomy of task performance. **Proc Natl Acad Sci USA** 1998;95(3):853-60.
19. Reithler J, van Mier HI, Goebel R. Continuous motor sequence learning: cortical efficiency gains accompanied by striatal functional reorganization. **Neuroimage** 2010;52(1):263-76.
20. Hopkins WG, Hawley JA, Burke LM. Design and analysis of research on sport performance enhancement. **Med Sci Sports Exerc** 1999;31(3):472-85.
21. Kearney JT. Sport performance enhancement: design and analysis of research. **Med Sci Sports Exerc** 1999;31(5):755-7.
22. Coutts AJ, Duffield R. Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. **J Sci Med Sport** 2010;13(1):133-5.
23. Gray AJ, Jenkins D, Andrews MH, Taaffe DR, Glover ML. Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. **J Sports Sci** 2010;28(12):1319-25.
24. Hopkins WG. Competitive performance of elite track-and-field athletes: variability and smallest worthwhile enhancements. **Sportscience** 2005;9:17-20.
25. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Med Sci Sports Exerc** 2009;41(1):3-13.

26. Tucker R, Marle T, Lambert EV, Noakes TD. The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed rating of perceived exertion. **J Physiol** 2006;574(Pt 3):905-15.
27. Tyler C, Sunderland C. The effect of ambient temperature on the reliability of a preloaded treadmill time-trial. **Int J Sports Med** 2008;29(10):812-6.
28. Siegler RS, Richards DD. Development of time, speed, and distance concepts. **Developmental Psychology** 1979;15(3):288-98.
29. Gerin-Lajoie M, Ronsky JL, Loitz-Ramage B, Robu I, Richards CL, McFadyen BJ. Navigational strategies during fast walking: a comparison between trained athletes and non-athletes. **Gait Posture** 2007;26(4):539-45.
30. Tucker R, Bester A, Lambert EV, Noakes TD, Vaughan CL, St Clair Gibson A. Non-random fluctuations in power output during self-paced exercise. **Br J Sports Med** 2006;40(11):912-7.
31. Gosztyla AE, Edwards DG, Quinn TJ, Kenefick RW. The impact of different pacing strategies on five-kilometer running time trial performance. **J Strength Cond Res** 2006;20(4):882-6.
32. Tucker R, Lambert MI, Noakes TD. An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. **Int J Sports Physiol Perform** 2006;1(3):233-45.
33. Mauger AR, Jones AM, Williams CA. Influence of exercise variation on the retention of a pacing strategy. **Eur J Appl Physiol** 2010;108(5):1015-23.
34. Williams CA, Bailey SD, Mauger AR. External exercise information provides no immediate additional performance benefit to untrained individuals in time trial cycling. **Br J Sports Med** 2012;46(1):49-53.
35. Willingham DB. A neuropsychological theory of motor skill learning. **Psychol Rev** 1998;105(3):558-84.