



revista portuguesa de  
ciências do desporto

Volume 5 • Nº 1  
Janeiro-Abril 2005

portuguese journal  
of sport sciences



**Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**  
[Portuguese Journal of Sport Sciences]

Publicação quadrimestral da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto  
Vol. 5, Nº 1, Janeiro-Abril 2005  
ISSN 1645-0523. Dep. Legal 161033/01

**Director**

Jorge Olímpio Bento (Universidade do Porto)

**Editor**

António Teixeira Marques (Universidade do Porto)

**Conselho editorial [Editorial Board]**

Adroaldo Gaya (Universidade Federal Rio Grande Sul, Brasil)  
António Prista (Universidade Pedagógica, Moçambique)  
Eckhard Meinberg (Universidade Desporto Colónia, Alemanha)  
Gaston Beunen (Universidade Católica Lovaina, Bélgica)  
Go Tani (Universidade São Paulo, Brasil)  
Ian Franks (Universidade de British Columbia, Canadá)  
João Abrantes (Universidade Técnica Lisboa, Portugal)  
Jorge Mota (Universidade do Porto, Portugal)  
José Alberto Duarte (Universidade do Porto, Portugal)  
José Maia (Universidade do Porto, Portugal)  
Michael Sagiv (Instituto Wingate, Israel)  
Neville Owen (Universidade de Queensland, Austrália)  
Rafael Martín Acero (Universidade da Corunha, Espanha)  
Robert Brustad (Universidade de Northern Colorado, USA)  
Robert M. Malina (Universidade Estadual de Tarleton, USA)

**Comissão de Publicação [Publication Committee]**

Amândio Graça (Universidade do Porto, Portugal)  
António Manuel Fonseca (Universidade do Porto, Portugal)  
Eunice Lebre (Universidade do Porto, Portugal)  
João Paulo Vilas Boas (Universidade do Porto, Portugal)  
José Pedro Sarmento (Universidade do Porto, Portugal)  
Júlio Garganta (Universidade do Porto, Portugal)  
Maria Adília Silva (Universidade do Porto, Portugal)  
Olga Vasconcelos (Universidade do Porto, Portugal)  
Ovídio Costa (Universidade do Porto, Portugal)  
Rui Garcia (Universidade do Porto, Portugal)

**Design gráfico e paginação** Armando Vilas Boas

**Capa** Fotografia de Armando Vilas Boas

**Modelo** Carla Pinheiro Loureiro

**Impressão e acabamento** Multitema

**Assinatura Anual** Portugal e Europa: 37,50 Euros

Brasil e PALOP: 45 Euros, outros países: 52,50 Euros

**Preço deste número** Portugal e Europa: 15 Euros

Brasil e PALOP: 15 Euros, outros países: 20 Euros

**Tiragem** 500 exemplares

**Copyright** A reprodução de artigos, gráficos ou fotografias só é permitida com autorização escrita do Director.

**Endereço para correspondência**

**Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**

Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto

Rua Dr. Plácido Costa, 91 · 4200.450 Porto · Portugal

Tel: +351-225074700; Fax: +351-225500689

[www.fcdef.up.pt](http://www.fcdef.up.pt) – [expediente@fcdef.up.pt](mailto:expediente@fcdef.up.pt)

**Consultores [Consulting Editors]**

Alberto Amadio (Universidade São Paulo)  
Alfredo Faria Júnior (Universidade Estado Rio Janeiro)  
Almir Liberato Silva (Universidade do Amazonas)  
Anthony Sargeant (Universidade de Manchester)  
António Carlos Guimarães (Universidade Federal Rio Grande Sul)  
António da Paula Brito (Universidade Técnica Lisboa)  
António Roberto da Rocha Santos (Univ. Federal Pernambuco)  
Carlos Carvalho (Instituto Superior da Maia)  
Carlos Neto (Universidade Técnica Lisboa)  
Cláudio Gil Araújo (Universidade Federal Rio Janeiro)  
Dartagnan P. Guedes (Universidade Estadual Londrina)  
Duarte Freitas (Universidade da Madeira)  
Eduardo Archetti (Universidade de Oslo)  
Eduardo Kokubun (Universidade Estadual Paulista, Rio Claro)  
Francisco Alves (Universidade Técnica de Lisboa)  
Francisco Camiña Fernandez (Universidade da Corunha)  
Francisco Carreiro da Costa (Universidade Técnica Lisboa)  
Francisco Martins Silva (Universidade Federal Paraíba)  
Glória Balagué (Universidade Chicago)  
Gustavo Pires (Universidade Técnica Lisboa)  
Hans-Joachim Appell (Universidade Desporto Colónia)  
Helena Santa Clara (Universidade Técnica Lisboa)  
Hugo Lovisoló (Universidade Gama Filho)  
Jaime Sampaio (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)  
Jean Francis Gréhaigne (Universidade de Besançon)  
Jens Bangsbo (Universidade de Copenhaga)  
João Barreiros (Universidade Técnica de Lisboa)  
José Alves (Escola Superior de Desporto de Rio Maior)  
José Luis Soidán (Universidade de Vigo)  
José Manuel Constantino (Universidade Lusófona)  
José Vasconcelos Raposo (Univ. Trás-os-Montes Alto Douro)  
Juarez Nascimento (Universidade Federal Santa Catarina)  
Jürgen Weineck (Universidade Erlangen)  
Lamartine Pereira da Costa (Universidade Gama Filho)  
Luís Sardinha (Universidade Técnica Lisboa)  
Manoel Costa (Universidade de Pernambuco)  
Manuel Patrício (Universidade de Évora)  
Manuela Hasse (Universidade Técnica de Lisboa)  
Marco Túlio de Mello (Universidade Federal de São Paulo)  
Margarida Espanha (Universidade Técnica de Lisboa)  
Margarida Matos (Universidade Técnica de Lisboa)  
Maria José Mosquera González (INEF Galiza)  
Markus Nahas (Universidade Federal Santa Catarina)  
Maurício Murad (Universidade do Estado do Rio de Janeiro)  
Pablo Greco (Universidade Federal de Minas Gerais)  
Paula Mota (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)  
Paulo Farinatti (Universidade do Estado do Rio de Janeiro)  
Paulo Machado (Universidade Minho)  
Sidónio Serpa (Universidade Técnica Lisboa)  
Silvana Göllner (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)  
Valdir Barbanti (Universidade São Paulo)  
Víctor Matsudo (CELAFISCS)  
Víctor da Fonseca (Universidade Técnica Lisboa)  
Víctor Lopes (Instituto Politécnico Bragança)  
Wojtek Chodzko-Zajko (Universidade Illinois Urbana-Champaign)

A RPCD está indexada no SPORTDiscus, no Directório e no Catálogo Latindex – Sistema regional de informação em linha para revistas científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

ARTIGOS DE INVESTIGAÇÃO  
[ORIGINAL PAPERS]

- 7 Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional  
Use of invasive and non-invasive protocol tests on aerobic and anaerobic performances prediction in Brazilian swimmers  
Marcelo Papoti, Alessandro M. Zagatto  
Olga C. Mendes, Claudio A. Gobatto
- 15 Impulsão dinâmica da transposição da barreira. Alterações na capacidade de produção mecânica do complexo músculo-tendinoso provocadas pela instalação da fadiga  
Dynamic take-off hurdles clearance. Changes on the mechanical power output variables produced by the muscle-skeletal system on the take-off phase of hurdles clearance, induced by a specially designed fatigue protocol  
Maria João Valamatos, Maria José Valamatos  
Pedro Mil-Homens, António Veloso
- 31 Personalidade de atletas brasileiros de alto-rendimento: comparações entre os sexos masculino e feminino e correlação com nível de performance e tempo de treinamento  
Personality of Brazilian high-level athletes: comparison between men and women and correlation with performance level and training years  
Maurício B. Filho, Luiz S. Ribeiro, Félix G. García
- 40 Specific strength training of the flick in Field Hockey through over-weighted balls  
Treino específico da força do "flick" no Hóquei em Campo com utilização de bolas de peso superior ao regulamentar  
F. J. Vizcaya Pérez, M. Fernández del Olmo  
R. Martín Acero
- 49 Estudo descritivo do inventário do treino técnico-desportivo do tenista: resultados parciais segundo o 'ranking'  
A descriptive study of the "Technical Training Questionnaire for Tennis Players": partial results according to ranking  
Marcos A. A. Balbinotti, Carlos A. A. Balbinotti  
António T. Marques, Adroaldo C. A. Gaya
- 59 Frequência, precisão e localização temporal de conhecimento de resultados e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora de controle da força manual  
Frequency, precision and temporal localization of knowledge of results and the adaptive process in the acquisition of a manual force control skill  
Go Tani, Cássio M. Meira Jr., Fábio R. F. Gomes
- 69 Actividade física e práticas de lazer em adolescentes  
Physical and Leisure Activities in Adolescents  
Carlos Esculcas, Jorge Mota
- 77 Influência do meio (urbano e rural) no padrão de aptidão física de rapazes de Viana do Castelo, Portugal  
Environmental (urban-rural) influences on physical fitness pattern of 7 to 10 year-old boys in Viana do Castelo, Portugal  
Luís P. Rodrigues, Pedro Bezerra, Linda Saraiva

ARTIGOS DE REVISÃO  
[REVIEWS]

- 87 Efeito ergogênico da cafeína na performance em exercícios de média e longa duração  
Ergogenic effect of caffeine on performance in middle- and long-term exercise  
Leandro Altimari, Juliana de Melo  
Michele Trindade, Julio Tirapegui, Edilson Cyrino
- 102 Efeitos da ingestão dos aminoácidos de cadeia ramificada na fadiga central  
The role of branched chain amino acids supplementation on central fatigue  
Paulo Armada-da-Silva, Francisco Alves
- 114 Potencial efeito preventivo e terapêutico da actividade física no síndrome do canal cárpico  
Potential effect of physical activity on therapy and prevention of carpal tunnel syndrome  
Vasco Neves, José Duarte



## Nota editorial

### *Tempo de mudanças*

Jorge Olímpio Bento

Aparentemente os ventos que hoje sopram no cenário internacional não são determinados pela mudança. É como se eles fossem mais do mesmo. Todavia, se eles não são directamente portadores de mudança, trazem no seu bojo razões de sobra para que se proceda a alterações e transformações. Com efeito as mudanças tanto são insufladas pela evolução da conjuntura como pela necessidade de reagir à manutenção das circunstâncias.

Quando olhamos para o Mundo e para os acontecimentos mais importantes que nele ocorrem, por exemplo, a reeleição do Presidente dos EUA e a eleição do novo Papa, fica-se com a sensação de que pouco ou nada mudou, de que a continuidade é a marca deste tempo. Mas não é bem assim; as reacções a este aparente imobilismo não se fazem esperar. Igualmente quando as coisas estão bem, seja com pessoas, seja com instituições ou com projectos, acontece uma situação em tudo similar. Para que o bem-estar se prolongue e consolide, urge inovar e avançar com decisões e medidas susceptíveis de alargarem as perspectivas e horizontes. Mudar é uma exigência imposta pelas leis da vida.

É precisamente neste conceito que a RPCD bebe as referências da sua orientação. Os curtos anos da sua existência foram assinalados por um crescente reconhecimento dentro e fora de portas. De resto ao dizer-se portuguesa ela não se atém ao País, mas quer sobretudo enfatizar a sua ligação ao espaço geográfico e cultural balizado pelo idioma em causa. Para que a RPCD possa corresponder à aceitação que tem merecido junto da comunidade das Ciências do Desporto e das entidades e instâncias de financiamento e acreditação nacionais e internacionais, é chegada a hora de proceder a algumas mudanças.

Delas se espera um impulso renovador da missão que preside à publicação.

A primeira mudança é a do aumento dos números de publicação anual, que passam já no presente ano de dois para três. Com isto queremos melhorar as possibilidades de satisfação do legítimo interesse de muitos investigadores que pretendem ver os seus estudos publicados nesta revista e dentro de um horizonte temporal razoável. A procura tem aumentado constantemente, sem que haja qualquer tendência de abaixamento da qualidade dos trabalhos apresentados. É, pois, justo que se melhore a oferta de oportunidades de publicação.

Uma segunda mudança coloca restrições à publicação de trabalhos de revisão bibliográfica. Esses trabalhos somente serão aceites, se tiverem sido elaborados a convite da RPCD. A restrição é ditada pelo elevado número de estudos submetidos a apreciação, bem como pela necessidade de preservar a vocação e identidade da revista como um espaço de publicação preferencial de trabalhos originais. Ademais, se tudo continuasse como até agora, o tempo de espera para publicação tenderia a alargar-se, com manifesto prejuízo para os autores.

Do mesmo modo a revista passará a estar aberta à publicação de ensaios, igualmente se forem por si encomendados. As normas de publicação passam a conter indicações respeitantes a estes casos.

A terceira mudança ocorre nos órgãos editoriais e de consultoria, quer na sua designação, quer na respectiva composição. Procura-se assim uma configuração conforme aos padrões internacionais.

Acresce que os números já editados pela RPCD, com excepção dos números correspondentes aos dois últimos anos, passam a estar disponíveis gratuita-

mente no portal de que ela dispõe na internet. Desde o seu começo a revista nunca perseguiu intuídos comerciais; pelo contrário, sempre se pautou pelos ideais de divulgação, de partilha e solidariedade. Ora há instituições e pessoas para as quais a medida adoptada pode ser de grande utilidade, razão bastante para a tomar.

Em suma, os tempos são de mudança. Para a RPCD, para todos e cada um de nós. Com a finalidade de assim conservarmos, inovarmos e prolongarmos os princípios, sonhos e ideais que nos movem.

**Jorge Olímpio Bento**

ARTIGOS DE  
INVESTIGAÇÃO

[ORIGINAL PAPERS]



# Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional

Marcelo Papoti<sup>1,2</sup>  
Alessandro M. Zagatto<sup>2,3</sup>  
Olga C. Mendes<sup>1</sup>  
Claudio A. Gobatto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdades Integradas de Bauru, SP, Brasil  
<sup>2</sup>Laboratório de Biodinâmica, UNESP Rio Claro, SP, Brasil  
<sup>3</sup>Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, MS, Brasil

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.07>

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar a velocidade crítica (VC) com o limiar anaeróbio (LAN) e verificar as relações dessas variáveis e da capacidade de nado anaeróbio (CTA) com o desempenho de nadadores nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m, 200m e 400m nado *crawl*. Participaram voluntariamente do estudo 8 nadadores de nível nacional, que realizaram 3 esforços progressivos (85%, 90% e 100%) de 400m nado *crawl* para determinação do LAN, bem como esforços máximos nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m, 200m e 400m em estilo *crawl*. Os tempos obtidos nas distâncias de 200m e 400m foram submetidos ao procedimento de regressão linear para determinação da VC (coeficiente angular) e CTA (coeficiente linear). A VC ( $1,38 \pm 0,07$ ) não foi significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) do LAN ( $1,37 \pm 0,05$ ) e apresentaram correlações significativas com a performance de 400m nado *crawl* ( $p < 0,05$ ), enquanto que a CTA não se correlacionou significativamente com nenhuma das performances de nado. Desse modo pode-se concluir que a VC é um parâmetro confiável na avaliação da capacidade aeróbia e na predição da performance de 400m nado *crawl*. No entanto, a CTA obtida pelo intercepto-y não foi um bom preditor da performance dos nadadores nas distâncias entre 15m a 400m.

**Palavras-chave:** natação, capacidade anaeróbia, velocidade crítica, performance.

## ABSTRACT

**Use of invasive and non-invasive protocol tests on aerobic and anaerobic performances prediction in Brazilian swimmers**

The purpose of this study was to compare the critical velocity (VC) with the anaerobic threshold (LAN) and verify the relationship among VC and LAN with anaerobic swimming capacity (CTA) with the swimmer's performance in the 15m, 25m, 50m, 100m, 200m, 400m distances in crawl swimming. Eight national level swimmers were volunteers in the present study, and performed 3 progressive efforts of 400m crawl swimming (85%, 90% and 100%) for LAN determination. They also performed the maximum effort in the 15m, 25m, 50m, 100m, 200m and 400m distances in crawl style. The scores resulted from the 200m and 400m distances were submitted to the linear regression procedure for VC determination (angular coefficient) and CTA (linear coefficient). The VC ( $1.38 \pm 0.07$ ) was not significantly different from the LAN ( $1.37 \pm 0.05$ ) and presented significant correlations with the 400m crawl swimming performance ( $p < 0.05$ ), while the CTA did not correlate significantly with any of these swimming performances. In this way, it is possible to conclude that the VC is a trustful reliable indicator for the evaluation of the aerobic capacity in swimming. However, the CTA resulted from y-intercept was not a good predictor of the swimmer's performance in the distances from 15m to 400m crawl swimming.

**Key Words:** swimming, anaerobic capacity, critical velocity, performance.

## INTRODUÇÃO

A determinação das concentrações sanguíneas de lactato é uma ferramenta amplamente utilizada por técnicos e pesquisadores para quantificar as cargas de treinamento (28, 34), monitorar a evolução dos nadadores (36) e prescrever as intensidades ideais do treinamento aeróbio com base na determinação do limiar anaeróbio (22). Essa determinação, resumidamente, consiste em submeter o nadador a esforços progressivos em distância previamente definida e intervalos relativamente curtos entre os esforços, com coletas de amostras sanguíneas após cada nado. Utilizando a relação entre a concentração de lactato ([La-]) *versus* a velocidade média de nado ( $V_m$ ), é possível determinar uma velocidade muito próxima à ideal para o treinamento aeróbio (11, 21). Dentre as técnicas amplamente utilizadas para determinação do limiar anaeróbio, se destacam a convencional, obtida pelo aumento abrupto do lactato, o aumento de 1 mM na concentração de lactato acima da linha de base em testes de cargas contínuas, ou pela intensidade de exercício correspondente à concentração fixa de 4 mM de lactato, além de outros. Recentemente, Pereira et al. (35) validaram dois protocolos para a determinação do limiar anaeróbio (LAN) em natação utilizando a concentração fixa de 3,5 mM de lactato, com a realização de 3 esforços progressivos nas distâncias de 200m e 400m, intervalo de 3 minutos entre os esforços e coleta de amostras sanguíneas 1 minuto após cada nado. Esses protocolos foram comparados com a velocidade de máxima fase estável de lactato (MFEL). Os autores nesse estudo, além de não verificarem diferenças significativas entre os LANs determinados com a utilização de ambos os esforços (200m e 400m) e a MFEL, também observaram elevadas correlações ( $p < 0,05$ ), evidenciando a validade desses protocolos na determinação da capacidade aeróbia de nadadores. Embora todos os critérios utilizados, geralmente, apresentem elevadas correlações ( $r > 0,92$ ) com a performance de *endurance*, os valores de LAN, dependendo do protocolo utilizado, podem diferenciar-se significativamente em até 15% (44), o que pode subestimar ou superestimar as intensidades do treinamento. No entanto, o lactato sanguíneo é uma ferramenta sensível a pequenas adaptações no treinamento de nadadores (36).

Os métodos para mensurar variáveis anaeróbias como força e potência não são tão bem desenvolvidos como os que avaliam as qualidades aeróbias, embora sejam aspectos importantes para a evolução do nadador (40). Maglischo (24) sugeriu, como forma de avaliar a capacidade anaeróbia, a determinação da concentração de lactato sanguíneo após esforços máximos, sendo que baixos valores de lactato, juntamente com desempenhos insatisfatórios, poderiam indicar a deterioração desta capacidade. No entanto, a diminuição da concentração sanguínea de lactato após esforços máximos pode ser devida a um estado de supertreinamento (6, 16, 20, 42). Também são frequentes metodologias que avaliam a força dos nadadores, fora da água, utilizando o banco de nado “swim bench” (38) e, na água, em situação de nado atado (3, 13, 17, 23, 25, 29, 32, 33). Essa última, além de apresentar especificidade superior ao “swim bench”, é um ergômetro reprodutível (13, 25, 37), sensível aos efeitos do treinamento (32, 46) e altamente correlacionado com a velocidade de nado nas distâncias entre 25m a 400m nado *crawl* (25, 33). Infelizmente, nem todas as equipes dispõem do suporte financeiro necessário para a aquisição de equipamentos específicos na mensuração da força e potência, ou para a realização constante de avaliações utilizando a lactacidemia. Por esses motivos, é crescente o número de estudos empenhados em desenvolver metodologias confiáveis e de baixo custo, a fim de proporcionar aos treinadores uma ferramenta segura para avaliação das capacidades físicas dos nadadores, assim como a prescrição e monitoramento das intensidades do treinamento. O teste de 30 minutos é um método clássico que fornece de maneira não invasiva a velocidade de nado correspondente ao limiar anaeróbio. Nesse teste, a velocidade média de nado obtida durante um esforço máximo de 30 minutos não foi significativamente diferente e ainda apresentou elevadas correlações com a velocidade de nado correspondente ao limiar anaeróbio determinado com a utilização da lactacidemia (5, 30). No entanto, o método é limitado por desconsiderar o componente anaeróbio envolvido, podendo não refletir sensivelmente as adaptações aeróbias dos nadadores. A utilização da potência crítica, proposta por Monod e Scherrer (26) e validada por Moritani et al. (27) -

teoricamente representa a máxima carga de trabalho que pode ser mantida por um longo período de tempo sem fadiga - tem sido objeto de vários estudos, parecendo ser um método alternativo de avaliação bastante conveniente, não apenas por se tratar de um modelo não invasivo, mas também por fornecer, em um único teste, indicadores das capacidades aeróbia e anaeróbia dos atletas. Basicamente, esse procedimento consiste em aplicar exercícios com intensidade constante medindo-se o tempo até o indivíduo entrar em exaustão (tempo limite). Essa relação hiperbólica também pode ser utilizada para expressar a relação entre a velocidade e o tempo de esforço (31).

Wakayoshi et al. (48), utilizando o conceito “linearizado” de potência crítica, verificaram se a velocidade crítica (VC) pode ser utilizada para estimar a performance de nadadores competitivos. Nesse estudo, para determinação da VC e da capacidade de “nado” anaeróbio (CTA), os nadadores foram submetidos a seis esforços até a exaustão no “swimming flume”. Os seis pontos obtidos da relação entre o tempo limite (Tlim) e a velocidade de nado (VN) foram submetidos ao procedimento de regressão linear, sendo que o coeficiente angular representou a VC e o coeficiente linear (intercepto-y) a CTA. Os autores observaram elevada correlação da VC com o limiar de lactato para concentração de 4 mM ( $p < 0,01$ ), com o limiar ventilatório ( $p < 0,05$ ) e com a velocidade máxima de 400m ( $p < 0,01$ ).

Em outro estudo, Wakayoshi et al. (49), utilizando o mesmo procedimento matemático descrito anteriormente, no entanto com distâncias pré-determinadas e assumindo que a relação entre a velocidade de nado e o tempo de esforço são lineares, constataram que a VC determinada em piscina convencional, apenas com a realização de dois esforços máximos em distâncias de 200m e 400m, corresponde à máxima fase estável de lactato, sugerindo sua utilização na avaliação da performance física sem a necessidade de amostras sanguíneas, ou equipamentos sofisticados. Kokubun (19) verificou a relação da VC com o limiar anaeróbio e sua sensibilidade aos efeitos do treinamento em 48 nadadores. Foram determinados o limiar anaeróbio correspondente à concentração de lactato de 4 mM e a velocidade crítica, obtida pela linearização da função hiperbólica, após o cálculo

das velocidades médias dos nadadores, determinadas através da realização de três esforços máximos em estilo *crawl* (100, 200 e 400m). Esse pesquisador relatou ao final do estudo que o modelo matemático utilizado para determinar a VC é um bom parâmetro para avaliar a capacidade aeróbia dos nadadores. Como foi citado anteriormente, a CTA teoricamente corresponde à variável anaeróbia do modelo de VC, sendo representada pelo coeficiente linear (intercepto-y). Foi demonstrado que essa variável não é afetada pela hipóxia (Moritani et al., 1981), é sensível a 8 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade (12) e a 6 semanas de treinamento resistido (1). Além disso, a CTA foi significativamente correlacionada com o teste de Wingate (9), produção anaeróbia de ATP muscular ( $r=0,70$ ) em ciclistas bem treinados (8) e com o *déficit* de oxigênio (12), sugerindo que o intercepto-y pode ser um parâmetro válido, para representar a capacidade de trabalho anaeróbio (9, 14, 15).

No entanto, os estudos encontrados na literatura não demonstraram associações entre a CTA e as performances anaeróbias de nadadores (4, 33, 43, 45), evidenciando a necessidade de pesquisas empenhadas em investigar o significado da CTA como preditor de performance em natação. Desse modo, o objetivo do presente estudo foi comparar a VC com o limiar anaeróbio e verificar as relações entre as variáveis aeróbias (LAN e VC) e anaeróbia (CTA) com o desempenho de nadadores nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m, 200m e 400m nado *crawl*.

## METODOLOGIA

### Participantes

Foram avaliados 8 nadadores de nível nacional com idade de  $17 \pm 1$  anos, massa corporal de  $64,46 \pm 4$  kg, estatura de  $173 \pm 3$  cm e tempo mínimo de natação competitiva de 5 anos. Os participantes somente foram confirmados após manifestação em termo de consentimento, aprovado pelo comitê de ética da Unesp, campus de Rio Claro, assinado pelos pais e técnicos das equipes.

### Testes

Os testes tiveram duração total de 3 dias. No dia 1 foi determinado o Limiar anaeróbio (LAN), enquanto que nos dias 2 e 3 foram obtidas as performances

máximas ( $P_{máx}$ ). Previamente ao início dos testes, os nadadores realizaram um período de aquecimento típico (~1000 m) em ritmo moderado, sendo composto de esforços utilizando os 4 estilos (borboleta, costas, peito e *crawl*) com predominância para o nado *crawl*.

**Determinação do limiar anaeróbio (LAN)**

Para determinação do Lan foi utilizado o protocolo validado por Pereira et al (35). Nesse protocolo os atletas realizaram três nados de 400m com intensidades respectivas de 85, 90, e 100% da melhor performance do atleta para o percurso, com 3 minutos de pausa entre os nados. Ao final dos exercícios foram coletadas amostras de sangue (25 µl) do lóbulos da orelha em tubos capilares calibrados, sendo transferidas para tubos Eppendorf de 1,5 ml, contendo 50 µl de NaF (fluoreto de sódio - 1%). O homogenado foi injetado (25 µl) em Lactímetro Eletro - Químico YSI (1500 SPORT, YSI, Ohio, EUA) para a determinação da concentração de lactato. As coletas foram realizadas 1 minuto após o término de cada um dos dois primeiros nados e 1, 3 e 5 minutos após o final do terceiro. No terceiro nado, considerou-se a concentração de lactato mais elevada dentre as três amostras (1, 3 e 5 minutos). Para cada nado, foi determinada a velocidade média e sua respectiva concentração de lactato. Por ajuste de curva de crescimento exponencial, utilizando programa *Origin 6.0*, determinou-se a velocidade correspondente a 3,5 mM de lactato (velocidade de limiar anaeróbio).

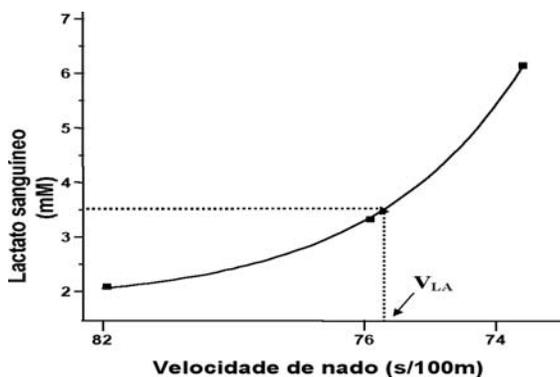


Figura 1. Determinação da velocidade correspondente ao limiar anaeróbio ( $V_{LA}$ ) de um atleta durante teste incremental de natação.

**Determinação da velocidade crítica (VC), capacidade de nado anaeróbio (CTA) e performances máximas**

Para determinação das performances máximas foram realizados cinco esforços máximos randomicamente estabelecidos nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m e 400m em estilo *crawl* durante 2 dias e separados por períodos mínimos de repouso de 2 horas. A VC e a CTA foram determinadas utilizando as velocidades obtidas nas distâncias de 200m e 400m, proposto por Wakayoshi et al. (49) e modificado por Kokubun (19). Os valores de distância e tempo foram submetidos ao procedimento de regressão linear para estimativa da VC e CTA (modelo distância-tempo). O coeficiente angular de cada uma das regressões individuais e o coeficiente linear dos sujeitos representaram a velocidade crítica (VC) e a capacidade de nado anaeróbio (CTA), respectivamente (Figura 2).

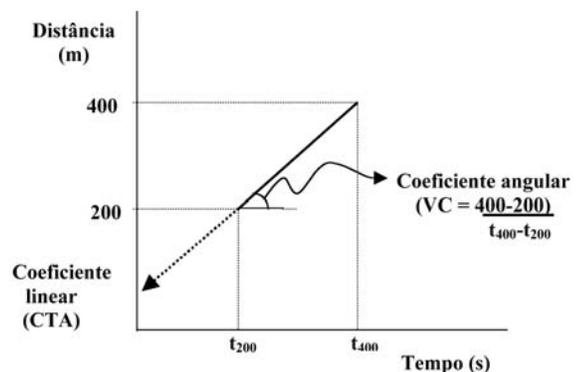


Figura 2. Regressão linear para determinação da velocidade crítica (VC) e capacidade de nado anaeróbio (CTA).

**Tratamento estatístico**

As relações entre os testes invasivo, não invasivo e de performances, foram obtidas a partir de análise de correlação de Pearson. Os valores entre limiar anaeróbio e velocidade crítica foram comparados pelo teste “t” de *student* para amostras dependentes. Em todos os casos, o nível de significância foi pré-fixado para  $p < 0,05$ .

**RESULTADOS**

Os valores de limiar anaeróbio (LAN), velocidade crítica (VC), capacidade de nado anaeróbio (CTA) e

das performances máximas em nado *crawl* estão apresentados nas tabelas 1 e 2. Não foi observada diferença significativa entre a VC e o LAN (Tabela 1). Além disso, essas variáveis foram altamente correlacionadas (Figura 3).

Tabela 1. Valores médios ± desvio padrão do limiar anaeróbio (LAN), velocidade crítica (VC) e capacidade de trabalho anaeróbio (CTA).

LAN (m/s)	VC (m/s)	CTA (m)
1,37 ± 0,5	1,38 ± 0,7	23,7 ± 10,5

Tabela 2. Valores médios ± desvio padrão das performances máximas (m/s) nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m, 200m e 400m nado *crawl*.

P15	P25	P50	P100	P200	P400
2,09 ± 0,09	1,97 ± 0,07	1,94 ± 0,05	1,73 ± 0,07	1,57 ± 0,05	1,48 ± 0,05

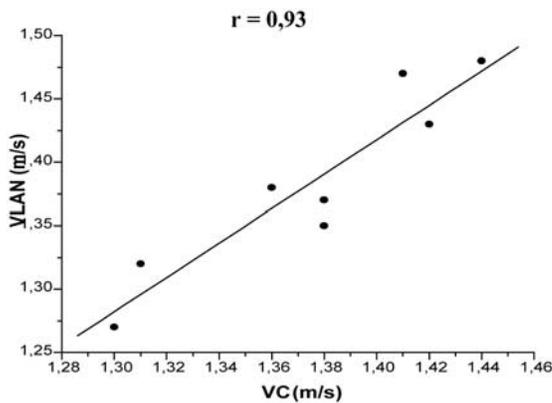


Figura 3. Correlação entre velocidade correspondente ao limiar anaeróbio (VLAN) e velocidade crítica (VC).

O LAN e a VC correlacionaram-se altamente com a performance de 400m. No entanto, a CTA não apresentou correlações significativas com nenhuma das performances de nado (Tabela 3).

Tabela 3. Correlações entre o limiar anaeróbio (LAN), velocidade crítica (VC) e capacidade de nado anaeróbio (CTA) com as performances máximas (m/s) nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m, 200m e 400m nado *crawl*.

	P15	P25	P50	P100	P200	P400
LAN (m/s)	0,43	0,68	0,61	0,55	0,50	0,96*
VC (m/s)	0,19	0,59	0,63	0,46	0,20	0,91*
CTA (m)	0,32	0,09	0,05	0,06	0,36	-0,55

\* Indica correlação significativa para  $p < 0,05$ .

## DISCUSSÃO

A diferença não significativa ( $p < 0,05$ ), juntamente com as elevadas correlações observadas entre o LAN e VC ( $r = 0,93$ ), reforça os achados de Dekerle et al. (4), Kokubun (19), Papoti et al. (33), Toussaint et al. (45), Vilas Boas (47) e Wakayoshi et al. (48, 49), ao sugerirem a utilização da VC como um índice para determinar a capacidade aeróbia de nadadores. Essa afirmação é ainda fortalecida pelas elevadas correlações ( $p < 0,01$ ) entre VC e a performance de 400m, esforço em que se observa significativa participação do componente aeróbio.

Para identificação do LAN no presente estudo utilizaram-se pausas de apenas 3 minutos entre os esforços, visando a otimização do tempo nos testes. Para isso adotou-se a concentração fixa de 3,5 mM de lactato (35) e não a de 4,0 mM, como geralmente é utilizado (11, 39). A utilização dessa concentração contraria Heck et al. (11), que sugerem a concentração fixa de 3,5 mM apenas para protocolos com estágios com duração de até 3 min, inferiores aos utilizados nesse estudo (4 a 5 min). O uso da concentração fixa de 4 mM, sugerida por esses autores quando a duração dos estágios for de 5 minutos, parece superestimar o LAN na natação, se a pausa entre os esforços incrementais for pequena, provavelmente devido à existência de efeitos residuais do metabolismo e da fadiga específica dos estágios anteriores, visto que os testes incrementais para determinação do LAN podem ser considerados protocolos dependentes (18).

Estudos experimentais e de revisão da literatura demonstraram associações significativas entre a CTA e o teste de Wingate (9), o trabalho intermitente total acumulado (15) e a produção de ATP muscular (8), além de demonstrarem contribuição significativa da CTA no desempenho em corridas acima de 8Km (2). Também foi demonstrada a sensibilidade da CTA aos efeitos do treinamento intenso (14), resistido (1) e a suplementação de creatina (41), evidenciando a possibilidade desse parâmetro ser utilizado como medida indireta na avaliação e predição de performances anaeróbias.

Interessante notar que os valores de CTA no presente estudo, ao contrário da maioria das investigações citadas anteriormente, não apresentaram correlações significativas com nenhuma das performances máximas.

Guglielmo e Denadai (10) não encontraram correlações entre a CTA de nadadores com a potência média determinada durante esforços máximos de 30 segundos em ergômetro de braço isocinético. Papoti et al. (33), utilizando um sistema de nado atado, verificaram correlação significativa entre a força média (FNA) durante esforços máximos de 30 segundos e performances de 100m e 200m nado *crawl*, mas não entre FNA e CTA obtida através do intercepto-y da relação linear distância *versus* tempo.

Soares et al. (43), após investigarem a aplicação da CTA (determinada através da relação obtida entre a distância pré-fixada pelo tempo de nado), como indicador da capacidade anaeróbia e sua sensibilidade ao longo do processo de treinamento em nadadores infantis e adultos, concluíram que a CTA não fornece informações consistentes sobre a capacidade anaeróbia de nadadores, independentemente da faixa etária considerada.

Dekerle et al. (4) também não constataram correlação significativa entre a CTA e a máxima distância anaeróbia em nadadores e sugeriram a não utilização deste parâmetro para controlar variáveis anaeróbias. Uma possível explicação para a contradição observada na literatura, em relação à utilização da CTA como parâmetro preditor de performances anaeróbias, pode ser porque as pesquisas que constataram correlações entre CTA e variáveis anaeróbias foram realizadas em cicloergômetros (8, 14, 15) e com sujeitos destreinados (1, 14, 15). Nessas metodologias, a relação utilizada para o procedimento de regressão linear considera o tempo limite (Tlim), enquanto que no modelo de distância fixa proposto por Wakayoshi et al. (49) implica que o nadador, teoricamente, não seja capaz de sustentar a velocidade de nado implementada durante os esforços, em qualquer distância superior à pré-fixada (200m e 400m). Essa hipótese parece limitar a utilização do modelo, principalmente sob o aspecto anaeróbio, pois alguns nadadores são capazes de sustentar a velocidade de nado obtida nas distâncias de 200m e 400m por mais alguns metros, provavelmente devido à capacidade de tolerância à acidose.

Entretanto, Toussaint et al. (45) investigaram se os conceitos de potência crítica e de CTA poderiam ser utilizados para avaliar as capacidades aeróbia e anaeróbia de nadadores.

Para isso, os autores baseados em estudos prévios e em avaliações realizadas no *swimming flume*, desenvolveram um modelo matemático relacionando a mecânica e a energética envolvida no nado *crawl*. Também modelaram a liberação de energia aeróbia e anaeróbia em relação ao tempo de nado. Os autores concluíram que, embora a velocidade crítica seja um indicativo do sistema aeróbio, a CTA sofre influência por ambas variações da energia proveniente dos sistemas anaeróbio e aeróbio, não fornecendo uma estimativa real da capacidade anaeróbia. Além disso, sua reprodutibilidade é baixa ( $r = 0,62$ ) quando comparada aos valores de potência crítica ( $0,92$ ) (7).

Outra hipótese para explicar a não representatividade da CTA como parâmetro preditor de performance de nadadores é que a maioria das pesquisas que investigaram a CTA de nadadores utilizou, assim como no presente estudo, o modelo de 2 velocidades proposto por Wakayoshi et al. (49). Como nesse protocolo os parâmetros de VC e CTA são obtidos somente pela realização de dois esforços máximos (200 m e 400 m), pequenas variações na velocidade de nado podem resultar em significativas alterações no intercepto-y.

Hill et al. (12) relataram que a CTA é um parâmetro sensível para mensurar a capacidade anaeróbia somente quando esta apresentar um erro padrão do coeficiente linear inferior a 10%. Se a CTA for obtida com a realização de vários esforços, teoricamente será possível determinar o erro do coeficiente linear (intercepto-y) e conseqüentemente obter maior precisão nos valores de CTA. No entanto, Bishop e Jenkins (1) encontraram elevada correlação negativa ( $r = -0,94$ ) entre alterações na potência crítica (PC) e a CTA após 6 semanas de treinamento resistido, evidenciando uma limitação ao modelo linear de determinação da PC.

## CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a VC é um parâmetro confiável na avaliação da capacidade aeróbia e na predição da performance de 400m de nadadores. No entanto, a CTA obtida pelo intercepto-y da linearização, distância pré-fixada e tempo de nado não representa um parâmetro válido na predição de performance nas distâncias entre 15m e 400 m em natação.

**Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo nº 01/08295-2) e do CNPq (Processo nº 130841/2003-0) na realização deste trabalho.

**CORRESPONDÊNCIA****Marcelo Papoti**

Laboratório de Biodinâmica, UNESP Rio Claro, SP  
Av. 24 A 15-15, Bela Vista, Rio Claro, SP  
13506-900 Brasil  
papoti@ig.com.br

**REFERÊNCIAS**

1. Bishop D, Jenkins DG. (1996). The influence of Resistance Training on the Critical Power Function & Time to Fatigue at Critical Power. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 28: 101-105.
2. Bulbulian R, Wilcox AR, Darabos BI. (1986). Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18: 107 - 113.
3. Costill DI, Reifield F, Kirwan J, Thomas R. (1986). A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. *Journal of Swimming Research* 2: 16 - 19.
4. Dekerle J, Sidney M, Hespel, MJ, Pelayo P. (2002). Validity and Reliability of Critical Speed, Critical Stroke Rate, and Anaerobic Capacity in relation to Front Crawl Swimming Performances. *International Journal of Sports Medicine* 23: 93-98.
5. Deminice R, Prado JRMV, Papoti M, Zagatto A. (2003). Utilização de métodos não-invasivos como indicador da capacidade aeróbia e da performance em natação competitiva. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento (Suplemento)*, 130.
6. Fry RW, Morton AR, Garcia-Webb P, Crawford GPM, Keast D. (1994). Psychological and immunological correlates of acute overtraining. *British Journal of Sports Medicine* 28: 241 - 246.
7. Gaesser GA e Wilson IA. (1988). Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine* 9: 417 - 21.
8. Green S, Dawson BT, Goodman, C, Carey MF. (1994). Y-intercept of the maximal work-duration relationship and anaerobic capacity in cyclists. *European Journal of Applied Physiology* 69: 550 - 556.
9. Green, S. (1995). Measurement of Anaerobic Work Capacities in Humans. *Sports Medicine* 19: 32-42.
10. Guglielmo IGA, Denadai BS. (1999). Correlação do teste de Wingate de braço com a capacidade de trabalho anaeróbio determinada através do conceito de velocidade crítica na natação. *Motriz (Suplemento)* 5: 92.
11. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. (1985). Justification of the 4mmol/l lactate threshold. *International Journal Sports Medicine* 6:117 - 30.
12. Hill DW, Jimmy C, Smith C. (1994). A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 34:23-37.
13. Hooper SL, Mackinnon IT, Ginn EM. (1998). Effects of three tapering techniques on the performances, forces and psychometric measures of competitive swimmers. *European Journal of Applied Physiology* 78: 258 - 263.
14. Jenkins DG, Quigley BM. (1993). The influence of high-intensity exercise on the Wlim-Tlim relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25: 275 - 282.
15. Jenkins DG, Quigley BM. (1991). The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. *Ergonomics* 31: 1413 -1419.
16. Jeukendrup AE, Hesselink MK. (1994). Overtraining - what do lactate curves tell us? *British Journal of Sports Medicine* 28: 239 - 240.

17. Johns RA, Houmard AJ, Kobe WR, Hortobágyi T, Bruno JN, Wells MJ, Shinebarger HM. (1992). Effects of taper on swim power, stroke distance, and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24: 1141 -1146.
18. Kiss MAPDM, Fleishmann E, Cordani IK, Kalinovsky F, Costa R, Oliveira FR, Gagliardi JFI. (1995). Validade da velocidade de limiar de lactato de 3,5 mmol/L<sup>-1</sup> identificada através de teste em pista de atletismo. *Revista Paulista de Educação Física* 9:16-25.
19. Kokubun E. (1996). Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Revista Paulista de Educação Física* 10: 5 - 20.
20. Lehmann M, Baumgart P, Wiesenack C. (1992). Training-overtraining: influence of a defined increase in training volume vs training intensity on performance, catecholamines and some metabolic parameters in experienced middle and long-distance runners. *European Journal of Applied Physiology* 64: 169 - 177.
21. Mader A, Heck HA. (1986). Theory of the metabolic origin of anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine* 7: 45 - 65.
22. Madsen O, Lohberg M. (1987). The load on lactates. *Swimming Technique* 24: 21 - 26.
23. Maglischo EW, Maglischo EW, Sharp RI, Zier DJ, Katz A. (1984). Tethered and nontethered crawl swimming. *Sports Biomechanics* 163 - 176.
24. Maglischo EW. (1999). *Nadando ainda mais rápido*. São Paulo-SP: Ed. Manole.
25. Marinho PC, Andries O Jr. (2001). Avaliação da força propulsora do nadador: validação e reprodutibilidade de uma metodologia específica. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento (Suplemento)* 79.
26. Monod H, Scherrer J. (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 8: 329 - 337.
27. Moritani T, Nagata A, DeVries HA, Muro M. (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomic* 24:339-350.
28. Mujika I, Chatard JC, Busso T, Geysant A, Barale F, Lacoste L. (1995). Effects of Training on Performance in Competitive Swimming. *Canadian Journal of Applied Physiology* 20: 395 - 406.
29. Neuffer PD, Costill D, Fielding RA, Flynn MG, Kirwan JP. (1987). Effects of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19: 486 - 490.
30. Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollmann W. (1985). Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *International Journal of Sports Medicine* 2: 74 - 77.
31. Overend TJ, Cunningham DA, Paterson DH, Smith WDF. (1992). Physiological responses of young and elderly men to prolonged exercise at critical power. *European Journal of Applied Physiology* 64:187-93.
32. Papoti M, Martins LEB, Cunha SA, Freitas Jr PB, Gobatto C. (2002). Effects of taper on swimming force and performance after a 10-wk training program. In *Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Congress of the European College of Sport Science*, 470.
33. Papoti M, Martins LEB, Cunha AS, Zagatto AM, Pereira RR, Gobatto CA. (2003). Validade na determinação das capacidades aeróbia e anaeróbia de nadadores. *Motriz* 9: 56.
34. Pelayo P, Mujika I, Sidney M, Chatard J. (1996). Blood lactate recovery measurements, training, and performance during a 23-week period of competitive swimming. *European Journal of Applied Physiology* 74: 107 - 113.
35. Pereira RR, Zagatto AM, Papoti M, Gobatto CA. (2002). Validação de dois protocolos para determinação do limiar anaeróbio em natação. *Motriz* 8: 63 - 68.
36. Pyne BD, Lee HE, Swanwick, KM. (2001). Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33: 291 - 297.
37. Raglin JS, Koceja DM, Stanger JM, Harms CA. (1996). Mood, neuromuscular function, and performance during training in female swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28: 372 - 377.
38. Sharp RL, Troup JP, Costill DL. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14: 53 - 56.
39. Sjodin B, Jacobs I. (1981). Onset of blood accumulation and marathon running performance. *International Journal Sports Medicine* 2:23-6.
40. Smith DJ, Norris RS, Hogg MJ. (2002). Performance Evaluation of Swimmers: Scientific Tools. *Sports Medicine* 32: 539 - 554.
41. Smith JC. (1998). Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship an time to exhaustion in high-intensity cycling. *European Journal of Applied Physiology* 77: 360 - 365.
42. Snyder AC, Jeukendrup AE, Hesselink MKC, Kuipers H, Foster CA. (1993). A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training. *International Journal of Sports Medicine* 14: 29 - 32.
43. Soares S, Vilar S, Bernardo C, Campos A, Fernandes R, Vilas-Boas JP. (2003). Using data from the critical velocity regression line for the estimation of anaerobic capacity in infant and adult swimmers. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 3:73-118.
44. Tokmakidis PS, Léger AL, Piliánidis, C. T. (1998). Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *European Journal Applied Physiology* 77: 333 - 342.
45. Toussaint HM, Wakayoshi K, Hollander PA, Ogita F. (1998). Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30: 144 - 151.
46. Trappe S, Costill D, Thomas R. (2001). Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32: 48 - 56.
47. Vilas Boas JP, Lamas JP, Fernandes R, Duarte JA. (1997). Relationship between anaerobic threshold and swimming critical speed determined with competition times. In *Abstracts book of the FIMS 9<sup>th</sup> European Congress of Sports Medicine*, Porto, 88-91.
48. Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y, Miyashita M. (1992). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology* 64: 153 - 157.
49. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Moritani T, Mutoh Y, Miyashita, M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal of Applied Physiology* 66: 90 - 95.

# Impulsão dinâmica da transposição da barreira. Alterações na capacidade de produção mecânica do complexo músculo-tendinoso provocadas pela instalação da fadiga

Maria João Valamatos  
Maria José Valamatos  
Pedro Mil-Homens  
António Veloso

Universidade Técnica de Lisboa  
Faculdade de Motricidade Humana  
Portugal

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.15>

## RESUMO

O objectivo do presente estudo foi avaliar a natureza das alterações na capacidade de produção mecânica do complexo músculo-tendinoso, na fase de impulsão da transposição da barreira, induzidas pela aplicação de um protocolo de fadiga específico à prova de 400 metros barreiras. Sete barreiristas de elite nacional (idade:  $24.43 \pm 5.68$  anos; altura:  $1.82 \pm 0.06$  m; massa:  $71.79 \pm 5.84$  Kg; melhor marca 400mB:  $51.55 \pm 1.72$  s) participaram neste estudo. A acção de transposição da barreira foi filmada com uma câmara de alta velocidade (Redlake PCI1000), que permitiu o cálculo das coordenadas bidimensionais das articulações do membro inferior. Para estimar as alterações de comprimento dos complexos músculo-tendinosos durante a fase de impulsão da transposição da barreira foram utilizadas as equações de regressão adaptadas de Jacobs et al. (14). Uma plataforma de forças tridimensional foi instalada na pista, e as forças de reacção ao apoio ( $F_z$ ,  $F_y$  e  $F_x$ ) foram registadas a uma frequência de 1000 Hz e sincronizadas com o registo de vídeo. Estes procedimentos foram repetidos antes e após a aplicação do protocolo de fadiga. As diferenças entre condições foram testadas por T-Test para amostras emparelhadas. Os principais resultados mostraram que em condições de fadiga existe um aumento significativo da perda de velocidade horizontal do Centro de Gravidade (CG) ( $p < .05$ ). Este facto está associado ao aumento significativo do tempo de apoio ( $p < .001$ ), quer do tempo da fase de amortização ( $p < .01$ ), quer do tempo da fase de propulsão ( $p < .05$ ). Contudo, as forças de reacção ao apoio não registaram alterações significativas, embora tenham demonstrado uma tendência para diminuir em situação de fadiga. O aumento da duração da fase de apoio associado a alterações no comportamento angular e, consequentemente, na dinâmica muscular sugerem uma diminuição do *stiffness* e potência musculares em situação de fadiga.

*Palavras-chave:* atletismo, 400 metros barreiras, cinemática, cinética, fadiga, ciclo muscular de alongamento-encurtamento (CMAE).

## ABSTRACT

*Dynamic take-off hurdles clearance. Changes on the mechanical power output variables produced by the muscle-skeletal system on the take-off phase of hurdles clearance, induced by a specially designed fatigue protocol.*

The purpose of this study was to investigate changes on the mechanical power output variables produced by the muscle-skeletal system on the take-off phase of hurdles clearance, induced by a specially designed fatigue protocol, which was intended to simulate the fatigue condition of the 400 meters hurdles. Seven national elite male athletes (age:  $24.43 \pm 5.68$  years old; height:  $1.82 \pm 0.06$  m; body mass:  $71.79 \pm 5.84$  Kg; 400mH best:  $51.55 \pm 1.72$  s) participated in this study. The performance of the clearance action was high speed video recorded at 2500Hz (Redlake PCI1000), and 2D coordinates of the athlete body joints were obtained. The regression equations adapted by Jacobs et al. (14) were used to estimate the length changes of the muscle tendon complex during the contact phase of the take-off of the clearance action. A three axial force platform was installed on the track, and the ground reaction forces ( $F_z$ ,  $F_y$  and  $F_x$ ) were recorded synchronized with video data. These procedures were repeated before and after a fatigue protocol. The differences between both conditions were tested using T-Tests for paired samples. In the take-off phase of the hurdles clearance there was an increase on the loss of the horizontal velocity in the fatigue conditions ( $p < .05$ ). This fact was associated with the increase of the total contact time ( $p < .001$ ), due to a significant increase of both the braking ( $p < .001$ ) and the propulsive ( $p < .05$ ) contact times. However, ground reactions forces did not show any significant changes. The increase of the support time and the changes in angular displacement of the joint of the trail leg, suggested a decrease in the stiffness and power output produced by the muscle-skeletal system, in the fatigue condition.

*Key Words:* athletics, 400 meters hurdles, kinematics, kinetics, fatigue, stretch-shortening cycle (SSC).

## INTRODUÇÃO

Os músculos ou complexos músculo-tendinosos envolvidos na mobilização dos segmentos corporais responsáveis pela locomoção humana (marcha, corrida ou saltos) estão sistematicamente sujeitos a forças de impacto com o solo, as quais condicionam um alongamento muscular. Desta forma, os músculos são inicialmente alongados por acção de uma carga externa, para depois serem activamente encurtados, produzindo movimento no sentido pretendido (18). Esta combinação constitui um tipo de comportamento muscular denominado “Ciclo Muscular Alongamento Encurtamento” (CMAE) (Stretching Shortening Cycle – SSC) (17, 18, 36).

Estão entre este tipo de comportamento os movimentos desportivos que se caracterizam pela necessidade de realizar uma acção de impulsão, realizada através de uma extensão do membro inferior de apoio. É o caso do movimento de transposição de barreiras no atletismo, cujo apoio de impulsão se caracteriza por uma primeira fase em que o centro de gravidade do atleta está a deslocar-se no sentido descendente (fase de travagem), e à qual está associada a necessidade de alterar o sentido do deslocamento, iniciando-se, então, a segunda fase do apoio, em que o centro de gravidade do corpo do atleta é impelido no sentido pretendido (fase de propulsão). A capacidade de resistir ao alongamento muscular inicial e inverter o sentido do deslocamento de centro de gravidade resulta de aspectos mecânicos, nervosos e até metabólicos associados ao trabalho muscular e à produção de força.

Quando se fala de corrida de barreiras em atletismo, e fundamentalmente da prova de 400 metros, o rendimento está também dependente de factores associados à fadiga provocada pela acumulação de ácido láctico. Esta acumulação repercute-se numa deterioração da resposta contráctil do músculo, o que concorre para um decréscimo da intensidade de corrida e da qualidade técnica da transposição da barreira. Desta forma, a necessidade de transpor as barreiras em condições de fadiga é um aspecto determinante da prova longa de barreiras, que deve ser desenvolvido de forma a rentabilizar a performance desportiva nesta especialidade do atletismo.

Sabe-se que os movimentos que envolvem a contracção muscular em ciclo muscular de alongamento

encurtamento se caracterizam por produzir, na fase de encurtamento, uma potência mecânica mais elevada do que a produzida em movimentos puramente concêntricos. Os mecanismos apontados para a explicação deste acréscimo de potência são de diverso tipo. O primeiro destes é a acumulação de energia elástica no complexo músculo-tendinoso, que acontece se a transição entre as fases excêntrica e concêntrica for realizada de forma tão breve quanto possível, e se a fase de alongamento não exceder o chamado “*short range elastic stiffness*” (35).

A potenciação reflexa é outro mecanismo importante que pode influenciar a produção de potência mecânica nos ciclos musculares de alongamento encurtamento. Durante a execução de movimentos que envolvam o CMAE do tipo curto, o rápido movimento excêntrico estimula o reflexo miotático ou reflexo de alongamento, desencadeado pelo fuso neuromuscular. Esta resposta aumenta a capacidade muscular de resistência ao alongamento. Ao contrário, o reflexo miotático inverso com origem nos órgãos tendinosos de Golgi, desencadeado em resposta a contrações musculares potentes, diminui esta capacidade. A relação mantida entre estes dois mecanismos define o conceito de *stiffness*, ou seja, a capacidade muscular de resistir a um alongamento (36).

No entanto, repetidas cargas de alongamento causam fadiga neuromuscular, que se repercute numa redução na tolerância ao alongamento, com consequente aumento do tempo de travagem e do tempo de transição entre o alongamento e o encurtamento (10, 19). Desta forma, os dois mecanismos referidos como responsáveis por uma potência mecânica superior vão ficando, de alguma forma, comprometidos à medida que a fadiga se instala.

Como a corrida longa de barreiras exige que as acções de impulsão sejam realizadas de igual forma, no início e no final da prova, torna-se fundamental avaliar e compreender de que forma evoluem os factores relacionados com a capacidade de produção mecânica à medida que se processa a instalação da fadiga.

Assim, o propósito do presente trabalho consistiu em identificar e quantificar em que medida a necessidade de transpor barreiras em situação de fadiga neuromuscular condiciona a técnica de transposição de barreiras, no sentido de se conceberem estratégias de programação e planeamento de treino que

visem minimizar a influência da fadiga no rendimento desportivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação dinâmica da transposição da barreira na fase final de uma prova de 400 m barreiras não é exequível em situação real de competição. Por essa razão recorreu-se a uma situação experimental, que

implicou a indução de fadiga e que decorreu da observação de uma competição oficial concretizada previamente. Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma concepção experimental, que importa descrever com pormenor. O quadro 1 apresenta de forma esquemática as diferentes etapas que integraram a concepção experimental.

Quadro 1: Concepção experimental.

1º DIA		2º DIA
Observação de uma Competição Oficial de 400 metros Barreiras		Situação Experimental
Obtenção de Parâmetros relacionados com as Intensidades de Corrida	<b>72 Horas</b>	Avaliações
Velocidades de Corrida		Transposição da Barreira em condições de não Fadiga
Ritmos de Corrida		Protocolo de Fadiga
Indicadores de Fadiga		Definição das velocidades e ritmos de corrida consoante os registos de competição.
Avaliação do Lactato Sanguíneo		Avaliação do Lactato Sanguíneo.
		Avaliações
		Transposição da Barreira em condições de Fadiga

## Amostra

A amostra foi composta por 7 atletas seniores masculinos (peso  $71.79 \pm 5.84$  Kg; altura  $1.82 \pm 0.06$  m; idade  $24.43 \pm 5.68$  anos; *record* pessoal 400 mB  $51.55 \pm 1.72$  s) que participaram na final da prova de 400 metros barreiras dos Campeonatos de Portugal de 2002 (6) e na final de 400 metros do mesmo Campeonato (1). Todos eles têm como especialidade principal a prova de 400 metros barreiras, tendo sido classificados entre os 10 primeiros do *ranking* nacional da época e entre os 25 melhores da Europa (2 deles).

## Acção de impulsão do movimento de transposição de barreiras

Os indivíduos que constituíram a amostra percorreram a distância correspondente a um intervalo entre duas barreiras da corrida de 400 metros (35 metros), após uma prévia corrida de balanço (cerca de 15 metros), de forma a poder ser avaliada a acção de impulsão para a transposição da segunda barreira.

Foram gravadas imagens da acção de impulsão e registadas as forças de reacção do apoio. Estes procedimentos foram realizados antes e após a indução de fadiga, através de um protocolo específico à prova de 400 metros barreiras. De salientar que foi utilizada sempre a mesma perna de impulsão nas duas situações de avaliação.

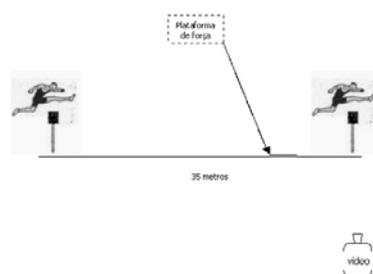


Figura 1– Figura esquemática da situação experimental utilizada no estudo. Foram recolhidas imagens e curvas de força-tempo da fase de impulsão da transposição de barreiras. Os atletas percorreram uma distância de 35 metros (intervalo entre 2 barreiras) sob condições de não fadiga e de fadiga.

### Protocolo de fadiga

Devido à impossibilidade de realizar esta avaliação em condições reais de competição, houve a necessidade de aproveitar uma unidade de treino que, pelas suas características, simula a fadiga específica da prova. Assim, o protocolo utilizado para induzir a fadiga, foi o que se descreve de seguida:

— 6 séries de 2 repetições:

1ª Repetição: 50 metros rápidos.

2ª Repetição: 105 metros com barreiras ( $\pm 15$  m balanço; 4 barreiras com distâncias – 35m, e alturas – 0.91m, oficiais).

Estruturação:

1ª Série – Nos 105 m os ritmos e velocidades aplicados foram idênticos aos realizados em situação de competição da 1ª à 4ª barreira;

2ª e 3ª séries – ritmos e velocidades idênticos aos realizados em situação de competição da 4ª à 7ª barreira;

4ª, 5ª e 6ª séries - ritmos e velocidades idênticos aos realizados em situação de competição da 7ª à 10ª barreira.

— Os intervalos entre séries foram de 2 minutos e entre as repetições foi de 1 minuto.

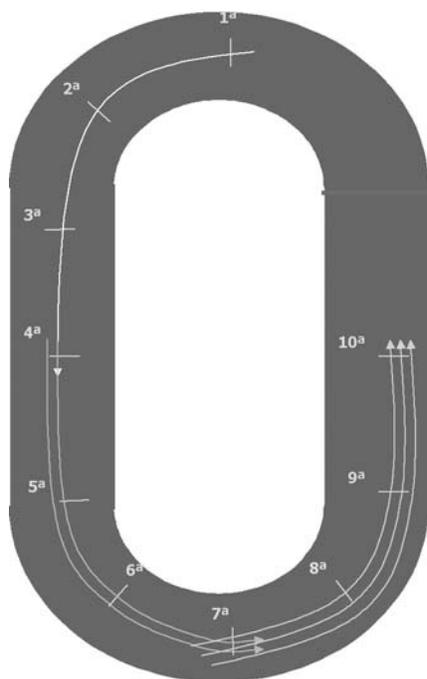


Figura 2 – Esquema da estruturação do protocolo de fadiga. Constituído por 6 séries de 4 barreiras (105m).

Para além da tentativa de garantir que velocidades e ritmos efectuados em situação experimental fossem semelhantes aos registados em situação de competição, houve também a preocupação de controlar o lactato sanguíneo em ambas as situações, de modo a garantir idêntico nível de fadiga.

As recolhas foram realizadas em intervalos de 1 minuto a partir do 4º minuto após terminado o esforço. Este procedimento foi mantido até que os valores obtidos decrescessem claramente, o que nos permitiu com grande probabilidade registar o valor mais elevado de lactato sanguíneo atingido por cada um dos atletas avaliados.

### Instrumentos e equipamento utilizados

Na zona de impulsão para a barreira foi instalada uma Plataforma de Forças (AMTI – Modelo LG 6-4-2000) com uma dimensão de 121,9 x 60,96 cm, sobre a qual foi colocado um tapete de *tartan*. Este instrumento registou as forças de reacção do apoio a uma frequência de 1000 Hz. As imagens foram obtidas por uma câmara de alta velocidade (MotionScope Redlake Imaging PC 1000), colocada no plano sagital da execução. A sua frequência de amostragem foi de 250 imagens por segundo. Os registos analógicos provenientes da plataforma de forças foram sincronizados com o registo de vídeo, sendo ambos os sistemas activados pelo mesmo sinal de referência.

Para controlar a velocidade das execuções foram ainda utilizados dois pares de células fotoeléctricas (Brower Timing Systems), e para controlar a velocidade do vento um anemómetro (Spring co Athletics). O controlo do lactato sanguíneo foi efectuado utilizando três “Accusport” (Boheringer Mannheim), de procedimentos analíticos simples, que permitem a obtenção fácil e rápida dos resultados a partir de uma pequena amostra sanguínea ( $\pm 15$  ml de sangue). Os registos foram armazenados num computador pessoal e os dados foram posteriormente tratados através de *software* específico: para a aquisição e tratamento das curvas de força foi utilizado o “Acqknowledge 3.7.2” da Biopac, e para o tratamento, digitalização e reconstrução de imagem foi utilizado o “APAS” (Ariel Performance Analysis System) da Ariel Dymanics Inc.

Foram ainda utilizados os programas informáticos

SPSS, 11.5, for Windows, para o tratamento estatístico e o Excel para a normalização das curvas de força, cálculos relativos à dinâmica muscular e elaboração de gráficos.

#### Procedimentos de análise e processamento de dados

Nas imagens foram recolhidas as coordenadas de 6 pontos anatómicos que formam um modelo composto por quatro corpos rígidos: pé, perna, coxa e o conjunto tronco, cabeça e membros superiores. No âmbito deste trabalho, este conjunto tomou a designação de tronco. Os pontos anatómicos considerados foram os seguintes:

- ponto 1: centro da articulação do metatarso com a 1ª falange;
- ponto 2: zona posterior inferior do calcâneo;
- ponto 3: articulação tibio-társica ao nível da linha inter maleolar;
- ponto 4: articulação do joelho ao nível da fenda arti-

- cular túbio-femoral;
- ponto 5: articulação coxo-femoral ao nível do centro do acetábulo;
- ponto 6: articulação escapulo-umeral ao nível do centro da cavidade glenóide.

Como factor de conversão do valor das coordenadas em valores reais, foi utilizado um referencial de calibração com 8 pontos ocupando uma área de 1.16 x 1.69 m. As reconstruções de imagem foram realizadas no sistema de tratamento de imagem através do método DLT (Direct Linear Transformation) para duas dimensões. A digitalização foi realizada manualmente, iniciando-se este processo 10 imagens antes do início do apoio e terminando 10 imagens após o final do contacto. A suavização dos dados cinemáticos foi realizada por filtragem digital, tendo sido utilizado um filtro digital a uma frequência de corte de 18Hz.



Figura 3 – Imagens sobre as quais estão projectados os segmentos de recta que representam os corpos rígidos definidos para o modelo. As imagens apresentadas correspondem à primeira imagem em apoio (imagem da esquerda), imagem em que se regista a maior flexão do joelho (imagem do meio) e a última imagem em apoio (imagem da direita), da acção de impulsão da transposição de barreiras.

O conhecimento das posições articulares instantâneas permitiu determinar as variações de comprimento dos músculos que cruzam essas articulações. As características do comportamento muscular têm sido estudadas em condições *in vitro* a partir de trabalhos realizados em cadáveres humanos, permitindo que as variações registadas no comprimento do músculo sejam estima-

das a partir do conhecimento das variações angulares das articulações (11, 15, 41). As equações de predição encontradas nestes estudos são normalizadas em função do comprimento dos segmentos corporais dos cadáveres, permitindo, desta forma, generalizá-las e aplicá-las a outros sujeitos, desde que o comprimento dos segmentos seja considerado nos cálculos (40).

Para estimar a variação de comprimento instantâneo dos complexos músculo-tendinosos do membro inferior analisados neste trabalho foram utilizadas as equações polinomiais preditivas determinadas por Visser e col. (41) e as adaptações e compilações realizadas por Jacobs e Schenau (15).

O conhecimento da variação de comprimento muscular instantâneo permitiu distinguir as fases de acção excêntrica e concêntrica dos complexos músculo-tendinosos estudados e analisar a duração e o comportamento muscular em cada uma delas. Esta separação de fases de acção muscular permitiu também o cálculo das velocidades de alongamento e encurtamento registadas em cada execução e para cada um dos músculos avaliados.

Para a comparação intra e inter individual os ficheiros representativos do comportamento muscular em cada execução foram normalizadas em tempo, para 100% da fase de apoio, tomando como referência o ficheiro com menor número de amostras. Os procedimentos utilizados para esta normalização foram os recomendados por Cabri (4), que permitem retirar amostras de forma intervalada, sem alterar a sua forma. Para além disso, permitem realizar a comparação entre as várias execuções e ter uma apreciação do comportamento global do sistema músculo-esquelético estudado (40).

Os dados obtidos das forças de reacção do apoio foram também analisados, tendo sido considerados para estudo os valores individuais obtidos nas variáveis estudadas. Posteriormente, para determinação das curvas médias, os ficheiros representativos de cada acção foram normalizados em tempo para 100% da fase de apoio, respeitando os procedimentos anteriormente referidos.

#### Análise estatística

Procedimentos estatísticos descritivos foram utilizados para caracterizar a amostra e os valores das diferentes variáveis em termos de tendência central (média aritmética) e de dispersão absoluta (desvio-padrão).

O tratamento estatístico de comparação de valores médios relativos às diferentes variáveis analisadas foi realizado através de *t-test*'s. Quando verificada a distribuição normal para as diferenças entre condições ( $p > 0.05$ ), recorreu-se à aplicação do teste paramétrico *Paired-Sample Test* e quando verificada a ausência de distribuição normal ( $p < 0.05$ ), foi realizado o

teste não paramétrico de *Wilcoxon*. O grau de confiança escolhido para os valores estatisticamente significativos foi de 95%.

No sentido de avaliar o grau de associação das diferentes variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação (*Pearson correlation coefficients*).

#### RESULTADOS

A efectividade do protocolo de fadiga (PF) foi verificada através da comparação da concentração de lactato sanguíneo (CLS) obtida no final deste protocolo com a concentração de lactato sanguíneo na prova dos sete dias antes. Foram comparados os valores de quatro dos sete atletas testados, tendo o teste estatístico de comparação de médias revelado concentrações idênticas (CLS: CN  $17.83 \pm 3.12$ ; PF  $17.25 \pm 3.17$ ,  $p$ -value 0.15). Deste modo, podemos afirmar que o protocolo de fadiga seleccionado permite recriar, em termos de concentração de lactato sanguíneo, a fadiga inerente à prova de 400 metros barreiras.

Dos factores que caracterizam uma prova de velocidade, a capacidade de aplicar níveis de força elevados em curtos períodos de tempo apresenta-se como uma das principais condições de rendimento. No presente estudo, o tempo necessário para aplicar os níveis de força necessários à transposição foi inferior a 150 milésimos de segundo. A figura 4 apresenta a duração da fase de impulsão da transposição da barreira nas duas condições estudadas e permite verificar que em condições de fadiga existiu um aumento significativo do tempo de impulsão.

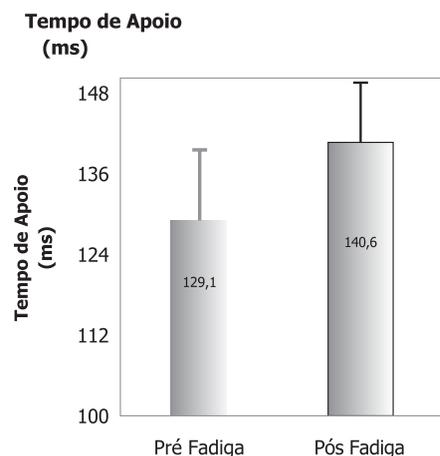


Figura 4—Duração do apoio de impulsão nas duas condições estudadas. \*\* $p < 0.001$ .

A intensidade da força (Fz) aplicada no apoio de impulsão da transposição da barreira de 91.4 cm de altura foi de 4.4BW em condições de não fadiga. Este parâmetro não sofreu alterações significativas quando avaliado em situação de fadiga. O quadro 2 resume os valores máximos de força aplicados em condições de pré e pós fadiga. São apresentados os valores médios e respectivos desvios-padrão, expressos em múltiplos do peso corporal (BW).

Quadro 2 – Comparação dos valores de Força de Reacção do Apoio (Fz), expressos em múltiplos do peso corporal (BW) entre as duas condições estudadas: não fadiga (NF) e fadiga (F). São apresentados os valores de média, desvio-padrão (DP) e nível de significância estatística (NSE).

Parâmetro	Não Fadiga (NF)		Fadiga (F)		NSE
	Média	DP	Média	DP	
FRA Vertical (expresso em múltiplos do peso corporal)	4.35	±0.35	4.22	±0.32	NS
Impulso Vertical (N.s)	232.36	±33.67	238.63	±24.60	NS

NS = Não significativo. Não existem diferenças significativas relativamente à componente vertical das Forças de Reacção do Apoio (FRA) entre as duas condições analisadas.

Relativamente à componente horizontal das FRA (Fy), verificou-se que a fase de travagem apresentou uma magnitude significativamente superior à fase de propulsão. Na figura 5 é possível verificar que a força aplicada na fase de travagem foi significativamente superior à aplicada na fase de propulsão.

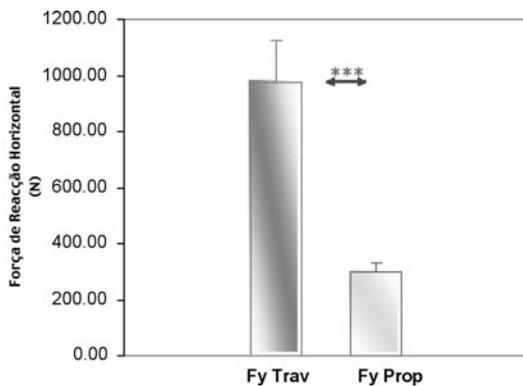


Figura 5 – Componente Horizontal (Fy) das Forças de Reacção do Apoio (FRA). Magnitude da Força de Travagem (Trav) e da Força de Propulsão (Prop). \*\*\*  $p < 0.001$ .

Analisando os efeitos da fadiga na componente anterior-posterior das forças de reacção do apoio, apresentados no quadro 3, observa-se que o aumento da fase de apoio resulta do aumento da duração das fases de travagem e propulsão. Efectivamente, é possível verificar que a duração da fase de travagem registou um aumento de 7.32% e a duração da fase de propulsão de 11.33%.

Quadro 3 – Variáveis associadas à componente horizontal (Fy) das Forças de Reacção do Apoio, nomeadamente a duração da Fase de Travagem e da Fase de Propulsão, e os Picos Máximos de Força registados em ambas as fases. São apresentados os valores de média, desvio-padrão (DP) e nível de significância estatística (NSE) entre as duas condições estudadas.

Parâmetro	Não Fadiga (NF)		Fadiga (F)		NSE
	Média	DP	Média	DP	
Duração da Fase de Travagem (ms)	80.00	5.42	85.86	4.49	$p < 0.005$
Duração da Fase de Propulsão (ms)	49.14	5.64	54.71	7.97	$p < 0.05$
Pico Máximo de Fy – Travagem (N)	974.76	148.6	931.27	105.4	NS
Pico Máximo de Fy – Propulsão (N)	296.21	33.8	284.08	42.0	NS
Impulso Horizontal Total (Ns)	-37.04	6.67	-37.41	5.88	NS

NS = Não significativo. Não existem diferenças significativas relativamente aos picos máximos de força horizontal [Fy] e ao Impulso Horizontal Total, entre as duas condições analisadas.

O gráfico da figura 6 representa as curvas de força horizontal produzidas por um dos atletas avaliados, nas condições de Não Fadiga (Fy NF) e de Fadiga (Fy F). No gráfico é possível observar uma ligeira tendência de diminuição das forças de travagem e de propulsão e um aumento significativo da duração das fases de travagem e de propulsão.

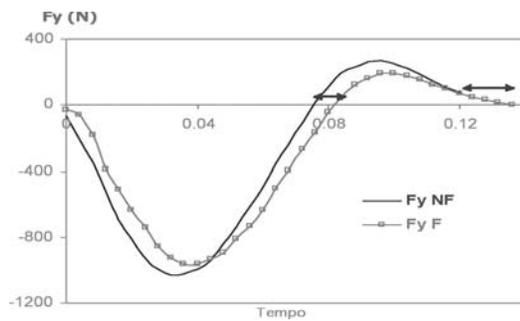


Figura 6 – Curvas de força-tempo da componente antero-posterior (Fy) produzidas por um dos atletas que integraram a amostra, obtidas em condições de não fadiga (NF) e de fadiga (F).

O facto do impulso horizontal total ser negativo induz, logo à partida, uma diminuição significativa da velocidade horizontal do CG, desde o início do apoio, até que o atleta abandona o contacto com solo. Este facto não é exclusivo do apoio realizado em condições de fadiga, registando-se também uma perda de velocidade durante a execução sem fadiga. Contudo, e como se pode observar no quadro 4, a perda de velocidade durante o apoio é significativamente superior em condições de fadiga. Esta diminuição da velocidade horizontal condiciona de forma significativa a distância à barreira a que é realizado o apoio de impulsão (distância de *take-off*). Esta apresenta uma diminuição da ordem dos 4%.

Quadro 4 – Velocidade Horizontal do CG à entrada e à saída do apoio de impulsão para a transposição, variação da velocidade horizontal ( $\Delta V_{CG}$ ) durante o apoio e perda relativa da velocidade horizontal nas duas condições estudadas: não fadiga (NF) e fadiga (F). São apresentados os valores de média, desvio-padrão (DP) e nível de significância estatística (NSE).

Parâmetro	Não Fadiga (NF)		Fadiga (F)		NSE
	Média	DP	Média	DP	
Velocidade Horizontal do CG à entrada do apoio (ms <sup>-1</sup> )	8.96	0.65	8.35	0.54	p < 0.005
Velocidade Horizontal do CG à saída do apoio (ms <sup>-1</sup> )	8.71	0.50	7.78	0.33	p < 0.001
Perda de Velocidade Horizontal (%)	2.64	4.40	6.64	3.98	p < 0.05
Distância de <i>Take-off</i> (m)	2.31	0.24	2.22	0.21	p < 0.05

As condições de *take-off* resultam do comportamento articular durante o apoio que permite travar o movimento descendente do CG e promover o seu reenvio posterior no sentido ascendente, utilizando a energia acumulada nas estruturas muscular e tendinosa.

O quadro 5 apresenta os resultados cinemáticos angulares médios obtidos pelos 7 atletas. São indicados os valores médios e os desvios-padrão para cada parâmetro. É também indicada a percentagem do tempo de apoio em que ocorrem a máxima dorsiflexão, a velocidade máxima de dorsiflexão, a flexão máxima do joelho e as velocidades máximas de extensão da tíbio-társica, do joelho e da coxo-femoral.

É ainda possível observar, a partir do quadro 5, uma sequência próximo-distal de ocorrência das velocidades máximas de extensão das três articulações. Assim, o valor máximo de extensão da coxo-femoral ocorre cerca dos 71% do tempo de apoio, seguido do pico máximo de velocidade de extensão do joelho, que ocorre aos 76% da fase de apoio e, finalmente, a articulação tíbio-társica atinge a sua velocidade máxima de plantarflexão próximo dos 81% do tempo de contacto. Este comportamento mantém-se em condições de fadiga, embora os picos de velocidade de extensão sejam ligeiramente inferiores e atingidos mais tarde, reflectindo uma diminuída potência dos músculos envolvidos na acção de transposição da barreira.

Quadro 5 – Valores médios e desvios-padrão das posições angulares de contacto e de saída do apoio para as articulações da tíbio-társica, joelho e coxo-femoral, nas duas condições estudadas: Não Fadiga (NF) e Fadiga (F). São também apresentados os valores de velocidade máxima de extensão das três articulações e de dorsiflexão da tíbio-társica e a percentagem do tempo de apoio em que esse valor ocorre.

Tíbio-Társica	Não Fadiga (NF)			Fadiga (F)		
	Média	DP	% T.A.	Média	DP	% T.A.
$\theta$ de contacto [rad]	1.74	0.13		1.77	0.17	
$\theta$ mínimo [rad]	1.34	0.07	48.3	1.38	0.06	47.9
$\theta$ de saída [rad]	2.19	0.11		2.26	0.11	
$\omega_{\max}$ dorsiflexão [rad s <sup>-1</sup> ]	-9.65	2.31	24.6	-9.34	1.85	24.6
$\omega_{\max}$ plantarflexão [rad s <sup>-1</sup> ]	18.36	3.06	81.4	17.38	2.30	80.9
<b>Joelho</b>						
$\theta$ de contacto [rad]	2.78	0.05		2.80	0.08	
$\theta$ mínimo [rad]	2.44	0.09	48.3	2.41	0.12	51.4
$\theta$ de saída [rad]	2.81	0.06		2.78	0.16	
$\omega_{\max}$ extensão [rad s <sup>-1</sup> ]	8.43	2.14	76.4	8.42	1.81	78.6
<b>Coxo-femoral</b>						
$\theta$ de contacto [rad]	2.65	0.14		2.67	0.15	
$\theta$ de saída [rad]	3.21	0.16		3.13	0.05	
$\omega_{\max}$ extensão [rad s <sup>-1</sup> ]	9.19	3.54	71.1	8.27	1.63	75.4

Como anteriormente referido, a variação das trajetórias e posições angulares das articulações do membro inferior de apoio provoca alterações no comportamento muscular.

É importante referir que, no movimento de impulsão para a transposição da barreira, as ações dos músculos extensores do joelho e plantarflexores apresentam claros ciclos musculares de alongamento encurtamento. Por sua vez, os músculos extensores da coxo-femoral (isquiotibiais) não apresentam fase de alongamento, mas apenas uma contração concêntrica. Este comportamento resulta da influência das duas articulações por eles cruzadas, a coxo-femoral e o joelho. No início do contacto, a coxo-femoral permanece quase inalterada, sendo o comportamento dos músculos Isquiotibiais (ISQ) influenciado essencialmente pela flexão do joelho, que provoca o seu encurtamento. Quando se inicia a extensão do joelho, verifica-se também uma extensão da coxo-femoral. A primeira provoca um alongamento dos ISQ e a segunda o seu encurtamento. Ainda assim, e pelo facto de ser essencialmente um extensor da coxo-femoral, existe uma contração concêntrica dos ISQ.

Como se pode observar nas figuras 7 e 8, os músculos extensores do joelho (o Vastos – VL e o Recto Femoral – RF) e os músculos plantarflexores (Gêmeos – GM e Solear – SOL) apresentam um claro comportamento em ciclo muscular de alongamento encurtamento do tipo curto, com velocidades de alongamento elevadas e uma amplitude de alongamento mínima.

De notar que os GM nunca atingem valores positivos, o que quer dizer que durante a fase de apoio da transposição da barreira os GM estão sempre mais encurtados relativamente à “posição de alinhamento vertical” (40), que corresponde a um ângulo da tíbio-társica de 90° e do joelho e coxo-femoral de 180°. Assim, a conjugação dos comportamentos do joelho e da tíbio-társica durante o movimento de impulsão na transposição da barreira diminui a amplitude de movimento dos gêmeos, o que explica também os valores inferiores de velocidade de contração dos GM.

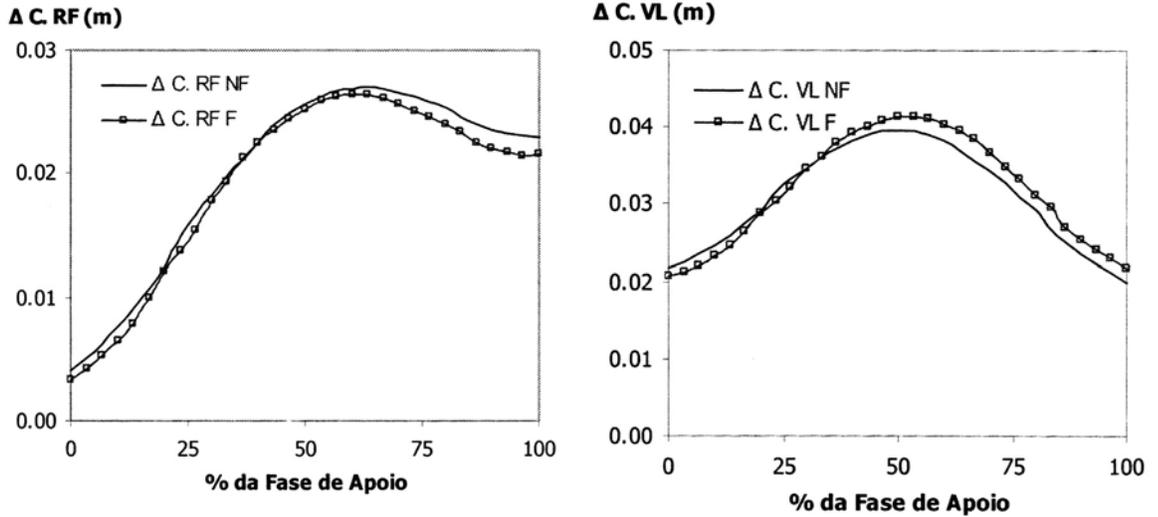


Figura 7 – Curvas médias de variação do comprimento ( $\Delta C.$ ) do recto femoral (RF) e do vastos. O tempo é expresso em percentagem da fase de apoio.

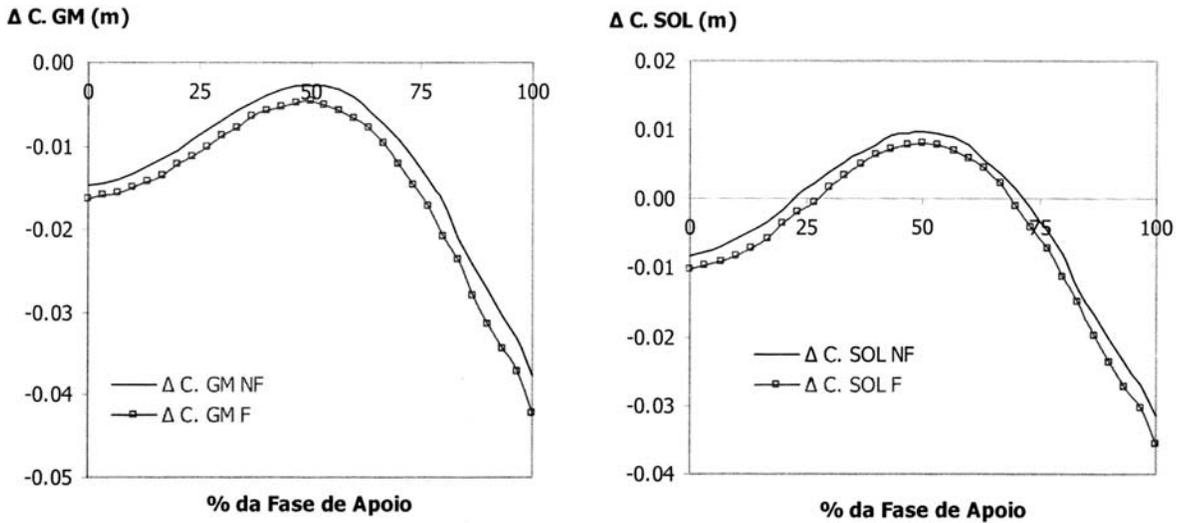


Figura 8 – Curvas médias de variação do comprimento ( $\Delta C.$ ) dos Gêmeos (GM) e do Solear (SOL). O tempo é expresso em percentagem da fase de apoio.

A influência da fadiga nestes comportamentos faz-se sentir essencialmente na maior duração e variação excêntrica do VL e na maior duração e variação concêntrica do RF. Da observação do quadro 6 é possível verificar que a amplitude do alongamento do trícipite sural não registou alterações significativas. No entanto, o superior tempo de apoio conduziu a um

aumento da duração das fases de contracção excêntrica e concêntrica dos complexos músculo-tendinosos. Deste modo, o facto do aumento da duração da fase excêntrica não ter sido acompanhado pelo aumento da amplitude do alongamento implicou uma velocidade de alongamento inferior, o que sugere uma diminuída potenciação reflexa.

Quadro 6 – Variação de comprimento muscular e duração das fases de alongamento e encurtamento dos músculos Gêmeos (GM) e Solear (SOL) nas duas condições estudadas: não fadiga (NF) e fadiga (F). São apresentados os valores de média, desvio-padrão (DP) e nível de significância estatística (NSE).

Parâmetro	Não Fadiga (NF)		Fadiga (F)		NSE
	Média	DP	Média	DP	
<b>GM</b>					
Tempo Excêntrico (ms)	62.8	6.0	65.1	7.6	NS
Variação Excêntrica (mm)	12.1	4.3	12.4	4.9	NS
Tempo Concêntrico (ms)	66.3	6.9	74.3	7.6	p< 0.05
Variação Concêntrica (mm)	35.0	5.2	37.7	4.9	p< 0.05
<b>SOL</b>					
Tempo Excêntrico (ms)	62.9	5.5	67.4	6.7	p< 0.05
Variação Excêntrica (mm)	18.3	5.1	18.9	5.7	NS
Tempo Concêntrico (ms)	66.3	6.5	73.1	6.4	p< 0.01
Variação Concêntrica (mm)	41.4	6.1	44.0	5.0	p< 0.01

NS = Não Significativo.

Por outro lado, a superior extensão da articulação túbio-társica em fadiga provoca um aumento da amplitude de encurtamento do GM e do SOL. Como a duração da fase de encurtamento também aumentou, a velocidade de contracção não registou alterações significativas em situação de fadiga, embora apresente uma ligeira tendência de diminuição, em resultado do aumento mais significativo da duração da fase de encurtamento.

## DISCUSSÃO

### Cinética do apoio de impulsão da transposição da barreira

São vários os autores que sugerem que a fase de impulsão da transposição de barreiras, no que diz respeito às forças de reacção do apoio, se assemelha em grande escala à fase de impulsão do salto em comprimento (24, 28), apresentando, no entanto, magnitudes menores. Segundo Molina e Oscariz (28), a força produzida no apoio de impulsão para o salto em comprimento alcança os 7BW, enquanto que no apoio de impulsão para a transposição da barreira atinge os 5BW. No entanto, quando referem este valor, os autores não mencionam a altura da barreira, podendo referir-se à altura de 1.06m (110mb) ou à de 91.4 cm (400mb). Já McLean (26) avalia a transposição da barreira com uma altura de 1.06m (110m) registando valores máximos de força vertical na ordem dos 5.72BW.

A transposição de uma barreira com uma altura de 91.4 cm não exige, provavelmente, a mesma magnitude de força que outra com 1.06 m, pelo que os valores obtidos na presente avaliação se enquadram nos valores de referências existentes na literatura. Os valores encontrados no presente estudo são idênticos aos registados em apoios de corridas de velocidade, que atingem os 4.3BW a velocidades máximas de  $9.23\text{ms}^{-1}$  (33), ou os 4.6BW a velocidades supra-máximas, induzidas através de um sistema de “corrida assistida” (27).

Aliás, os valores máximos da componente vertical das forças de reacção do apoio correlacionam-se directamente com a velocidade de corrida (16, 32), podendo alcançar entre os 2.5BW (16) e os 2.9BW (32) a velocidades de  $6.0\text{ms}^{-1}$ , e os 4.6BW a velocidades supra-máximas (27).

Sendo os 400 metros barreiras uma prova máxima, realizada a velocidades elevadas, os valores encontrados no nosso estudo pressupõem diferenças mínimas relativamente a um apoio normal da corrida entre as barreiras.

Contrariamente ao que acontece num apoio de corrida, as forças de reacção do apoio na impulsão para a barreira não diminuem significativamente em condições de fadiga. Efectivamente, em estudos que analisam os efeitos da fadiga na corrida de 400 metros são registados valores significativamente

menores da componente vertical das FRA na parte final da corrida (33).

O apoio de impulsão, assim como qualquer apoio de corrida, caracteriza-se por integrar uma primeira fase de travagem e uma segunda fase de impulsão ou propulsão. A primeira acontece porque o pé está a mover-se para a frente (horizontalmente) em relação ao solo no momento que precede o apoio.

Efectivamente, no momento de contacto do pé com o solo, o CG está a deslocar-se no sentido descendente, sendo necessário alterar esse sentido durante o apoio. A orientação das forças de reacção do apoio é, então, consequência das posições angulares das diferentes articulações que permitem travar o movimento descendente do CG e promover o reenvio posterior no sentido ascendente, utilizando a energia acumulada nas estruturas muscular e tendinosa.

O sucesso e eficiência do apoio de corrida ou de impulsão relaciona-se com a minimização da duração e dimensão da fase de travagem e a optimização da duração e dimensão da fase de propulsão. No entanto, a curva da componente antero-posterior das forças de reacção do apoio registadas na impulsão para a transposição da barreira caracteriza-se por apresentar um grande impulso de travagem, seguido de um pequeno impulso de propulsão (24).

Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com McDonald e Dapena (24). Contudo, e à semelhança do que ocorre na componente vertical das forças de reacção do apoio, não se registaram alterações significativas nestes parâmetros, apesar da literatura referir que as forças de reacção do apoio diminuem significativamente com a instalação da fadiga (33). Estes resultados permitem concluir que a transposição da barreira requer, provavelmente, um determinado nível de força, sem o qual estaria comprometida. Esta hipótese é suportada pelos resultados obtidos nos parâmetros verticais e horizontais das FRA, que, ao permanecerem inalterados com a instalação da fadiga, permitem presumir que a grande diferença entre as duas condições não está nos níveis de força aplicados, mas sim no tempo necessário para atingi-los. Deste modo, o aumento

significativo do tempo de impulsão poderá ser interpretado como uma tentativa de compensar uma diminuída capacidade muscular, evitando assim diminuições significativas da força.

No entanto, e ainda que não tenham sido registadas diminuições nos valores da força aplicada no solo, a verdade é que a distância de impulsão diminuiu significativamente em condições de fadiga, sugerindo que, embora os atletas apliquem idênticos níveis de força, não conseguem uma performance idêntica. Por outro lado, a fadiga está também relacionada com as perdas de velocidade horizontal durante o apoio. Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com os registados no estudo de Sprague e Mann (38) que registaram aumentos significativos da perda de velocidade durante o apoio na parte final de uma competição de 400 metros. Estas perdas de velocidade horizontal estão relacionadas com o aumento significativo do tempo de apoio e, fundamentalmente, com o aumento considerável do tempo de travagem. Desta forma, é possível concluir que a redução do tempo de apoio constitui um factor de rendimento importante (3).

#### **Dinâmica do comportamento angular**

Na figura 9 estão representadas as curvas médias de posição angular ( $\theta$ ) para as articulações coxo-femoral, joelho e tíbio-társica. Existe uma diferença clara de comportamento entre a coxo-femoral e as articulações do joelho e tíbio-társica. Estas últimas apresentam um comportamento em ciclo muscular de alongamento encurtamento, enquanto que a articulação coxo-femoral apresenta essencialmente um comportamento de extensão, embora durante a fase inicial do apoio permaneça praticamente inalterada. Este comportamento reforça a ideia de que, a velocidades elevadas, a articulação coxo-femoral do membro inferior em apoio não apresenta acção de flexão (1, 23). Contudo, para velocidades de corrida até aproximadamente  $8 \text{ ms}^{-1}$ , a articulação coxo-femoral, durante um breve período, apresenta um comportamento de flexão, no sentido de amortecer o movimento descendente do corpo (9).

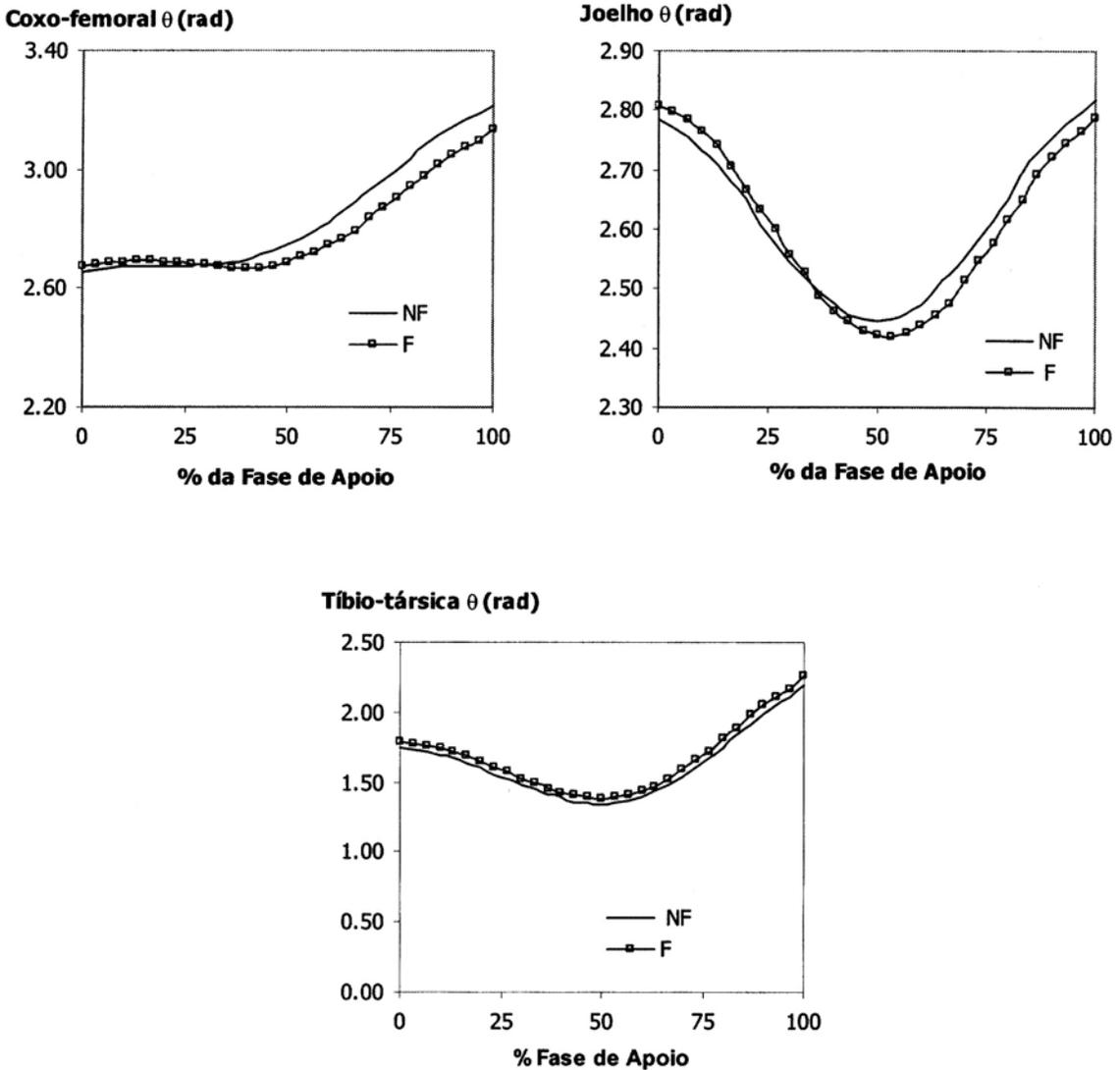


Figura 9 – Curvas médias do deslocamento angular ( $\theta$ ) para as articulações coxo-femoral, joelho e tíbio-társica. O tempo é expresso em termos de % da fase de apoio

Esta poderá ser, eventualmente, uma explicação para a ligeira flexão da coxo-femoral verificada em condições de fadiga, já que existe uma redução da velocidade de corrida para valores próximos de  $8 \text{ ms}^{-1}$ . Uma outra explicação poderá resultar de uma degradação da técnica de transposição, como resultado da instalação da fadiga.

Por sua vez os registos da articulação do joelho e tíbio-társica mostram que os atletas iniciam o apoio com uma flexão destas duas articulações, que mantêm até sensivelmente 48% do tempo de apoio. Neste momento alcança-se a maior flexão do joelho, que atinge os 140 graus. Esta flexão segundo Coh e col. (6) é demasiado acentuada, já que os autores

referem como ângulo mínimo o valor de 147 graus. Contudo, e ainda que não tenham sido encontrados muitos valores de referência para a flexão máxima do joelho num apoio de impulsão para a barreira, existem algumas referências relativamente ao apoio de uma corrida de velocidade. Segundo Tupa e col. (39) a flexão do joelho efectua-se até um ângulo de 140 graus, colidindo com a recomendação de Hoskisson e Korchemny (13) de não baixar mais do que os 145 graus. Por outro lado, Ozolin (34) recomenda para um apoio de corrida uma flexão do joelho de 4 a 10 graus, depois de iniciado o contacto com o solo. No presente estudo, durante a fase de alongamento, o deslocamento angular do joelho variou 19 graus, reflectindo uma superior travagem do movimento, relativamente a um apoio de corrida. Esta variação é ainda mais acentuada quando o apoio é realizado em condições de fadiga. Assim, com a instalação da fadiga a variação angular do joelho na fase de alongamento atinge os 22.6 graus, sugerindo um apoio menos dinâmico e uma menor eficiência na utilização da energia elástica (5).

A articulação túbio-társica apresenta um padrão de comportamento muito idêntico nas duas situações, embora se verifique, com o aumento da duração da fase de apoio, uma maior extensão desta articulação. A variação angular é, portanto, superior em condições de fadiga, variando entre um ângulo mínimo de 1.38 rad e um ângulo de saída de 2.26 rad.

De referir que as três articulações alcançam as velocidades máximas de extensão antes de atingir a sua extensão máxima, sugerindo um movimento explosivo dos seus músculos extensores. Contudo, em situação de fadiga, e como já foi referido, os picos máximos de velocidade são inferiores e atingidos mais tarde, principalmente ao nível da articulação coxo-femoral, o que denota um movimento menos explosivo e potente.

#### **Dinâmica do comportamento muscular**

A elevada carga a que os músculos são sujeitos durante a fase excêntrica é uma característica importante associada aos movimentos de impulsão máxima. Segundo Komi (17), a capacidade de resistir a essas cargas sugere um alto grau de *stiffness* muscular nesta fase do ciclo muscular. Ainda segundo o mesmo autor, num apoio de corrida, o tricípite sural apresenta uma actividade eléctrica bastante intensa

antes de se iniciar o contacto com o solo, o que permite um nível de tensão durante a fase excêntrica da contracção muscular. Desta forma, o reduzido alongamento verificado no movimento por nós estudado está associado a uma pré-activação muscular, que resulta de um processo de pré-programação do Sistema Nervoso Central (8), preparando o músculo para resistir às cargas de impacto (21), através da ligação de algumas pontes cruzadas entre as proteínas contrácteis.

Por outro lado, segundo Komi e Nicol (19), em condições de fadiga o sistema neuromuscular altera a regulação do *stiffness* muscular, reflectindo-se numa redução da sensibilidade ao alongamento (2). Desta forma, embora não tenham sido registadas alterações significativas na dimensão do alongamento muscular com a instalação da fadiga, a verdade é que os tempos de acção excêntrica aumentaram, o que sugere uma diminuição da potência mecânica dos músculos extensores do membro inferior, que resulta provavelmente de uma alteração do *stiffness* muscular. Esta suposição é deduzida a partir da superior variação angular excêntrica do joelho em condições de fadiga e da ligeira diminuição das velocidades angular e de alongamento muscular. Estas condições sugerem uma capacidade diminuída de resistir às cargas de alongamento, uma menor eficiência na utilização da energia elástica e a possibilidade de uma menor contribuição reflexa.

Em síntese, a fadiga associada ao esforço característico dos 400 metros barreiras induz alterações significativas na capacidade de produção mecânica do complexo músculo-tendinoso. Este necessita de mais tempo para atingir idênticos níveis de força, necessidade essa que é traduzida no aumento considerável da duração da fase de apoio, confirmando uma diminuição da capacidade elástica e contráctil muscular. Esta diminuição da capacidade de produção mecânica conduz ao aumento das perdas de velocidade horizontal durante o apoio e, conseqüentemente, à diminuição da velocidade de deslocamento.

#### **CORRESPONDÊNCIA**

**Maria João Valamatos**

Rua D. Mafalda, 19, 7º Dto, Massamá,  
2605-201 Belas, Portugal  
mjvalamatos@fmh.utl.pt

## BIBLIOGRAFIA

1. Atwater, A. E. (1973). Cinematographic analysis of human movement. In J. Wilmore (Ed.) *Exercise and sport science reviews, Vol 1*. New York: Academic Press, 217-246.
2. Avela, J.; Komi, P. (1998). Reduced stretch reflex sensitivity and muscle stiffness after long-lasting stretch-shortening cycle exercise. *Eur J Appl Physiol* 78: 403-410.
3. Breyer V.; Brublevkij, E. (1984). The 400 Meters Hurdles. *Modern Athlete and Coach* 22 (3): 32-34
4. Cabri, J. (1989). The influences of different doses alprazolam on muscle activity, in function and cardiovascular responses to concentric and eccentric efforts in isokinetic movement conditions. Doctoral Thesis, Vrije Universiteit Brussel, Brussels.
5. Coh, M.; Dolenc, A. (1996). Three – dimensional Kinematics Analysis of the Hurdles Technique Used By Brigita Bukovec. *New Studies in Athletics* 11, 1: 63-69.
6. Coh, M.; Kastelic, J.; Pintaric, S. (1998). A Biomechanical Model of the 100m Hurdles of Brigita Bukovec. *Track Coach* 142: 4521-4529.
7. Costa, A. (1996). *Caracterização da corrida de 400 metros planos: identificação de algumas variáveis condicionantes do rendimento*. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto.
8. Dietz, V.; Noth, J.; Schmidtbleicher, D. (1981). Interaction between pre-activity and stretch reflex in human triceps brachii during landing from forwards falls. *J Physiol* 311: 113-125.
9. Dillman, C. J. (1975). Kinematic analysis of running. In J. Wilmore & J. Keogh (Eds.) *Exercise and sport sciences reviews (Vol. 3)*. New York: Academic Press.
10. Gollhofer, A.; Komi, P.V.; Miyashita, M.; Aura, O., (1987). Fatigue during stretch-shortening cycle exercises. I. Changes in mechanical performance of human skeletal muscle. *Int J Sports Med* 8: 71-78.
11. Grieve, D. W.; Pheasant, S.; Cavagna, G. A. (1978). Prediction of gastrocnemius length from knee and ankle joint posture. In E. Asmussen & K. Jorgesen (Eds) *Biomechanics VI-A*. Baltimore: University Park Press, 405-412.
12. Horita, T.; Komi, P. V.; Nicol, C.; Kyröläinen, H. (1996). Stretch-shortening cycle fatigue: Interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in drop jump. *Eur J Appl Physiol* 73: 393-403.
13. Hoskisson, J. L.; Korchemny, R. (1991). 1990 TAC junior sprint project stride evaluation. *Track Technique* 116: 3691-3699.
14. Jacobs, R.; Bobbert, M. F.; van Ingen Schenau, G. (1996). Mechanical output from individual muscles during explosive leg extensions: the role of biarticular muscles. *J Biomech* 29 (4): 513-523.
15. Jacobs, R.; van Ingen Schenau, G. (1992). Intermuscular coordination in a sprint push-off. *J Biomech* 25 (9): 953-965.
16. Keller, T. S.; Weisberger, A. M.; Ray J. L.; Hasan, S. S.; Shiavi, R.G.; Spengler, D. M. (1996). Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 11(5): 253-259
17. Komi, P. V. (1992). Stretch-Shortening Cycle. In P. V. Komi (Ed.) *Strength and Power in Sport*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 169-179
18. Komi, P. V.; Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports Exerc* 10, 4: 261-267.
19. Komi, P. V.; Nicol, C. (2000). Stretch-Shortening Cycle Fatigue. In B. M. Nigg, B. R. MacIntosh, J. Mester *Biomechanics and Biology of Movement*. Champaign: Human Kinetics, 385-408.
20. Komi, P. V.; Nicol, C. (2000). Stretch-Shortening Cycle of Muscle Function, in Biomechanics in Sport. Performance enhancement and injury prevention. In V. Zatsiorsky *The Encyclopedia of Sport Medicine, Vol IX*, 87-102.
21. Kyröläinen, H.; Avela J.; Komi, P. V. (1989). Regulation of muscle force and stiffness during long jump take-off. In R. J. Gregor, R. F. Zernicke & W. C. Whiting (Ed.) *XII International Congress of Biomechanics*. Los Angeles: University of California, 219-220.
22. Kyröläinen, H.; Belli, A.; Komi, P. V. (2001). Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Med Sci Sports Exerc* 33, 8: 1330-1337.
23. Mann, R. (1986). The Biomechanical analysis of sprinting. *Track Technique* 94: 3000-3003.
24. McDonald, C.; Dapena, J. (1991). Linear Kinematics of the Men's 110-m and Women's 100-m Hurdles Races. *Med Sci Sports Exerc* 23, 12: 1382-1391.
25. McDonald, C.; Dapena, J. (1991). Angular Momentum in the Men's 110-m and Women's 100-m Hurdles Races. *Med Sci Sports Exerc* 23, 12: 1392-1402.
26. McLean, B. (1994). The biomechanics of Hurdling: Force Plate Analysis to assess Hurdling Technique. *New Studies in Athletics* 9, 4: 55-58.
27. Mero, A.; Komi, P. (1986). Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supra-maximal running speeds in sprinters. *Eur J Appl Physiol. Occup. Physiol* 55 (5): 553-561.
28. Molina, L. G.; Ozcariz, J. A. (2002). Metodología del Entrenamiento de Velocidad y Vallas en las Categorías de Formación. Apuntes Curso Formación Nivel II – IAAF. "Velocidad y Vallas". Algarve, Nov 2002.
29. Nicol C.; Komi, P. V.; Marconnet, P. (1991). Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance. I. Changes in muscle force and stiffness characteristics. *Scand J Med Sci Sports* 1: 10-17.
30. Nicol C.; Komi, P. V.; Marconnet, P. (1991). Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance. II. Changes in force, integrated electromyographic activity and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports* 1: 18-24.
31. Nicol, C.; Komi, P. V.; Marconnet, P. (1991). Effects of marathon fatigue on running kinematics and economy. *Scand J Med Sci Sports* 1: 195-204.
32. Nilsson J.; Thorstensson A. (1989). Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiol Scand* 136(2): 217-27
33. Nummela, A.; Rusko, H.; Mero, A. (1994). EMG Activities and Ground Reaction Forces During Fatigued and Nonfatigued Sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 26, 5: 605-609.
34. Ozolin, E. S. (1986). *The Sprint*. Moscow.
35. Rack, P.M.H.; Westbury, D.R. (1974). The short range elastic stiffness of active mammalian muscle and its effect on mechanical properties. *J Physiol* 240: 331-350.
36. Santos, P. M-H. (1995). *Adaptações Musculares ao Treino da Força*. Com especial referência para as adaptações do

- padrão electromiográfico induzidas pelo treino e destreino. Dissertação de doutoramento. Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa.
37. Sherman, W. M.; Armstrong, L. E.; Murray, T. M.; Hagerman, F. C.; Costill, D. L.; Staron, R. C.; Ivy, J. L. (1984). Effect of a 42.2 km footrace and subsequent rest or exercise on muscular strength and work capacity. *J Appl Physiol* 57 (6): 1668-1673.
  38. Sprague, P.; Mann, R. V. (1983). The Effects of Muscular Fatigue on the Kinetics of Sprint Running. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 54, 1: 60-66.
  39. Tupa, V.; Gusejnov, F.; Mironenko, I. (1991). Fatigue-induced changes in sprinting technique. *Soviet Sport Review*, Dec. 185-188.
  40. Veloso, A. P., (2000). Biomecânica do comportamento inter-segmentar: modelo do sistema músculo-esquelético e sua aplicação. Dissertação de doutoramento. Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa.
  41. Visser, J. J.; Hoogkamer, J. E.; Bobbert, M. F.; Huijing, P. A. (1990). Length and moment arm of human leg muscles as a function of knee and hip-joint angles. *Eur J Appl Physiol* 61: 453-460.

# Personalidade de atletas brasileiros de alto-rendimento: comparações entre os sexos masculino e feminino e correlação com nível de performance e tempo de treinamento

Maurício B. Filho<sup>1</sup>  
Luiz S. Ribeiro<sup>2</sup>  
Félix G. García<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

<sup>2</sup> Infoteste do Brasil

<sup>3</sup> Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.31>

## RESUMO

Foi objetivo deste estudo avaliar as características da personalidade de atletas brasileiros de alto-rendimento, comparando as semelhanças e diferenças existentes entre indivíduos de ambos os sexos, assim como estabelecer correlações entre as variáveis psicológicas, níveis de performance e tempo de treinamento dos atletas. A amostra se constituiu de duzentos e nove atletas brasileiros (108 homens e 101 mulheres) de quatro modalidades esportivas (voleibol, basquete, judô e natação). Como instrumento para o estudo da personalidade, utilizou-se o Inventário de Personalidade de Freiburg (FPI-R). Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre atletas homens e mulheres ( $p < 0,05$ ) em seis das doze variáveis do estudo: auto-realização, agressividade, inibição, irritabilidade, queixas físicas e emotividade. No entanto, esse comportamento não se repetiu quando a amostra foi subdividida por modalidades esportivas. As correlações encontradas entre as variáveis psicológicas do estudo e o tempo de treinamento ( $-0,234 < r < 0,034$ ) e o nível de performance ( $-0,202 < r < 0,043$ ) dos atletas não foram estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ). Em conclusão, os atletas brasileiros homens e mulheres de alto-rendimento, de uma maneira geral, apresentam diferenças nas características da personalidade. No entanto, quando os subgrupos foram separados e analisados de acordo com sua modalidade, não se observou uma quantidade significativa de diferenças entre atletas dos sexos masculino e feminino. As variáveis tempo de treinamento e nível de performance apresentaram correlações fracas com as variáveis de personalidade, porém sugere-se a realização de futuros estudos para aprofundar este tema.

*Palavras-chave:* personalidade, atletas brasileiros, gênero, performance, tempo de treinamento, FPI.

## ABSTRACT

**Personality of Brazilian high-level athletes: comparison between men and women and correlation with performance level and training years.**

This study aimed at (i) evaluating the personality characteristics of Brazilian high-level athletes, verifying similarities and differences among individuals from both gender and (ii) correlating psychological variables with performance level and training years. We sampled two hundred and nine athletes (108 men and 101 women) from four sports (volleyball, basketball, judo and swimming). The FPI-R (Freiburg Personality Inventory) was used to evaluate personality characteristics of the subjects. Statistical significant differences ( $p < 0,05$ ) were found between Brazilian high-level male and female athletes in six out of twelve study variables: Life Satisfaction, Aggressiveness, Inhibition, Irritability, Physical Complaints and Emotionality. However, this tendency was not found when the sample was divided by the respective sports. The correlation found among the psychological variables and athletes training years ( $-0,234 < r < 0,034$ ) and performance level ( $-0,202 < r < 0,043$ ) was not statistically significant ( $p > 0,05$ ). In conclusion: Men and women Brazilian high-level athletes, in general, presented differences in the personality characteristics. However, when divided and analyzed by their sports, it was not observed a significant difference between athletes from both sexes. Training years and performance level presented weak correlation when with the personality factors, but we suggest that more studies must be done to improve this topic.

**Key Words:** personality, Brazilian athletes, gender, performance, training years, FPI.

## INTRODUÇÃO

A relação entre personalidade e esporte tem sido uma das áreas de investigação mais exploradas pela Psicologia do Esporte. O volume de pesquisas e artigos publicados sobre o tema demonstra sua importância para pesquisadores, profissionais envolvidos no esporte e atletas (9, 22, 23, 27, 29). A complexidade do tema aponta para a necessidade de aprofundamento de estudos em uma área que, até os dias de hoje, intriga aqueles que buscam explicações científicas para as diferenças de personalidade entre os atletas. Cox (4) e Auweele et al. (2), no entanto, indicavam para um decréscimo de interesse sobre o tema com a publicação de poucos artigos diretamente relacionados à personalidade. O que a princípio pode ser entendido como uma queda na importância dos estudos da personalidade no esporte pode ter outras explicações. Uma delas é a complexidade do tema. Muitas vezes, pesquisadores buscam respostas para dúvidas como “existe um perfil de personalidade dos campeões” e a insistência, juntamente com a ausência de explicações consistentes durante um longo período de tempo, pode ter causado um aparente desinteresse.

Entre essas razões, diversos são os autores que apontam lacunas no conhecimento entre a relação personalidade e esporte. Bara Filho et al. (3), Guillén e Castro (8), Junge et al. (11), Morris (13), O'Connor (14), Weinberg e Gould (29) e Williams e Reilly (30) enfatizam que o tema ainda está longe da perfeição, não havendo uma relação clara e precisa. Para os autores em questão, não existem evidências científicas de perfis de personalidade entre grupos de atletas de determinadas modalidades, bem como são escassos os estudos que auxiliem na determinação de diferenças de características psicológicas entre atletas jovens e atletas de alto-rendimento.

As diferenças entre homens e mulheres sempre foram e, ainda são, objeto de estudos nas mais diversas áreas do conhecimento e o esporte não se torna distinto. Características físicas, fisiológicas, no rendimento atlético e, também, nas variáveis psicológicas são estudadas exaustivamente para tentar explicar possíveis diferenças entre os sexos.

Alguns autores indicam que homens e mulheres atletas possuem perfis de personalidade semelhan-

tes, apresentando poucas diferenças entre si (4, 9, 18, 29). No entanto, outros estudiosos apontam diferentes características entre homens e mulheres atletas.

Para Pedersen (16), os atletas do sexo masculino diferenciam-se das mulheres atletas por serem mais ativos, apresentarem índices mais altos de agressividade, serem mais competitivos e controlados. As atletas diferenciam-se por serem mais organizadas e mais orientadas para um objetivo pré-determinado. No estudo de Cox e Liu (6) com atletas chineses e americanos das modalidades atletismo, basquete, vôlei e natação, as únicas diferenças constatadas, ao se avaliar o grupo de uma maneira geral, foram um maior nível de confiança e uma maior motivação entre os atletas homens, quando comparados às mulheres. Observa-se que as diferenças nas características entre atletas dos sexos masculino e feminino são mencionadas na literatura, porém não aparecem de forma constante, o que dificulta as conclusões a serem realizadas. Estudos mais sistematizados devem ser realizados para que esta lacuna no conhecimento seja preenchida. Por esta razão, diversos estudos recentes foram realizados comparando grupos de atletas homens e mulheres (1, 15) e, ainda assim, os resultados não se mostram consistentes. Os futuros estudos que objetivarem estudar as diferenças entre esses grupos devem também se preocupar em diferenciar atletas de não-atletas, pois os resultados obtidos com a população de atletas podem estar replicando as características gerais existentes entre homens e mulheres.

Dentro de um outro enfoque, atletas, treinadores e demais envolvidos no esporte competitivo sempre questionam a existência de características psicológicas específicas dos atletas de alto-rendimento em comparação àqueles de níveis inferiores. Muitas vezes, ouve-se afirmações que indicam o perfil de personalidade do grande atleta.

Quando considerados os níveis de performance, Cox (4) e Weinberg e Gould (29) sugerem que há indicações da relação da personalidade com a performance atlética, mas isso vem acompanhado por muitas imprecisões. O mesmo Cox (4) indica que existem características da personalidade, como estabilidade emocional, autodisciplina, capacidade mental de

resistir ao esforço, baixa tensão, extroversão e independência que estão relacionadas com a performance. Peensgaard (17) completa, expondo que atletas de elite possuem uma maior persistência nos objetivos, dispondo de um maior nível de esforço para as tarefas determinadas.

Estudos recentes têm indicado diferenças entre atletas de níveis distintos de performance. Williams e Reilly (30) e Reilly et al. (21), avaliando talentos no futebol, concluíram que aqueles jogadores considerados mais talentosos possuíam uma maior autoconfiança, uma menor propensão a distúrbios da ansiedade e eram mais orientados à motivação pela tarefa e não pelo ego. Estudando atletas chineses, Cox et al. (5) concluíram que os atletas de alto-nível apresentavam habilidades psicológicas superiores em relação aos demais.

Num estudo com jogadores de futebol americano, Simpson e Newby (24) esclareceram que os atletas de melhor nível possuíam um melhor perfil de humor, com menores índices de raiva e hostilidade, indicando que a agressividade no esporte é diferente do conceito popular. Os atletas de melhor nível, supostamente, apresentam maiores índices de agressividade e isto foi comprovado por Rasclé et al. (20) com jogadores de handebol, que também apresentaram orientação ao ego, ao contrário de estudos mencionados anteriormente.

Williams e Reilly (30) e Auweele et al. (2) concluem que os pesquisadores ainda necessitam identificar características específicas no perfil de personalidade relacionado com o sucesso no esporte, o que é corroborado por Morris (13), afirmando que não há pesquisas suficientes que diferenciem o atleta júnior do atleta de elite. Esses dados sugerem que este ainda é um campo vasto a ser explorado nos futuros estudos. Apesar de não se poder concluir satisfatoriamente, observa-se que existem características únicas dos atletas de alto-rendimento, no entanto isso deve ser melhor estudado e explorado em futuras pesquisas. Entre outras razões, este tópico de estudos dentro da personalidade vem crescendo nos últimos anos com a publicação de diversos artigos científicos (7, 12, 19, 25, 28).

Pesquisas com populações de atletas de diferentes realidades sócio-culturais e econômicas, como as realiza-

das com atletas chineses, devem ser feitas com atletas de outros países como o Brasil, pois a grande parte dos estudos realizou-se com norte-americanos e europeus. Isto posto, o presente estudo objetivou avaliar as características da personalidade de atletas brasileiros de alto-rendimento, verificando as semelhanças e diferenças existentes entre indivíduos de ambos os sexos, bem como estabelecendo correlações entre os distintos níveis de performance e o tempo de treinamento dos atletas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como descritiva, comparativa e correlacional. Descritiva, pois objetiva descrever sistematicamente características psicológicas da amostra de atletas brasileiros de ambos os sexos; comparativa devido a comparações a serem estabelecidas entre os sub-grupos de atletas masculino e feminino dessa amostra; e correlacional, pois pretende estabelecer uma correspondência entre as variáveis psicológicas, níveis de performance e tempo de treinamento dos atletas (10, 26).

### Amostra

Um total de 209 (duzentos e nove) atletas de quatro modalidades esportivas (voleibol, basquetebol, judô e natação) constituiu a amostra, sendo 108 (cento e oito) atletas do sexo masculino e 101 (cento e um) do sexo feminino. As modalidades esportivas e suas respectivas características estão dispostas na Tabela 1. A idade média da amostra de atletas brasileiros é de  $20,69 \pm 4,19$  anos e o tempo médio de treinamento é de  $8,74 \pm 4,62$  anos. Para o cálculo do tempo de treinamento, estabeleceu-se o período entre o primeiro campeonato disputado pelo atleta nas categorias de base e o mês no qual foi realizada a coleta de dados. Quando divididos por grupos das modalidades esportivas de cada atleta, as variáveis idade e tempo de treinamento (em anos de prática) se comportam, respectivamente, da seguinte forma: natação ( $21,25 \pm 4,82$  e  $10,00 \pm 4,82$  anos), basquete ( $25,63 \pm 5,70$  e  $13,19 \pm 6,03$  anos), judô ( $19,47 \pm 1,87$  e  $8,98 \pm 3,54$  anos) e voleibol ( $19,99 \pm 3,74$  e  $6,82 \pm 3,73$  anos).

Tabela 1: Características da amostra [número de indivíduos e idade média] de cada modalidade.

Modalidade	Natação	Basquete	Judô	Voleibol	Geral
N (total)	27	26	69	87	209
n (Homens)	11	26	31	40	108
n (mulheres)	16	0	38	47	101
Idade média (anos)	21,25± 4,82	25,63± 5,70	19,47± 1,87	19,99± 3,74	20,69± 4,19
Tempo de treinamento	10,00± 4,82	13,19± 6,03	8,98± 3,54	6,82± 3,73	8,74± 4,62

O nível de performance estabelecido para os atletas participarem do estudo constituiu-se no fato deles estarem no mínimo competindo nos campeonatos nacionais adultos ou ligas nacionais de seus respectivos esportes (2). Para esta variável, estabeleceu-se uma escala de 1 (um) a 10 (dez), sendo 1 (um) para aquele atleta participante somente do campeonato nacional e 10 (dez) para aquele tenha disputado um Campeonato Mundial adulto e/ou os Jogos Olímpicos.

Em relação a esta variável, detectou-se que 100% dos atletas participavam dos campeonatos nacionais em suas respectivas modalidades, 85,3% já haviam representado a seleção brasileira em alguma idade (juvenil ou adulta) e que 29,1% da amostra estava participando, ou participou em algum momento de sua carreira desportiva, das equipes principais do Brasil em campeonatos como Sul-americanos, Pan-americanos, Mundiais e Jogos Olímpicos.

#### Instrumento da pesquisa

O instrumento utilizado foi o Inventário de Personalidade de Freiburg (FPI-R), na sua versão revista, contendo 138 questões com possibilidades de respostas entre concordo e não concordo, sendo aplicado uma única vez. As seguintes variáveis foram estudadas: Auto-realização, Espírito Humanitário, Empenho Laboral, Inibição, Irritabilidade, Agressividade, Fatigabilidade, Queixas Físicas, Preocupação com a Saúde, Sinceridade, Extroversão, Emotividade. O instrumento foi respondido de

maneira voluntária em momentos antes ou após o treinamento ou competições desses atletas. O FPI caracteriza-se como um inventário de personalidade que descreve de forma objetiva a manifestação de importantes dimensões da personalidade, permitindo uma comparação interindividual. Isso vem a classificá-lo como um importante instrumento para pesquisas que objetivem comparar diferentes grupos de indivíduos. Além do FPI, os atletas preencheram um questionário geral contendo informações como sexo, idade, tempo de treinamento desportivo e nível de performance.

#### Análise estatística

Para a análise da existência de características da personalidade entre atletas de ambos os sexos, utilizou-se inicialmente a estatística descritiva (média e desvio-padrão) para o comportamento de cada variável do estudo. Posteriormente, aplicou-se um teste “t” de Student para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos sub-grupos (masculino e feminino). Para a comparação entre atletas do mesmo sexo e diferentes modalidades, bem como sexos e modalidades diferentes, utilizou-se uma ANOVA *one-way* com *Post-Hoc* de Sheffé para analisar as diferenças entre as médias das variáveis. O índice de correlação de Pearson foi utilizado para o cálculo das relações entre as variáveis psicológicas do estudo com as variáveis nível de performance e tempo de treinamento..

#### RESULTADOS

Na Tabela 2, pode-se observar as médias e desvios-padrão das variáveis psicológicas dos dois grupos, masculino e feminino, respectivamente. Nesse primeiro momento, os atletas foram separados somente por sexo, desconsiderando suas modalidades esportivas.

Tabela 2: Estatística descritiva – média (desvio-padrão) em pontos - das variáveis psicológicas do estudo do grupo geral e separadamente de atletas masculino e feminino e teste “t” de Student para diferença entre médias.

Variável/Modalidade	Geral	Mulheres	Homens	“t”	P
	X ± DP	X ± DP	X ± DP		
Auto-realização	7,78 ± 2,23	7,42 ± 2,41	8,11 ± 2,01	-2,240	0,026*
Espírito Humanitário	8,04 ± 1,86	8,16 ± 1,96	7,92 ± 1,77	0,900	0,369
Empenho Laboral	8,64 ± 1,91	8,60 ± 1,89	8,67 ± 1,94	-0,236	0,813
Inibição	4,37 ± 2,28	4,69 ± 2,34	4,07 ± 2,19	1,975	0,050*
Irritabilidade	5,03 ± 2,55	5,72 ± 2,46	4,39 ± 2,47	3,906	0,000***
Agressividade	4,01 ± 2,36	3,64 ± 2,17	4,35 ± 2,48	-2,190	0,030*
Fatigabilidade	5,15 ± 2,74	5,35 ± 2,62	4,96 ± 2,84	1,112	0,313
Queixas Físicas	3,03 ± 2,17	3,80 ± 2,32	2,31 ± 1,74	5,267	0,000***
Preocup com saúde	6,72 ± 2,49	6,98 ± 2,47	6,47 ± 2,49	1,480	0,140
Sinceridade	6,62 ± 2,34	6,46 ± 2,48	6,77 ± 2,21	-0,936	0,351
Extroversão	10,06 ± 2,54	9,82 ± 2,65	10,28 ± 2,42	-1,299	0,195
Emotividade	6,20 ± 2,92	6,77 ± 3,25	5,68 ± 2,48	2,753	0,006**

(\* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\*p<0,001)

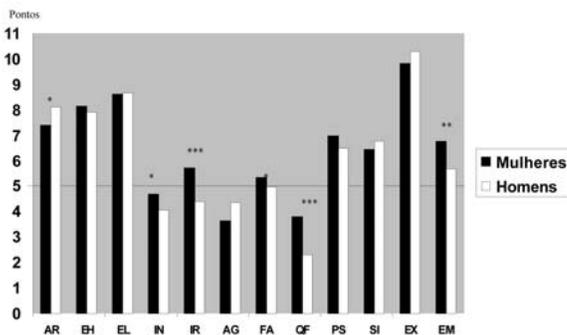


Figura 1: Disposição das médias das variáveis da FPI entre atletas homens e mulheres. (\* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\*p<0,001).

Legenda: AR- Auto-realização; EH - Espírito Humanitário; EL- Empenho Laboral; IN- Inibição; IR- Irritabilidade; AG- Agressividade; FA- Fatigabilidade; QF- Queixas Físicas; PS- Preocupação com a Saúde; SI- Sinceridade; EX- Extroversão; EM- Emotividade.

Inicialmente, torna-se claro na Tabela 2 e, também, na Figura 1 a existência de diferenças de médias entre atletas do sexo masculino e feminino nas variáveis psicológicas dos estudos. As variáveis que apresentaram maiores diferenças nas médias foram Queixas Físicas (3,80 e 2,31 pontos para mulheres e homens, respectivamente), irritabilidade (5,72 e 4,39 pontos) e emotividade (6,77 e 5,68 pontos), enquanto as que variaram menos foram Empenho Laboral (8,60 e 8,67 pontos), Espírito Humanitário (8,16 e 7,92 pontos) e sinceridade (6,46 e 6,77 pon-

tos). No entanto, essas diferenças necessitam ser testadas estatisticamente para a verificação de diferenças significativas entre elas. Para isto, foi aplicado o teste “t” de Student para amostras independentes (Figura 1 e Tabela 2).

Pode-se observar na Tabela 2 e na Figura 1 que foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $p<0,05$ ) em seis das doze variáveis do estudo. Analisando-as, verifica-se que os atletas do sexo masculino apresentam maiores escores nas variáveis auto-realização ( $p<0,05$ ) e agressividade ( $p<0,05$ ), caracterizando-os de uma maneira geral como mais confiantes, com uma maior satisfação geral, mais bem humorados, com maior conduta agressiva que as mulheres. Estas, no entanto, demonstram maiores escores que os homens nas variáveis inibição ( $p=0,05$ ), irritabilidade ( $p<0,001$ ), queixas físicas ( $p<0,001$ ) e emotividade ( $p<0,01$ ), o que as diferencia como mais tímidas e com certa dificuldade de expressão em público, com mais reações psicossomáticas, mais sensíveis e emocionalmente mais lábeis que os homens. Observa-se, de maneira geral, diferenças existentes entre esses dois grupos. Para prosseguir aprofundando a análise, realizou-se uma análise descritiva e de variância (ANOVA) para comparar os grupos de homens e mulheres da mesma modalidade e de modalidades diferentes, respectivamente. A Tabela 3 demonstra as médias e os desvios-padrão de cada subgrupo.

Tabela 3: Estatística descritiva – média  $\pm$  desvio-padrão em pontos - das variáveis psicológicas do estudo dos subgrupos de atletas masculino (M) e feminino (F) das diferentes modalidades.

Variável/ Modalidade	Vôlei (F)	Vôlei (M)	Basquete (M)	Judô (F)	Judô (M)	Natação (F)	Natação (M)
Auto-realização	8,34 $\pm$ 2,13	8,65 $\pm$ 1,85	7,96 $\pm$ 2,22	6,20 $\pm$ 2,57	7,68 $\pm$ 1,81	7,44 $\pm$ 1,62	7,72 $\pm$ 2,37
Esp. Humanitário	8,40 $\pm$ 1,80	8,80 $\pm$ 1,50	7,65 $\pm$ 1,62	8,11 $\pm$ 2,09	7,45 $\pm$ 1,70	7,56 $\pm$ 2,06	6,73 $\pm$ 2,00
Empenho Laboral	8,81 $\pm$ 1,82	9,05 $\pm$ 1,45	8,54 $\pm$ 1,90	8,24 $\pm$ 2,02	8,19 $\pm$ 2,39	8,87 $\pm$ 1,75	8,91 $\pm$ 2,12
Inibição	4,42 $\pm$ 1,89	3,87 $\pm$ 1,98	4,00 $\pm$ 2,24	5,02 $\pm$ 2,92	4,09 $\pm$ 2,31	4,56 $\pm$ 1,96	4,91 $\pm$ 2,55
Irritabilidade	5,42 $\pm$ 2,17	3,70 $\pm$ 1,95	4,73 $\pm$ 3,10	5,97 $\pm$ 2,73	4,71 $\pm$ 2,24	6,00 $\pm$ 2,66	5,18 $\pm$ 2,86
Agressividade	3,47 $\pm$ 1,78	3,97 $\pm$ 2,07	3,65 $\pm$ 2,61	3,92 $\pm$ 2,72	5,03 $\pm$ 2,66	3,50 $\pm$ 1,71	5,45 $\pm$ 2,45
Fatigabilidade	4,83 $\pm$ 2,40	4,05 $\pm$ 2,18	5,27 $\pm$ 2,84	5,97 $\pm$ 2,83	5,68 $\pm$ 3,41	5,37 $\pm$ 2,53	5,54 $\pm$ 2,73
Queixas Físicas	3,89 $\pm$ 2,11	2,10 $\pm$ 1,48	2,11 $\pm$ 1,68	4,16 $\pm$ 2,54	2,35 $\pm$ 1,83	2,69 $\pm$ 2,15	3,45 $\pm$ 2,21
Preocup com Saúde	7,45 $\pm$ 1,94	7,03 $\pm$ 2,70	5,73 $\pm$ 1,97	6,29 $\pm$ 2,81	6,26 $\pm$ 2,73	7,25 $\pm$ 2,77	6,82 $\pm$ 1,66
Sinceridade	5,83 $\pm$ 2,35	5,97 $\pm$ 2,08	6,31 $\pm$ 2,09	7,26 $\pm$ 2,33	7,77 $\pm$ 2,09	6,44 $\pm$ 2,76	7,91 $\pm$ 1,87
Extroversão	10,40 $\pm$ 2,33	10,40 $\pm$ 2,68	9,69 $\pm$ 2,54	9,29 $\pm$ 2,85	10,97 $\pm$ 1,72	9,37 $\pm$ 2,87	9,27 $\pm$ 2,49
Emotividade	6,23 $\pm$ 2,93	5,25 $\pm$ 2,13	5,35 $\pm$ 2,98	7,42 $\pm$ 3,51	6,59 $\pm$ 2,41	6,81 $\pm$ 3,41	5,54 $\pm$ 2,29

A ANOVA das diferenças encontradas entre as médias da Tabela 3 demonstrou que há diferenças estatisticamente significativas nas variáveis Auto-realização ( $p < 0,001$ ), Espírito Humanitário ( $p < 0,01$ ), Irritabilidade ( $p < 0,01$ ), Queixas Físicas ( $p < 0,001$ ) e Sinceridade ( $p < 0,01$ ) quando os sub-grupos são analisados separadamente. Para verificar essas diferenças demonstradas na ANOVA, utilizou-se o Teste *Post-Hoc* de Sheffé. Os resultados estão dispostos na Tabela 4 para que sejam analisados separadamente, a fim de um melhor entendimento.

Tabela 4: Post-Hoc de Sheffé entre homens e mulheres de diferentes modalidades.

	Mulheres	
Homens	Judô	Voleibol
Voleibol	Auto-realização ( $p=0,001$ ) Irritabilidade ( $p=0,013$ ) Queixas Físicas ( $p=0,003$ )	Queixas Físicas ( $p=0,011$ )
Judô		Sinceridade ( $p=0,033$ )
Basquete	Queixas Físicas ( $p=0,017$ )	Queixas Físicas ( $p=0,047$ )

(\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ )

Na Tabela 4, observa-se diferenças significativas entre homens do voleibol e mulheres do judô nas variáveis Auto-realização ( $p < 0,01$ ), Irritabilidade ( $p < 0,05$ ) e Queixas Físicas ( $p < 0,01$ ), constituindo-se nos grupos que mais quantidade de diferenças apresentaram. As judocas também se diferenciaram dos jogadores de basquete na variável Queixas Físicas ( $p < 0,05$ ). Outras diferenças significativas foram encontradas entre as atletas mulheres de voleibol na variável Queixas Físicas, respectivamente, com homens desta mesma modalidade ( $p < 0,05$ ) e com jogadores de basquete ( $p < 0,05$ ), assim como na variável

Sinceridade ( $p < 0,05$ ) com os judocas.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 4, principalmente, deve-se discutir que existem diferenças entre atletas de alto-rendimento de ambos os sexos, no entanto a quantidade de diferenças encontradas não pode ser considerada significativa, devido à existência de sete sub-grupos (vôlei, natação e judô, masculino e feminino e o basquete, somente masculino, combinados com as doze variáveis do estudo). Ainda assim, os resultados apresentados indicam haver um maior número de diferenças na comparação de esportes de contato físico direto (ex. judô)

com aqueles indiretos (ex. vôlei), o que pode indicar uma direção para as diferenças psicológicas no perfil dos atletas.

Outro fator é a pouca quantidade de diferenças entre homens e mulheres da mesma modalidade esportiva, fato este que aponta para características semelhantes entre atletas de uma mesma modalidade esportiva. Deve-se salientar também que as diferenças entre indivíduos do mesmo sexo e modalidades esportivas diferentes foi muito pequena, com a maior parte ocorrendo entre homens e mulheres.

Para avaliar o grau de relação das variáveis psicológicas estudadas com o nível de performance dos atletas, bem como com o tempo de treinamento submetido até então, utilizou-se o índice de correlação de Pearson. Os resultados indicaram a inexistência de correlações altas entre as variáveis psicológicas do estudo e o tempo de treinamento ( $-0,234 < r < 0,034$ ) e o nível de performance ( $-0,202 < r < 0,043$ ) dos atletas. Esses dados podem estar indicando uma estabilidade das variáveis de personalidade, mesmo quando confrontadas com outras, assim essas tendem a se manter estáveis durante vários anos.

A pequena relação entre essas variáveis estudadas reforça a teoria da existência de um traço de personalidade que pouco se modifica no decorrer dos anos, enfraquecendo a idéia da modificação da personalidade com a prática esportiva. No entanto, isso só poderá ser comprovado através de uma pesquisa longitudinal e não de uma maneira transversal como o presente estudo foi realizado.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de se caracterizar e diferenciar grupos distintos ainda motiva muitos pesquisadores das mais amplas áreas do conhecimento científico. E essa constatação aplica-se diretamente às Ciências do Esporte e à Psicologia Esportiva. Preencher lacunas do conhecimento, como as ainda existentes nos estudos de personalidade de atletas, deve se tornar um fomentador e motivador na produção do conhecimento, por mais complexo que seja o tema. Diferenciar indivíduos dos sexos masculino e feminino e, também, pessoas com distintos níveis de performance têm sido alguns desses objetos de estudo em diversas áreas, refletindo também na Psicologia do Esporte nas suas pesquisas sobre características da personalidade.

Dentro dos objetivos propostos no presente estudo, pode-se observar que os atletas brasileiros de alto-rendimento apresentam diferenças quando separados quanto ao sexo. Atletas homens e mulheres diferenciaram nas variáveis auto-realização, agressividade, inibição, irritabilidade, queixas físicas e emotividade, quando separados de uma maneira geral sem considerar suas respectivas modalidades.

No entanto, quando os subgrupos de atletas brasileiros, homens e mulheres, foram separados e analisados de acordo com sua modalidade, não observou-se uma quantidade significativa de diferenças entre atletas dos sexos masculino e feminino. Apenas em algumas variáveis (auto-realização, queixas físicas, sinceridade, irritabilidade) e entre alguns subgrupos foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Mas apesar dessa pequena quantidade de diferenças entre atletas do sexo masculino e feminino, algumas considerações importantes que poderão acrescentar ao conhecimento científico da personalidade no esporte estão presentes neste estudo.

As diferenças mais significativas ocorreram entre indivíduos de diferentes sexos e entre modalidades esportivas de contato físico direto (Ex. Judô) com aquelas que não tem contato físico direto (Ex. Vôlei). Esse realmente torna-se um referencial do presente estudo e aponta para futuras pesquisas sobre o assunto. Há indícios que características psicológicas não determinam a escolha de uma determinada modalidade, mas podem indicar o tipo de esporte a ser escolhido pelo indivíduo como forma sistematizada de treinamento.

Outro ponto importante ocorre quando os subgrupos são analisados e comparados conjuntamente. Observa-se muito poucas diferenças entre indivíduos de sexos diferentes e praticantes da mesma modalidade esportiva. Essa constatação pode indicar a existência de características psicológicas semelhantes entre atletas de um determinado esporte.

Os resultados encontrados no presente estudo corroboram intensamente com os estudos apresentados por Cox (4), Cox e Liu (6), Hernandez-Ardieta et al. (9) e Weinberg e Gould (29), que já indicavam que homens e mulheres atletas possuem perfis de personalidade semelhantes.

Há também uma semelhança com os achados de Pedersen (16), quanto à variável agressividade. Em

seu estudo, os atletas homens apresentaram índices mais altos de agressividade que as mulheres. Resumidamente, observa-se que a maior parte das diferenças significativas das variáveis psicológicas ocorreu entre homens e mulheres, entre modalidades distintas e entre modalidades de contato direto e indireto. Apesar das diferenças entre sexos existirem, não são tão grandes, demonstrando que pode existir um perfil de personalidade de atletas de alto-rendimento. Esse dado, no entanto, só poderá ser corroborado quando este grupo de atletas for comparado com um de não atletas.

De uma maneira contrária ao conhecimento prévio sobre o assunto, não foram encontradas altas correlações entre as variáveis tempo de treinamento e nível de performance, quando comparadas com as variáveis psicológicas abordadas neste estudo. Este resultado deve ser entendido, no entanto, pelo fato da amostra de atletas brasileiros ser de certa forma homogênea por se tratar de atletas de alto-rendimento, com estes apresentando poucas diferenças no seu nível de performance.

Comparando com a produção científica anterior sobre o tema, Cox (4) e Weinberg e Gould (29) já sugeriam que a relação da personalidade com a performance atlética estava cercada de imprecisões. No entanto, Cox (4), Cox et al. (5), Peensgaard (17), Simpson e Newby (24), Reilly et al. (21) e Williams e Reilly (30) apontaram diferenças entre atletas de diferentes níveis de performance.

Este fato não foi comprovado pelo presente estudo. No entanto deve-se ressaltar que a amostra do presente estudo era toda composta por atletas de alto-rendimento, o que pode ter influenciado no resultado, devido à pequena diferença existente entre seus níveis de rendimento.

Desta forma, o presente estudo corrobora com Williams e Reilly (30) e Morris (13) quanto à necessidade de identificar características específicas no perfil de personalidade relacionado com o sucesso no esporte.

Com toda esta gama de informações, caminhos futuros para as pesquisas sobre o tema personalidade e esporte podem ser sugeridos para uma maior e melhor compreensão de um tema tão complexo. Para que realmente constate-se a existência de um perfil de personalidade do atleta de alto-rendimento,

essa população e seus respectivos subgrupos devem ser comparados com uma população de não-atletas, para que as diferenças inter e intra-grupos sejam melhor compreendidas.

Quanto à avaliação da relação de variáveis como tempo de treinamento e nível de performance e as variáveis psicológicas, sugere-se a realização, tanto de estudos com atletas e praticantes de diferentes níveis de performance, como de pesquisas longitudinais para verificar possíveis evoluções nas características psicológicas dos atletas com o decorrer de toda sua carreira desportiva.

Para finalizar, deve-se continuar a incentivar estudos sobre a personalidade de atletas em regiões que ainda necessitam ser mais exploradas como Américas do Sul e Central, África e Ásia, para que todas as variáveis intervenientes no processo de formação dos atletas sejam exploradas.

#### AGRADECIMENTOS

A todos os atletas brasileiros que participaram da coleta de dados voluntariamente e aos membros das comissões técnicas dos seguintes desportos que possibilitaram a realização deste estudo: Voleibol (Professores Bernardo Rezende, Marco Aurélio Cunha, Antonio Rizola, Marcos Lerbach, Percy Oncken, Luiziomar Moura e Wadson Lima, e aos supervisores Hélcio Nunan e Jorge de Barros – Confederação Brasileira de Voleibol); Natação (Professores João Carlos Barros e Ricardo Moura - Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos); Basquete (Professores André Guimarães e Roberto Ribeiro de Almeida); e Judô (Professores Josué Morrison Moraes e Paulo Wanderley - Confederação Brasileira de Judô).

Parte desse artigo foi apresentado no 10º Congresso de Ciências do Desporto e de Educação Física dos Países de Língua Portuguesa, com resumo publicado na Revista Portuguesa de Ciências do Desporto – v. 4, nº 2 (suplemento), p. 146.

#### CORRESPONDÊNCIA

**Maurício Gattás Bara Filho**  
Rua São Sebastião, 1295/901  
Juiz de Fora – MG  
36015-410 Brasil  
[mgbara@terra.com.br](mailto:mgbara@terra.com.br)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anshel MH, Eom HJ (2003). Exploring the dimensions of perfectionism in sport. *Int J Sport Psychol* 34(3): 255-271.
2. Auweele YV, Nys K, Rzewnicki, R, Mele V (2001). Personality and athlete. In: R. Singer R, HA Haussenblas, CM Janelle (Org). *Handbook of Sport Psychology*. New York: John Wiley & Sons, 239-268.
3. Bara Filho MG, Ribeiro LS, Guillén F (in press). La personalidad de deportistas brasileños de alto nivel: comparación entre diferentes modalidades deportivas. *Cuad Psicol Deporte*.
4. Cox RH (1994). *Sport Psychology: concepts and applications*. Dubuque: Brown & Benchmark.
5. Cox RH, Liu Z, Qiu Y (1996). Psychological skills of elite Chinese athletes. *J Sport Psy* 27: 123-132.
6. Cox RH, Liu Z (1993). Psychological skills: a cross cultural investigation. *Int J Sport Psychol* 24: 326-340.
7. Gould D, Dieffenbach K, Moffett A (2002). Psychological characteristics and their development in Olympic champions. *J App Sport Psychol* 14(3): 172-204.
8. Guillén F, Castro JJ (1994). Comparación de la personalidad en deportistas y no deportistas, utilizando como instrumento el EPQ-A de Eysenk. *Rev Psicol Deporte* 5: 5-14.
9. Hernandez-Ardieta IP, Lopez JC, Dolores M, Ruiz, EJG (2002). Personalidad, diferencias individuales y ejecución deportiva. In: AO Zafra, HJ Ruiz, GN García (Coords). *Manual de Psicología del Deporte*. Murcia: DM, 105-123.
10. Isaac S, Michael WB (1993). *Handbook in research and evaluation*. San Diego: Edits.
11. Junge A, Dvorak J, Rosch D, Graf-Baumann T, Chomiak J, Peterson L (2000) Psychological and Sport-Specific Characteristics of Football Players. *Am J Sports Med* 28(5): S22-S28.
12. Kitsantas A, Zimmerman B (2002). Comparing self-regulatory processes among novice, non-expert, and expert volleyball players: A microanalytic study. *J App Sport Psychol* 14(2): 91-105.
13. Morris T (2000). Psychological characteristics and talent identification in soccer. *J Sports Sci* 18: 715-726.
14. O'Connor PJ (1996). Aspectos psicológicos del rendimiento de resistencia. In: RJ Shephard, PO Astrand (Org). *La Resistencia en el deporte*. Barcelona: Paidotribo, 149-156.
15. Pappalardo A, Festuccia E, Pesce C (2001). Differenze di genere nel profilo internazionale di atleti praticanti pallavolo. *Movimento* 17(3): 27-30.
16. Pedersen DM (1997). Perceived traits of male and female athletes. *Percept Mot Skills* 85: 547-550.
17. Peensgard AM (1999). The dynamics of motivation and perceptions of control when competing in the Olympic Games. *Percept Mot Skills* 89: 116-125.
18. Petterson TW, Wendt DT. (1974). Personality characteristics of women in intercollegiate competition. *Percept Mot Skills* 38: 861-862.
19. Raglin JS (2001). Psychological factors in sport performance: the mental health model revisited. *Sports Med* 31(12): 875-890.
20. Rasclé O, Coulomb G, Pfister R (1998). Aggression and goal orientation in handball: influence of institutional sport context. *Percept Mot Skills* 86: 1347-1360.
21. Reilly T, Williams AM, Nevill A (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci* 18(9): 695-702.
22. Saint-Phard D, Van Dorsten B, Marx RG, York KA (1999). Self-perception in elite collegiate female gymnastics, cross-country runners and track-and-field athletes. *Mayo Clin Proc* 74: 770-74.
23. Samulski DM (2002). *Psicologia do esporte: teoria e aplicação prática*. Barueri: Manole.
24. Simpson S, Newby RW (1991). Personality profile of no scholarship college football players. *Percept Mot Skills* 73: 1083-1089.
25. Solomon GB (2001). Performance and personality impression cues as predictors of athletic performance: an extension of expectancy theory. *Int J Sports Psychol* 32(1): 88-100.
26. Thomas JR, Nelson JK (1996). *Research Methods in Physical Activity*. Champaign: Human Kinetics.
27. Vealey RS (1992) Personality and Sport: a comprehensive view. In: TS Horn (Ed). *Advances in Sport Psychology*. Champaign: Human Kinetics, 26-60.
28. Zapletalova L, Medekova H (2003). The relationship between children's personal traits, motor activity and motor performance. *Gymnica* 33(1):11-18.
29. Weinberg RS, Gould D (1995). *Foundations of Sport and Exercise Psychology*. Champaign: Human Kinetics.
30. Williams AM, Reilly T (2000). Talent identification in soccer. *J Sports Sci* 18: 657-667.

# Specific strength training of the flick in Field Hockey through over-weighted balls

F. J. Vizcaya Pérez  
M. Fernández del Olmo  
R. Martín Acero

Universidade da Coruña  
Ciências da Actividade Física e o Deporte (I.N.E.F.)  
Espanha

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.40>

## ABSTRACT

The purpose of this study was to discover the effect of the specific strength training, using over – weighted balls, on the start speed of the ball, and to verify that the increase is higher when technique and strength training are combined. A specific strength training cycle was carried out for four weeks using different resistance devices (standard, +5%, +10%, +15% and +20%), with two subjects who belong to the Spanish elite. On the other hand, the technical execution of each shooting was analysed by a qualitative observation of the technique with the aim of verifying the effects of this type of strength training on the subjects' technical execution. The results of the study showed an increase in the start speed of the ball up to a highest of 7.41% (female player), and 21.96% (male player), and an improvement in the perception of the technical execution after the training cycle, which proved the efficacy of the training carried out.

*Key Words:* specific strength, resistance devices, performance, evaluation of the technique, team sports.

## RESUMO

*Treino específico da força do “flick” no Hóquei em Campo com utilização de bolas de peso superior ao regulamentar.*

*O objectivo deste estudo foi conhecer o efeito de um programa de treino específico de força, utilizando bolas de peso superior ao regulamentar, na velocidade de saída da bola e verificar que o incremento é mais elevado quando o treino da técnica e da força são desenvolvidos de forma combinada. Um ciclo específico de treino de força, utilizando sobrecargas (standard, +5%, +10%, +15% and +20%), foi aplicado durante quatro semanas em dois atletas de elite espanhóis. Por outro lado, a execução técnica de cada remate foi analisada através de procedimentos de observação qualitativa da técnica, com o objectivo de verificar os efeitos deste tipo de treino da força no desempenho técnico dos sujeitos. Os resultados do estudo mostraram um incremento na velocidade de saída da bola até um máximo de 7.41% na jogadora do sexo feminino e de 21.96% no jogador do sexo masculino, e uma melhoria na percepção da execução técnica após o ciclo de treino, o que provou a eficácia do programa de treino.*

*Palavras-chave:* força específica, equipamentos lastrados, performance, avaliação da técnica, jogos desportivos colectivos.

## INTRODUCTION

In this research are studied the effects caused by balls of different resistance devices (RD) on the specific strength training of the flick in two elite field hockey players from Spain. This technique could be used in the penalty – corner, a very important move because of the optimum chance to score. In the Olympic Games in Atlanta 1996, 38.1% (men´s class) and 37.8% (women´s class) of goals were scored through a penalty-corner. In the same competition, 8.4% of the penalty-corner shot by men used this technique and 24.2% of the shootings was scored. The percentage of the penalty-corner shot by women through a flick decreased (4.4%) as well as the goals scored through this technique (12.8%) (11).

Different RD were used to avoid the establishment of an inflexible stereotype, and to overcome the velocity plateau. The training with balls of different RD (standard, +5%, +10%, +15% and +20%), done by the penalty-corner strikers, and the methods used are shown, analysing the benefits obtained after the training cycle. For this research a previous study, with a sample of 25 Spanish elite field hockey players, was considered in order to estimate the changes in the start speed of the different RD, and to give direction to the specific strength training of the flick with balls of different RD.

## BASIS OF SPECIFIC STRENGTH TRAINING THROUGH RESISTANCE DEVICES

Harre and Lotz (7) indicated the necessity of using the specific movement of competition, with variations of the RD, so that the power and the technical training are sincronized. Schmidbleicher (10) states that the reach and direction of the movement of training must be as similar as possible to the movement of competition, by way of gaining the highest transfer of training between both movements. According to González Badillo and Gorostiaga (6), the goal of specific training exercises with RD is to improve the ability of applying the maximal strength to the specific movement of competition in as little time as possible.

In this study the training through over-weighted balls (with RD higher than the standard ball) is proposed to activate more motor units, recruit more muscle fibers and get a specific morphological, biochemical and physiological adaptation (7).

In order to do this sort of training, the RD to overcome would be always between the limits which let us maintain the external and internal structure of the throwing motion (8, 9, 14). Training with an excessive RD will not develop specific technique and strength, because it will use unspecific muscle groups (8) and promote dyscoordination (7).

The RDs which are employed in the development of the strength could be over- or under-weighted compared with the standard ball. The over-weighted balls decrease acceleration, since they extend the muscular contractions (7), but they develop speed (2). About throwing, Carnevalli (2) suggests that strength is a constituent element of speed. Therefore training with over-weighted implements increases the velocity of throwing whereas training with under-weighted implements is useful to maintain a high speed of throwing when the player is tired, but not to develop the velocity.

On the contrary, Watkinson (14) states that using higher RD will build a specific strength of throwing whereas using lower RD develops speed.

González Badillo and Gorostiaga (6) indicate that a specific power could be developed with a slightly lower speed, but with a higher component of specific strength than in competition, in order to increase the velocity of the specific sport movement.

Schmidbleicher (10) completes the Carnevalli's idea suggesting that if it is required to train the fastest motor units - those which develop strength - it will be necessary to do this with high training loads, since only with those loads can be guaranteed the maximum voluntary contraction. Furthermore it would be executed as quickly and as well as possible with these high training loads.

Another perspective to deal with this question is to supply the training with slightly lighter RD than the standard. DeRenne et al. (4) consider that this way of training probably does not increase muscular force at low speed of contraction, but it may improve the muscular strength at high speeds due to the modification of the recruitment pattern of motor units in the central nervous system and increase the throwing velocity.

The RD that have been used in this study were increased in 5%, 10%, 15% and 20%, without exceeding the 25 – 30% that Kuznetsov (8) indicates to maintain the external and internal structure of the shooting motion.

In this sort of specific strength training it is necessary to change the weight of the RD in order not to establish an inflexible stereotype within the use of each RD (8). Carnevalli (3) states that the advantages of changing the weight of the RD are: (i) It overcomes the velocity plateau and it prevents its establishment; (ii) It develops the specific muscle groups, according to the guidelines of the technique, since there is a process of learning and adaptation to each implement, if it respects the structure of the specific movement.

As García Manso et al. (5) remarked, there are some studies in which the results show an improvement in the speed of an acyclical movement, such as the punch in karate after the training with over-weighted mittens, or throwing in baseball after training with over-weighted balls.

The number of repetitions is related to the goal of avoiding decrease in the power because of fatigue. So, the training would consist of short sets of ten repetitions at the most (7).

The time of recovering after each set will be three minutes (7, 10). This is enough time for the recovery of the nervous system and, in this way, shooting at top speed as quickly as possible (10). Thus the velocity in each repetition is close to the maximum needed in competition (6).

Vizcaya et al. (13), after making a descriptive study with 25 players (males and females) of the Spanish elite to estimate the changes in the start speed of balls of different RD, suggest these groups of RD for the specific training of the strength for the flick in hockey: (i) standard; (ii) a loss of speed smaller than 5 % (RD +5 % and +10 % in females; +5 % in males); and (iii) a loss of speed greater than 5 % (RD +15 % and 20 % in females; and +10 %, +15 % and +20 % in males).

To train specialist players, they propose to individualize the RD and test the start speed of each group of balls at the beginning and at the end of each cycle of training (shooting each ball five times).

## METHODS

### Subjects

The subjects of this study were being trained in the Training Center in Madrid: A) Woman, player of the Women's Honour Division (S.P.V. 51) and B) Man, player of Men's First League (Club de Campo). The

woman was 29 years old, played in the National Team and won the Gold Medal in the Olympic Games in Barcelona 1992, whereas the man was 17 years old and played in the National Team under -18. Both of them were penalty - corner strikers.

### Materials

The materials used for doing this study were: Official sticks for Fieldhockey; five (5) Fieldhockey balls: 160 g. (standard), 168 g. (+ 5%), 176 g. (+ 10%), 184 g. (+ 15%) and 192 g. (+ 20%); Precise scales (Sartorius BP 310 P); Camcorders (2) Sony CCD V 200 (8 mm); Slides, marking pen, set square, triangle, calculator, tape measure and observation table; Video recorder and monitor.

Lead pellets were introduced to ballast the balls used in the study, and their weights were tested with a high precision scale. Finally each ball were sealed with silicone. Before and after each test, the balls were weighed to establish that they had the same weight.

To analyse the start speed of the ball, Aguados' method (1) was used, setting two camcorders with 1/1000 second shutters at right angles and at a distance of 10 meters from the ball and at a height of 1.40 meters high. Each throwing was viewed on a screen, on which was marked the position of the ball just when it had no contact with the stick, and the position of the ball in the next shot, by way of calculating the distance that the ball had covered. This distance was multiplied by a factor of scale which had been calculated before through a reference. The shooting angle of the ball for both camcorders was also estimated. It was found to be a time of 0.04 seconds between shots.

### Testing procedures

A test of the specific strength of flick was done before (T1) and at the end of the training procedures (T2). These testing procedures were suggested by Martín Acero (12) to select overloads for training and consisted of: (i) five strikes thrown with each ball (two minutes of recovery) beginning with the lighter balls (5 x 5); (ii) these shootings were evaluated by the subject and an external observer, through an observation table, which was filled after each throwing (1 to 5 scale, from worst to best

shooting). Performer and observer did not know the evaluations of the other one until the test was over; (iii) the average of the five throwings with each five balls was analysed.

### Training procedures

A four-week training program was developed to increase the specific power, based on variations of the RD, with the aim of improving the start speed of the ball with flick penalty-corner strikers. During that period the players were trained twice a week with the different weights (RD), as already described. They were training with their teams to improve the other technical and tactical parameters of the game.

The weekly number of shootings and the use of the different RD were varied right through the training cycle. In this way, the first week (300 shootings) was distinguished because of having more shootings with the most over-weighted balls, followed by the intermediate group and, finally, the standard RD. The order of this distribution was changed through the weeks, so that in the second session of the third week there were not any shootings with balls of the most over-weight group, and in the last week there were only 150 shootings with the standard RD (Figure 1). Likewise, the weekly distribution of the shootings was about 50% with each RD of each group.

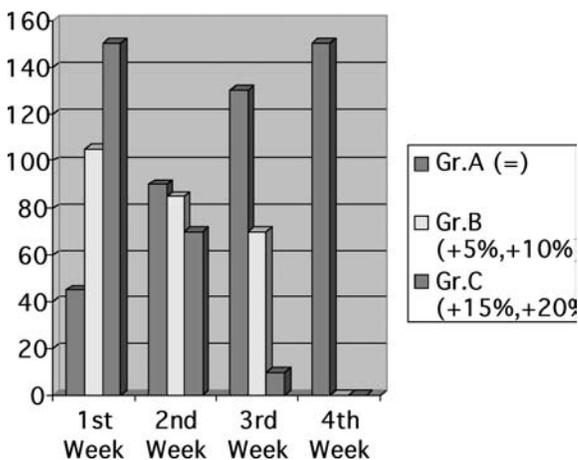


Figure 1. Number of throwings concerning the four-week training cycle.

To determine the RD to use in this study and to evaluate the improvements caused by the specific strength training, a test was done before and after the training cycle, with the testing procedures already described.

### Statistical analysis

These are single subject design (n1) with a female player (F) and a male player (M) who are penalty-corner strikers. Both case studies were analysed with the following aims: (i) To determine the possible statistically significant difference among the mean of the start speed of the ball, before and after the training cycle, all shootings (5) which were done with each type of ball (5) were analysed, through non-parametric statistical tests: the Mann-Whitney *U* test and the Kolmogorov-Smirnov test.; (ii) To evaluate the improvements in the speed, without disorders in the technique, the most valued shooting by the performer (F or M) and the expert observer (Ex) was selected and analysed through: the Mann-Whitney *U* test and the Kolmogorov-Smirnov test; (iii) To determine the possible statistical significant difference in the evaluation of the technical performance, both internal (F or M) and external (Ex), before and after the training cycle, all valuations of the five shootings with each type of ball (5) were analysed, through nonparametric statistical tests: the Mann-Whitney *U* test, the Kolmogorov-Smirnov test, the Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test and the Kruskal-Wallis test.

### RESULTS

The results of the mean speed of the shootings with the standard RD, which were done by the penalty-corner female striker, in prior (T1) and posttest (T2), are shown in Table 1.

Table 1. The mean speed of the standard ball (RD=) of the female (F) player's shootings (5) before (T1) and after the training cycle (T2).

F	Start speed of the ball in T1		Start speed of the ball in T2		Gain Score T1 – T2	
	Mean (m·s <sup>-1</sup> )	SD	Mean (m·s <sup>-1</sup> )	SD	Gain (m·s <sup>-1</sup> )	Increase(%)
Standard (=)	18.47	.12	18.69	1.09	0.23	1.25

An increase of 1.25% in the start speed of the standard ball was appreciated after the strength training cycle. However, there was no statistically significant difference in the mean of the five shootings between T1 and T2.

In the case of the female player (F) a greater increase (+ 7.41%) after the training cycle was observed, when the most valued shooting by the expert observer and the female player was chosen and analysed (Table 2), that is, the shooting which in their opinion was the best, in an external and internal way.

Table 2. Start speed of the ball in the most valued shooting by the female player (F) and the expert observer (Ex) before (T1) and after the training cycle (T2).

Resistance Devices	Start speed of the ball in T1 (m · s <sup>-1</sup> )	Start speed of the ball in T2 (m · s <sup>-1</sup> )	Gain (m · s <sup>-1</sup> )	Increase (%)
Standard (=)	18.62	20.00	1.38	7.41

Concerning the male player (M), the results of the mean speed of the shootings and the speed of the most valued shooting, by the expert observer and the male player, with the standard RD are shown in Tables 3 and 4.

Table 3. The mean speed of the standard ball (RD) of the male (M) player's shootings (5) before (T1) and after the training cycle (T2).

M	Start speed of the ball in T1		Start speed of the ball in T2		Gain Score T1 – T2	
	Mean	SD	Mean	SD	Gain (m · s <sup>-1</sup> )	Increase (%)
Resistance Devices	Mean (m · s <sup>-1</sup> )	SD	Mean (m · s <sup>-1</sup> )	SD	Gain (m · s <sup>-1</sup> )	Increase (%)
Standard (=)	18.08	4.26	22.05	.90	3.97	21.96

Table 4. Start speed of the ball in the most valued shooting by the male player (M) and the expert observer (Ex) before (T1) and after the training cycle (T2).

Resistance Devices	Start speed of the ball in T1 (m · s <sup>-1</sup> )	Start speed of the ball in T2 (m · s <sup>-1</sup> )	Gain (m · s <sup>-1</sup> )	Increase (%)
Standard (=)	22.17	22.62	0.45	2.03

In the case of the male player (M), it is remarkable that the increase in the mean speed of the five shootings (Table 3) is greater than the speed of the most valued shooting by the expert observer and the male player (Table 4) (21.96% versus 2.03%). There were also statistically significant differences in the analysis of the mean speed of the five standard RD shootings (Mann-Whitney U test, p=0.007). On the other hand, the results of the technical valuation are shown in Tables 5 (female) and 6 (male). In this regard, the possible statistical significant difference between the technical valuation of the expert observer and the valuation of the two players in the performance of the shootings with the different RD were analysed, without finding significant differences between them, except for the case of the standard ball in T1, in which was found statistically significant difference in the technical valuation of the female player's shootings (p=0.034, Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test).

Table 5. Mean valuation (5 shootings) internal (female player) and external (expert observer) of the performance of the technique.

Technical Valuation					
Resistance Devices	Type of Valuation	Valuation in T1		Valuation in T2	
		Mean	SD	Mean	SD
Standard (=)	External (Ex)	4.60	.55	4.80	.45
	Internal (F)	2.40	.89	4.60	.55
+ 5 %	External (Ex)	4.00	1.73	4.00	1.41
	Internal (F)	3.60	1.67	3.40	1.82
+ 10 %	External (Ex)	4.20	1.10	3.40	2.19
	Internal (F)	3.40	.55	3.00	1.58
+ 15 %	External (Ex)	4.40	.55	4.60	.55
	Internal (F)	4.20	.45	4.20	.84
+ 20 %	External (Ex)	4.20	1.79	4.60	.55
	Internal (F)	3.80	1.64	5.00	.00

Table 6. Mean valuation (5 shootings) internal (male player) and external (expert observer) of the performance of the technique.

Technical Valuation					
Resistance Devices	Type of Valuation	Valuation in T1		Valuation in T2	
		Mean	SD	Mean	SD.
Standard (=)	External (Ex)	3.00	2.00	4.60	.55
	Internal (M)	3.00	2.00	4.40	.89
+ 5 %	External (Ex)	4.20	1.79	4.80	.45
	Internal (M)	3.60	1.52	4.40	.55
+ 10 %	External (Ex)	4.60	.55	4.00	1.73
	Internal (M)	4.40	.89	3.80	1.79
+ 15 %	External (Ex)	3.00	1.87	4.20	1.79
	Internal (M)	3.20	2.05	4.00	1.73
+ 20 %	External (Ex)	4.00	1.73	3.80	1.79
	Internal (M)	4.20	1.30	3.80	1.30

The possible statistically significant difference in the technical valuation was analysed with the aim of verifying a possible improvement in the performance of the technique, and significant difference was found with the standard ball in the internal valuation of the female player ( $p=0.007$ , Mann-Whitney  $U$  test). Statistical difference was not appreciated in the rest of the valuations. However, analysing the addition of the technical val-

uations (internal + external), an improvement in the self-efficacy perception was observable, since both subjects improved the addition of their valuations, in such a way that in the case of the female player (F) the addition increased from 194 to 208, whereas in the case of the male player (M) the addition of valuations increased from 186 to 209, after the training cycle (Tables 7 and 8).

Table 7. Addition of the internal (F) and external (Ex) valuations for the female player's shootings (F) with the different resistance devices, before and after the training cycle.

Resistance Devices	Before the training cycle			After the training cycle		
	Internal (F)	External (Ex)	Internal + External	Internal (F)	External (Ex)	Internal + External
Standard (=)	12	23	35	23	24	47
+ 5 %	18	20	38	17	20	37
+ 10 %	17	21	38	15	17	32
+ 15 %	21	22	43	21	23	44
+ 20 %	19	21	40	25	23	48
TOTAL	87	107	194	101	107	208

Table 8. Addition of the internal (M) and external (Ex) valuations for the male player's shootings (M) with the different resistance devices, before and after the training cycle.

Resistance Devices	Before the training cycle			After the training cycle		
	Internal (M)	External (Ex)	Internal + External	Internal (M)	External (Ex)	Internal+ External
Standard (=)	15	15	30	22	23	45
+ 5 %	18	21	39	22	24	46
+ 10 %	22	23	45	19	20	39
+ 15 %	16	15	31	20	21	41
+ 20 %	21	20	41	19	19	38
TOTAL	92	94	186	102	107	209

Analysing the possible significant difference in the technical valuation, depending on the RD which has been used, to discover if an increase in the RD would affect the subjects' performance perception (M and F), there was no statistically significant difference in the internal and external valuation.

## DISCUSSION

a) In order to determine the possible statistically significant difference among the average of the start speed of the ball and the most valued shooting by the player (F or M) and the external observer (Ex), before and after the training cycle.

In the statistical analysis of the results obtained through the training with penalty-corner strikers, special attention to the standard RD was paid, because of being used in the competition and being the most important goal in the improvement in the specific strength of these players.

However, so as to design the training program, the start speed of different RD was analysed with the aim of gathering the balls of training: individualised prescription of the RD (9).

As regards the selected shootings to the analysis of the start speed of the ball, it is suggested to select those which technical performances (internal and external) were the most valued, or considering the mean of shootings whose valuations were over 3, so as to exclude the shootings with mistakes in performance, which cause a loss of precision.

As far as the analysis of the start speed of the standard RD is concerned, an improvement after the training cycle was observed in the female player (F). Although there was a higher improvement, taking the best technical valuation into consideration, both in the view of the player and the expert observer, instead of the average speed of the five shootings, since the increase goes from 1.25% to 7.41%. In this analysis, in spite of the increase after the training cycle with different RD, statistically significant difference was not found in the shootings with the standard ball. An improvement after the training cycle was also appreciated in the male player (M), but this was higher when the mean speed of the five shootings was considered instead of the most valued shooting (internal and external), since it increased a 21.96% and a 2.03%, respectively.

This difference in the improvement that the training caused in the male player (M), could be due to the inclusion in the T1 analysis of several shootings with technical mistakes which could have generated a low speed:  $13.27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Moreover, in the shootings which were analysed in T2, whose technical valuations were over 3, there was one of  $23.35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (against  $22.62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) which would increase the improvement by 5.32%, instead of 2.03%.

In the case of the male player (M), there was statistically significant difference in the shootings with the standard RD (Mann-Whitney *U* test  $p=0.047$ ). The different performances of the male (M) and the female (F) player showed the necessity of individualising the RD and testing the start speed in each group of balls with the penalty-corner strikers, such as Vizcaya et al (13) suggested.

b) In order to determine the possible statistical significant difference in the technical valuation, both internal and external, before and after the training cycle.

The results which were obtained in this study, in relation with the technical valuation, on the part of the players and the expert observer, revealed that there was no statistically significant difference between both valuations (except in the case of the female player (F) and her shootings with the standard ball from T1 to T2).

This coherence in their valuations, joined to the fact that statistically significant difference in the technical valuations was not found, according to the RD used and as the RD was increased, showed that the RD of this study allowed keeping the internal and external structure of the movement which the subject perceived. Moreover, the specific strength and the technique of flick shooting were being trained at the same time.

Significant difference was found in the internal valuation of the female player (F) in the shootings with the standard RD from T1 to T2 ( $p=0.007$  Mann-Whitney *U* test and  $p=0.013$  Kolmogorov-Smirnov test). This would be attributed to an increase in the self-efficacy perception of the player, after the training cycle, since her valuation went from a mean of 2.40 (T1) to 4.60 (T2).

The addition of the valuations (internal + external) reached 194 points in T1, which was increased to 208

in T2. It may be asserted that an improvement in the technical performance existed, in spite of the strength training with balls of mixed RD, and between the limits which probably allowed not altering the internal and external structure of the movement.

As regards the male player (M), there was no statistically significant difference, in the external and internal valuation, after the training cycle. However, comparing the addition of the valuations (internal + external), an increase in the technical valuation could be observed, from 186 points to 209 in T2, which would suggest a perception of the improvement in the performance after the training cycle.

## CONCLUSIONS

After the training cycle for specific strength with two penalty-corner strikers, an increase in the start speed of the standard ball resulted, which proved the efficacy of the training.

According to the results, the resistance devices (RD) used in the study were suitable and they were kept between the limits which probably do not alter the perception of the internal and external structure of the movement.

The training of the specific strength through balls of RD different from the standard was effective in improving the technical performance, since in the training done, the shooting technique and the strength development were combined, and both seemed to improve as the increase in the start speed of the ball and in the valuation of the technical performance showed.

The difference in the achieved improvement of the female and male player, both in the start speed of the ball and in the technical valuation (internal and external), demonstrated the necessity of individualising the loads of the specific strength training, with the aim of being able to adapt them to the characteristics of the players and that the improvement of the start speed of the ball and the performance of the technique could be increased.

## Acknowledgements

To the fieldhockey players Sonia Barrio and Jaime Mendez who collaborated in this study. To the coaches Marc Lammers, M<sup>a</sup> Angeles Rodriguez and Jose Antonio Gil, from the National Team and the Training Centre in Madrid, and Jose Manuel Brasa, from Club de Campo.

The abstract of this research was published by *World Hockey*, n. 38.

## CORRESPONDÊNCIA

**Rafael Martín Acero**

Universidade da Coruña

Ciencias da Actividade Física e o Deporte (I.N.E.F.)

Avda. E. Che Guevara, 121 – Pazos – Liáns

15179 – Oleiros – A Coruña

Espanha

*maracero@udc.es*

## REFERENCES

1. Aguado X, Izquierdo M (1995). *16 prácticas de biomecánica*. León: Universidad de León.
2. Carnevalli R (1985). Periodización y principios técnicos del entrenamiento de los lanzadores. Lanzamientos II. *Cuadernos de Atletismo* 17: 51-67.
3. Carnevalli R (1985). Aspectos de la preparación de los lanzadores de alto nivel. Atletismo de alto rendimiento. *Cuadernos de atletismo* 18: 83-92.
4. DeRenne C, Ho K, Blitzblau A (1990). Effects of Weighted Implement Training on Throwing Velocity. *Journal of Applied Sport Science Research*. 4(1):16-19.
5. García Manso J, Navarro JM, Ruiz JA, Martín Acero R (1998). *La velocidad*. Madrid: Gymnos.
6. González Badillo JJ, Gorostiaga E (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona: Inde.
7. Harre D, Lotz I (1988). Entrenamiento de la fuerza rápida. *Revista de Entrenamiento Deportivo* 2 (3): 42-49.
8. Kuznetsov V (1984). *Metodología del entrenamiento de la fuerza para deportistas de alto nivel*. Buenos Aires: Stadium.
9. Martín Acero R (1993). *Programación del entrenamiento de la velocidad de desplazamiento*. Madrid: Centro Olímpico de Estudios Superiores.
10. Pensikov V, Denissove E (1994). Ejercicios especiales para los lanzadores de disco. *Stadium* 166: 3-9.
11. Schmidtbleicher D (1988). Resultados y metodología de investigación del entrenamiento de fuerza. Entrenamiento de la fuerza rápida. *Cuadernos de Atletismo* 23: 5-74.
12. The Atlanta Committee for the Olympic Games (1996). *Official Results Atlanta Hockey*. Atlanta: Author.
13. Vizcaya FJ, Martín Acero R (1998) Adestramento da Forza Especial do push en Hockey. *VI Congreso de Educación Física e Ciências do Deporte dos Países de Língua Portuguesa. VII Congreso Galego de Educación Física e Deporte*. A Coruña, Julio 1998.
14. Vizcaya FJ, Fernández M, Martín Acero R (1999). Determinación de sobrecargas para el entrenamiento de la fuerza especial del flick en hockey (y un caso de entrenamiento del push). *Infocoes* 4(1): 117-129.
15. Watkinson JA (1997). Strength, Speed, Power Approach to Improving Throwing Velocity in Baseball. *Strength and Conditioning* 19 (5): 42-47.

# Estudo descritivo do inventário do treino técnico-desportivo do tenista: resultados parciais segundo o 'ranking'

Marcos A. A. Balbinotti<sup>1</sup>

Carlos A. A. Balbinotti<sup>2</sup>

António T. Marques<sup>3</sup>

Adroaldo C. A. Gaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos

São Leopoldo, RS, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola

Superior de Educação Física, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>3</sup> Universidade do Porto, Faculdade de Ciências do Desporto

e de Educação Física, Portugal

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.49>

## RESUMO

A formação técnico-desportiva do jovem tenista é constituída principalmente pelo exercício de um grupo de jogadas exigidas para o desempenho na quadra de jogo: Golpes de Definição (GD) e Golpes de Preparação (GP). Este estudo teve como objetivo investigar como foi realizado o treino técnico-desportivo de jovens tenistas brasileiros (13 – 16 anos), que participaram do circuito nacional de competições da Confederação Brasileira de Tênis (CBT) no ano de 2003. Ainda, objetivamos descrever possíveis diferenças entre o treino dos tenistas posicionados no *ranking* entre os 10 melhores do país (TR) e tenistas não posicionados entre os 10 melhores do país (TS). Após aplicação do Inventário do Treino Técnico-desportivo do Tenista (ITTT), observou-se diferença significativa na frequência de treinamento dos grupos de golpes GP e GD [TR ( $t_{(63)} = 13,6; p = 0,0001$ ); TS ( $t = 10,6; gl = 165$ )  $p = 0,0001$ ]. Existe diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os grupos de golpe; os GP são treinados com mais frequência ( $p < 0,01$ ). Foi constatada diferença significativa em favor dos GP quando TR e TS são comparados. Estes resultados sugerem que o treino dos tenistas é realizado de forma precoce.

*Palavras-chave:* estudo descritivo, treino técnico-desportivo, tenistas, ranking.

## ABSTRACT

*A descriptive study of the "Technical Training Questionnaire for Tennis Players": partial results according to ranking.*

The technical development of young tennis players is obtained with the exercise of sets of techniques, which are required for the optimal performance: techniques of definition (GD) and preparation (GP). The goal of this study was investigate how the technical training of young tennis players from Brazil (13 to 16 years of age), who participated in competitions of the Brazilian Tennis Federation, was performed during the year of 2003. Further, we wanted to describe possible differences between players ranked among the 10 best players in Brazil (TR), and players not ranked among the 10 best players in Brazil (TS). After applying the Tennis Technical Questionnaire (5), a significant difference was found in the frequency of training between GP e GD [TR ( $t_{(63)} = 13.6; p = 0.0001$ ); TS ( $t = 10.6; gl = 165$ )  $p = 0.0001$ ]. There was a significant difference ( $p < 0.01$ ) between the two groups of athletes; the GP are trained more frequently ( $p < 0.01$ ). There was a significant difference when TR and TS are compared, as GP are trained more frequently than GD. These results suggest a precocious specialization of the technical training performed by young tennis players.

*Key Words:* descriptive study, technical training, tennis players, ranking.

## INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado no cenário desportivo internacional pelos excelentes resultados obtidos por seus atletas em competições de alto nível. O tenista Gustavo Kuerten é um exemplo de atleta que desde o ano de 1997 coleciona títulos conquistados nos principais torneios do Circuito Profissional de Tênis. A escola de formação de tenistas brasileiros, no entanto, há mais de 10 anos não revela outro atleta deste nível. Será que o treino técnico-desportivo dos jovens tenistas brasileiros está sendo orientado de forma inquestionável?

O estudo tem por objetivo investigar como foi realizado o treino técnico-desportivo de jovens tenistas brasileiros (13 – 16 anos) e, principalmente, apresentar as diferenças encontradas no treino dos tenistas posicionados no *ranking* entre os 10 melhores do país (TR) em relação aos demais tenistas sem *ranking* (TS), que participaram do circuito nacional de competições da Confederação Brasileira de Tênis (CBT) no ano de 2003. A faixa etária dos tenistas selecionados representa uma fase crítica de transição na carreira desportiva dos jovens, na qual estabelece as possibilidades de uma carreira profissional de atleta. Salienta-se que os maiores destaques no *ranking* brasileiro da categoria estão presentes na população estudada (8 tenistas entre os 10 melhores em suas respectivas categorias).

O treino técnico-desportivo do tenista resume-se, fundamentalmente, no exercício de um grupo de jogadas que permitam o aprendizado e o desenvolvimento de todas as ações exigidas para o bom desempenho do tenista em quadra (41, 21). Para tanto, foram selecionadas 12 jogadas elementares, divididas em 6 Golpes de Preparação (GP) e 6 Golpes de Definição (GD). Os GP constituem-se numa série de golpes preparatórios para dar início às jogadas ofensivas, enquanto os GD são aqueles golpes utilizados pelo tenista para definir os pontos em disputa (21, 40, 41).

A construção dos pressupostos para o rendimento desportivo deverá fazer-se fundamentalmente no quadro de uma formação motora e desportiva não especializada, no qual assente-se nos princípios da diversidade da atividade e da formação multilateral (26). Percebe-se a importância do controle do treinamento juvenil baseado num plano caracterizado pela

amplitude das ações, em oposição às orientações para o desempenho e treinamento de alto nível (11, 22, 28, 42).

De acordo com Ramos (37), é muito importante para a formação técnico-desportiva do jovem a aquisição dos padrões elementares de execução em sua plenitude, pois muitas vezes verifica-se que os praticantes chegam ao escalão sênior com deficiências ao nível de fundamentos técnicos. Isso ocorre, fundamentalmente, quando há um desequilíbrio na proposta de treino em favor de GP ou até mesmo de GD. Fato que caracteriza o treino técnico-desportivo especializado precocemente (TTEP), pois os tenistas adultos de alto nível costumam especializar-se através do exercício de um grupo específico de jogadas para a obtenção de melhores resultados nas competições (21). O TTEP é, na realidade, um dos sérios problemas que emergem do treino desportivo infanto-juvenil. Especializar precocemente um atleta significa potencializar sua preparação desportiva no sentido de orientá-la de uma forma unilateral prematuramente e, ainda, forçando os ritmos e incrementos das cargas de treino (27).

Com o objetivo de investigar a possível ocorrência do TTEP no treino técnico-desportivo de jovens tenistas brasileiros, Balbinotti e Balbinotti (4) desenvolveram o “Inventário do Treino Técnico-desportivo do Tenista” (ITTT). Aplica-se este instrumento para identificar a frequência de treino dos GD e GP durante os exercícios realizados na quadra de tênis. Este estudo tem a finalidade de aprofundar os dados descritivos gerais, conforme o *ranking* do tenista, divulgado pela Confederação Brasileira de Tênis (CBT), relativo ao ano de 2003. Vários autores (2, 9, 13, 20, 21, 25, 41) recomendam a importância do treino equilibrado de todas as jogadas que compõem GD e GP para a formação integral da técnica desportiva dos jovens tenistas. Considerando que para o modelo adulto de competição de alto nível recomenda-se o treino de um grupo específico de jogadas (13, 20, 21), a identificação do TTEP ocorrerá se os resultados indicarem que há uma frequência de treino desproporcional de um grupo de jogadas em detrimento de outras.

Espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir para uma melhor estruturação do treino técnico-desportivo destes jovens tenistas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Procedimento

O recrutamento dos sujeitos foi realizado durante as competições oficiais da Confederação Brasileira de Tênis no ano de 2003. O ITTT foi aplicado após a detalhada apresentação dos objetivos deste estudo e a formal concordância assinada (consentimento informado) por parte dos jovens tenistas (ou responsáveis) que, nos intervalos das competições, o responderam. Menos de 5% dos convidados se negaram a responder. Não houve qualquer forma de pressão para que eles o respondessem e, já que seus nomes não eram pedidos, eles estavam assegurados da confidencialidade de suas respostas. O tempo necessário para responder ao ITTT foi de aproximadamente 10 minutos.

### Sujeitos

Considerando as colocações de Maguire e Rodgers (24) com respeito às problemáticas associadas à seleção dos elementos constitutivos de uma amostra aleatória em pesquisas de psicologia e/ou educação, uma amostra não probabilística – 32 meninos (50%) e 32 meninas (50%) com idades entre 13 e 16 anos ( $\bar{X}$  = 14,52; DP = 1,03); todos os tenistas brasileiros participantes do circuito nacional Infante-juvenil – foi convenientemente utilizada para responder aos objetivos desta pesquisa. Este grupo de 64 jovens atletas foi dividido em dois: os TR (tenistas posicionados entre as 10 primeiras colocações no *ranking* nacional de sua categoria); e os TS (demais tenistas participantes do circuito nacional de competições). Destaca-se que a amostra contou com a participação de 8 dos 10 melhores tenistas de sua respectiva categoria: até 14 anos e até 16 anos (masculino e feminino). Portanto, numa população máxima de 40 atletas TR, considerando 4 categorias, 32 atletas participaram da pesquisa.

### Instrumento

“Inventário do Treino Técnico-desportivo do Tenista” (ITTT). Elaborado por Balbinotti e Balbinotti (5), o ITTT avalia a frequência no treino de 12 iniciativas de jogadas consideradas fundamentais para o desenvolvimento equilibrado e harmônico do treino técnico-desportivo de tenistas. Estas iniciativas de jogadas foram divididas em duas dimensões distintas, conforme a teoria preconizava.

A primeira, Golpes de Definição (GD), consta de 6 itens que avaliam a frequência do treino de golpes indefensáveis. A segunda, Golpes de Preparação (GP), consta de 6 itens que avaliam a frequência do treino de golpes preparatórios para a iniciativa do ataque em busca da definição do ponto. Os jovens envolvidos na pesquisa responderam ao ITTT conforme uma escala bipolar, de tipo Likert, em 5 pontos, sendo 1 “pouquíssima frequência” e 5 “muitíssima frequência” de treino.

Quanto às qualidades psicométricas do ITTT, foram realizadas análises de itens (estudo da fidedignidade) e análises fatoriais (estudo da validade de construto). Estes estudos podem ser pormenorizadamente observados em Balbinotti e Balbinotti (6, 7, 8). Entretanto, com o objetivo de demonstrar os graus de fidedignidade e validade, serão apresentados neste momento apenas os resultados mais significativos, a fim de garantir ao leitor que este instrumento apresenta qualidades psicométricas satisfatórias. Quanto às questões de fidedignidade, realizaram-se as análises correlacionais (Correlação mediana 0,43 para a dimensão GD e de 0,42 para a dimensão GP), onde se pode garantir a homogeneidade das dimensões. Os resultados *alpha* de Cronbach encontrados (0,81 para ambas as dimensões) sustentam a hipótese da consistência interna do ITTT (18). Nenhum item, se retirado, aumentaria o *alpha*. A partir destes resultados, pode-se concluir que o ITTT é um instrumento preciso em sua medida.

Quanto às questões de validade de construto, foram realizadas, num primeiro momento, três análises que justificam a aplicação do modelo fatorial para esse conjunto de dados: matriz do determinante das correlações (0,00008), K-M-O (0,72) e o teste de esfericidade de Bartlett (821,76;  $p < 0,0001$ ). Seus respectivos resultados garantem a adequação no uso do modelo fatorial para esse conjunto de dados. Sendo assim, uma análise fatorial de componentes principais, com rotação varimax, foi conduzida e seus resultados demonstram uma adequada interpretação em dois fatores (que explicam 53,2% da variância). Estes fatores estão perfeitamente em concordância com as dimensões teoricamente apresentadas. A força encontrada das saturações fatoriais (Sat > 0,52) e das comunalidades (Com > 0,28) sustentam as conclusões de se estar medindo o construto teórico que se desejou medir.

## RESULTADOS

As análises descritivas realizadas estão conforme a sugestão de alguns dos principais e/ou atuais autores da área da psicometria e dos métodos quantitativos (1, 3, 12, 14, 15, 16, 23, 31, 33, 34, 35, 36, 38, 44). Assim, realizou-se uma série de estudos descritivos e seus resultados estão apresentados abaixo.

### Estudo dos casos extremos

Conforme os gráficos de bigodes (36), observa-se que na dimensão GP (ver Figura 1) não há indicações de casos extremos. A presença ocorre, apenas, na dimensão GD, para o grupo TS (ver Figura 2). Na realidade, trata-se de um caso que estaria puxando a média para baixo. Mesmo que os valores das médias *com* e *sem* casos extremos (ver Tabela 1) sejam nominalmente diferentes (e favorável à média *com* casos extremos), aplicando um teste de comparação de médias ( $F_{(1, 62)} = 3,93; p = 0,519$ ) para variâncias homogêneas ( $F_{Levene} = 3,47; p = 0,451$ ), verificou-se que não há diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre elas. Tais resultados são estimacões importantes e auxiliam a decisão de não desconsiderar os casos extremos no restante das análises. Sendo assim, mesmo que a Tabela 1 apresente os resultados pormenorizados segundo a existência (ou não) de casos extremos, de agora em diante serão analisados apenas os casos “*com*”, inclusive porque na realidade, eles existem.

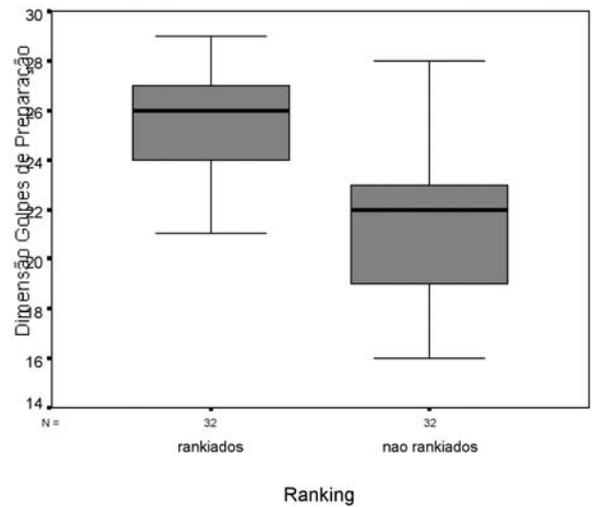


Figura 1: Demonstração gráfica dos casos extremos, por grupo de ranking, na dimensão GP

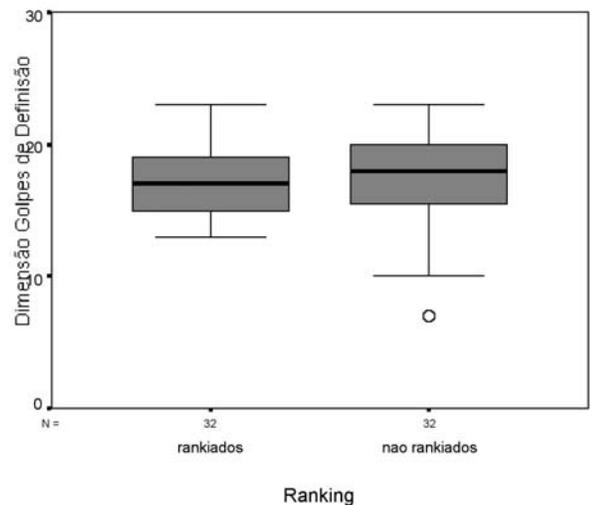


Figura 2: Demonstração gráfica dos casos extremos, por grupo de ranking, na dimensão GD.

Tabela 1: Análises descritivas segundo a existência ou não de casos extremos, por grupo de ranking, para cada dimensão em estudo.

Dimensão	Ranking	C. E. <sup>1</sup>	n	Tendência Central e Dispersão						Distribuição						
				$\bar{X}$	$\bar{X}_{5\%}$	M <sub>ediana</sub>	M <sub>oda</sub>	Amplitude		$\sigma_{(X)}^2$	Normalidade		Assimetria		Achatamento	
				[2,0]				M <sub>inimal</sub>	M <sub>aximal</sub>		S-W	Sig.	Skewness	EP <sub>s</sub> <sup>3</sup>	Kurtosis	EP <sub>k</sub> <sup>4</sup>
GP	R	Com	32	25,5	25,4	26	26	21	29	0,36	0,958	0,352	-0,278	0,41	-0,339	0,81
		Sem	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	N-R	Com	32	21,4	21,3	22	22	16	28	0,49	0,969	0,533	-0,017	0,41	-0,078	0,81
		Sem	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
GD	R	Com	32	17,3	17,2	17	17	13	23	0,44	0,950	0,235	-0,539	0,41	-0,223	0,81
		Sem	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	N-R	Com	32	17,2	17,4	17	18	7	23	0,68	0,933	0,084	0,842	0,41	0,480	0,81
		Sem	31	17,6	17,7	18	18	10	23	0,62	0,940	0,207	-0,607	0,42	-0,031	0,82

1 - Casos Extremos; 2 - Erro Padrão da média; 3 - Erro Padrão do Skewness; 4 - Erro Padrão da Kurtosis.

### Estudo dos cálculos de tendência central

Foram realizados diversos cálculos de tendência central (média, média aparada a 5%, mediana, moda). Todos com dados interessantes a serem descritos e analisados. Das quatro médias obtidas (considerando o fato de que aquela *sem* os casos extremos foi excluída das análises) pode-se notar que aquelas referentes à dimensão GD são nominalmente menores que as da dimensão GP (ver Tabela 1). Considerando as diferenças nas médias gerais (não controlando a variável *ranking*) de GP ( $\bar{X}_{gp} = 23,45$ ) e GD ( $\bar{X}_{gd} = 17,25$ ), aplicou-se um teste *t* para amostras pareadas, a fim de verificar os níveis de significância desta diferença ( $t_{(63)} = 26,43$ ;  $p = 0,000$ ). A partir da constatação de uma correlação praticamente nula ( $r = 0,004$ ;  $p = 0,977$ ) entre as duas dimensões estudadas, os resultados indicam uma diferença altamente significativa ( $p < 0,001$ ) entre as médias da frequência de treino dos dois grupos de golpes (diferença favorável aos GP).

Para aprofundar a análise inicial, verificou-se a possível existência de diferenças significativas entre as médias na frequência de treino dos dois grupos de golpes (GP e GD) com a variável “*ranking*” controla-

da. Assim, realizou-se um ANOVA One-Way para a análise do GP ( $F_{(1, 62)} = 43,7$ ;  $p = 0,000$ ) e do GD ( $F = 0,013$ ;  $p = 0,908$ ), diagnosticando-se também os níveis de homogeneidade das variâncias ( $p > 0,05$ ; para ambas as dimensões). Os respectivos resultados indicam não haver diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as médias, obtidas para cada grupo de *ranking*, na frequência de treino da dimensão GD. Entretanto, quando se analisa especificamente a dimensão GP, percebe-se uma diferença altamente significativa ( $p < 0,001$ ) favorável ao grupo TR (ver Tabela 1). A partir de então, é possível referir que (mesmo que as médias propriamente ditas sejam nominalmente próximas), em média, os jovens TR treinam mais intensamente GP do que os TS. As implicações decorrentes destes resultados serão interpretadas oportunamente.

Mantendo o *ranking* constante e verificando as diferenças entre os grupos de golpes (GP e GD), nota-se que, tanto no caso dos TR ( $t_{(63)} = 13,6$ ;  $p = 0,000$ ) quanto dos TS ( $t = 10,6$ ;  $gl = 165$ ;  $p = 0,000$ ), há diferenças altamente significativas ( $p < 0,01$ ) quanto ao treino dos golpes. Essa diferença é favorável aos GP, independente do *ranking*. Isso significa que,

em média, a maior parte do tempo de treino da técnica desportiva do tenista é dedicada aos GP. E isso vale tanto para os TR quanto para os TS. Quanto às análises das médias aparadas a 5%, das medianas e das modas, pode-se dizer que são absolutamente comparáveis às médias aritméticas (ver Tabela 1). Esta constatação irá reforçar o estudo dos cálculos de distribuição. Sendo assim, torna-se necessário o estudo pormenorizado das estatísticas de distribuição (assimetria e achatamento) para justificar os índices de normalidade. Porém, por uma questão de seqüência regular, antes de se apresentar o estudo das estatísticas de distribuição, será apresentado o estudo das estatísticas de dispersão.

### Estudo dos cálculos de dispersão

Os cálculos de dispersão realizados (desvio-padrão, amplitude, erro-padrão da média) servem para nos dar uma precisa informação sobre os níveis de variabilidade dos dados trabalhados nesse estudo. Embora a variância não tenha sido apresentada na Tabela 1, pode-se conhecê-la apenas multiplicando o desvio-padrão por ele mesmo (36). Inicialmente, sublinha-se que os desvios-padrão variaram de 2,0 a 3,9, independente da dimensão estudada (desconsiderando os dados sem casos extremos). Pode-se constatar, por um lado, que os desvios não abusivos (considerando as grandezas das médias aritméticas), explicam a homogeneidade das variâncias medidas anteriormente. Por outro lado, a análise dos desvios-padrão *com* e *sem* casos extremos (na dimensão GD, para o sexo feminino) deixa claro que tais casos não chegavam a aumentar a variabilidade dos dados. Com certeza, a pequena diferença nominal existente não chegou a ser percebida de forma relevante. No caso da amplitude, pode-se observar que em nenhuma dimensão se encontrou freqüência máxima, o que significa que ninguém respondeu 5 nas 6 questões de cada dimensão. E os pequenos valores nominais encontrados no caso do erro-padrão da média indicam existir uma ínfima variabilidade dos dados coletados em cada uma das duas dimensões estudadas e em cada um dos dois grupos de *ranking* controlados.

### Estudo dos cálculos de distribuição

Os três cálculos de distribuição efetuados (normalidade, assimetria e achatamento) servem para dar uma noção precisa da diagramação dos dados (freqüências) conforme a teoria da curva normal. Na realidade, deve-se atentar ao fato de que os níveis de significância apresentados pelo teste S-W (todos

com  $p > 0,05$ ) demonstram que as distribuições são absolutamente normais. Trata-se de um resultado animador no sentido de que, teoricamente, se esperavam distribuições normais. Principalmente, se considerarmos as colocações de Pestana e Gageiro (36), quando afirmam que em amostras não grandes esse dado torna-se imprescindível. Sendo assim, conforme os dados apresentados na Tabela 1 e representados nas Figuras 3, 4, 5 e 6, não há problemas de distribuição amostral. Isso significa não ser necessária nenhuma espécie de transformação dos dados brutos, com o objetivo de normalizar os resultados.

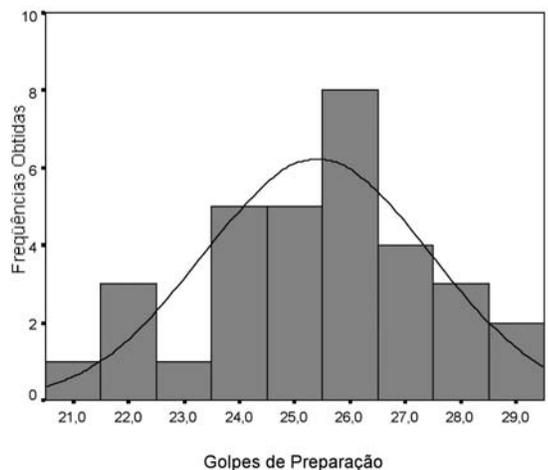


Figura 3: Histograma com curva normal: GP, rankiados.

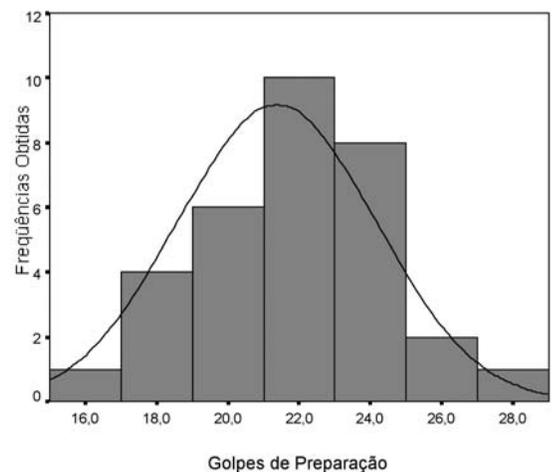


Figura 4: Histograma com curva normal: GP, não-rankiados.

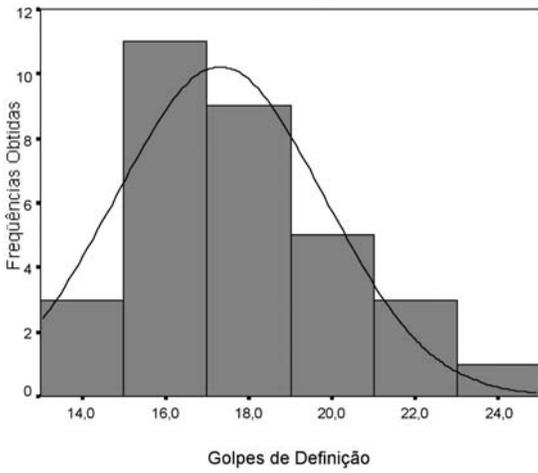


Figura 5: Histograma com curva normal: GD, rankiados.

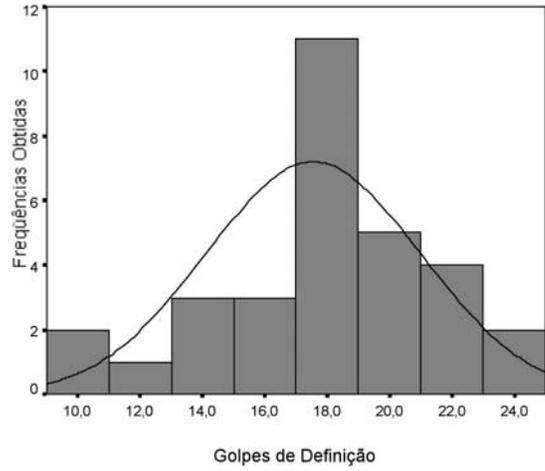


Figura 6: Histograma com curva normal: GD, não-rankiados.

### Estudo dos cálculos de percentis, decis e quartis

Diversos autores (1, 3, 12) apontam para a importância dos cálculos de tendência não-central realizados (percentis, decis e quartis). Trata-se de uma importante ferramenta de análise do pesquisador. É essa análise que ajuda o pesquisador a decidir a localização (ou a posição) de um sujeito dentro de seu grupo (31) de pares. A Tabela 2 descreve, de forma pormenorizada, diversas possíveis localizações de sujeitos, conforme seus escores no ITTT e, inclusive, seu grupo de *ranking*.

Tabela 2: Análises dos limites percentílicos.

Dimensão	Ranking	N	Análises Descritivas												
			Tendência não Central												
			Percentis, <i>Quartis</i> e Decis												
			1	5	10	20	25	40	50	60	75	80	90	95	99
GP	R	32	21	21,65	22	24	24	25	26	26	27	27	28	29	29
	N-R	32	16	16,65	17	19	19	21	22	22,5	23	23,4	24,7	26,7	28
GD	R	32	13	13,65	14,3	15	15	16	17	18	19	19	21	22,35	23
	N-R	32	7	8,95	10,6	13,6	15,25	17,2	18	18	20	21	22	23	23

Para interpretar corretamente os valores obtidos na Tabela 2, cabe salientar o exemplo de um atleta TR que obtém um escore de 21 pontos na dimensão GP, que posiciona-se exatamente no primeiro quartil (Percentil<sub>1</sub>). Isso significa que ele treina apenas cerca de 1% mais freqüente que seus pares e, conseqüente-

mente, 99% menos freqüente que outros atletas TR. Transpondo-se essa mesma pontuação para um atleta TS (o que causaria um aumento importante para Percentil<sub>40</sub>), ainda na dimensão GD, significaria que 60% de seus pares treinariam com mais freqüência do que ele. Mantendo ainda o mesmo escore (21

pontos), no caso de atletas TR, para a dimensão GD, este resultado estaria no limite de uma classificação percentilica muito superior (Percentil<sub>90</sub>). Tal resultado significaria que 90% de seus pares treinariam menos freqüente do que esse jovem. Mas, sem dúvida, se fosse um jovem atleta TS que obtivesse um escore de 21 na dimensão GD, estaria classificado como superior (Percentil<sub>80</sub>), o que não seria tão bom quanto seu parceiro TR da mesma dimensão (GD). Tais percentis podem constituir-se em possíveis preditores de resultados positivos ou negativos, embora pesquisas específicas necessitem ser conduzidas para confirmar (ou não) essa hipótese. Cabe salientar que, se verdadeira for essa hipótese, seria possível conhecer um dos preditores de resultados positivos, sem que se fizesse necessário entrar no processo de treino especializado precocemente.

#### DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O principal objetivo desta investigação foi apresentar como foi realizado o treino técnico-desportivo de jovens tenistas brasileiros (13 – 16 anos) posicionados entre os 10 melhores do *ranking* oficial da CBT em relação aos demais tenistas que participam das competições oficiais no ano de 2003.

O primeiro resultado relevante encontrado neste estudo foi com relação a aderência maior ao treino dos GP em comparação aos GD, para ambos os grupos. Trata-se, portanto, de um primeiro indício real de treino técnico-desportivo especializado precocemente (TTEP). O fato de ocorrer uma maior dedicação ao treino dos GP deve ser em virtude da busca de regularidade no controle da bola na quadra, já que tanto os tenistas TR como os TS procuram adquirir consistência nas jogadas para a preparação do ataque. Outra razão possível decorre do piso com características lentas, onde são disputadas as competições. Os GP são mais eficientes nestas condições, pois se torna mais difícil definir os pontos através da potência e da precisão (21).

A busca incessante de resultados positivos nas competições faz com que os tenistas se especializem cada vez mais nas jogadas que trazem vitórias em curto prazo. Priorizar a formação integral da técnica desportiva se constitui num desafio contra uma tendência da orientação para a obtenção dos resultados competitivos imediatos (20, 40).

A insuficiente dedicação dos tenistas ao treino dos GD constatada neste estudo é preocupante. Este grupo de jogadas exige muita precisão e potência nos golpes, razão pela qual ocorrem os erros com muita freqüência. No entanto, para obter a consistência necessária entre os principais fatores que constituem a performance de alto nível na fase adulta: controle, precisão e potência, Schönborn (41) salienta a necessidade de praticar os exercícios relativos aos GD desde a fase de formação do tenista (13 – 16 anos).

Parece evidente que os GD não são estimulados no treino em virtude de sua ineficiência nas competições infanto-juvenis. Os GD se caracterizam fundamentalmente pela precisão e a potência. Tendo em vista que os jovens ainda não possuem a força física nem a velocidade necessárias para impor um golpe com potência suficiente para produzir um golpe indefensável para o adversário (10), os GD acabam sendo pouco indicados para os tenistas que buscam a performance em curto prazo.

De fato, as chances dos tenistas jovens obterem resultados positivos nas competições em curto prazo são maiores se a dedicação for exclusiva ao treino dos GP, pois o jogo se desenvolve numa velocidade mais lenta em comparação com as competições adultas (41, 25). No entanto, se houvesse equilíbrio no treino de todas as jogadas (GD e GP), mesmo que o desempenho fosse qualitativamente diferente, ainda assim, teríamos as jogadas mais deficientes em processo de desenvolvimento para que na fase mais adulta pudessem corresponder às expectativas do tenista vencedor.

Estas mesmas razões também devem explicar porque os resultados indicam não haver diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as médias obtidas para cada um dos grupos na freqüência de treino da dimensão GD. Este resultado sugere que os tenistas TR alcançam o sucesso nas competições, principalmente em consequência de seu talento individual e sua capacidade de absorver melhor o treino a eles submetido; jamais devido a um planejamento sistemático por parte dos responsáveis pelo processo de treino. Entretanto, a diferença altamente significativa encontrada nos resultados referentes aos GP favorável ao grupo dos TR não chega a ser surpreendente, pois este grupo de jogadas é considerado mais efi-

ciente nas competições infanto-juvenis, onde há maior exigência das qualidades físicas: resistência aeróbica e resistência anaeróbica alática (17, 32, 29, 30). Os GP caracterizam-se pelo controle e regularidade no domínio da bola (20, 25), tendo em vista que se constituem enquanto golpes de preparação para as jogadas de definição, que por sua vez exigem do tenista potência e precisão. Os tenistas infanto-juvenis que treinam os GP com muita frequência conseguem através da regularidade conduzir os adversários ao erro. Enquanto que nas competições adultas os vencedores são aqueles tenistas com maior eficiência nos GD, em razão da potência física e da maturidade técnica na execução dos golpes, no tênis infanto-juvenil o vencedor será aquele tenista que cometer menos erros. A insuficiente força física dos jovens para imprimir potência nos golpes e a imaturidade da construção técnica dos golpes são as principais limitações para se obter sucesso na performance dos GD.

Percebe-se através dos resultados obtidos neste estudo que a orientação do treino técnico-desportivo segue na direção da busca das vitórias nas competições em curto prazo. O fato dos jovens dedicarem uma maior frequência de treino aos GP demonstra que não está havendo uma preocupação com aquelas jogadas (GD) que serão determinantes para a obtenção das vitórias nas competições adultas.

A constatação de que a frequência de treino dos GD não é significativa em comparação aos GP, torna evidente a ocorrência do TTEP. Mesmo considerando que os GD se constituem nas principais jogadas utilizadas no tênis adulto, percebe-se claramente que não há uma preocupação com este fato no treino técnico-desportivo dos jovens atletas brasileiros. Deve haver uma proposta de equilíbrio no treino dos GD e GP. Apesar de vários autores (19, 41, 21, 40) recomendarem a necessidade da formação técnico-desportiva integral nas fases de formação dos jovens tenistas, continua havendo uma tendência significativa na proposta de treino favorável a GP. É possível entender as razões que levam a condução deste processo, pois alguns treinadores consideram as vitórias necessárias para manter a motivação dos jovens no treinamento. Todavia, é injustificável nos tempos atuais que este fato ainda possa ocorrer. As consequências negativas em médio e longo prazo são inco-

mensuráveis, tendo em vista as limitações na qualidade da performance técnico-desportiva do tenista na fase adulta, período em que os GD se constituem nas principais jogadas do tenista. Talvez, alguns treinadores acreditem que os GD deveriam ser treinados apenas na fase adulta. No entanto, considerando o alto grau de dificuldade na execução dos GD, não é possível acreditar que o trabalho que inicie na fase adulta pode ser bem sucedido. Jamais será possível conseguir o domínio da bola com potência e precisão, principal característica de qualidade da performance de GD, sem a quantidade de repetições exigida para a obtenção da maturidade do gesto técnico-desportivo.

Portanto, os resultados obtidos nesta investigação sugerem o aumento do risco de insucesso destes jovens nas futuras competições de tênis a serem realizadas na fase adulta, considerando que há indicações de que está ocorrendo o TTEP.

## CONCLUSÕES

Conforme os resultados apresentados, conclui-se que a maior dedicação na frequência de treino de GP em comparação com GD para ambos os grupos sugere a ocorrência do TTEP. Outra conclusão relevante do estudo é o fato de haver uma maior adesão aos GP por parte dos tenistas TR em relação aos TS. Cabe ressaltar que esta conclusão também vai ao encontro de uma proposta de treino técnico-desportivo que busca, essencialmente, o imediatismo das vitórias nas competições em curto prazo, pois não há uma preocupação com o treino de GD por parte dos jogadores TR.

## CORRESPONDÊNCIA

**Carlos Adelar Abaide Balbinotti**

Rua Lucas de Oliveira 2507/402

Bairro Petrópolis

Cep. 90460 – 001 Porto Alegre, RS, Brasil

*balbijan@terra.com.br*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anastasi, A.; Urbina, S. (2000). *Testagem Psicológica*. Porto Alegre, RS: ArtMed Editora.
2. Applegate, C. (1988). Golpes que casi nunca se enseñan pero que siempre se ejecutan. In: J. Arranz; J. Andrade; M. Crespo (Eds.) *Publicaciones Real Federación Española de Tenis*. III Simposium Int. Prof. Enseñanza. Marbella, 66-82.
3. Baillargeon, G. (1984). *Méthodes Statistiques*. Trois-Rivières, PQ : Les Éditions SMG.
4. Balbinotti, C. (2003). A formação técnica do jogador de tênis: um estudo sobre jovens tenistas brasileiros. *Tese de doutorado*. FCDEF-UP Porto: Portugal.
5. Balbinotti, C.; Balbinotti, M. (2001). *Inventário de Aperfeiçoamento Técnico no Tênis*. Porto Alegre, RS: Núcleo de Intervenções em Psicologia do Esporte.
6. Balbinotti, C.; Balbinotti, M. (2002). Estudo da consistência interna do inventário de aperfeiçoamento técnico no Tênis. In: *Anais do 9º Congresso Brasileiro de Psicologia do Esporte*. Jundiaí, São Paulo.
7. Balbinotti, C.; Balbinotti, M. (2002). Estudo da validade fatorial do inventário de aperfeiçoamento técnico no Tênis. In: *Anais do 9º Congresso Brasileiro de Psicologia do Esporte*. Jundiaí, São Paulo.
8. Balbinotti, C.; Balbinotti, M. (2002). Estudo normativo do inventário de aperfeiçoamento técnico no Tênis: resultados parciais segundo o sexo. In: *Anais do 9º Congresso Brasileiro de Psicologia do Esporte*. Jundiaí, São Paulo.
9. Barclay, I. (1995). *Singles tactics, doubles tactics*. LTA Coaching Department.
10. Blimkie, C.; Sale, D. (1998). Strength development and trainability during childhood. In: E. Van Praagh (Ed.) *Pediatric anaerobic performance*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 193 - 224.
11. Bompa, T. (2000). *Total training for Young Champions*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
12. Bryman, A.; Cramer, D. (2000). *Quantitative Data Analysis: A guide for social scientists*. London: Routledge.
13. Crespo, M.; Milley, D. (1999). *Manual para entrenadores avanzados*. Canada: International Tennis Federation (ITF).
14. Cronbach, L. (1996). *Fundamentos da testagem psicológica*. Porto Alegre, RS: Artmed Editora.
15. Dassa, C. (1999). *Analyse multidimensionnelle exploratoire et confirmative*. Montréal, PQ : Presses de l'Université de Montréal.
16. Fachel, J.; Camey, S. (2000). Avaliação psicométrica: A qualidade das medidas e o entendimento dos dados. In: J. A. Cunha. *Psicodiagnóstico-V*. Porto Alegre, RS: Artmed Editora.
17. Falk, B.; Tenenbaum, G. (1996). The effectiveness of resistance training in children. *Sports Medicine*, 22 (3): 176 -186.
18. Garson, D. (2003). PA 765 *Statnotes: An Online Textbook*. In: <http://www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765/statnote.htm>
19. Giménez, A. (1999). Modelos de Enseñanza Deportiva: analisis de dos decadas de investigación. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*, 4.
20. Gottfried, B. (1994). How to play no every surface. *Tennis* 31:46-53.
21. Groppe, J. (1993). *Tenis para Jugadores Avanzados*. Madrid: Gymnos.
22. Harre, D. (1989). *El proceso Del Entrenamiento Deportivo*. Havana, Cuba: Editorial Científico Técnico.
23. Kaplan, R.; Saccuzzo, D. (1997). *Psychological Testing: Principals, Applications, and Issues*. Boston, MA: Brooks/Coles Publishing Company.
24. Maguire, T.; Rogers, W. (1989). Proposed solutions for nonrandomness in educational research. *Canadian Journal of Education* 14(2), 170 - 181.
25. Lamarche, P.; Cayer, L. (1993). On Court Training of Modern Tactics. *ITF Worldwide Coaches Workshop*. Key Biscayne.
26. Marques, A. (1999). Crianças e adolescentes atletas: entre a escola e os centros de treino... entre os centros de treino e a escola! *Seminário Internacional Treino de Jovens*. *Comunicações Apresentadas*, 17-30.
27. Marques, A. (1991). A especialização precoce na preparação desportiva. *Treino Desportivo*, 19:9-15.
28. Matvéiev, L. (1986). *Fundamentos do Treino Desportivo*. Lisboa: Livros Horizonte.
29. Naughton, G.; Farpour-Lambert, N.; Carlson, J.; Bradney, M.; Van Praagh, E. (2000). Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports Medicine* 30 (5): 309 - 325.
30. Nichols, D.; Sandborn, C.; Bonnick, S. (2001). The effects of resistance training on bone mineral density in adolescent females. *Journal of Bone and Mineral and Research* 11(1): 466.
31. Pasquali, L. (1999). *Instrumentos psicológicos: Manual prático de elaboração*. Brasília, DF: LabPAM.
32. Payne, V.; Morrow, J.; Johnson, L. (1997). Resistance training in children and youth. A meta-analysis. *Research Quarterly Exercise and Sports* 68 (1): 80-88.
33. Pestana, M.; Gageiro, J. (1998). *Análise de dados para ciências sociais – A complementaridade do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo.
34. Pestana, M.; Gageiro, J. (2000). *Análise de dados para ciências sociais*. Lisboa: Edições Sílabo.
35. Pestana, M.; Gageiro, J. (2001). *Análise de dados para ciências sociais – A complementaridade do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo.
36. Pestana, M.; Gageiro, J. (2003). *Análise de dados para ciências sociais – A complementaridade do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo.
37. Ramos, J. (1999). A formação do jovem praticante. *Treino Desportivo* 6:14-21.
38. Reis, E. (2000). *Estatística descritiva*. Lisboa: Edições Sílabo.
39. Rink, J.; French, K.; Tjeerdsma, B. (1996). Foundations for de learning and instructions of sports and games. *Journal of Teaching in Physical Education* 15: 399-417.
40. Sammel, D. (1995). How to counter specialist style. *Coaches Review* 7:5-6.
41. Schönborn, R. (1999). *Tênis: Entrenamiento Técnico*. Madrid: Ediciones Tudor.
42. Tschiene, P. (1990). En Favor de una Teoria del Entrenamiento Juvenil. *Revista Stadium* 143: 18-28.
43. Tenenbaum, G.; Levy-Kolker, N.; Sade, S.; Liebermann, D. Lidor, R. (1996). Anticipation and confidence of decisions related to skilled performance. *International Journal of Sport Psychology* 27 (3): 293-307.
44. Thomas, J.; Nelson, J. (2002). *Métodos de pesquisa em atividade física*. Porto Alegre, RS: ArtMed Editora.

# Freqüência, precisão e localização temporal de conhecimento de resultados e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora de controle da força manual

Go Tani  
Cássio M. Meira Jr.  
Fábio R. F. Gomes

Universidade de São Paulo  
Escola de Educação Física e Esporte  
Brasil

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.59>

## RESUMO

No processo de aquisição de habilidades motoras, importa tanto a estabilização funcional, como a capacidade de aplicação do que foi adquirido a novas situações, caracterizando um processo cíclico e dinâmico de instabilidade-estabilidade-instabilidade, que resulta em crescente complexidade. O presente estudo investigou a variável conhecimento de resultados (CR) no processo adaptativo em aprendizagem motora. De acordo com os resultados, regimes de CR menos freqüentes, menos precisos e com atividade no intervalo pós-CR (fatores de instabilidade, incerteza e desordem) não prejudicaram o processo adaptativo de aquisição de uma habilidade motora de controle de força manual.

*Palavras-chave:* conhecimento de resultados (CR), controle de força, processo adaptativo, aquisição de habilidades motoras, aprendizagem motora.

## ABSTRACT

*Frequency, precision and temporal localization of knowledge of results and the adaptive process in the acquisition of a manual force control skill.*

*In motor skill acquisition, not only functional stability is important, but also the capability of applying what was acquired to new contexts; this characterises a cyclic and dynamic process of instability-stability-instability, which results in increasing complexity. This study aimed to investigate the role of knowledge of results (KR) in motor learning viewed as an adaptive process. According to the results, KR regimes of low frequency and precision, and with interpolated activity on post-KR interval (factors of instability, uncertainty and disorder) were not prejudicial to adaptive process in acquiring a manual force control motor task.*

*Key Words:* knowledge of results (KR), feedback, force control, adaptive process, motor skill acquisition, motor learning.

## INTRODUÇÃO

“A prática cujos resultados são conhecidos leva à perfeição” é a alternativa apresentada por Bartlett (4) à máxima “a prática leva à perfeição”. A proposição de Bartlett expressa de forma mais completa o processo de aquisição de habilidades motoras porque estabelece uma vinculação entre prática e conhecimento de resultados (CR) - duas variáveis cruciais de aprendizagem.

A associação desses dois fatores pode ser melhor compreendida mediante uma apreciação do processo pelo qual um indivíduo aprende uma habilidade motora. Em primeiro lugar, o objetivo de performance é estabelecido. O objetivo é geralmente a solução de um problema motor que surge normalmente no meio ambiente externo. Definido o objetivo, o indivíduo procura desenvolver a melhor maneira de alcançá-lo, ou seja, processa informações, seleciona um plano de ação que atenda apropriadamente às demandas do momento e, finalmente, executa o movimento. Durante a execução, o indivíduo recebe informações sobre como está sendo executado o movimento e após a sua conclusão recebe informações que o permitem avaliar se o movimento executado alcançou ou não o objetivo almejado. Essas informações são denominadas genericamente de *feedback*.

Normalmente, as primeiras tentativas de execução resultam em grandes erros de performance. O indivíduo toma consciência desses erros mediante *feedback* e, com base no seu processamento, decide sobre qual mudança introduzir na próxima tentativa para que o objetivo seja alcançado. Em outras palavras, o mecanismo de detecção e correção de erro é acionado. Como resultado, um novo plano de ação é elaborado, executado, avaliado, e esse processo é repetido até a obtenção do objetivo ou a solução adequada do problema motor.

Durante esse processo, é muito comum o indivíduo tomar consciência do erro cometido, mas não ser capaz de detectar a sua origem e, conseqüentemente, ser incapaz de corrigi-lo. As informações que ele obtém do próprio sistema sensorial sobre a execução do movimento e o seu resultado no meio ambiente são denominadas *feedback* intrínseco ou inerente. Numa situação de incapacidade para detectar a causa dos erros, o indivíduo necessita receber informações adicionais de fontes externas sobre a execução e o

resultado do movimento. Essas informações, denominadas *feedback* extrínseco ou aumentado, são normalmente fornecidas pelo professor, pesquisador, técnico ou sistema de videoteipe. O *feedback* extrínseco é freqüentemente denominado conhecimento de resultados (CR) e o seu efeito na aprendizagem motora tem sido intensamente estudado desde o começo do século XX.

Os estudos pioneiros sobre CR em aprendizagem motora remontam a um dos experimentos clássicos de Thorndike (51) sobre a lei do efeito. Essa lei, em linhas gerais, estabelece relação entre a natureza da resposta e a avaliação posterior que lhe está associada, e portanto, o CR constitui-se num fator vital para ocorrência de aprendizagem. O experimento em questão constou de habilidades motoras em que os sujeitos, com os olhos vendados, desenhavam linhas de diferentes tamanhos. O CR foi fornecido na forma “errado” e “certo” (quando dentro de uma faixa de tolerância). O resultados mostraram que o grupo que praticou com CR evoluiu de uma porcentagem de respostas corretas de 13% no pré-teste para 55% ao final da fase de aquisição. Já o grupo sem CR não obteve melhoras ao longo das tentativas. Trowbridge e Cason (52) corroboraram as conclusões de Thorndike e foram além, propondo que regimes de CR mais precisos (em valores quantitativos) produziam melhor aprendizagem comparados a regimes de CR geral.

Esse foi o panorama conceitual e experimental de onde se originaram os estudos acerca do CR, mostrando que quando ele é apresentado após uma resposta, melhora o desempenho. Essa melhora esteve relacionada a dois fatores: associativo e motivacional. A interpretação do papel associativo do CR remete a questões sobre a natureza do processo de aprendizagem, uma vez que ele funcionaria como um guia que orienta em direção a solução do problema. A função motivacional do CR esteve relacionada a interesses militares e industriais com o propósito de aumentar o desempenho individual por meio do alcance de metas, posto que o CR, atuando como fonte de energização, estimularia o indivíduo a consolidar as respostas que já estariam incorporadas no seu repertório (2).

Na Psicologia Experimental, havia uma crença de que o CR teria o mesmo efeito na aprendizagem

humana que o reforço positivo tinha na aprendizagem animal. Isso acontecia em virtude de os pesquisadores acreditarem em leis gerais que poderiam ser aplicadas de maneira equivalente a animais e humanos. Bilodeau e Bilodeau (7) manipularam CR em 25, 33 e 100% das tentativas na aprendizagem de posicionamento de uma alavanca e não detectaram diferenças significativas na aquisição. Por outro lado, o mesmo não aconteceu com reforço positivo em animais. Por exemplo, Boren (8) propôs que a taxa de pressionamento da barra que fornecia alimento para ratos em vários regimes aumentou na medida em que a proporção de reforços diminuiu. O atraso de CR, correspondente ao atraso no fornecimento de reforço em animais, foi a variável com maior incongruência de resultados. Skinner (45) afirmou, baseado na premissa de que o reforço imediato é fundamental em animais, que o CR deveria ser imediato, mas as pesquisas não deram suporte a essa afirmação (7, 22, 30). Pesquisas sobre o intervalo de atraso de CR foram o prenúncio do papel informacional do CR em aprendizagem motora, além do associativo e motivacional.

Com a proposição da teoria de circuito fechado (1) e da teoria de esquema (41), nas quais o CR desempenha papel fundamental para a aprendizagem de movimentos, a sua função foi ligada à formação de estruturas cognitivas (traços e esquemas, respectivamente). Com forte influência dessas duas teorias, os principais aspectos do CR que receberam inicialmente maior atenção dos pesquisadores foram: a) frequência de CR; b) precisão de CR; c) localização temporal de CR; d) retirada de CR; e e) CR errôneo. Os resultados desses estudos mostraram, no seu conjunto, que quanto mais freqüente, mais preciso, mais imediato e mais rico do ponto de vista informacional, maior o seu efeito na aprendizagem.

Entretanto, essa posição sobre os princípios de CR foi contestada por Salmoni, Schmidt e Walter (39), os quais, ao reexaminarem a metodologia empregada nos estudos até então realizados, detectaram um problema que colocava dificuldades na generalização dos resultados: a maioria dos estudos não separava claramente os efeitos temporários de performance dos efeitos mais duradouros de aprendizagem em virtude da ausência de um delineamento de transferência. Segundo esses autores, quando administrado

nas tentativas de aquisição, o CR desempenha função orientadora (o aprendiz confia nas propriedades de informação contidas no CR que o guia para responder na próxima tentativa) e motivadora (os indivíduos supostamente são indiferentes quando ele não aparece e se esforçam bastante quando ele está presente). Quando o CR desempenha essas funções é difícil detectar o que contribui para a aprendizagem. Tentativas de teste sem CR, portanto, são importantes para avaliar a aprendizagem, haja vista os resultados de Boulter (9) com atividades interpoladas no intervalo entre tentativas.

Existia, portanto, a necessidade de um reapreciação sobre o efeito dessa variável na aquisição de habilidades motoras. De fato, o que ocorreu a partir da “denúncia” de Salmoni et al. (39) foi uma avalanche de estudos reexaminando os fatores clássicos de CR como sua precisão (15, 33, 40), freqüência relativa (16, 17, 31, 44, 57, 53) e acumulação (23, 43, 59, 57). Além disso, os estudos sobre o efeito de atividades interpoladas ao CR foram retomados (3, 6, 29, 47), assim como novos fatores começaram a ser investigados, dentre os quais os tipos de CR, especialmente sobre a cinemática do movimento (37, 42), o efeito de CR na aquisição de programas motores generalizados e sua parametrização (56, 58), a influência de CR errôneo (10, 11, 35), a faixa de tolerância de erro (13, 24, 44, 46) e o CR auto-controlado (14, 17, 27, 26).

De fato, o estudo sobre CR encontra-se numa fase efervescente, e os resultados têm caminhado na direção oposta aos achados dos estudos realizados antes de Salmoni et al. (39). Em outras palavras, no conjunto de resultados atuais há forte tendência de relação de U invertido, ou seja, regimes de CR com freqüências e precisões máximas ou mínimas, em vez de facilitarem a aprendizagem, na realidade prejudicam-na.

Entretanto, apesar dessas novas descobertas sobre os efeitos de CR, é importante ressaltar que existe um problema de fundo que coloca sérias limitações mesmo aos achados nessa nova fase de investigações pós Salmoni et al. (39). Trata-se da concepção de aprendizagem motora subjacente a essas investigações que considera a aquisição de habilidades motoras um processo finito que se encerra com a automatização do movimento.

Na realidade, a aquisição de habilidades motoras é por natureza um processo dinâmico e complexo. Todavia, as teorias correntes de aprendizagem motora explicam apenas uma parte desse processo, qual seja, a estabilização da performance que se caracteriza como um processo homeostático (equilíbrio) alcançado via *feedback* negativo (1, 41). Processos baseados em *feedback* negativo, ou mecanismo de neutralização do desvio (34), são capazes de manter a estrutura ou ordem, mas são incapazes de conduzir a uma nova estrutura, visto que para tanto, é necessário desestabilização. A automatização, vista como a fase final do processo de aprendizagem motora pelas teorias correntes, é um exemplo típico de estabilização. Diante dessa situação, Choshi (18, 19, 20), Choshi e Tani (21), Tani (48, 49) e Tani, Bastos, Castro, Jesus, Sacay e Passos (50) têm proposto um modelo de não-equilíbrio em aprendizagem motora em que dois processos fundamentais são considerados: estabilização e adaptação. O primeiro é aquele em que se busca, como a própria palavra indica, a estabilidade funcional que resulta na padronização espacial e temporal do movimento (formação de estrutura). Movimentos inicialmente inconsistentes vão sendo gradativamente refinados até se alcançar movimentos padronizados e precisos. Nesse processo, o elemento fundamental é o *feedback* negativo. O segundo é aquele em que se procura adaptações às novas situações ou tarefas motoras (perturbação), mediante a aplicação das habilidades já adquiridas. Nesse processo, exigem-se modificações na estrutura da habilidade já adquirida, e uma posterior reorganização dessa estrutura num nível superior de complexidade. Existem perturbações para as quais a adaptação se faz pela flexibilidade inerente à estrutura adquirida, ou seja, pela mudança de parâmetros do movimento. Contudo, existem perturbações de tal envergadura que por mais que haja disponibilidade na estrutura não há condições de adaptar-se. Nesse caso, exige-se uma reorganização da própria estrutura que, quando concluída, resulta numa mudança qualitativa do sistema (48). Em resumo, na aprendizagem motora é importante não só a estabilização funcional, mas também a capacidade de aplicação das habilidades adquiridas às novas situações ou tarefas motoras. Nessa visão, a aquisição de habilidades motoras melhor caracteriza

um processo cíclico e dinâmico de instabilidade-estabilidade-instabilidade, resultando em crescente complexidade. E dentro dessa perspectiva, fatores relacionados à incerteza, instabilidade e desordem podem não desempenhar papel negativo no decorrer do processo. Recentes proposições dentro do paradigma sistêmico têm enfatizado que a formação de novas estruturas pressupõe instabilidade ou quebra de estabilidade (49 e 50).

Dessa forma, o CR como redutor de incerteza para o aprendiz pode atuar como um fator importante, porém não essencial. Em outras palavras, pode ser fornecido para guiá-lo ao alcance da meta, mas com certa margem de tolerância. O fornecimento de CR pode inibir o envolvimento ativo do aprendiz no processo de aprendizagem para desenvolver a capacidade de detecção e correção de erros. Isso posto, o presente estudo pretende investigar a variável CR como fator de incerteza na aquisição de uma habilidade motora. Especificamente, o objetivo do presente estudo é investigar o efeito de CR no processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora de controle de força manual, considerando as variáveis, precisão, frequência e localização temporal de CR.

## EXPERIMENTO 1: FREQUÊNCIA DE CR

### 1.1. Tarefa motora, equipamento e medida de desempenho

A tarefa motora envolveu o controle do movimento de pressionar um dinamômetro manual (Takei & Co.) com o propósito de aplicar uma porcentagem da sua força máxima. A cada movimento executado, o mostrador eletrônico do dinamômetro indicava um número correspondente à quantidade de força máxima (expressa em kgf) aplicada pelos dedos na preensão da manopla. A precisão de medida foi de 0,5 kgf. Como medida, utilizou-se o erro absoluto que é a diferença, em módulo, entre o valor desejado e o manifesto.

### 1.2. Sujeitos

Oitenta alunos do Curso de Graduação da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo participaram voluntariamente como sujeitos. As idades variaram entre 18 e 29 anos (média de  $23,4 \pm 4,1$  anos). Todos eram inexperientes com experimentos em aprendizagem motora e conseqüentemente com a tarefa proposta.

### 1.3. Delineamento experimental

Os sujeitos foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (G100, G66, G33, G20), cada qual com vinte elementos. A cada grupo foi fornecido CR com determinada frequência. Na fase de estabilização, a frequência absoluta foi de dezoito (18) informações de CR para todos os grupos, com frequência relativa de 100, 66, 33 e 20%, respectivamente, para G100, G66, G33 e G20, cabendo para estes mesmos grupos, portanto, um total de 20, 29, 58 e 96 tentativas a executar. Para todos os grupos, a informação de CR contemplou magnitude e direção do erro. Na fase de adaptação, todos os sujeitos executaram 10 tentativas sem o fornecimento de CR.

### 1.4. Procedimentos

Os sujeitos foram orientados sobre o manuseio do aparelho, com especificações sobre a maneira de pressioná-lo e a postura necessária para tal procedimento. Inicialmente foi medida a força de preensão manual máxima em duas tentativas e, com base no maior valor obtido, foi calculado o valor critério a ser alcançado (50% na fase de estabilização e 30% na fase de adaptação). Respeitou-se um intervalo de descanso de 20 segundos entre as tentativas. Após a execução de cada tentativa, o aparelho foi entregue ao experimentador para que informações adicionais (cinestésicas) não pudessem interferir na execução da próxima tentativa. Não foi permitido aos sujeitos olhar para o resultado no aparelho, ou seja, não lhes foi possível obter *feedback* por meios próprios.

### 1.5. Resultados

As dezoito tentativas pós-CR de estabilização e as nove tentativas de adaptação foram organizadas, respectivamente, em seis blocos e três blocos (três tentativas cada bloco). A análise considerou a soma dos erros em cada bloco. As curvas de desempenho dos grupos podem ser visualizadas na Figura 1.

A realização de uma estatística inferencial foi necessária para identificar diferenças inter e intra-grupos. Os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias permitiram a realização de duas análises de variância com medidas repetidas no segundo fator “grupo x bloco” 4x6 (estabilização) e 4x3 (adaptação). O teste *post-hoc* de Tukey identificou a localização das diferenças significativas. Na fase de estabilização, para o fator grupo houve diferença sig-

nificativa ( $F_{3,76}=10,26$ ;  $p<0,001$ ): o G66 errou mais que o G100, e este mais que o G33 e G20. Já no fator bloco, os valores permitem inferir que os sujeitos, sem distinção de grupo, aprenderam a tarefa ( $F_{5,380}=24,31$ ;  $p<0,001$ ). A interação grupo x bloco apresentou valor de prova maior que 0,05. Na fase de adaptação, não foram detectadas diferenças significativas na interação e no fator bloco. Todavia, a análise do fator grupo ( $F_{3,76}=4,16$ ;  $p<0,01$ ) detectou que o G66 obteve pior performance em relação aos demais.

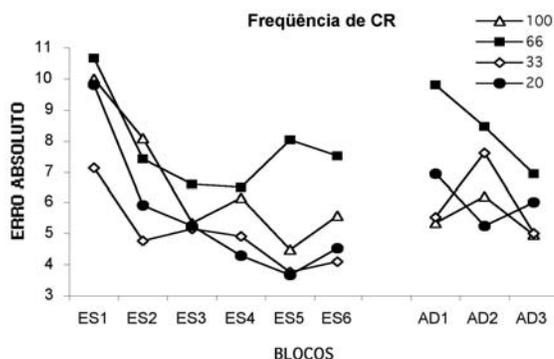


Figura 1: Médias dos erros absolutos dos grupos ao longo das fases do experimento.

## EXPERIMENTO 2: PRECISÃO DE CR

### 2.1. Tarefa motora, equipamento e medida de desempenho e procedimentos

Idem ao experimento 1.

### 2.2. Sujeitos

Oitenta alunos (diferentes daqueles do experimento 1) do Curso de Graduação da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo participaram voluntariamente como sujeitos. As idades variaram entre 17 e 27 anos (média de  $23,1 \pm 4,5$  anos). Todos eram inexperientes com experimentos em aprendizagem motora e conseqüentemente com a tarefa proposta.

### 2.3. Delineamento experimental

A manipulação experimental ocorreu com relação à direção e magnitude do erro. Os sujeitos foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de vinte sujeitos: 1) controle - sem CR (Gsem); 2) apenas CR

sobre direção do erro (Gdir); 3) apenas CR sobre magnitude do erro (Gmag); e 4) CR sobre magnitude e direção do erro (Gmag+dir). Todos os sujeitos executaram 20 tentativas para estabilização da performance. A fase de adaptação constou de 10 tentativas sem o fornecimento de CR.

#### 2.4. Resultados

Os dados foram analisados em blocos de cinco tentativas em ambas as fases. A análise considerou a soma dos erros em cada bloco. Pode-se visualizar os resultados descritivos da análise na Figura 2. A identificação de diferenças inter e intra-grupos somente foi possível por meio de uma estatística inferencial (análise de variância com medidas repetidas no segundo fator e posterior teste *post-hoc* de Tukey), a qual foi executada após a confirmação de suas assunções básicas (normalidade e homogeneidade de variâncias).

Na fase de estabilização, a análise de variância 4 (grupo) x 4 (bloco) identificou diferenças para a interação dos fatores ( $F_{9,228}=3,13$ ;  $p<0,01$ ). Nos três últimos blocos, o Gsem obteve desempenho inferior aos demais grupos. Detectou-se também diferença intra-grupo no Gdir, no Gmag e no Gmag+dir do primeiro bloco para os demais, indicando ocorrência de aprendizagem.

Na fase de adaptação, não foram detectadas diferenças significativas na interação, mas sim no fator grupo ( $F_{3,76}=14,32$ ;  $p<0,001$ ). Visualmente, considerando os valores da média e do erro padrão, pode-se perceber que há nítida desvantagem do GsemCR para o Gmag; este, por sua vez, também apresentou desvantagem em relação ao Gdir e ao Gmag+dir.

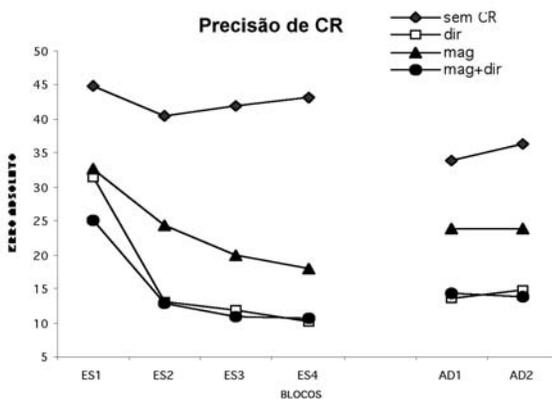


Figura 2. Média dos erros absolutos dos grupos ao longo das fases do experimento.

### EXPERIMENTO 3: ATIVIDADE INTERPOLADA DURANTE O INTERVALO PÓS-CR

#### 3.1. Tarefa motora, equipamento e medida de desempenho e procedimentos

Idem ao experimento 1.

#### 3.2. Sujeitos

Trinta e quatro alunas do Curso de Graduação da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo tomaram parte voluntariamente como sujeitos da pesquisa. As idades variaram entre 18 e 31 anos (média de  $24,6 \pm 4,4$  anos). Todas eram inexperientes com experimentos em aprendizagem motora e conseqüentemente com a tarefa empregada.

#### 3.3. Delineamento experimental

Os sujeitos foram divididos aleatoriamente em dois grupos: 1) com a realização de uma tarefa de *tapping* durante o intervalo pós-CR (Gcom) e 2) sem realização de tarefa durante o intervalo pós-CR (Gsem). Os membros do Gcom executaram a tarefa de *tapping* com a mão não-dominante da forma mais rápida possível. Todos os sujeitos realizaram 24 tentativas na fase de estabilização, na qual, após cada tentativa, os sujeitos receberam CR sobre magnitude e direção do erro. O intervalo pré-CR durou cinco segundos e o intervalo pós-CR durou 15 segundos. Na fase de adaptação, todos os sujeitos executaram 6 tentativas sem o fornecimento de CR.

#### 3.4. Resultados

Em ambas as fases do experimento, os dados foram organizados em blocos de 3 tentativas, considerando a soma no bloco para a análise estatística. Os valores descritivos podem ser visualizados na Figura 3. Depois de confirmadas a normalidade da distribuição e a homogeneidade de variâncias, duas análises de variância com medidas repetidas no segundo fator grupo x bloco foram utilizadas como técnicas paramétricas para identificação de diferenças inter e intra-grupos, uma  $2 \times 8$  na estabilização e uma  $2 \times 2$  na adaptação. As diferenças foram localizadas pelo teste *post-hoc* de Tukey.

Na fase de estabilização, detectou-se diferença significativa apenas para o fator bloco ( $F_{7,224}=30,21$ ;  $p<0,001$ ). Esses valores permitem inferir que os sujeitos, sem distinção de grupo, aprenderam a tare-

fa. Não se identificaram diferenças significativas na fase de adaptação. Considerando os valores descritivos representados na Figura 3, o Gcom foi melhor que o Gsem no primeiro bloco, situação que se inverteu no segundo bloco.

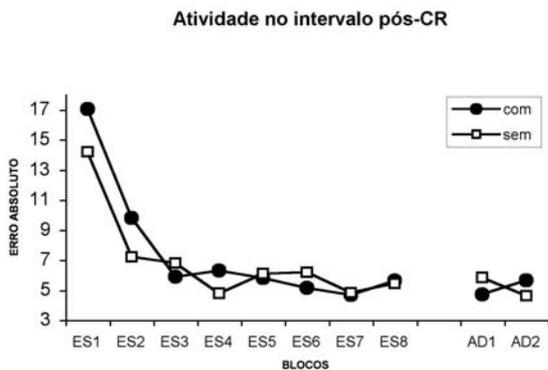


Figura 3: Média dos erros absolutos dos grupos ao longo das fases do experimento.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito do CR no processo adaptativo em aprendizagem motora, considerando precisão, frequência e localização temporal. Esperava-se que regimes de CR menos frequentes, menos precisos e com atividade no intervalo pós-CR (associados a fatores de instabilidade, incerteza e desordem) não prejudicassem o processo adaptativo em aprendizagem motora. O conjunto dos resultados apontou nessa direção. Inicialmente deve-se destacar que todos os regimes que receberam CR durante a fase de estabilização evoluíram significativamente do início para o final, ou seja, a aprendizagem da tarefa esteve intimamente ligada ao fornecimento de CR, variável que se mostra crucial durante o processo. De maneira geral, os resultados corroboram as hipóteses gerais, uma vez que regimes de CR com frequências menores, sem muita precisão e com atividades interpoladas durante o intervalo pós-CR não prejudicaram o processo adaptativo. Esses achados alinham-se a correntes recentes de estudos sobre CR, baseadas no processamento de informações (12, 16, 53, 54, 55, 56).

No que concerne ao intervalo pós-CR, a literatura aponta que atividade interpolada de caráter cognitivo

prejudica a aprendizagem da tarefa principal (6, 47); já uma atividade interpolada de natureza motora pode otimizar a aprendizagem da tarefa principal (32). Como no intervalo pós-CR o aprendiz se envolve em uma tarefa cognitiva de comparação entre suas próprias informações (*feedback* intrínseco) e a informação externa (CR), é de se esperar que se a tarefa secundária for de natureza cognitiva, haverá alguma interferência negativa para a aprendizagem. A explicação para a otimização da aprendizagem com interpolação de tarefa motora durante o intervalo pós-CR está sustentada na idéia de transferência positiva de solução de problemas da situação enfrentada na fase de aquisição e da situação em que o aprendiz é exposto nos testes de aprendizagem (28). No presente estudo, o fator de instabilidade engendrado pela atividade interpolada de *tapping* executada na fase de estabilização não prejudicou o desempenho na fase de adaptação.

A partir da publicação do artigo seminal de Salmoni et al. (39), começou-se a questionar a idéia de que melhor seria a aprendizagem quanto mais preciso fosse o CR, ou seja, quando a informação era fornecida sobre magnitude e direção do erro. Desde então, o conjunto de estudos não permite extrair conclusões sólidas sobre qual regime de precisão de CR otimiza a aprendizagem (5, 15, 33, 36, 38, 40). A considerar os resultados do presente trabalho, é possível advogar regimes de CR gerais - haja vista que o grupo que recebeu CR apenas sobre direção do erro (geral) obteve controle adaptativo igual ao grupo que recebeu CR sobre magnitude e direção do erro (específico). Desse modo, não se faz necessário reduzir excessivamente a incerteza por intermédio de regimes de CR com muita precisão.

O artigo de Salmoni et al. (39) também influenciou de forma determinante a noção estabelecida pelas teorias clássicas de aprendizagem motora (1, 41) de que quanto mais CR, melhor a aprendizagem. Embora não de forma explícita, essas teorias apreçoavam regimes de CR com frequências altas. Entretanto, o que se verificou após a proposta de Salmoni et al. (39) foi um número substancial de trabalhos fornecendo suporte a regimes de CR reduzidos como mais eficazes para a aprendizagem de habilidades motoras (14, 25, 53, 54, 55, 56). A maior incerteza provocada por regimes de CR com

freqüências menores também não prejudicou o controle adaptativo na aprendizagem da tarefa empregada no presente estudo.

Regimes reduzidos de CR têm encontrado suporte em duas hipóteses explicativas: a hipótese da instabilidade - *maladaptive short-term corrections* (42) e a hipótese da orientação - *guidance hypothesis* (39, 42). De acordo com a primeira, regimes de CRs freqüentes - uma vez que em toda tentativa há correção - não proporcionam oportunidade para a aquisição de consistência, importante nos testes de aprendizagem (esse é um exemplo claro de que o estudo do CR tem-se dado sob uma perspectiva de equilíbrio, no caso porque enfatiza apenas a consistência). A segunda hipótese postula que CR freqüente causa dependência de fornecimento, o que prejudica o desenvolvimento da capacidade de detectar e corrigir erros, em virtude da inibição do processamento da informação intrínseca.

A hipótese explicativa para os resultados do presente trabalho alinha-se às anteriores no que diz respeito à assunção de que regimes de CR freqüentes, precisos e com atividades interpoladas são prejudiciais à aquisição de habilidades motoras. No entanto, a hipótese de explicação lançada aqui diferencia-se das hipóteses da instabilidade e da orientação quanto à maneira de abordar o processo (no caso, como de não equilíbrio) e também quanto ao argumento. No modelo de processo adaptativo, propõe-se que o programa de ação é organizado hierarquicamente, ou seja, uma macroestrutura orientada à ordem (consistência) e uma microestrutura orientada à desordem (variabilidade). Regimes de CR freqüentes e precisos estimulariam: a) correções (diminuição do erro) nos detalhes de movimento que implicariam redução da variabilidade na microestrutura do programa de ação, resultando na formação de um programa sem a necessária flexibilidade para adaptação - isso implicaria em rigidez na parametrização do movimento; b) aumento da dependência a informações extrínsecas que resultaria na não utilização e aprimoramento do mecanismo de detecção e correção de erros mediante exploração do *feedback* intrínseco e com isso a autonomia do sistema não estaria sendo devidamente desenvolvida; e c) o CR freqüente e preciso implicaria a inibição excessiva da incerteza dentro do sistema, incerteza essa que é necessária para garantir

o fluxo de energia livre ou informação, visto que quando o sistema está à busca de estabilidade (diminuição do fluxo de energia livre ou informação) necessita, ao mesmo tempo, desenvolver capacidade que o permita adaptar-se às novas situações ou tarefas. Conclui-se, portanto, que a redução da freqüência e precisão do CR, assim como as atividades interpoladas pós-CR, podem constituir-se fontes de instabilidade não prejudiciais no processo adaptativo em aprendizagem motora.

#### CORRESPONDÊNCIA

**Go Tani**

Escola de Educação Física e Esporte  
Universidade de São Paulo  
Av. Prof. Mello Moraes, 65 - São Paulo/SP  
05508-900 Brasil  
[gotani@usp.br](mailto:gotani@usp.br)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adams, J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior* 3:111-150.
2. Adams, J.A. (1987). Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. *Psychological Bulletin* 101:41-74.
3. Anderson, D.I.; Magill, R.A.; Sekiya, H. (2001). A reconsideration of the trials-delay of knowledge of results paradigm in motor skill learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 65: 286-290.
4. Bartlett, F.C. (1948). The measurement of human skill. *Occupational Psychology* 22: 31-38.
5. Bennett, D.M.; Simmons, R.W. (1984). Effects of the precision of knowledge of results on acquisition and retention of a simple motor skill. *Perceptual and Motor Skills* 58: 785-786.
6. Benedetti, C.; McCullagh, P. (1987). Post-knowledge of results delay: effects of interpolated activity on learning and performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 58: 375-381.
7. Bilodeau, E.A.; Bilodeau, I.M. (1958). Variable frequency of knowledge of results and the learning of a simple skill. *Journal of Experimental Psychology* 55: 379-383.
8. Boren, J.J. (1961). Resistance to extinction as a function of the fixed ratio. *Journal of Experimental Psychology* 61: 304-308.
9. Boulter, L.R. (1964). Evaluation of mechanisms in delay of knowledge of results. *Canadian Journal of Psychology* 18: 281-291.
10. Buekers, M.J.; Magill, R.A.; Hall, K.G. (1992). The effect of erroneous knowledge of results on skill acquisition when augmented information is redundant. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 45A: 105-117.
11. Buekers, M.J.; Magill, R.A.; Sneyers, K.M. (1994). Resolving a conflict between sensory feedback and knowledge of results, while learning a motor skill. *Journal of Motor Behavior* 26: 27-35.
12. Castro, I.J. (1988). Efeitos da frequência relativa do feedback extrínseco na aprendizagem de uma habilidade motora discreta simples. *Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo*. São Paulo.
13. Chen, D.D. (2002). Catching the learner doing right versus doing wrong: effects of bandwidth knowledge of results orientations and tolerance range sizes. *Journal of Human Movement Studies* 42: 141-154.
14. Chiviawosky, S. (2000). Efeitos da frequência do conhecimento de resultados controlada pelo experimentador e autocontrolada pelos sujeitos na aprendizagem de tarefas motoras com diferentes complexidades. *Tese (Doutorado) - Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa*. Lisboa.
15. Chiviawosky, S.; Godinho, M. (1997). Aprendizagem de habilidades motoras em crianças: algumas diferenças na capacidade de processar informações. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Educação Física* 15/16: 39-47.
16. Chiviawosky, S.; Tani, G. (1993). Efeitos da frequência de conhecimento de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora em crianças. *Revista Paulista de Educação Física* 7: 45-57.
17. Chiviawosky, S.; Wulf, G. (2002). Self-controlled feedback: does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport* 73: 408-415.
18. Choshi, K. (1978). The organization of perceptual-motor behavior. In H. Hagiwama & K. Choshi (Eds.), *The organization of perceptual-motor behavior*. Tokyo: Fumaido (in Japanese).
19. Choshi, K. (1981). The significance of error response in adaptive systems. *Sport Psychology Research* 7: 60-64 (in Japanese).
20. Choshi, K. (1982). An analytical study of the adaptive process in motor learning. *Memoirs of the Faculty of Integrated Arts and Sciences III*. Hiroshima University, 6: 75-82 (in Japanese).
21. Choshi, K.; Tani, G. (1983). Stable system and adaptive system in motor learning. In Japanese Association of Biomechanics (Ed.) *The science of movement V*. Tokyo: Kyorin (in Japanese).
22. Dyal, J. (1966). Effects of delay of knowledge of results and subject response bias on extinction of a simple motor skill. *Journal of Experimental Psychology* 71: 559-563.
23. Gable, C.D.; Shea, C.H.; Wright, D.L. (1991). Summary knowledge of results. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 62: 285-292.
24. Goodwin, J.E.; Meeuwse, H.J. (1995). Using bandwidth knowledge of results to alter relative frequencies during motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 66: 99-104.
25. Guadagnoli, M.A.; Kohl, R.M. (2001). Knowledge of results for motor learning: relationship between error estimation and knowledge of results frequency. *Journal of Motor Behavior* 33: 217-224.
26. Janelle, C.M.; Barba, D.A.; Frehlich, S.G.; Tennant, L.K.; Cauraugh, H. (1997). Maximizing performance feedback effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 68: 269-279.
27. Janelle, C.M.; Kim, J.; Singer, R.N. (1995). Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. *Perceptual and Motor Skills* 81: 627-634.
28. Lee, T.D. (1988). Testing for motor learning: a focus on transfer-appropriate-processing. In O.G. Meijer and K. Roth (Eds.) *Complex motor behaviour: "the" motor-action controversy*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 210-215.
29. Lee, T.D.; Magill, R.A. (1985). Can forgetting facilitate skill acquisition? In D. Goodman, R.B. Wilberg & I.M. Franks (Eds.) *Differing perspectives in motor learning, memory and control*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 3-22.
30. Lorge, I.; Thorndike, E.L. (1935). The influence of delay in the after effect of a connection. *Journal of Experimental Psychology* 18: 186-194.
31. Lustosa de Oliveira, D. (2002). Frequência relativa de conhecimentos de resultados (CR) e complexidade da tarefa na aprendizagem de habilidades motoras. *Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo*, São Paulo.
32. Magill, R.A. (1988). Activity during the post-knowledge of results interval can benefit motor skill learning. In O.G. Meijer & K. Roth (Eds.) *Complex motor behavior: "the" motor-action controversy*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 231-246.
33. Magill, R.A.; Wood, C.A. (1986). Knowledge of results

- precision as a learning variable in motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 57: 170-173.
34. Maruyama, M. (1963). The second cybernetics: deviation-amplifying mutual causal processes. *American Scientist* 51: 164-179.
  35. McNevin, N.; Magill, R.A.; Buekers, M.J. (1994). The effects of erroneous knowledge of results on transfer of anticipation timing. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 64: 324-329.
  36. Newell, K.M.; Kennedy, J.A. (1978). Knowledge of results and children's motor learning. *Developmental Psychology* 14: 531-536.
  37. Newell, K.M.; Quinn, J.T.; Sparrow, W.A.; Walter, C.B. (1983). Kinematic information feedback for learning a rapid arm movement. *Human Movement Science* 2: 255-269.
  38. Rogers Jr., C.A. (1974). Feedback precision and post-feedback interval duration. *Journal of Experimental Psychology* 102: 604-608.
  39. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin* 95: 355-386.
  40. Scaringe, J.G.; Chen, D.P.; Ross, D. (2002). The effects of augmented sensory feedback precision on the acquisition and retention of a simulated chiropractic task. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 25: 345-41.
  41. Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review* 82: 225-260.
  42. Schmidt, R.A. (1991). *Motor learning and performance: from principles to practice*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
  43. Schmidt, R.A.; Young, D.E.; Swinnen, S.; Shapiro, D.C. (1989). Summary knowledge of results for skill acquisition: support for the guidance hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 15: 352-359.
  44. Sherwood, D.E. (1988). Effect of bandwidth knowledge of results on movement consistency. *Perceptual and Motor Skills* 66: 535-542.
  45. Skinner, B.F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Macmillan.
  46. Smith, P.J.; Taylor, S.J.; Withers, K. (1997). Applying bandwidth feedback scheduling to a golf shot. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 68: 215-221.
  47. Swinnen, S.P. (1990). Interpolated activities during the knowledge of results delay and post-knowledge of results interval: effects of performance and learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 16: 692-705.
  48. Tani, G. (1982). *Adaptive process in perceptual-motor skill learning*. Unpublished Doctoral Dissertation. Hiroshima. Faculty of Education, Hiroshima University (in Japanese).
  49. Tani, G. (1989). Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. *Tese (Livre-Docência) - Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo, São Paulo*.
  50. Tani, G.; Bastos, F.C.; Castro, I.J.; Jesus, J.F.; Sacay, R.C.; Passos, S.C.E. (1992). Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. *Revista Paulista de Educação Física* 6: 16-25.
  51. Thorndike, E.L. (1927). The law of effect. *American Journal of Psychology* v.39: 212-222.
  52. Trowbridge, M.H.; Cason, H. (1932). An experimental study of Thorndike's theory of learning. *Journal of General Psychology* v.7: 245-258.
  53. Winstein, C.J.; Schmidt, R.A. (1990). Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* v.16: 677-691.
  54. Wulf, G. (1992). Reducing knowledge of results can produce context effects in movements of the same class. *Journal of Human Movement Studies* v.22: 71-84.
  55. Wulf, G. (1992). The learning of generalized motor programs and motor schemata: effects of KR frequency and contextual interference. *Journal of Human Movement Studies* v.23: 53-76.
  56. Wulf, G.; Lee, T.D.; Schmidt, R.A. (1994). Reducing knowledge of results about relative versus absolute timing: differential effects on learning. *Journal of Motor Behavior* v.26: 362-369.
  57. Wulf, G.; Schmidt, R.A. (1996). Average KR degrades parameter learning. *Journal of Motor Behavior* v.28: 371-381.
  58. Wulf, G.; Schmidt, R.A. (1994). Feedback-induced variability and the learning of generalized motor programs. *Journal of Motor Behavior* v.26: 348-361.
  59. Yao, W.X. (2003). Average-KR schedule benefits generalized motor program learning. *Perceptual and Motor Skills* v.97: 185-191.

# Actividade física e práticas de lazer em adolescentes

Carlos Esculcas  
Jorge Mota

Universidade do Porto  
Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física  
Centro de Investigação em Actividade Física, Saúde e Lazer

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.69>

## RESUMO

Os objectivos do presente trabalho foram: (i) Identificar quais as actividades de lazer mais procuradas pelos adolescentes; (ii) Apreciar os mecanismos de influências da idade e do género na adesão às práticas de lazer, como opção livre e espontânea, durante a adolescência. Foram avaliados 594 sujeitos ( $15,9 \pm 2,18$  anos), sendo 304 do sexo feminino e 290 do sexo masculino. As actividades de lazer foram avaliadas por intermédio de um inventário que pretendeu identificar as actividades habituais de lazer dos jovens adolescentes. Os nossos resultados indicam que os adolescentes têm uma grande componente de tempo livre não estruturado. As actividades praticadas pela proporção mais elevada dos jovens podem ser classificadas como lazeres não activos, verificando-se que a participação em actividades físicas não organizadas é apenas indicada em décimo quarto lugar, com 42.2 %, e as não organizadas em décimo quinto lugar, com 41 % das respostas. Em relação ao género, catorze das vinte e uma actividades inventariadas apresentam diferenças significativas com excepção de «Ouvir música», «Ver televisão ou vídeo», «Visitar pessoas conhecidas», «Ir ao cinema, concertos, teatro», «Trabalhar para ganhar algum dinheiro», «Actividades de arte e expressão» e «Trabalhos de solidariedade social». As diferenças de género e etárias devem ser tidas em conta ao nível dos programas de intervenção, no sentido de favorecer práticas tidas como mais positivas no tempo de lazer da população infanto-juvenil.

*Palavras-chave:* actividade física, lazer, adolescência.

## ABSTRACT

### *Physical and Leisure Activities in Adolescents*

*The main purposes of this study were (i) identify the most frequent leisure activities; (ii) examine the influence of age and gender on those. The sample comprised 594 adolescents ( $15.9 \pm 2.18$  years-old), 304 females and 290 males. Leisure activities were assessed by questionnaire. The findings showed that adolescents had strong non-structured leisure-time activities. Most activities were sedentary ones. Gender-related differences were found in 14 over 21 reported activities. Gender and age differences should be taken into account when defined intervention programs*

*Key Words:* physical activity, leisure, adolescence.

## INTRODUÇÃO

A actividade física, como uma actividade realizada durante o tempo discricionário (perspectiva objectiva do lazer), pode levar a um aumento significativo no dispêndio energético com potenciais influências no estado de saúde das pessoas.

Nas práticas de lazer, o ponto central é o sentimento positivo que o sujeito possui para com a actividade (25), tendo a investigação quantitativa demonstrado claramente que o comportamento dos jovens não é apenas influenciado pelas experiências objectivas, mas também pela percepção dessas experiências (17). Por isso, se a experiência for positiva ou divertida, se a experiência valorizar as percepções das crianças e dos jovens, então, com mais probabilidade se manterá a actividade para o resto da sua vida (15). A acessibilidade às práticas de actividade física no tempo de lazer é claramente dependente de um conjunto de factores, entre os quais o sexo e a idade. Assim, os objectivos do presente trabalho foram: (i) Identificar quais as actividades de lazer mais procuradas pelos adolescentes; (ii) Apreciar os mecanismos de influências da idade e do género na adesão às práticas de lazer, como opção livre e espontânea, durante a adolescência.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostra

A amostra foi constituída por 594 alunos que frequentavam os níveis de escolaridade compreendidos entre o 6º e o 12º anos de escolaridade.

As idades dos sujeitos estão compreendidas entre os doze e os vinte anos ( $15,9 \pm 2,18$ ), sendo 304 do sexo feminino e 290 do sexo masculino, constituindo respectivamente 51,2 % e 48,8 % do total da amostra.

Três sub-amostras foram constituídas para os grupos de idade (Tabela 1), procurando-se que cada um dos intervalos etários estivesse representado no total da amostra com o mesmo número de sujeitos.

Também para o sexo se seguiu o mesmo procedimento, tanto em relação à representatividade de cada um dos grupos, como entre grupos.

Foram distribuídos 2.000 questionários, verificando-se o retorno de 1.013. O não retorno deveu-se ao extravio dos instrumentos de aferição e à entrega dos mesmos em tempo não-útil para que se pudesse realizar a constituição da base de dados e análises

estatísticas. Dos 1.013 questionários referidos foram expurgados 419 sujeitos, para que fosse possível manter os critérios de representatividade para os intervalos de idade e sexo, bem como pela exclusão de questionários incompletos.

Tabela 1 - Distribuição do sexo pelos grupos de idade.

	Intervalos de idade		
	12-14 (n= 198)	15-17 (n= 198)	18-20 (n= 198)
Sexo			
Masculino	33,6 %	32,6 %	33,9 %
Feminino	33,2 %	34,3 %	32,5 %
Total	33,4 %	33,4 %	33,4 %

### Instrumentos

As actividades de lazer foram avaliadas por intermédio de um inventário que pretendeu identificar as actividades habituais de lazer dos jovens adolescentes (4). Com este objectivo apresentou-se uma lista de 21 actividades, das quais os sujeitos seleccionaram aquelas a que aderiram ou não. Para a adaptação do inventário foram realizadas as seguintes diligências: (i) Tradução para a língua portuguesa efectuada por três professoras de Português/Francês do ensino secundário. Cada uma das docentes efectuou uma tradução individual, realizando-se posteriormente a comparação entre as traduções e a expurgação dos elementos não concordantes; (ii) Aplicação do questionário a 60 sujeitos, com o objectivo de avaliar a exequibilidade da sua aplicação. Procurou-se aferir o tempo de preenchimento, compreensão e subjectividade de interpretação, efectuando-se, posteriormente, a determinação e correcção dos elementos ambíguos; (iii) Análise da variabilidade das respostas.

### Procedimentos estatísticos

As análises estatísticas foram efectuadas com recurso ao programa estatístico S.P.S.S. (*Statistical Package for the Social Sciences*) para o Windows, versão 10.0. Foi efectuado o teste de tendência de Jonckheere (valor S) para avaliação das tendências das práticas de lazer durante a adolescência considerando para esse efeito os escalões etários definidos. Foi ainda utilizado o teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) para a determinação das diferenças entre as variáveis nominais, nomeadamente o sexo. O nível de significância foi colocado em 5%.

## RESULTADOS

As práticas de lazer dos adolescentes, bem como as tendências observadas ao longo da adolescência, encontram-se resumidas na tabela 2. Note-se que o teste estatístico utilizado (valor para o teste de *Jonckheere-Terpstra*) apresenta valores positivos e negativos, significando, neste caso concreto, os valores positivos uma diminuição da participação na actividade considerada e os valores negativos o aumento da participação nessa actividade, desde o intervalo de idade mais jovem (12-14) até ao mais velho (18-20). As práticas que apresentam uma tendência positiva (no sentido atrás referido) estatisticamente significativa para os diferentes intervalos de idade são: «A realização de trabalhos para a escola» ( $S= 2.270$ ), observando-se uma diminuição da participação nesta actividade ao longo da adolescência; «Ler» ( $S= 3.542$ ), com o abandono pronunciado ( $p < 0.001$ ) dos hábitos de leitura; «Jogos de Vídeo, cartas e computador», também com uma significância de 0.001; «Visitar pessoas conhecidas» ( $S= 4.418$ ,  $p < 0.05$ ). Com tendência negativa significativa (neste caso, aumento do envolvimento na actividade) observam-

se as seguintes actividades: «Namorar; estar com o namorado(a)» ( $S= -3.989$ ) e «Ir à discoteca» ( $S= -4.727$ ), ambas com um  $p < 0.001$ .

No conjunto dos sujeitos, a proporção dos jovens que declara praticar regularmente as diferentes actividades de lazer varia entre 94.3% (Ouvir música) e 16.9% (Trabalho de solidariedade social). Quatro tipos de actividades são apontadas, em média, por mais de nove em dez adolescentes: «Ouvir música», «Trabalhos para a escola», «Ver televisão ou vídeo» e «Conversar com os amigos».

É importante realçar o facto de que, das quatro práticas (em média) de lazer mais apontadas (entre 94.3 % e 90.1%), apenas os «trabalhos realizados para a escola» apresentam uma tendência significativa de abandono, mantendo-se os elevados índices percentuais para as outras actividades, em todos os escalões etários. Assim, as actividades praticadas pela proporção mais elevada dos jovens podem ser classificadas como lazeres não activos, verificando-se que a participação em actividades físicas não organizadas é apenas indicada em décimo quarto lugar, com 42.2 %, e as não organizadas em décimo quinto lugar, com 41 % das respostas.

Tabela 2 - Tendências (Teste *Jonckheere-Terpstra*) das práticas de lazer para os intervalos de idade e médias das práticas para a população.

	Intervalos de Idade			S	(N=594)
	12-14 (n=198)	15-17 (n=198)	18-20 (n=198)		
Ouvir música	94,4 %	95 %	93,4 %	S= 0,445	94,3 %
Trabalhos para a escola	95,5 %	92 %	89,3 %	S= 2,270*	92,2 %
Ver televisão ou vídeo	90,9 %	90,5 %	90,4 %	S= 0,188	90,6 %
Conversar com os amigos(as)	90,4 %	90,5 %	89,3 %	S= 0,352	90,1 %
Estar só	88,9 %	83 %	83,8 %	S= 1,442	85,3 %
Ler	90,9 %	82 %	77,7 %	S= 3,542***	83,5 %
Trabalhos domésticos	83,3 %	78,5 %	83,8 %	S= - 0,105	81,8 %
Jogar: cartas, Vídeo, computador	85,9 %	76 %	67,5 %	S= 4,290***	76,4 %
Visitar pessoas conhecidas	79,8 %	62,5 %	58,9 %	S= 4,418***	66,9 %
Fazer compras ou ver montras	68,2 %	61 %	62,9 %	S= 1,086	64,1 %
Assistir a acontecimentos desportivos	69,7 %	58,5 %	59,9 %	S= 6,587*	62,6 %
Ir ao cinema, concertos, teatro	60,1 %	57 %	54 %	S= 1,161	57 %
Tocar música ou cantar	56,1 %	55 %	49,2 %	S= 1,357	53,3 %
Desporto não orientado	49,5 %	42,5 %	34,5 %	S= 3,011**	42,2 %
Desporto orientado ou de competição	35,9 %	47 %	40,1 %	S= - 0,861	41 %
Namorar	29,3 %	33,5 %	48,7 %	S= -3,989***	37,3 %
Ir à discoteca	20,7 %	29 %	42,6 %	S= -4,727***	30,5 %
Jogos ou movimentos de juventude	18,2 %	29 %	26,4 %	S= - 1,901	24,5 %
Trabalhar	18,7 %	22 %	24,9 %	S= -1,498	21,8 %
"Arte e Expressão"	17,2 %	17 %	19,8 %	S= - 0,681	17,7 %
Trabalho de solidariedade social	16,2 %	17,5 %	16,8 %	S= - 0,157	16,9 %

\* $p < 0,05$  \*\* $p < 0,01$  \*\*\* $p < 0,001$

Duas das actividades que de alguma forma poderão estar associadas a estilos de vida activos («Assistir a acontecimentos desportivos» e «Desporto não orientado») apresentam um teste de tendência significativamente positivo (no caso, abandono da actividade considerada), com particular realce para o segundo: de uma participação de 49.5 % no intervalo de idade dos 12-13 anos, a percentagem para «desporto não orientado» situa-se nos 34.5 % para os 18-20 anos ( $p < 0.01$ ). Em relação às «práticas orientadas/dirigidas ou de competição», apesar do teste não ser significativo, a tendência para o abandono destas actividades não se verifica com o decorrer da idade. Os resultados parecem indicar que a participação em actividades orientadas/dirigidas aumenta no grupo de idade intermédio (15-17 anos), seguindo-se o abandono das mesmas no grupo dos 18-20 anos.

A situação contrária verifica-se nas actividades não-orientadas, isto é, o abandono destas actividades é uma tendência com significado estatístico. Note-se, no entanto, que no escalão etário mais jovem (12-14 anos), o valor percentual para as actividades não orientadas (49.5%) é superior ao das actividades orientadas/dirigidas (35.9%), sendo esta diferença entre participantes, num e noutro tipo de actividade física, suficiente para “induzir” uma média global superior para as actividades não-orientadas (42.2% e 41% para as orientadas/dirigidas). Em relação ao género (Tabela 3), catorze das vinte e uma actividades inventariadas apresentam diferenças significativas com excepção de «Ouvir música», «Ver televisão ou vídeo», «Visitar pessoas conhecidas», «Ir ao cinema, concertos, teatro», «Trabalhar para ganhar algum dinheiro», «Actividades de Arte e Expressão» e «Trabalhos de solidariedade social».

Tabela 3 – Diferenças das práticas de lazer para o género.

	Sexo		
	F	M	
Ouvir música	95.4 %	93.1%	$\chi^2 = 1.469$
Trabalhos de casa ou um trabalho suplementar para a escola	94.1%	90.3 %	$\chi^2 = 2.939^*$
Ver televisão ou vídeo	89.5 %	91.7 %	$\chi^2 = 0.855$
Conversar com os(as) amigos(as)	92.8 %	87.2 %	$\chi^2 = 5.123^*$
Estar só	89.1 %	81.3 %	$\chi^2 = 7.255^{**}$
Ler	89.5 %	77.2 %	$\chi^2 = 16.277^{***}$
Trabalhos domésticos	87.8 %	75.4 %	$\chi^2 = 15.285^{***}$
Jogar: cartas, vídeo, computador	70.1 %	83 %	$\chi^2 = 13.839^{***}$
Visitar pessoas conhecidas	69.7 %	64 %	$\chi^2 = 2.193$
Fazer compras ou ver montras	71.1 %	56.7 %	$\chi^2 = 13.172^{***}$
Assistir a acontecimentos desportivos	50 %	75.8 %	$\chi^2 = 42.035^{***}$
Ir ao cinema, concertos, teatro	59.9 %	54 %	$\chi^2 = 2.096$
Tocar música ou cantar	60.5 %	45.7 %	$\chi^2 = 13.128^{***}$
Desporto não orientado	34.9 %	49.8 %	$\chi^2 = 13.595^{***}$
Desporto dirigido/orientado ou de competição	30.6 %	51.9 %	$\chi^2 = 27.820^{***}$
Namorar/Estar com o(a) namorado(a)	30.9 %	43.9 %	$\chi^2 = 10.749^{***}$
Ir à discoteca	24.7 %	36.7 %	$\chi^2 = 10.072^{**}$
Jogos ou movimentos de juventude	18.8 %	30.4 %	$\chi^2 = 10.978^{**}$
Trabalhar para ganhar algum dinheiro	19.7 %	23.9 %	$\chi^2 = 1.491$
Actividades de "Arte e Expressão"	19.4 %	15.9 %	$\chi^2 = 1.239$
Trabalho de solidariedade social	16.1 %	17.6 %	$\chi^2 = 0.247$

\* $p < 0,05$  \*\* $p < 0,01$  \*\*\* $p < 0,001$

Apesar da ausência da significância estatística para estas actividades, verifica-se que as percentagens observadas no sexo feminino são superiores nas actividades «Ouvir música» (95.4% para 93.1% dos rapazes), «Visitar pessoas conhecidas» (69.7 % para 64% dos rapazes), «Ir ao cinema, concertos, teatro» (59.9 % para 54% dos rapazes) e «Actividades de arte e expressão» (19.4 % para 15.9% dos rapazes), o que denota preponderâncias nas práticas de lazer diversas dos rapazes. Estes últimos apresentam percentagens superiores nas actividades «Ver televisão ou vídeo» (91.7 % para 89.5% das raparigas), «Jogar cartas, computador, vídeo-games», «Trabalhar para ganhar algum dinheiro» (23.9% para 19.7% para as raparigas) e «Trabalho de solidariedade social» (17.6% para 16.1% para as raparigas).

## DISCUSSÃO

Considerando a repartição das categorias de lazer em função das percentagens médias de jovens praticantes, a análise comparativa entre o presente estudo e o efectuado por Cloes *et al.* (4) para os jovens europeus (recorrendo ambos exactamente ao mesmo inventário de actividades), permitiu verificar que, nas sete primeiras actividades indicadas, apenas duas delas não coincidiram em termos de graduação, a saber: a “realização dos trabalhos para a escola” (2ª escolha, com 92,2% de aderentes, no presente trabalho *versus* 9ª escolha, com 50,6% de aderentes, no estudo de Cloes *et al.* (4) e a “prática de um desporto dirigido ou de competição” (14ª escolha, com 41% de aderentes, no presente trabalho *versus* 7ª escolha, com 51,9% de aderentes, no estudo citado). Para além do estudo já referido de Cloes *et al.* (4), os nossos resultados para as actividades mais referidas pelos adolescentes parecem reproduzir no contexto cultural português os dados divulgados pelo *Sports Council* (24) em que 98% da população via TV, 94% visitava ou conversava com os amigos ou parentes, 86% ouvia rádio e 67% ouvia música. Por conseguinte, e considerando que as actividades que promovem o envolvimento, o desafio e exigem esforço, contribuem positivamente para o desenvolvimento da identidade (21), parece-nos que a relação percentual inventariada de preferências dos nossos adolescentes nem sempre está em consonância com um contributo desenvolvimental positivo da identidade.

Em relação à televisão (90.6% dos sujeitos, no nosso estudo, escolhem esta actividade), por exemplo, Csikszentmihalyi *et al.* (6) verificaram que embora os adolescentes passassem grande parte do seu tempo a ver televisão, referiam-se aos desportos e aos jogos como sendo as melhores actividades. Ver televisão era a actividade com menor humor positivo, sem desafio, que requeria o nível mais baixo de capacidades e providenciava menos quantidade de controlo pessoal.

Mas, se no estudo anterior as próprias percepções dos sujeitos são negativas em relação a esta actividade, Delle Fave e Bassi (8), num estudo com adolescentes italianos, verificaram que ver televisão é uma actividade que está comumente associada com a apatia e não com a “experiência óptima”, sendo a apatia caracterizada pela percepção de um balanço negativo entre os desafios e as competências pessoais (7). Se a televisão apresenta muitas vezes imagens passíveis de serem aprendidas, essas imagens são na maior parte das vezes limitadas por estereótipos e os adolescentes que vêem televisão não estão envolvidos, nem participam de forma real nos contextos sociais, nem nas interações que observam (21). No extremo oposto à actividade «Ver televisão ou vídeo» encontram-se, com menos adesão, «Jogos ou movimentos de juventude» - 24.5%, «Trabalhar para ganhar algum dinheiro» - 21.8%, «Arte e expressão» - 17.7% e «Trabalho de solidariedade social» - 16.9%. Esta constatação é precisamente contrária ao referido na literatura em relação às oportunidades (19) que os adolescentes devem ter de educação e treino, formais e informais, realizadas de forma desafiadora e relevante, incluindo a exploração, a prática e a reflexão, bem como a expressão e a criatividade (nosso estudo 17.7%), e ainda oportunidades que permitam a aquisição de novos papéis e responsabilidades, como a pertença a grupos, prestação de serviços (nosso estudo 16.9%), ou mesmo, trabalhos pagos em *part-time* (nosso estudo 21.8%). A participação em organizações de juventude (no nosso estudo com apenas 24.5% de práticas) é também uma das actividades que tende a ser referida por alguns autores, como tendo também grandes benefícios para o desenvolvimento do adolescente (14). Neste tipo de actividades, o adolescente exerce toda uma série de comportamentos e competências

que se traduzem num enriquecimento pessoal e, conseqüentemente, numa maior compreensão de si e do mundo que o rodeia. Estão em causa aspectos como a responsabilidade social e mesmo a intervenção social, criando oportunidades para o adolescente questionar e definir os seus próprios valores sociais, ideológicos e de cidadania. Tais aspectos parecem ser fundamentais na construção da identidade (21).

### O género

Para Hargreaves (12), a construção da divisão de género é uma componente intrínseca da análise cultural, ou seja, do sistema de valores e significados criados activamente pelos indivíduos e grupos. É nesse contexto cultural que se inserem as relações de lazer de ambos os sexos nas diferentes etapas de vida, bem como a existência de diferenças nos padrões masculino e feminino de lazer na nossa sociedade ocidental. Nas mulheres, essas diferenças advêm da tradicional existência doméstica, do nível de escolaridade mais baixo, da função de mãe, dona de casa e esposa, da condição social secundarizada e da situação relativamente protegida das adolescentes (12).

De facto, os estudos empíricos efectuados acerca das práticas de lazer para ambos os sexos parecem sustentar as asserções teóricas desenvolvidas por estes autores.

Assim, numa revisão da literatura efectuada por Fine *et al.* (9), os autores verificaram que o género é repetidamente referido como um preditor significativo das diferenças nas actividades de lazer dos adolescentes. Parece, então, que os rapazes participam mais em actividades de risco, tais como actividades exteriores e desportos, enquanto as raparigas revelam uma maior participação em actividades de lazer com ênfase em características culturais, sociais e educacionais (5, 11, 18).

Considerando-se ainda diferentes contextos de lazer, observa-se que as raparigas indicam mais vezes terem tido alguma experiência romântica e de promoção/integração social que os rapazes (23), bem como serem receptoras de mais recompensas sociais pela sua criatividade que os seus pares masculinos (5, 13, 20).

Estes resultados também foram verificados no nosso estudo aquando da análise das práticas de lazer em função do género. À semelhança, por exemplo, de

Busser (3) - num estudo cujo objectivo era explorar os padrões dos lazes nos adolescentes e se esses padrões diferiam para o sexo, raça e nível de escolaridade -, verificámos que os rapazes são significativamente mais interessados em actividades de exterior («Jogos ou movimentos de juventude» -  $p < 0.001$ ) e desportos («Assistir a acontecimentos desportivos» -  $p < 0.001$ , «Desporto dirigido/orientado» -  $p < 0.001$ , «Desporto não dirigido/orientado» -  $p < 0.001$ ), enquanto as raparigas orientam os seus interesses para actividades artísticas, desenvolvimento/crescimento pessoal («Estar só» -  $p < 0.05$ , «Ler» -  $p < 0.001$ , «Trabalhos domésticos» -  $p < 0.001$ , «Trabalhos para a escola» -  $p < 0.05$ ) e jogos/desportos não tradicionais (34.9% para os desportos não orientados e 30.6% para os desportos dirigidos/orientados). Mas se a análise efectuada por Fitzgerald *et al.* (10) dos vários tipos de actividades revela, também, diferenças significativas nos interesses em relação ao entretenimento, desportos, actividades sociais e *hobbies* (actividades com preponderância nos rapazes), estes autores verificaram ainda que as raparigas demonstravam mais interesse pelas actividades de entretenimento, como ir a discotecas, estar com os amigos, conversar com eles e visitá-los. Por outro lado, a preferência pelos “shopping centers” e “shopping” de rua era superior nas raparigas comparativamente aos rapazes (22), bem como a maior preferência dos rapazes pelo cinema do que as raparigas. A especificidade das actividades de lazer participadas pelos e pelas adolescentes referida por estes últimos autores, encontra consonância com os resultados por nós observados. Verificamos que os sujeitos do sexo feminino participam significativamente mais que os rapazes em «Conversar com os amigos(as)» -  $p < 0.05$  e «Fazer compras ou ver montras» -  $p < 0.001$ . Apesar de não se verificarem diferenças significativas para o sexo, as actividades «Visitar pessoas conhecidas» - 69.7% e «Ir ao cinema, concertos, teatro» - 59.9%, revelam preponderância feminina comparativamente aos rapazes (64% e 54%, respectivamente). Neste sentido, parece ser oportuno realçar que as diferenças de género devem também ser tidas em conta ao nível das estratégias de intervenção com jovens, sendo que estas diferenças se relacionam, particularmente, com a auto-estima e com os constrangimentos intrapessoais (1).

### A idade

Em relação à variável idade os resultados por nós observados encontram também sustentação na literatura. Silbereisen *et al.* (22), por exemplo, num estudo com dois grupos etários de adolescentes alemães (um com uma idade média de 11.6 anos e o outro com uma idade média de 14.6 anos) verificaram que os sujeitos mais novos preferiam os lugares que permitem a realização de desportos (40%) enquanto que, nos mais velhos, apesar dos lugares de desporto serem os preferidos, estes só recolhiam 23% das respostas.

As tendências das práticas de lazer para as actividades físicas/desportivas («Desporto não dirigido/orientado» -  $p < 0.01$  e «Desporto dirigido/orientado ou de competição» - apesar de não significativo, verifica-se uma redução percentual do segundo para o terceiro intervalo de idade de 7%), nos intervalos de idade no nosso estudo, parecem apontar também no sentido da diminuição da adesão com a idade, particular e significativamente no «Desporto não dirigido/orientado».

Em relação a outras práticas de lazer, os resultados por nós observados parecem coincidir, em grande parte, com o estudo de Silbereisen *et al.* (23) sobre o desenvolvimento das amizades românticas em adolescentes, naquele caso alemães, e a consequente mudança em relação aos seus contextos de lazer favoritos. Ambos os resultados mostram que os adolescentes mais novos revelam maior preferência pelo contexto do lar (no nosso estudo a adesão às actividades «Ler», «Jogar cartas, vídeo, computador» e «Trabalhos para a escola» que são desenvolvidas comumente em casa, diminuem significativamente -  $p < 0.001$ ) havendo uma mudança de interesses para os lugares públicos ao longo do tempo (no nosso estudo a adesão à actividade «Ir à discoteca» aumenta significativamente -  $p < 0.001$ ), enquanto que os adolescentes mais velhos mostram uma preferência inicial pelos lugares públicos, para depois manifestarem uma mudança para os lugares mais privados. Estes aspectos aparecem directamente ligados às transições associadas ao desenvolvimento da amizade heterossexual (no nosso estudo a adesão à actividade «Namorar» aumenta significativamente -  $p < 0.001$ ) verificando-se que essas transições influenciam a mudança consequente nos contextos que os adolescentes seleccionam para as suas actividades de lazer (23).

Mas se o interesse e participação nas relações sexuais emerge, influenciando gradualmente as actividades sociais (16), conforme verificámos, outros resultados não parecem estar totalmente de acordo com o nosso estudo. Isto é, parece que na transição da infância para a adolescência a influência da família deixa de se fazer sentir e o grupo de pares passa a ser mais significativo, particularmente no caso dos pares do mesmo sexo, que passam a funcionar mais como modelos (2, 26, 27).

Se em relação à diminuição da influência da família podemos observar indirectamente (menor adesão nas actividades «Trabalhos para a escola» -  $p < 0.001$ , maior adesão nas actividades «Namorar» e «Ir à discoteca» -  $p < 0.001$ ) uma, provável, maior ausência de controlo por parte dos pais em relação aos pares, os nossos resultados não são esclarecedores, dado que a actividade «Conversar com os amigos(as)» não apresenta tendências significativas ao longo da adolescência e «Visitar pessoas conhecidas» apresenta uma tendência significativa ( $p < 0.001$ ) de não adesão. De qualquer modo, a idade parece ser uma variável importante, associando-se a alterações comportamentais decisivas, e podendo, portanto, influenciar as práticas e escolhas de lazer da população juvenil.

### CONCLUSÃO

Os nossos resultados indicam que os adolescentes têm uma grande componente de tempo livre não estruturado (cerca de 40%). Neste contexto parece importante o desenvolvimento de programas que comprometam a sua ocupação de tempos livres com desafios suficientemente estimulantes. As diferenças de género e etárias devem também ser tidas em conta ao nível dos programas de intervenção, no sentido de favorecer práticas tidas como mais positivas no tempo de lazer da população infanto-juvenil.

### Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela Fundação Calouste Gulbenkian: Proj: 40659/00.

### CORRESPONDÊNCIA

#### Jorge Mota

Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto  
R. Plácido Costa, 91, 4200-450 Porto, Portugal  
jmota@fcdef.up.pt

**BIBLIOGRAFIA**

1. Albuquerque, T.M.M. (1999) Lazer e desenvolvimento na adolescência numa perspectiva da Psicologia Social: Teoria, investigação e intervenção. *Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho. [Dissertação de Doutoramento em Psicologia]*.
2. Brown, B.B.; Eicher, S.A.; Petrie, S. (1986) The importance of peer group (crowd) affiliation in adolescence. *Journal of Adolescence*, 9: 73-95.
3. Busser, J.A. (1995) Differences in adolescent participation by Gender, Grade and Race. *Research Quarterly for Exercise and Sport* (Supplement), 66 n.1.
4. Cloes, M.; Ledent, M.; Didier, P.; Diniz, J.; Piéron, M. (1997) Pratique et importance des principales activités de loisirs chez des jeunes de 12 à 15 ans dans cinq pays européens. *ADEPS*, 159/160:51-60.
5. Cotterell, J.L. (1993) Do macro-level changes in the leisure environment alter leisure constraints on adolescent girls? *Journal of Environmental Psychology*, 13:125-136.
6. Csikszentmihayi, M.; Larson, R.; Prescott, S. (1977) The ecology of adolescent activity and experiences. *Journal of Youth and Adolescence*, 6: 281-294.
7. Delle Fave, A. (1996) Esperienza ottimale e sviluppo del comportamento: evidenze sperimentali. In F. Massimini, P. Inghilleri & A. Delle Fave (Eds.), *La selezione psicologica umana: Teoria e metodo d'analisi*. Milano: Cooperativa Libreria IULM.
8. Delle Fave, A.; Bassi, M. (1998) *Optimal experience and apathy: The meaning of experience fluctuation in adolescents*. Comunicação apresentada no 6th Biennial EARA Conference. Budapeste, Hungria.
9. Fine, G.A.; Mortimer, J.T.; Roberts, D.F. (1990) Leisure, Work, and the mass media. In S.S. Feldman & G.R. Elliot (Eds.) *At the Threshold: The developing adolescent*. Cambridge, M.A.: Harvard University Press, 225-252.
10. Fitzgerald, M. Joseph, A.P., Hayes, M.; O`Regan, M. (1995) Leisure activities of adolescent schoolchildren. *Journal of Adolescence*, 18: 349-358.
11. Furlong, A.; Campbell, R.; Roberts, K. (1990) The effects of Post-16 experiences and social class on the leisure patterns of young adults. *Leisure Studies*, 9: 213-224.
12. Hargraves, J. (1989) The promise and problems of women`s leisure and sport. In C. Rojek (Ed.) *Leisure For Leisure: Critical Essays*. London: Macmillan, 18-140.
13. Kogan, J. (1974) Creativity and Sex differences. *Journal of Creative Behaviour*, 8: 1-14.
14. Larson, R. (1994) Youth organisations, hobbies and sports as developmental contexts. In R.K. Silbereisen & E. Todt (Eds.) *Adolescence in context: The interplay of family, school, peers, and work in adjustment*. New York: Spinger-Verlag.
15. Martens, R. (1996) Turning Kids on to Physical Activity for a Lifetime. *American Academy of Kinesiology and Physical Education*, 48: 303-310.
16. Miller, P.Y.; Simon, W. (1980) The development of sexuality in adolescence. In J. Adelson (Ed.) *Handbook of adolescent psychology*. New York: John Wiley.
17. Pittman, K.J.; Cahill, M. (1991) *A new vision: Promoting youth development*. Washington, D. C.: Academy for Educational Development.
18. Richards, M.H.; Larson, R. (1989) The life space and socialisation of the self: Sex differences in the young adolescent. *Journal of youth and Adolescence*, 18: 617-626.
19. Roth, J.; Brooks-Gunn, J.; Murray, L.; Foster, W. (1998) Promoting healthy adolescents: Synthesis of youth development program evaluations. *Journal of Research on Adolescence*, 8 (4): 423-459.
20. Scott, D.; Willits, F.K. (1989) Adolescent and Adult leisure Patterns: A 37- year follow-up study. *Leisure Sciences*, 11: 323-335.
21. Shaw, S. M., Kleiber, D.; Caldwell, L. (1995) Leisure and identity formation in male and female: A preliminary examination. *Journal of Leisure Research*, 27: 245-263.
22. Silbereisen, R.K.; Noack, P.; Eyferth, K. (1986) Place for development: Adolescents, leisure settings, and developmental tasks. In R.K. Silbereisen, K. Eyferth & G. Rudinger (Eds.), *Development as action in context*. New York: Springer-Verlag.
23. Silbereisen, R.K.; Noack, P.; von Eye, A. (1992) Adolescent`s development of romantic friendship and change in favourite leisure contexts. *Journal of Adolescence Research*, 7: 80-93.
24. Sports Council (1988) *Sports in the Community: Into the 90's. A Strategy for Sport 1998-1993*. London: Sports Council.
25. Wankel, L.M. (1994) Health and leisure: Inextricably linked. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 65(4): 28-31.
26. Weiss, M.R.; Ebbeck, V.; Horn, T.S. (1996a) Children`s self-perceptions and sources of physical competence information: A cluster analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 19: 52-70.
27. Weiss, M.R.; Smith, A.L.; Theeboom, M. (1996b) That`s what friends are for: Children`s and teenagers` perceptions of peer relationships in the sport domain. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 18: 347-379.

# Influência do meio (urbano e rural) no padrão de aptidão física de rapazes de Viana do Castelo, Portugal

Luís P. Rodrigues  
Pedro Bezerra  
Linda Saraiva

Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior de Educação  
Portugal

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.77>

## RESUMO

Nas últimas décadas temos vindo a assistir a alterações profundas nos estilos de vida da população infanto-juvenil. Associada a um crescente grau de urbanização, a sedentarização parece promover o declínio dos níveis de aptidão física das crianças e jovens. Os meios ruralizados são usualmente relacionados com estilos de vida mais vigorosos, no entanto a investigação desta assumpção nesta faixa etária tem sido escassa ou com conclusões algo contraditórias. O objectivo deste trabalho foi comparar os padrões de aptidão física de rapazes (7 aos 10 anos) vivendo em contextos envolventes diferenciados (urbano / rural). Foram analisados 1832 rapazes, pertencendo à base de dados do Estudo Morfofuncional da Criança Vianense. Os efeitos da Idade e do Meio no comportamento da aptidão física foram testados através de técnicas multivariadas e univariadas. Os resultados permitiram concluir que: (i) a aptidão física melhorou significativamente de ano para ano, independentemente do meio; (ii) os rapazes dos dois grupos exibiram uma estrutura significativamente diferente de aptidão física ao longo das idades; (iii) os rapazes das zonas rurais demonstraram ser consistentemente superiores nas provas de *Pull Up*, *Corrida de 50 metros* e *Corrida de Vaivém*, enquanto os seus pares do meio urbano se evidenciaram nas prestações de *Shuttle Run* e *Salto Horizontal*.

*Palavras-chave:* aptidão física, crianças, rapazes, urbano/rural, estilos de vida.

## ABSTRACT

*Environmental (urban-rural) influences on physical fitness pattern of 7 to 10 year-old boys in Viana do Castelo, Portugal.*

*Children and youth lifestyles are rapidly changing. Along with a general decrease in physical activity, an increased urbanization of the living spaces can be responsible for a noted decline in physical fitness. Although rural spaces are usually assumed to be related to more vigorous lifestyles, minimal information regarding school-aged children is available in the literature. The goal of this study was to compare fitness levels of elementary school rural and urban boys. The sample was drawn from the Estudo Morfofuncional da Criança Vianense database. Multivariate and univariate statistics were used to clarify the effects of the Environment (urban / rural), and Age (7-to-10 years-of-age). The results showed that: (i) physical fitness improved along all ages, independent of the environment; (ii) rural and urban boys revealed significantly different physical fitness profiles; (iii) rural boys performed significantly better on the Pull Up, 50 meter Dash and 20-meter Pacer Run, while their urban counterparts showed superior results on the Shuttle Run and Standing Long Jump.*

*Key Words:* physical fitness, children, boys, urban/rural, lifestyle.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas temos vindo a assistir a alterações profundas nos hábitos de vida da população infantil-juvenil dos países ocidentais. Associada a um crescente grau de urbanização, a sedentarização dos estilos de vida parece promover o aparecimento de problemas associados à saúde e bem-estar, nomeadamente o aumento da obesidade (10) e a diminuição dos níveis de aptidão física (ApF) das crianças e jovens (7, 13). São inúmeras as razões evocadas para explicar este fenómeno, nomeadamente as condições mais compactas da vida urbana com a consequente degradação das condições e oportunidades para actividade livre (24), o decréscimo da importância dos espaços de convívio, jogo e aventura (19), e a redução da autonomia de mobilidade no quotidiano das crianças do meio urbano (3, 20). A residência em meios menos urbanizados é usualmente associada a estilos de vida mais vigorosos, resultando em melhores desempenhos motores e níveis superiores de aptidão física. De facto, quando a ApF foi analisada na sua estrutura multivariada, ou seja comparando não os testes um a um mas o seu conjunto em simultâneo, foi possível encontrar diferenças significativas na expressão da ApF de rapazes entre os 6-9 e os 10-13 anos de idade da província de Oaxaca, no México (22). De igual modo no distrito de Coimbra, adolescentes entre os 14-16 anos provaram ser significativamente influenciados pelo grau de urbanização do seu meio envolvente (27). No entanto, a produção de investigação que permita clarificar melhor estas diferenças tem sido particularmente escassa na faixa etária entre os 7-10 anos, e quando existente as conclusões revelam-se algo contraditórias. Por exemplo, em Portugal conseguimos encontrar estudos conferindo vantagem significativa às crianças do meio rural nas provas de lançamento em distância (25), dinamometria manual e de agilidade (18), mas é também nesta última prova que as crianças do meio urbano da Guarda (25) e Castelo Branco (21) se demonstraram superiores aos seus pares do meio rural. O panorama internacional não se revela menos confuso. Exemplo típico é o da aptidão cardiorespiratória, em que valores superiores têm sido atribuídos quer a crianças do meio rural (8, 9, 29), quer às do meio urbano (17, 23, 28). Também na velocidade, rapazes mexicanos (22) entre os 6-9 anos de idade do meio rural foram mais rápidos que os seus pares do meio urbano, mas esta diferença esbateu-se rapidamente no nível etário seguinte (10-13 anos).

A nosso ver, algum desconcerto face a estes resultados é compreensível dado: (i) a indefinição na caracterização dos meios contrastados, (ii) a multivariabilidade cultural de povos e/ou regiões, (iii) a evolução social e económica das últimas décadas que resultou em rápidas alterações dos ambientes em análise, (iv) a necessidade, nem sempre contemplada, de isolar a ApF das características morfológicas e maturacionais, e (v) a falta de uniformidade nas técnicas e instrumentos utilizados para avaliar o constructo da ApF. Perante estas tendências contraditórias e uma conjuntura nacional de crescente urbanização territorial, parece-nos pertinente perceber quais os seus possíveis efeitos nos níveis de ApF das nossas crianças. Será que os estilos de vida adoptados nos meios mais urbanizados podem constituir uma influência negativa na expressão da ApF das crianças? Será possível identificar distintos padrões de ApF em função do grau de urbanização em que vivem as nossas crianças? Estas são as perguntas que procurámos responder neste estudo onde contrastamos a ApF de crianças do sexo masculino vivendo no meio urbano com os seus pares que habitam espaços mais ruralizados. Porque foi nossa pretensão que a unidade principal de análise fosse a ApF como constructo latente e individualizado dos vários testes marcadores utilizados, decidimos recorrer a técnicas estatísticas multivariadas que nos permitissem comparar o padrão multidimensional da ApF das crianças do 1º Ciclo do Ensino Básico dos meios urbano e rural no distrito de Viana do Castelo. Necessário será ainda esclarecer que o nosso entendimento da interacção entre ApF, Saúde e Bem-estar, não se resume nas variáveis em que é possível determinar uma relação directa (como é o caso da aptidão cardiovascular ou da adiposidade). A expressão da ApF na sua associação mais clássica à performance parece-nos ainda um instrumento útil e adequado, quer à nossa população (portuguesa e vianense), quer especialmente às idades escolares mais baixas. Nas crianças e jovens, os níveis de ApF não devem ser encarados somente como resultados de vivências anteriores, mas também como elemento despoletador de estilos de vida futuros. Crianças mais aptas e com melhores facilidades de desempenho tenderão a envolver-se mais em práticas de actividade física e a sentirem-se mais recompensadas. É no âmbito deste efeito multiplicador indirecto dos níveis e/ou padrões de ApF e suas implicações nos estilos de vida que inserimos esta nossa investigação, num momento em que a actividade física se apresenta

cada vez mais como o denominador comum para a compreensão da relação entre a aptidão física, a obesidade e a saúde (4, 5, 14).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostra

A amostra utilizada neste artigo e que é descrita em pormenor no Quadro 1, pertenceu ao Estudo Morfofuncional da Criança Vianense (EMCV), investigação que decorreu de 1996 a 2000 no concelho de Viana do Castelo e que recolheu dados morfológicos, bio-sociais e de aptidão física de crianças do 1º Ciclo do Ensino Básico. A escolha das quinze escolas pertencentes ao EMCV obedeceu a critérios de localização geográfica e representatividade equitativa de idades, género e ambiente sócio-económico. As duas escolas do meio urbano, mais populosas, situavam-se no centro da cidade de Viana do Castelo e pertenciam a freguesias consideradas exclusivamente como urbanas segundo o critério de classificação territorial do INE (11). As restantes treze escolas encontravam-se dispersas no tecido ruralizado do Concelho.

Quadro 1. Distribuição da amostra em função do Meio (urbano-rural), Escolas e Idade.

Escolas	Idade				Totais
	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	
<b>Meio Urbano</b>	<b>212</b>	<b>234</b>	<b>232</b>	<b>215</b>	<b>893</b>
Avenida	75	72	84	88	319
Carmo	137	162	148	127	574
<b>Meio Rural</b>	<b>236</b>	<b>239</b>	<b>235</b>	<b>229</b>	<b>939</b>
Portelas	37	37	38	34	146
S. Gil	20	20	23	25	88
Cardielos	28	29	32	32	121
Outeiro	10	13	12	15	50
Nogueira	17	15	14	15	61
Serreleis	23	24	21	15	83
Samonde	18	16	9	6	49
Deocriste	14	9	7	8	38
Sta M. Geraz	11	15	19	18	63
Lima					
S. Salvador	5	8	10	10	33
Subportela	20	21	21	22	84
Vila Mou	11	13	9	9	42
Deão	22	19	20	20	81
<b>Totais</b>	<b>448</b>	<b>473</b>	<b>467</b>	<b>444</b>	<b>1832</b>

### Variáveis

A selecção dos testes de ApF utilizados no EMCV obedeceu a critérios de familiaridade, possibilidade de utilização ao longo de sucessivos níveis etários, e facilidade de administração e medição/avaliação das várias componentes da aptidão física com pouco ou nenhum equipamento. Para além disso, e pelas razões aduzidas anteriormente na introdução, foi nossa intenção explorar o registo multifacetado de desempenho da ApF. Como resultado, as variáveis de ApF recolhidas foram o *sit-and-reach* (SR), o número de abdominais em 60 segundos com pernas flectidas e braços cruzados (ABD), o salto em comprimento sem corrida preparatória (SCP), o tempo máximo de suspensão na barra (TSB), o *shuttle-run* em 10 metros (SHR), a corrida de velocidade em 50 metros (C50) e a corrida de resistência em vaivém de 20 metros (CVV). Os seis primeiros testes pertencem à bateria da AAHPERD Youth Fitness (1) e à AAHPERD Health Related Physical Fitness (2), e o último à bateria de testes Eurofit (6). No decurso deste artigo serão ainda utilizadas duas das variáveis morfológicas recolhidas no EMCV, a altura e peso. A sua mensuração obedeceu ao protocolo descrito por Lohman, Roche e Martorell (15).

### Recolha de dados

A recolha de dados foi inteiramente conduzida nas instalações da Escola Superior de Educação de Viana do Castelo e decorreu anualmente durante os meses de Abril e Maio dos últimos quatro anos (1997-2000) do EMCV. Após terem sido obtidas autorizações do Centro de Área Educativa de Viana do Castelo e dos pais das crianças, os alunos das escolas pertencentes ao estudo deslocaram-se com o apoio de autocarros pertencentes à Câmara Municipal de Viana do Castelo e, durante uma manhã, cada criança percorreu um circuito de mensuração morfológica e testagem da ApF. O circuito de ApF decorreu num ginásio e espaço desportivo exterior e a sua ordem de execução foi: TSB, SR, SHR, SCP, ABD, C50 e CVV. Todos os procedimentos utilizados no EMCV respeitaram as normas internacionais de experimentação com humanos, expressas na Declaração de Helsínquia de 1975.

### Controlo de qualidade dos dados

A execução dos testes obedeceu aos protocolos descritos nas baterias de teste de onde são originários. No caso da CVV, cada grupo de testagem foi sempre acompanhado de um elemento adulto que ajudava a marcar o ritmo de corrida. Esta opção foi tomada para garantir a compreensão do teste, dada a sua novidade e as idades baixas testadas. Na C50 e SHR foram sempre registados dois tempos, sendo a média considerada como resultado final.

As equipas de observação foram constituídas por alunos finalistas do Curso de Educação Física, previamente treinados nas tarefas específicas que desempenhavam. Os observadores permaneceram fixos numa das estações de testagem durante toda a fase de recolha de dados. Uma em cada doze crianças foi escolhida aleatoriamente para repetir a execução dos testes (à excepção dos ABD e CVV, devido à sua natureza). Os coeficientes de correlação intra-classe (26) resultantes desta repetição são apresentados no Quadro 2. Todos os momentos da recolha de dados foram supervisionados pelo menos por um dos autores, de forma a assegurar a qualidade do processo. Os dados finais, após introdução numa base de dados informatizada, foram submetidos a um processo de detecção de erros. O registo de distribuição de cada variável foi analisado e todos os valores detectados como extremos foram reconfirmados nos registos originais e corrigidos ou apagados (nos casos em que existia erro evidente no registo original). Não foi utilizado qualquer tipo de substituição de valores em falta (*missing values*), pelo que todos os indivíduos a quem faltavam algum dos valores das variáveis em estudo foram retirados da amostra.

Quadro 2. Valores do Coeficiente de Correlação Intraclasse para cada variável por ano de recolha e total agregado.

Variáveis	Anos de recolha				
	1997 (n=67)	1998 (n=55)	1999 (n=65)	2000 (n=61)	1997-2000 (n=248)
TSB	.76	.58	.87	.72	.76
SR	.93	.93	.91	.89	.92
SHR	.87	.74	.90	.91	.86
SCP	.92	.95	.92	.94	.93
C50	.84	.80	.79	.80	.81
Alt	.99	.96	.99	.99	.98
Peso	.99	.99	.98	.99	.99

Nota: Os CCI indicados são de tipo 3,1 (26), geralmente referidos como medidas simples de correlação intraclasse.

### Procedimentos estatísticos

Os efeitos do Meio (urbano e rural) e da Idade (7, 8, 9 e 10 anos) na estrutura compósita da ApF das crianças foram testados através de uma comparação multivariada, controlando para a altura e peso dos participantes (MANCOVA). A aplicação desta técnica estatística multivariada permitiu preservar a relação entre cada variável recolhida, representando assim mais fielmente a estrutura complexa do padrão de ApF dos indivíduos. A decisão de utilizar as duas variáveis morfológicas como covariantes é um procedimento comum neste tipo de análise (16, 22) e decorreu de se ter encontrado uma associação significativa entre elas e os resultados da ApF expressos por idade e meio (12). Procurou-se assim que eventuais diferenças morfológicas entre os indivíduos dos grupos analisados não influenciassem na expressão das componentes de ApF estudadas. Análises de cada variável (ANCOVAs) foram também posteriormente utilizadas para melhor esclarecer o sentido das diferenças encontradas na comparação multivariada. O nível de confiança foi mantido em .05 para todas as análises estatísticas e o *software* utilizado foi o SPSS 11.0.

Como nota metodológica convém esclarecer que, apesar da verificação dos pressupostos de normalidade dos dados ter detectado desvios em algumas das variáveis (com destaque para o TSB), a realização prévia das análises efectuadas com dados transformados pela técnica de Box-Cox permitiu confirmar que a elevada dimensão da amostra constituía garante suficiente da robustez das técnicas estatísticas utilizadas. Assim sendo, optámos pela apresentação dos resultados sem transformações, já que permitem uma mais fácil interpretação da realidade.

### RESULTADOS

A análise multivariada demonstrou a expressão de efeitos significativos do Meio ( $F_{(7, 1816)} = 16.22$ ;  $p = .000$ ) e da Idade ( $F_{(21, 5215,1)} = 24.09$ ;  $p = .000$ ), pelo que, e dada a não existência de interação entre estes mesmos factores ( $F_{(21, 5215,1)} = .671$ ;  $p = .865$ ), pudemos concluir pela independência e aditividade dos efeitos da Idade e do Meio na estrutura da ApF destas crianças.

Procurando especificar melhor estas diferenças de estrutura, procedemos à análise de comparação uni-

variada nas componentes de ApF testadas. No Quadro 3 são apresentados os resultados descritivos (médias e desvios-padrão dos valores reais) para cada variável, bem como os resultados da comparação efectuada após ajustamento às covariáveis (ANCOVAs). Desta última análise, em que a influência do peso e altura da crianças no desempenho dos

testes de ApF foi controlada, verificou-se que subsiste um efeito generalizado e significativo da Idade para todas as variáveis testadas ( $p = .000$ ) com excepção do SR ( $p = .46$ ). Quer isto dizer que, e em todas as provas à excepção do SR, se verificou uma melhoria significativa das prestações, de ano para ano, em qualquer um dos dois grupos em análise.

Quadro 3. Valores descritivos (médias e desvios-padrão) dos testes de aptidão física e variáveis morfológicas dos rapazes do Meio Urbano e Rural e resultados dos efeitos da Idade e Meio (após controlo para as medidas morfológicas) para cada teste.

Var	Meio	Idades				Resultados ANCOVA		
		7	8	9	10	Idade $F_{(3, 1822)}$	Meio $F_{(1, 1822)}$	Id x Meio $F_{(3, 1822)}$
TSB	Urb	14.9 ± 13.4	16.5 ± 13.7	19.6 ± 15.2	20.7 ± 15.4	26.3	7.0	1.09
	Rur	19.1 ± 17.4	18.7 ± 15.4	19.8 ± 16.4	22.9 ± 17.9	( $p = .00$ )	( $p = .00$ )	( $p = .35$ )
SR	Urb	26.2 ± 5.5	25.1 ± 5.9	24.5 ± 6.0	24.2 ± 6.5	0.85	1.14	0.70
	Rur	25.2 ± 5.8	24.8 ± 7.7	27.0 ± 7.4	29.7 ± 8.3	( $p = .46$ )	( $p = .28$ )	( $p = .55$ )
SHR	Urb	13.3 ± 1.2	12.6 ± 0.9	12.0 ± 0.8	11.6 ± 0.7	121.9	14.6	0.69
	Rur	13.3 ± 1.1	12.8 ± 1.0	12.2 ± 0.9	11.8 ± 0.9	( $p = .00$ )	( $p = .00$ )	( $p = .55$ )
SCP	Urb	103.9 ± 16.1	115.7 ± 18.6	125.0 ± 18.6	135.3 ± 19.1	84.0	30.3	0.21
	Rur	101.3 ± 16.8	112.4 ± 18.0	122.1 ± 18.6	131.0 ± 19.0	( $p = .00$ )	( $p = .00$ )	( $p = .88$ )
ABD	Urb	22.0 ± 7.7	25.3 ± 7.7	27.0 ± 7.4	29.7 ± 8.3	46.5	0.35	0.89
	Rur	22.0 ± 7.6	25.8 ± 7.9	27.3 ± 7.5	28.7 ± 7.6	( $p = .00$ )	( $p = .55$ )	( $p = .44$ )
C50	Urb	11.6 ± 1.1	10.8 ± 0.9	10.2 ± 0.9	9.9 ± 0.8	114.9	4.1	0.21
	Rur	11.4 ± 0.9	10.7 ± 0.9	10.1 ± 0.8	9.8 ± 0.8	( $p = .00$ )	( $p = .04$ )	( $p = .88$ )
CVV	Urb	22.6 ± 12.3	28.6 ± 14.4	35.8 ± 16.0	41.3 ± 18.5	83.9	17.6	0.46
	Rur	25.9 ± 12.3	32.6 ± 13.8	39.1 ± 16.2	44.5 ± 18.3	( $p = .00$ )	( $p = .00$ )	( $p = .88$ )
Alt	Urb	122.1 ± 5.2	127.5 ± 5.8	132.5 ± 6.1	137.7 ± 6.1			
	Rur	122.1 ± 5.0	127.9 ± 5.3	133.6 ± 5.7	138.4 ± 5.9			
Peso	Urb	25.4 ± 4.9	28.5 ± 5.9	31.5 ± 6.4	35.1 ± 6.9			
	Rur	24.9 ± 4.3	28.2 ± 5.5	31.7 ± 6.4	35.0 ± 7.3			

Nota: na apresentação dos valores descritivos das variáveis são apresentados os valores reais, ou seja sem ajustamento ao peso e altura dos indivíduos, para mais fácil interpretação do leitor. No entanto, os resultados das ANCOVAs expressos na parte direita do quadro são relativos à comparação após ajustamento às covariáveis peso e altura.

Por sua vez, o Meio demonstrou efeitos significativos nas provas de TSB, SHR, SCP, C50 e CVV, não lhe tendo sido possível atribuir efeitos diferenciadores nas variáveis SR ( $p = .28$ ) e ABD ( $p = .55$ ). A direcção dos efeitos encontrados não foi, no entanto, comum a todas as variáveis, como se comprova pelas imagens de comparação gráfica entre as médias (ajustadas ao peso e altura) das prestações dos dois grupos ao longo da idade (Figura 1). Assim, os rapazes do meio rural foram consistentemente mais proficientes nas provas de TSB, C50 e CVV, enquanto os

rapazes do meio urbano demonstraram superioridade nas provas de SHR e SCP. Os dois grupos não demonstraram desempenhos significativamente diferenciados nas provas de SR e ABD. Não deixa de ser curioso referir que (mais uma vez com excepção do SR), ambos os grupos conservam traçados relativamente paralelos na evolução do desempenho das provas de ApF ao longo dos quatro escalões etários. Este facto permite facilmente inferir da estabilidade das diferenças atribuíveis ao Meio entre os dois grupos.

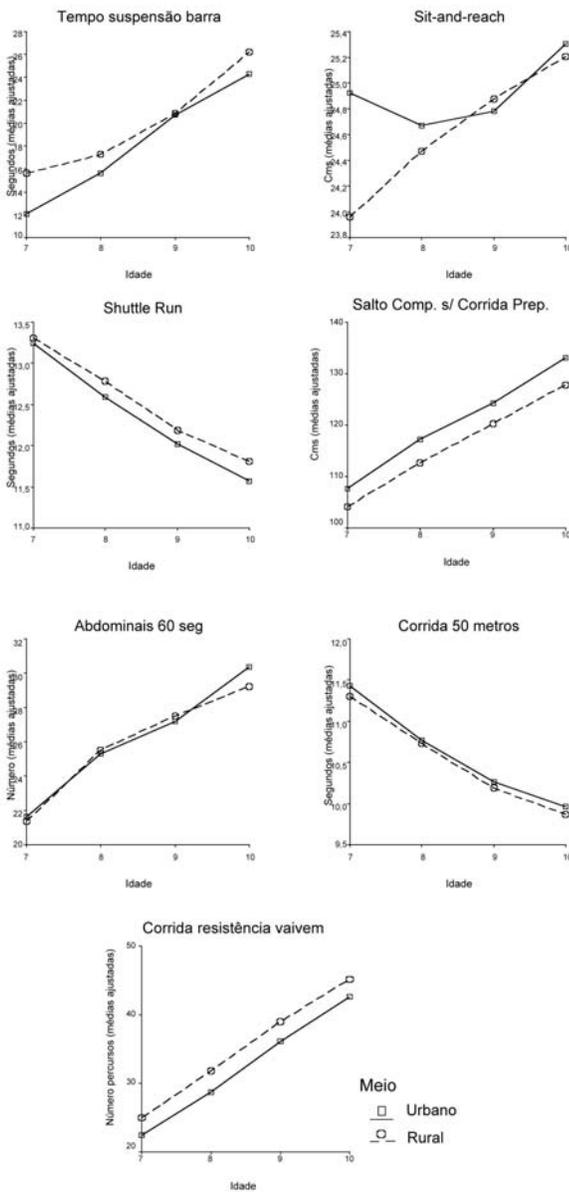


Figura 1. Representação gráfica das médias (ajustadas ao peso e altura) dos testes de aptidão física dos rapazes do meio urbano e rural, dos 7 aos 10 anos de idade.

## DISCUSSÃO

O facto de a análise multivariada ter demonstrado efeitos significativos da Idade e Meio, mas não da interacção entre estes factores, permite-nos concluir que os rapazes do meio urbano e rural exibiram

uma estrutura significativamente diferente na expressão da sua aptidão física ao longo das idades testadas. Resultados idênticos haviam sido encontrados em adolescentes do distrito de Coimbra (27) e rapazes mexicanos (22). A diferença persistiu mesmo após termos controlado os efeitos das variáveis morfológicas (peso e altura) que poderiam influenciar os resultados dos testes, acentuando assim a relevância do meio e dos estilos de vida a ele associados na *construção* do perfil de ApF destes rapazes. Esta evidência não permite, no entanto, realizar qualquer valoração da diferença encontrada, já que ela se situa no domínio das relações individuais entre os resultados dos testes utilizados. Por outras palavras, não podemos dizer que um dos grupos exibiu melhor (ou maior) ApF, apenas que os seus perfis foram efectivamente distintos. Na tentativa de perceber onde se situam essas diferenças de padrão (e apesar de corrermos o risco de alguma perda de informação na complexidade da expressão latente da ApF), resolvemos analisar os resultados relativos a cada uma das variáveis marcadoras usadas. Dos resultados já referidos (Quadro 3) conclui-se, com facilidade, que a Idade é factor marcante na evolução das prestações de ApF, exprimindo-se na melhoria significativa das performances ao longo da idade na grande maioria dos testes (ABD, SCP, TSB, SHR, C50, CVV), sendo o comportamento peculiar do SR a única excepção encontrada. Nesta prova, a tendência para a diminuição da flexibilidade do tronco ao longo da idade parece evidente pela análise dos resultados médios encontrados, no entanto, quando controlamos os efeitos da altura e peso encontramos uma nítida inversão dessa tendência (Figura 1), com os rapazes do meio rural a melhorarem sempre as suas prestações relativas e os do meio urbano a fornecerem indicações de melhoria a partir dos oito anos.

Apesar de esperado, é sempre reconfortante verificar que o perfil de ApF de ambos os grupos evidenciou melhorias generalizadas com a idade. Já quanto aos efeitos do Meio, a expressão dos resultados nas diferentes variáveis permite caracterizar os distintos padrões de ApF detectados na MANCOVA e que estarão, provavelmente, relacionados com estilos de vida próprios do ambiente em que vivem: (i) o perfil dos rapazes do meio rural distinguindo-se nas pres-

tações de força superior (TSB), corrida de velocidade (C50) e de resistência cardiovascular (CVV); e (ii) o dos rapazes do meio urbano, que se destacou nos testes de agilidade (SHR) e força inferior (SCP). Não sendo possível esclarecer completamente as razões para tais diferenciações, não deixa de ser curioso referir uma possível lógica aglutinadora para este fenómeno, já que os rapazes do meio rural apresentaram vantagem em provas associadas com características energéticas ou condicionais (C50, CVV, TSB), enquanto os seus pares do meio urbano se evidenciaram em situações onde a vertente coordenativa ou de execução do movimento poderá ser mais determinante (SHR e SCP). O que nos parece evidente, pela consistência dos resultados e pela dimensão e robustez do estudo, é que as condições de vida propiciadas a estas crianças se repercutiram de forma clara na expressão da sua ApF e, possivelmente de uma forma mais ampla, na sua motricidade. Apesar de nestas idades as diferenças encontradas não corporizarem indícios de alarme, os seus efeitos na adopção dos futuros estilos de vida destas crianças permanecem por avaliar. O maior ou menor acesso a instalações e/ou momentos de prática sistematizada, os ambientes sócio-económicos, os ritmos e espaços de vida, as rotinas de deslocação e actividade, a maior ou menor familiarização com procedimentos de testagem, ou mesmo uma expressão mais complexa das divergências culturais e exigências familiares próprias destes dois espaços (urbano e rural), poderão corporizar algumas das razões aparentes para as diferenças encontradas. Sugerimos, portanto, que a demanda futura desta questão possa passar pela configuração de modelos mais complexos de interacção entre as variáveis de ApF, as de crescimento e as de âmbito mais bio-social e motivacional. Em resumo, e respondendo às nossas próprias inquietações iniciais, pudemos comprovar que os rapazes vianenses vivendo em meios diferenciados segundo o grau de urbanização exibiram padrões de ApF significativamente distintos, sendo estas diferenças independentes da morfologia (altura e peso) exibida. Os rapazes que vivenciaram uma realidade menos urbanizada demonstraram melhores qualidades de força superior, velocidade e de resistência aeróbia, enquanto os rapazes do meio urbano se superiorizaram nas prestações de agilidade e força inferior.

### Agradecimentos

Este estudo foi parcialmente apresentado no VI Congresso Nacional de Educação Física, organizado pela SPEF em Novembro de 2003, sendo de inteira justiça agradecer as contribuições que nessa ocasião foram feitas para a melhoria da redacção final deste trabalho. Os autores querem ainda expressar os seus mais profundos agradecimentos à Câmara Municipal de Viana do Castelo pelo apoio prestado, às escolas do 1º CEB e respectivos professores e alunos pela sua colaboração desinteressada, e aos alunos finalistas do Curso de Educação Física que constituíram a equipa de observação e sem os quais este estudo teria sido impossível de concretizar.

### CORRESPONDÊNCIA

**Luís Paulo Rodrigues**

Escola Superior Educação Viana do Castelo  
Av. Capitão Gaspar de Castro - Apartado 513  
4901-908 Viana do Castelo  
Portugal  
*lprodrigues@ese.ipvc.pt*

**BIBLIOGRAFIA**

1. AAHPERD (1976). *Youth Fitness Test Manual*. Washington, DC.
2. AAHPERD (1980). *Health Related Physical Fitness Manual*. Washington, DC.
3. Arez A, Neto C (1999). The study of independent mobility and perception of the physical environment in rural and urban children. In C. Neto (Ed.). *Play and Community - Proceedings of XIV 1999 IPA World Conference "The Community of Play"*. Lisboa: Edições C.M.L.
4. Blair S, Church T (2004). The fitness, obesity, and health equation. Is physical activity the common denominator? *JAMA* 292 (8): 1232-1234.
5. Brage S, Wedderkopp N, Ekelund U, Franks P, Wareham N, Andersen L, Froberg K (2004). Objectively measured physical activity correlates with indices of insulin resistance in Danish children. *Int J Obesity* 28 (11): 1503-1508.
6. Comitato Olimpico Nazionale Italiano (1988). *EUROFIT Handbook*. Rome.
7. Corbin C, Pangrazi R (1992). Are American children and youth fit? *Res Q Ex Sport* 63 (2): 96-106.
8. Dollman J, Norton K, Tucker G (2002). Anthropometry, fitness and physical activity of urban and rural south Australian children. *Pediatr Exerc Sci* 14: 297-312.
9. Ewing B (1982). The physical fitness and anthropometry of Scottish schoolboys – part 3. *Scottish Journal of Physical Education* 10 (1): 14-20.
10. Hedley A, Ogden C, Johnson C, Carrol M, Curtin L, Flegal K (2004). Prevalence of overweight and obesity among US children, adolescents, and adults, 1999-2002. *JAMA* 291 (23): 2847-2850.
11. INE (2003). Retrato territorial por NUTS e Concelhos. Retrieved July 13, 2004 from <http://www.ine.pt/prod-serv/retrato/retrato.asp>.
12. Johnson R, Wichern D (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (5<sup>th</sup> ed.). New Jersey: Prentice Hall.
13. Kuntzleman C, Reiff G (1992). The decline in American children's fitness levels. *Res Q Ex Sport* 63 (2): 107-111.
14. Lederman S, Akabas S, Moore B (2004). Editor's overview of the conference on preventing childhood obesity. *Pediatrics* 114 (4): 1139-1145.
15. Lohman T, Roche A, Martorell R (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign: Human Kinetics Books.
16. Maia J, Prista A, Marques A, Lopes V, Saranga, S (2002). Estudo univariado e multivariado dos níveis de aptidão física. Efeitos da maturação biológica, do estatuto sócio-económico e da percentagem de gordura corporal. In A Prista, J Maia, S Saranga, A. Marques (Eds). *Saúde, crescimento e desenvolvimento. Um estudo epidemiológico em crianças e jovens de Moçambique*. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto, 49-70.
17. McMurray R, Harrell J, Bangdiwala S, Gangsky S (1995). Biological and environmental factors influencing the aerobic power of children. *Med Exerc Nutr Health* 4: 243-250.
18. Moreno D, Vasconcelos O (2003). Motor performance and maturational status. Study in children of two different school environments (rural and urban). *Rev Port Ciências Desporto* (Supl) 3 (2): 163-165.
19. Neto C (2001). Aprendizagem, desenvolvimento e jogo de actividade física. In: M. Guedes (Ed). *Aprendizagem motora. Problemas e contextos*. Lisboa: FMH, 193-220.
20. O'Brien M, Jones D, Rustin M (2000). Children's independent spatial mobility in the urban public realm. *Childhood* 7: 257-277.
21. Pissara M (1993). *Desenvolvimento motor e envolvimento social. Estudo do crescimento e desenvolvimento das capacidades motoras das crianças dos 7 aos 9 anos de idade nos meios rural e urbano*. Dissertação de Mestrado. Lisboa: FMH.
22. Reyes M, Tan S, Malina R (2003): Urban-Rural contrasts in the physical fitness of school children in Oxaca, Mexico. *Am J Hum Biol* 15: 800-813.
23. Rutenfranz J, Anderson L, Seliger V, Masironi R. (1982). Health standards in terms of exercise fitness of schoolchildren in urban and rural areas in various European countries. *Ann Clin Res* 14(Suppl.), 34: 33-36.
24. Saranga S, Prista A, Maia J (2002). Mudanças nos níveis de aptidão física em função de alterações políticas e sócio-económicas de 1992-1999. In: A. Prista, J. Maia, S. Saranga, A. Marques (Eds). *Saúde, crescimento e desenvolvimento. Um estudo epidemiológico em crianças e jovens de Moçambique*. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto, 71-87.
25. Serra M (1992). *Desenvolvimento motor, jogo e contexto cultural: estudo comparativo da actividade lúdica e do comportamento motor de três grupos de crianças com 6, 7, 8 e 9 anos pertencentes a meios socioculturais diferenciados*. Dissertação de Mestrado. Lisboa: FMH.
26. Shrout, P, Fleiss, J (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin* 86 (2): 420-428.
27. Silva M, Sobral F, Malina R (2003). *Determinância sociogeográfica da prática desportiva na adolescência*. Coimbra: Centro de Estudos do Desporto Infanto-Juvenil, Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade de Coimbra.
28. Sunnegardt J, Bratteby L, Sjodin S (1985). Physical activity and sports involvement in 8- and 13-year-old children in Sweden. *Acta Paediatr Scand* 74: 904-912.
29. Wilczewski A, Sklad M, Krawczyk B, Saczuk J, Majle B (1996). Physical development and fitness of children from urban and rural areas as determined by Eurofit Test Battery. *Biol Sport* 13 (2): 113-126.

ARTIGOS DE  
REVISÃO

[REVIEWS]



# Efeito ergogênico da cafeína na performance em exercícios de média e longa duração

Leandro Altimari<sup>1,2</sup>

Juliana de Melo<sup>1,3</sup>

Michele Trindade<sup>1,2</sup>

Julio Tirapegui<sup>1,2</sup>

Edilson Cyrino<sup>1</sup>

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.87>

## RESUMO

A cafeína é uma substância que não apresenta valor nutricional, sendo classificada como um alcalóide farmacologicamente ativo, estimulante do sistema nervoso central (SNC). No entanto, esta substância tem sido considerada um ergogênico nutricional, por estar presente em várias bebidas consumidas diariamente, tais como o café, o chocolate, o mate e algumas bebidas à base de guaraná. O seu uso tem se tornado bastante comum no meio esportivo, principalmente nos últimos anos, particularmente por atletas que disputam provas de ciclismo e corredores de média e longa distância. O efeito ergogênico da cafeína sobre a performance tem sido demonstrado após a ingestão aguda de doses de cafeína entre 3 e 6 mg/kg de peso corporal. Contudo, ainda não parece estar claro quais os mecanismos de ação da cafeína que estariam envolvidos na melhoria da performance em exercícios prolongados. Quanto ao suposto efeito diurético provocado pelo uso da cafeína, este não tem sido confirmado na prática e, ao que parece, está relacionado ao emprego de mega-doses desta substância. Recentemente, a cafeína foi retirada da lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Anti-Doping (WADA), o que possivelmente implicará em um aumento considerável do uso desta substância por parte de atletas. Assim, é necessário que se tome alguns cuidados quando da utilização desta substância ergogênica, uma vez que a ingestão desorientada pode contribuir para o aparecimento de efeitos colaterais que poderão influenciar negativamente a performance do atleta.

*Palavras-chave:* cafeína, doping, ergogênico nutricional, performance, exercícios físicos prolongados.

<sup>1</sup> Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício, Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Ciência do Esporte, Faculdade de Educação Física, Universidade de Campinas, São Paulo, Brasil

## ABSTRACT

*Ergogenic effect of caffeine on performance in middle- and long-term exercise*

Caffeine is a substance that does not have a nutritional value being classified as a pharmacological active alkaloid, with stimulating action on central nervous system (CNS). However, this substance has been considered a nutritional ergogenic, since it is present in several drinks consumed daily, such as coffee, chocolate, teas and some soft drinks with guaraná. Its use has been common in sports, specially in last years, particularly for athletes in cycling competitions and middle- and long-distance runners. The ergogenic effect of caffeine on performance has been demonstrated after the acute ingestion of doses of caffeine between 3 and 6 mg/kg of body weight. However, it is not still clear which action mechanisms of caffeine would be involved on performance improvement of long-term exercise. The supposed diuretic effect induced by the use of caffeine has not been confirmed in practice, and it seems that it is related to employment of mega-doses of this substance. Recently, caffeine was removed of the list of the prohibited substances by the World Agency Anti-Doping (WADA). This probably implies a considerable increase of its use by athletes. Thus, it is necessary some cares when using this ergogenic substance, since the disoriented ingestion may contribute to the emergence of collateral effects influencing negatively athlete's performance.

*Key Words:* caffeine, doping, nutritional ergogenic, performance, long-term exercise.

## INTRODUÇÃO

Na busca do sucesso esportivo de alto nível, treinadores, nutricionistas, médicos e cientistas têm lançado mão de inúmeros recursos ergogênicos no intuito de potencializar a performance ou atenuar os mecanismos geradores de fadiga de seus atletas (52, 60). A fadiga é apontada como fator limitante da performance e constitui um fenômeno complexo ou até mesmo um conjunto de fenômenos de interação simultânea com diferentes graus de influência, dependendo da natureza do exercício físico (14). Nesse sentido, a utilização de suplementos nutricionais como recursos ergogênicos tem se mostrado eficiente por retardar o aparecimento da fadiga e aumentar o poder contrátil do músculo esquelético e/ou cardíaco, aprimorando, portanto, a capacidade de realizar trabalho físico, ou seja, a performance atlética (4, 20, 53, 61, 66).

A cafeína, embora não apresente qualquer valor nutricional, tem sido considerada por alguns pesquisadores um ergogênico nutricional, por estar presente em vários produtos comerciais consumidos diariamente (2, 39, 78). Assim sendo, a cafeína tem sido utilizada com grande frequência como substância ergogênica de forma aguda, previamente à realização de exercícios físicos, com o intuito de protelar a fadiga e, conseqüentemente, aprimorar a performance, sobretudo em atividades de média e longa duração (1, 11, 40, 43, 52, 63).

Até final do ano de 2003 a cafeína aparecia na lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Anti-Doping (WADA), na classe de estimulantes (A). Mais recentemente, a WADA retirou a cafeína da lista de substâncias proibidas, incluindo esta em uma lista de substâncias que serão monitoradas a partir de 2004 (93).

## CAFEÍNA

A cafeína (1,3,7 - trimetilxantina) é um derivado da xantina, quimicamente relacionada com outras xantinas: teofilina (1,3 - dimetilxantina) e teobromina (3,7 - dimetilxantina) que se diferenciam pela potência de suas ações farmacológicas sobre o sistema nervoso central (SNC) (37) (Figura 1). Nesse sentido, a cafeína é uma substância capaz de excitar ou

restaurar as funções cerebrais e bulbares sem, contudo, ser considerada uma droga terapêutica, sendo comumente utilizada e livremente comercializada, por apresentar uma baixa capacidade de indução à dependência (12, 76).

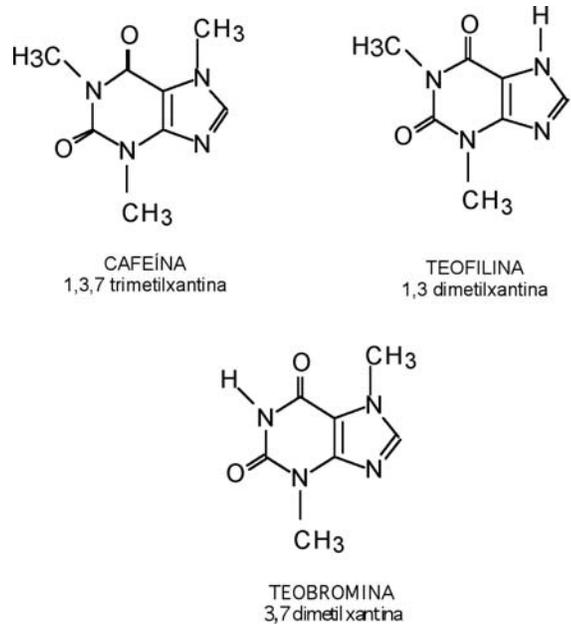


Figura 1. Estrutura química da cafeína e metilxantinas relacionadas.

Nos últimos anos a cafeína tem sido utilizada como substância ergogênica, de forma aguda, previamente à realização de exercícios físicos, particularmente em atividades de média e longa duração (76, 77, 78, 81). Ela tem sido considerada um ergogênico nutricional por estar presente em vários produtos consumidos diariamente, como o guaraná, o mate, o chocolate, o café, alguns refrigerantes e chás, embora não apresente qualquer valor nutricional (2, 40, 78).

A cafeína também vem sendo classificada como uma droga, pois é caracterizada por efeitos farmacológicos de ação estimulante, podendo ser encontrada em alguns medicamentos como agente para antagonizar o efeito calmante de certos fármacos (14, 37, 76). A Tabela 1 apresenta as quantidades de cafeína presentes em alguns produtos comerciais e as respectivas concentrações excretadas na urina.

Tabela 1. Concentração de cafeína em produtos comerciais e o seu respectivo nível de excreção.

Produto	Quantidade (mg)	Excreção após 2-3 hs (µg/ml)
1 Copo de café (240 ml)	100,0 (*)	1,50
Chá instantâneo (150 ml)	28,0 (*)	0,42
Chá natural preparado (150 ml)	20,0 - 110,0	0,30 - 1,60
1 lata de Coca Cola, Coca Diet (330 ml)	45,6	0,68
1 lata de Pepsi, Pepsi Diet (330 ml)	36,0	0,54
Milk shake de chocolate (30 g)	6,0	0,08
Chocolate amargo-barra (30 g)	20,0	0,30
Chocolate em Pó (30 g)	26,0	0,40
1 Nodoz	100,0	1,50
1 Vivarin	200,0	3,00
1 Anacin	32,0	0,48
1 Excedrin	65,0	0,97
1 Midol	32,4	0,48

Adaptada de Allen, E & Hanburys, AF (1992). *Athletic drug reference '96*. apud Fuentes, RJ; Rosenberg, JM; Davis, A. Durham: Clean Data, 1996, p.25.

(\*) Teor médio, está na dependência do modo de preparo.

A utilização indiscriminada de cafeína por parte de atletas, no início da década de 1980, com objetivo de melhorar a performance, fez com que esta substância fosse incluída na lista de substâncias proibidas pelo Comitê Olímpico Internacional (76, 77). Contudo, o uso de cafeína somente tornou-se evidente a partir dos Jogos Olímpicos de Los Angeles (1984), quando alguns membros da equipe de ciclismo dos Estados Unidos declararam publicamente terem usado esse alcalóide como estimulante durante as competições (71).

O uso dessa substância tem se tornado mais comum nos últimos anos, particularmente por atletas que disputam provas de ciclismo e corredores de média e longa distância (1, 51, 52).

Até final do ano de 2003 a cafeína constava na lista de substâncias proibidas pela WADA, na classe de estimulantes (A). Entretanto, mais recentemente, a WADA retirou a cafeína da lista de substâncias proibidas, incluindo esta em um programa de monitoramento, o qual será feito por meio de acompanhamento na incidência de detecção do uso de cafeína pelos atletas (93).

## ABSORÇÃO, METABOLIZAÇÃO E EXCREÇÃO

A cafeína é absorvida rapidamente e eficientemente, através do trato gastrointestinal, após administração oral. A mesma parece não afetar as funções gastrointestinais quando ingerida de forma conjugada a diferentes soluções líquidas, como o carboidrato e a água (76, 85). Esta substância pode alcançar o pico de concentração máxima na corrente sanguínea entre 15 e 120 minutos após a sua ingestão (76).

A administração desta substância pode ser feita de diversas formas, dentre as quais destacamos a administração intraperitoneal, injeções subcutânea ou intramuscular e também através da aplicação de supositórios (76, 89). Sua ação pode atingir todos os tecidos, pois o seu carreamento é feito via corrente sanguínea, sendo posteriormente degradada e excretada pela urina na forma de co-produtos (14, 76, 77). O metabolismo da cafeína ocorre em maior proporção no fígado, onde existe uma maior concentração de citocromo P450 1A2, enzima responsável pelo metabolismo desta substância (54, 76). A metabolização começa com a remoção do grupo metil 1 e 7, catalizada pelo citocromo P450 1A2, o que possibilita a formação de três grupos metilxantina (31). Em humanos, a maior parte do metabolismo da cafeína ocorre pela mudança na posição do grupo metil 1,3,7 possibilitando uma metabolização com predominância (84%) na forma de paraxantina (1,7-dimetilxantina), seguida de teofilina (1,3-dimetilxantina) e de teobromina (3,7-dimetilxantina), sendo esses dois últimos metabolizados em menor quantidade (31, 54) (Figura 2). Os três metabólitos têm demonstrado ser ativos biologicamente (31, 76).

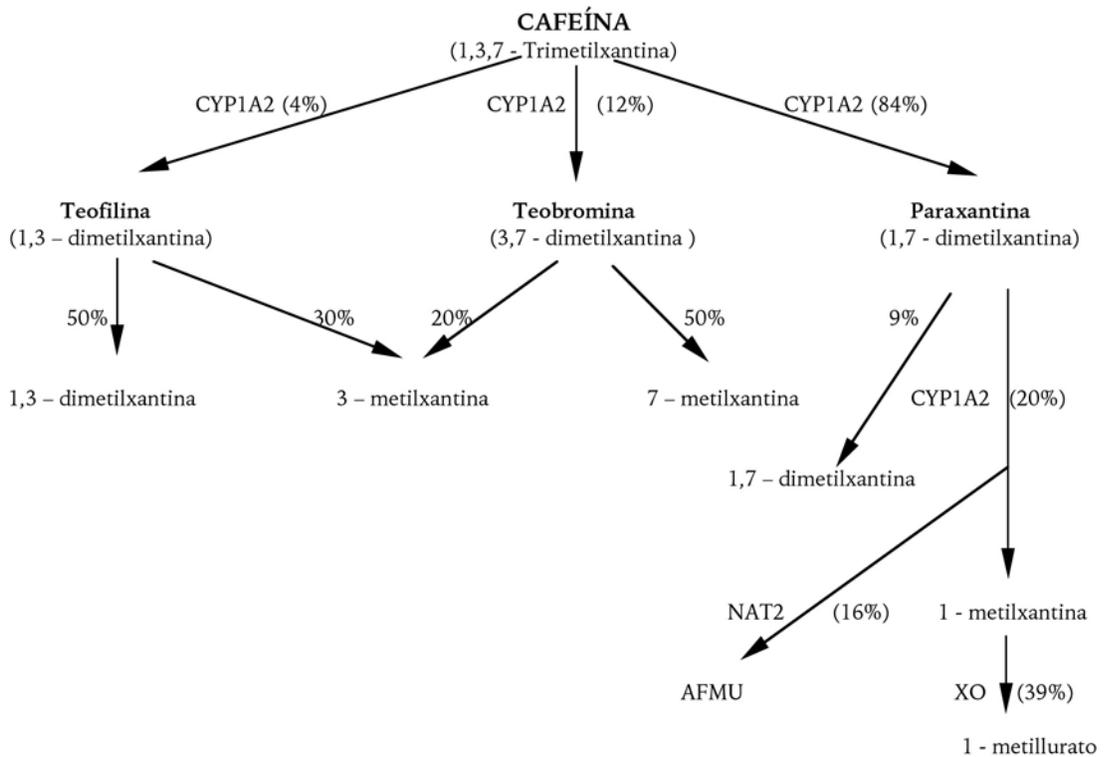


Figura 2. Metabolismo da cafeína em humanos. [Os números dentro dos parênteses são os percentuais do composto metabolizado [CYP 1A2 – citocromo P450; NAT2 – N-acetiltransferase; XO – xantina oxidase; AFMU – 5-acetilamina-6-formilamina-3-metiluracil] (Adaptado de Sinclair & Geiger, 76).

Embora a maior parte do metabolismo da cafeína ocorra no fígado, outros tecidos, incluindo o cérebro e o rim, têm um importante papel na produção de citocromo P450 1A2, e assim têm participação no metabolismo da cafeína (76).

Apesar de apenas uma pequena quantidade de cafeína ser excretada (0,5 a 3%), sem alteração na sua constituição química, sua detecção na urina é relativamente fácil (14). Vale ressaltar que alguns fatores como a genética, a dieta, o uso de alguma droga, o sexo, o peso corporal, o estado de hidratação, o tipo de exercício físico praticado e o consumo habitual de cafeína podem afetar o metabolismo da cafeína e, conseqüentemente, influenciar na quantidade de cafeína total excretada pela urina (26, 76, 77).

#### MECANISMOS DE AÇÃO E PERFORMANCE

Acredita-se que a cafeína possua mecanismos de ação central e periférica que podem desencadear relevantes alterações metabólicas e fisiológicas, as quais

melhorariam a performance (33, 43, 44, 45, 77)

Dessa forma, tem sido proposto pelo menos duas teorias que podem tentar explicar o efeito ergogênico da cafeína durante o exercício físico de média e longa duração (43, 63, 77, 81).

A primeira envolve o efeito direto da cafeína em alguma porção do sistema nervoso central, afetando a percepção subjetiva de esforço e/ou a propagação dos sinais neurais entre o cérebro e a junção neuromuscular (37, 77, 92). Contudo, essa hipótese é ainda extremamente especulativa, haja vista as grandes limitações que envolvem esse tipo de investigação. A segunda teoria diz respeito ao aumento na oxidação das gorduras e redução na oxidação de carboidratos (CHO). Acreditava-se que a cafeína poderia gerar um aumento na mobilização dos ácidos graxos livres dos tecidos e/ou nos estoques intramusculares (92). Esse efeito, supostamente, ocorreria de maneira indireta por meio do aumento na produção de catecolaminas na circulação, particularmente a epi-

nefrina, ou diretamente antagonizando os receptores de adenosina (24), um importante regulador do metabolismo lipídico, que normalmente inibem a mobilização dos ácidos graxos livres (AGLs), aumentando a oxidação da gordura muscular e reduzindo a oxidação de CHO (19, 43, 77).

Bellet et al. (8) foram os primeiros a documentar o efeito positivo da cafeína sobre o metabolismo, estimulando a mobilização de gorduras (AGLs). Tal efeito,

associado à economia na depleção de glicogênio muscular, acarretou aprimoramento da performance nos exercícios prolongados, sendo posteriormente confirmado por outros estudos (19, 29, 48, 67).

A partir daí, muitos foram os estudos que procuraram investigar os possíveis efeitos deste ergogênico sobre a performance em exercícios de média e longa duração (Tabela 2).

Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração.

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Alves et al. (1995) <sup>3</sup>	8	M	Não-treinados	10 mg/kg	Cicloergômetro a 80% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Não	Não se constatou melhora no desempenho físico
Bell & Mclellan (2003) <sup>7</sup>	9	M	Não-treinados	2,5 e 5 mg/kg (2 x dia, manhã e tarde).	Cicloergômetro a 80% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão (2 x dia, manhã e tarde)	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão no período da manhã e tarde
Bell et al. (1998) <sup>6</sup>	12	M	Não-treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro a 85% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Não	Não se constatou melhora no tempo de exaustão.
Berglund & Hemmingsson (1982) <sup>9</sup>	14	9 M 5 F	Treinados	6 mg/kg	Corrida sob baixa (300 m) e alta altitude (2900 m) em intensidades equivalentes a 11,5 km/h e 23,1 km/h	Sim	Melhora significativa no desempenho de corrida sob alta altitude [2,19% para baixa e 3,18% para alta intensidade].
Butts & Crowell (1985) <sup>10</sup>	27	13 M 15 F	Não-treinados	300 mg	Cicloergômetro a 75% do $\dot{V}O_2$ máx até exaustão	Não	Aumento não-significante no tempo de exaustão para os homens (14,4%) e para as mulheres (3,1%).

*Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).*

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Cadarette et al. (1983) <sup>13</sup>	13	8 M 5 F	Não-treinados	0; 2,2; 4,4; 8,8 mg/kg	Corrida de longa duração	Sim	Aumento significativo no tempo de corrida com a ingestão de 4,4 mg/kg
Casal & Leon (1985) <sup>15</sup>	9	M	Treinados	400 mg	Corrida em esteira a 75% do $\dot{V}O_2$ máx durante 45 min.	Sim	Redução significativa na percepção subjetiva de esforço e aumento na concentração de AGL e lactato.
Cohen et al. (1996) <sup>16</sup>	5 2	M F	Treinados	5 e 9 mg/kg	21 km de corrida em estrada, em ambiente quente e úmido	Não	Não se constatou melhora no tempo de corrida nas dosagens de 5 e 9 mg/kg.
Cole et al. (1996) <sup>17</sup>	10	M	Não-treinados	6 mg/kg	Cicloergômetro a intensidades de 9, 12 e 15 na escala de Borg (3 x 10 minutos)	Sim	Aumento significativo no trabalho total e na concentração de AGL e glicerol
Conway et al. (2003) <sup>18</sup>	9	M	Treinados	3 e 6 mg/kg antes e a 45 min. de teste	Cicloergômetro a 68% do $\dot{V}O_2$ máx durante 90 min., seguido de teste a 80% do $\dot{V}O_2$ máx durante 30 min.	Não	Não se constatou melhora no desempenho durante o teste a 80% do $\dot{V}O_2$ máx para as dosagens de 3 e 6 mg/kg

*Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).*

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Costill et al. (1978) <sup>19</sup>	9	7 M 2 F	Treinados	330 mg	Cicloergômetro a 80% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão (21 min), na concentração de AGL e redução na percepção subjetiva de esforço.
Cox et al. (2002) <sup>21</sup>	12	M	Treinados	6 mg/kg	Cicloergômetro a 70% do $\dot{V}O_2$ máx durante 120 min.	Sim	Melhora significativa no desempenho, independente do momento da ingestão de cafeína.
Daniels et al. (1998) <sup>22</sup>	10	3 M 7 F	Treinados	6 mg/kg	Cicloergômetro a 65% do $\dot{V}O_2$ máx durante 55 min.	Não	Não se constatou melhora no desempenho; aumento nas concentrações de AGL, glicerol, glicose e lactato
Denadai & Denadai (1998) <sup>25</sup>	8	M	Não-treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro a intensidades equivalentes a 10% abaixo e acima do limiar anaeróbio	Sim	Aumento significativo no tempo até exaustão a 10% abaixo do limiar anaeróbio e redução na percepção subjetiva de esforço.

Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Engels et al. [1999] <sup>27</sup>	8	7 M 1 F	Não-treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro a 30% do $\dot{V}O_2$ máx durante 60 min.	Não	Aumento significativo no $\dot{V}O_2$ máx, no gasto energético e na pressão arterial sistólica e diastólica
Engels & Haymes [1992] <sup>28</sup>	8	M	Não-treinados	5 mg/kg	Caminhada a 30 e 50% do $\dot{V}O_2$ máx com duração de 60 min.	Sim	Melhora significativa no desempenho e aumento na mobilização de AGL
Essig et al. [1980] <sup>29</sup>	7	M	Não-treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro a 65-75% do $\dot{V}O_2$ máx durante 30 min.	Sim	Melhora significativa no desempenho; redução na utilização de glicogênio (42%) e aumento na mobilização de TGL muscular
Falk et al. [1989] <sup>30</sup>	23	M	Treinados	5 mg/kg antes e 2,5 mg/kg na 3 <sup>o</sup> e 5 <sup>o</sup> h marcha	40 km de marcha, seguido de teste em cicloergômetro a 90% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Não	Não se constatou melhora no tempo de exaustão; aumento no lactato após marcha e cicloergômetro, e redução na percepção subjetiva de esforço

Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Ferrauti et al. [1997] <sup>32</sup>	16	8 M 8 F	Treinados	5 mg/kg	Simulação de uma partida de tênis com duração de 240 min.	Sim	Melhora significativa no desempenho das mulheres durante o esforço e no período de recuperação após o exercício
Fisher et al. [1986] <sup>34</sup>	6	M	Não-treinados	5 mg/kg	Corrida em esteira a 75% do $\dot{V}O_2$ máx durante 60 min.	Sim	Melhora significativa no desempenho de corrida e no $\dot{V}O_2$ máx (0,17 l/min); aumento na concentração de lactato, noraepinefrina e dopamina
Flinn et al. [1990] <sup>35</sup>	9	M	Não-treinados	10 mg/kg	Cicloergômetro progressivo com aumento de 50 W a cada 3 min. até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão, no limiar de lactato e na concentração de AGL
Gaesser & Rich [1985] <sup>36</sup>	8	M	Não-treinados	5 mg/kg	Teste incremental em cicloergômetro até exaustão	Não	Não se constatou melhora no tempo de exaustão, no $\dot{V}O_2$ máx, ventilação pulmonar e percepção subjetiva de esforço

*Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).*

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Graham et al. [1998] <sup>42</sup>	9	M	Não-treinados	5 mg/kg	Corrida em esteira a 85% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumentos significantes no tempo de exaustão e na concentração de epinefrina
Graham & Spriet [1991] <sup>44</sup>	7	M	Treinados	9 mg/kg	Corrida em esteira e cicloergômetro a 85% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumentos significantes no tempo de exaustão em ambos os ergômetros e na concentração de epinefrina
Graham & Spriet [1995] <sup>45</sup>	6	M	Treinados	3, 6 e 9 mg/kg	Corrida em esteira a 85% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumentos significantes no tempo de corrida com a ingestão de 3 e 6 mg/kg
Greer et al. [2000] <sup>46</sup>		M	Não-treinados	6 mg/kg	Cicloergômetro a 80% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumentos significantes no tempo de exaustão, na concentração de epinefrina, glicérol e cAMP muscular
Hunter et al. [2002] <sup>47</sup>	8	M	Treinados	6 mg/kg	100 km - intermitente em cicloergômetro (5 sprint 1 Km após 10, 32, 52, 72 e 99 km; e 4 sprints 4 Km após 20, 40, 60 e 80 km)	Não	Não se constatou melhora na potência média, no tempo de realização dos sprints e no tempo para completar os 100 km

Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Ivy et al. [1979] <sup>48</sup>	9	7 M 2 F	Treinados	250 mg	Cicloergômetro a 60% do $\dot{V}O_2$ máx durante 120 min.	Sim	Aumento significativo no trabalho total (7,4%), no $\dot{V}O_2$ máx (7,3%) e na oxidação de gorduras (31%)
Kaminsky et al. [1998] <sup>55</sup>	14	M	Não-treinados	243-330 mg	Caminhada/corrida em esteira a 30, 50 e 70% do $\dot{V}O_2$ máx	Não	Não se constatou melhora no desempenho físico
Kovacs et al. [1998] <sup>56</sup>	15	M	Treinados	2,3 e 4,5 mg/kg	Corrida em esteira a 75% $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão
MacIntosh & Wright [1995] <sup>58</sup>	11	7 M 4 F	Não-treinados	6 mg/kg	1.500 m nado livre	Sim	Redução significativa no tempo de nado em prova de 1.500 m
McNaughton [1986] <sup>59</sup>	12	M	Treinados	10 e 15 mg/kg	Corrida em esteira a 70-75% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão somente com ingestão de 15 mg/kg
Motl et al. [2003] <sup>62</sup>	16	M	Não-treinados	10 mg/kg	Cicloergômetro a 60% do $\dot{V}O_2$ máx durante 30 min.	Sim	Aumento significativo no trabalho total

Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Pasman et al. [1995] <sup>64</sup>	9	M	Treinados	5, 9 e 13 mg/kg	Cicloergômetro a 80% da carga máxima [W] até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão nas dosagens de 5, 9 e 13 mg/kg, na concentração de AGL e glicerol
Paula Filho & Rodrigues [1985] <sup>65</sup>	6	M	Não-treinados	500 mg	Cicloergômetro a 50, 75 e 85% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão nas intensidades de 50 e 75% $\dot{V}O_2$ máx
Powers et al. [1997] <sup>67</sup>	7	M	Treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro progressivo com aumento de 30 W a cada 3 min. até a exaustão	Não	Não se constatou melhora no tempo de exaustão; aumento significativo na concentração de AGL e glicerol
Rodrigues et al. [1990] <sup>70</sup>	6	M	Treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro progressivo de 3 min. à 300 e 600 kg.m.min <sup>-1</sup> , seguido de incremento de 1200 kg.m.min <sup>-1</sup> , até a exaustão	Não	Não se constatou melhora no tempo de exaustão, $\dot{V}O_2$ máx, ventilação pulmonar; redução significativa na percepção subjetiva de esforço

*Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).*

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Ryu et al. (2001) <sup>73</sup>	14	M	Treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro a 60% do $\dot{V}O_2$ máx durante 45 min., seguido de teste máximo a 80% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão, na concentração AGL, glicerol e lactato; redução na razão de troca respiratória
Sasaki et al. (1987) <sup>74</sup>	5	M	Treinados	300 mg	Corrida em esteira a 80% $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de corrida até a exaustão (aprox. 35%)
Sasaki et al. (1987) <sup>75</sup>	7	M	Não-treinados	800 mg	Corrida progressiva em esteira a 62-67% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Não	Não se constatou melhora no tempo de corrida até a exaustão
Spriet (1992) <sup>79</sup>	8	M	Treinados	9 mg/kg	Cicloergômetro a 80% do $\dot{V}O_2$ máx até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão (27%) e na concentração de epinefrina; redução na depleção de glicogênio muscular (55%)

*Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).*

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Tarnopolsky et al. (1989) <sup>82</sup>	6	M	Treinados	6 mg/kg	Corrida em esteira a 70% do $\dot{V}O_2$ máx durante 90 min.	Não	Não se constatou melhora na função neuromuscular, na percepção subjetiva de esforço, no $\dot{V}O_2$ máx; na concentração de glicose, lactato e catecolaminas
Trice & Haynes (1995) <sup>83</sup>	8	M	Treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro a 85-90% do $\dot{V}O_2$ máx com duração total de 120 min. (4 x 30 min.) e 5 min. repouso entre cada série	Sim	Melhora significativa no desempenho; aumento na concentração de AGL
Van Baak & Saris (2000) <sup>84</sup>	15	M	Não-treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro progressivo com aumento de 50 W a cada 2,5 min. até se atingir a frequência cardíaca de 160 bpm. A partir daí, incrementos de 25 W a cada 2,5 min. até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão

Tabela 2. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração (continuação).

Investigadores	N	Sexo	População	Dose de cafeína	Tipo de teste	Efeito ergogênico?	Comentários
Van Soeren & Graham (1993) <sup>86</sup>	6	M	Treinados	6 mg/kg	Cicloergômetro a 80-85% do VO <sub>2</sub> máx até a exaustão	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão, na concentração de AGL e epinefrina
Van Soeren et al. (1993) <sup>87</sup>	14	M	Não-treinados	5 mg/kg	Cicloergômetro a 50% do VO <sub>2</sub> máx durante 60 min.	Sim	Melhora significativa no desempenho; aumento na concentração de epinefrina em usuários e não-usuários habituais de cafeína
Vanakoski et al. (1998) <sup>88</sup>	7	M	Treinados	7 mg/kg	Cicloergômetro a 65% da FCmax durante 45 min.	Não	Não se constatou melhora no desempenho, nem modificações na FC e na concentração de Lactato
Wemple et al. (1997) <sup>91</sup>	4 2	M F	Treinados	8,7 mg/kg	Cicloergômetro a 60% do VO <sub>2</sub> máx durante 180 min., seguido de teste a 85% do VO <sub>2</sub> máx até a exaustão	Não	Não se constatou melhora no tempo de exaustão; manutenção dos níveis plasmáticos de catecolaminas

Pesquisas recentes têm indicado que a ação da cafeína nos estoques de glicogênio parece ocorrer independentemente da ação da epinefrina (76). Assim sendo, o que tem sido observado por alguns pesquisadores é que a ação da cafeína parece estar diretamente relacionada à antagonização dos receptores de adenosina que normalmente inibem a mobilização dos ácidos graxos livres (AGLs) (24, 46).

Aparentemente, este fator poderia contribuir no aumento da oxidação da gordura muscular, reduzindo a oxidação de CHO e, dessa forma, melhorar o rendimento nos exercícios físicos prolongados em consequência de uma redução na disponibilidade de CHO (43), visto que sua acentuada depleção tem sido apontada como um fator limitante do desempenho físico (50).

Entretanto, essa economia na utilização de CHO (glicogênio muscular) durante o exercício físico prolongado, em função da ingestão de cafeína, parece nem sempre ocorrer (46, 57), principalmente se as reservas de glicogênio muscular se encontrarem altas (57).

Recentemente, Graham et al. (41), examinando o efeito da cafeína sobre o metabolismo da gordura e do carboidrato no músculo de humanos através de biópsia, evidenciaram uma possível ação direta da

cafeína sobre o sistema nervoso simpático, entretanto, não foi constatada nenhuma alteração no metabolismo de gordura e carboidrato. Assim sendo, parece que outros tecidos estão envolvidos na ação da cafeína, contribuindo para a melhora no desempenho em exercícios de média e longa duração (41, 46).

As evidências vêm contribuir para uma indefinição ainda maior em relação às hipóteses da ação da cafeína sobre o metabolismo das gorduras e dos carboidratos, indicando a necessidade da realização de novas pesquisas, no sentido de um esclarecimento com relação a ação desta substância sobre o metabolismo aeróbio.

Em uma revisão recente, Altimari et al. (1) constataram que o uso da cafeína em exercícios físicos de média e longa duração pode ser capaz de promover uma melhoria na eficiência metabólica dos sistemas energéticos durante o esforço, contribuindo para melhoria da performance. Os resultados encontrados a partir desta revisão demonstraram que 75% dos trabalhos revisados apresentaram efeito ergogênico, além de diferentes respostas metabólicas e fisiológicas após a administração desta substância. Esses mesmos autores observaram que a dosagem de cafeína é fator determinante na melhora da performance, pois o desencadeamento das respostas fisiológicas e

metabólicas parece estar atrelado à quantidade ingerida. Assim, embora doses de cafeína entre 3 e 10 mg/kg de peso corporal possam melhorar a performance, o intervalo ótimo sugerido é de 3 a 6 mg/kg (1). Na Figura 3 são apresentados os dados de Altimari et al. (2000), que mostram os efeitos das diferentes dosagens de cafeína utilizadas nos estudos que investigaram a eficiência ergogênica desta substância em diferentes modalidades de exercício físico.

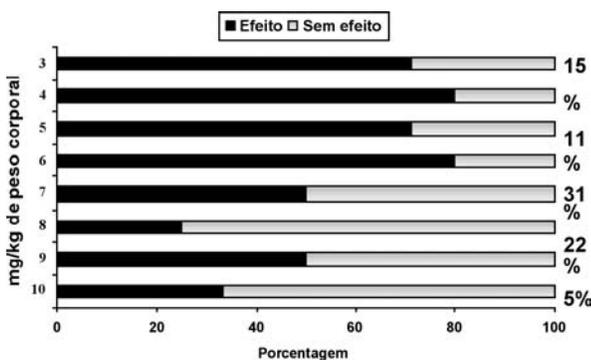


Figura 3. Efeito das diferentes concentrações de cafeína utilizadas nos estudos que investigaram a eficiência ergogênica desta substância em diferentes modalidades de exercícios (Altimari et al., 1).

Esses achados são confirmados por outros trabalhos publicados recentemente, que apontam a cafeína como um eficiente agente ergogênico em exercícios físicos de média e longa duração (11, 40, 52, 53). A utilização desta substância tem gerado uma série de dúvidas acerca da sua possível ação diurética, uma vez que acarretaria aumento no volume de urina, e, portanto, uma maior perda hídrica, o que poderia afetar negativamente a performance, particularmente nos esforços de longa duração. Entretanto, o suposto efeito diurético provocado pelo uso dessa substância não tem sido confirmado na prática (1, 5). Alguns estudos têm demonstrado que a ingestão de pequenas doses de cafeína antes de exercícios físicos prolongados não parece afetar negativamente a performance, visto que o comprometimento do estado de hidratação corporal parece estar relacionado somente ao emprego de mega-doses desta substância (5, 69, 90, 91).

## EFEITOS COLATERAIS

O modelo atual de esporte tem contribuído para uma busca incessante de resultados, o que tem levado atletas à utilização de diferentes substâncias, desconsiderando os conceitos éticos e de saúde. Ao que parece, o consumo de cafeína objetivando a melhoria da performance, tem sido feito de forma indiscriminada e sem os cuidados necessários.

A ingestão de altas doses de cafeína (10-15 mg/kg de peso corporal) não é recomendada, pois os níveis plasmáticos de cafeína podem alcançar valores tóxicos de até 200 µm (31). Os efeitos colaterais causados pela ingestão de cafeína ocorrem em maior proporção em pessoas suscetíveis e que utilizam esta substância em excesso (14, 76).

A cafeína pode prejudicar a estabilidade de membros superiores, induzindo-os a trepidez e tremor, resultantes da tensão muscular crônica (14, 77), e ainda induzir a insônia, nervosismo, irritabilidade, ansiedade, náuseas e a desconforto gastrointestinal (49, 80). Os problemas estomacais podem ser agravados por quem já apresenta tendência para gastrite ou úlcera, principalmente quando ingerida em jejum (14, 76).

Todas as possibilidades citadas anteriormente devem ser consideradas quando da utilização desta substância por parte de atletas, pois tais ocorrências poderão influenciar negativamente a performance atlética (2).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados apontam a cafeína como um eficiente agente ergogênico em exercícios físicos de média e longa duração. O efeito ergogênico da cafeína sobre a performance tem sido evidenciado após a ingestão aguda de doses de cafeína entre 3 e 6 mg/kg de peso corporal. Contudo, ainda não parece estar claro quais os mecanismos de ação da cafeína que estariam envolvidos na melhoria da performance em exercícios prolongados, uma vez que estudos recentes têm apresentado resultados conflitantes com as hipóteses até aqui sustentadas, indicando a necessidade de novas pesquisas no sentido de esclarecer a verdadeira ação desta substância sobre o metabolismo aeróbio. Com relação ao suposto efeito diurético provocado pelo uso da cafeína, nada tem sido confirmado na prática. Acredita-se que o comprometimento do estado de hidratação corporal possa estar relacionado somente ao emprego de mega-doses desta substância.

As evidências do efeito ergogênico da cafeína sobre a performance em exercícios de média e longa duração, associadas à recente retirada da cafeína da lista de substâncias proibidas pela WADA, possivelmente implicará em um aumento considerável no uso desta substância por parte dos atletas. Dessa forma, é necessário tomar alguns cuidados quando da utilização desta substância, uma vez que a ingestão desorientada pode contribuir para o aparecimento de efeitos colaterais, que podem influenciar negativamente a performance atlética.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro e bolsas outorgadas.

#### CORRESPONDÊNCIA

**Leandro Altimari**

Faculdade de Ciências Farmacêuticas  
Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental  
Universidade de São Paulo  
Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Cidade Universitária  
CEP 05508-900 – São Paulo, SP  
Brasil  
laltimari@hotmail.com

#### REFERÊNCIAS

1. Altimari LR, Cyrino ES, Zucas SM, Burini RC (2000). Efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico. *Paul J Phys Educ* 14: 141-58.
2. Altimari LR, Cyrino ES, Zucas SM, Okano AH, Burini RC (2001). Cafeína: ergogênico nutricional no esporte. *Braz J Mov Sci* 9: 57-64.
3. Alves MN, Ferrari-Auarek WM, Pinto KMC, Sá KR, Viveiros JP, Pereira HAA, Ribeiro AM, Rodrigues LOC (1995). Effects of caffeine on tryptophan on rectal temperature, metabolism, total exercise time, rate of perceived exertion and heart rate. *Braz J Med Biol Res* 28: 705-9.
4. Applegate E (1999). Effective nutritional ergogenic aids. *Int J Sports Nutr* 9: 229-39.
5. Armstrong LE (2002). Caffeine, body fluid-electrolyte balance, and exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 12: 189-206.
6. Bell DG, Jacobs I, Zamecnik J (1998). Effects of caffeine, efedrine and their combination on time to exhaustion during high-intensity exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 77: 427-33.
7. Bell DG & Mcllellan TM (2003). Effect of repeated caffeine ingestion on repeated exhaustive exercise endurance. *Med Sci Sports Exerc* 35: 1348-54.
8. Bellet S, Kershbaum A, Fink EM (1968). Response of free fatty acids to coffee and caffeine. *Metabolism* 17: 702-7.
9. Berglund B & Hemmingsson P (1982). Effects of caffeine ingestion on exercise performance at low and high altitudes in cross-country skiers. *Int J Sports Med* 3: 234-6.
10. Butts NK & Crowell D (1985). Effect of caffeine ingestion on cardiorespiratory endurance in men and women. *Res Q Exerc Sport* 56: 301-5.
11. Braga LC & Alves MP (2000). A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. *Braz J Mov Sci* 8: 33-7.
12. Bucci LR (2000). Selected herbals and human exercise performance. *Am J Clin Nutr* 2000 72 (suppl): 624S-365.
13. Cadarette B, Levine L, Berube C, Posnerb B, Evans W (1983). Effects of varied dosages of caffeine on endurance exercise to fatigue. In: HG Knuttgen, J Vogel, J Poortmans (Eds). *Biochemistry of Exercise*. Champaign: Human Kinetics Publishers, 871-6.
14. Clarkson PM (1993). Nutritional ergogenic aids: caffeine. *Int J Sports Nutr* 3: 103-11.
15. Casal DC & Leon, AS (1985). Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running. *Med Sci Sports Exerc* 17: 174-9.
16. Cohen BS, Nelson AG, Prevost MC, Thompson GD, Marx BD, Morris GS (1996). Effects of caffeine ingestion on endurance racing in heat and humidity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 73: 358-63.
17. Cole KJ, Costill DL, Starling RD, Goodpaster BH, Trappe SW, Fink WJ (1996). Effects of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent work production. *Int J Sports Nutr* 6: 14-23.
18. Conway KJ, Orr R, Stannard SR (2003). Effect of a divided caffeine dose on endurance cycling performance, postexercise urinary caffeine concentration, and plasma paraxanthine. *J Appl Physiol* 94: 1557-62.
19. Costill DL, Dalsky G, Fink W (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med*

- Sci Sports Exerc* 10: 155-8.
20. Coyle EF (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *J Sports Sci* 22: 39-55.
  21. Cox GR, Desbrow B, Montgomery PG, Anderson ME, Bruce CR, Macrides TA, Martin, DT, Moquin A, Roberts A, Hawley JA, Burke LM (2002). Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *J Appl Physiol*. 93: 990-9.
  22. Daniels JW, Molé PA, Shaffrath JD, Stebbins CL (1998). Effects of caffeine on blood pressure, heart rate, and forearm blood flow during dynamic leg exercise. *J Appl Physiol* 85: 154-9.
  23. Davis JM & Bailey SP (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 29: 45-57.
  24. Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA (2003). Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 284: 399-404.
  25. Denadai BS & Denadai ML (1998). Effects of caffeine on time to exhaustion in exercise performance below and above the anaerobic threshold. *Braz J Med Biol Res* 31: 581-5.
  26. Duthel JM, Vallon JJ, Martin G, Ferret JM, Mathieu R, Videman R (1991). Caffeine and sport: role of physical exercise. *Med Sci Sports Exerc* 23: 980-5.
  27. Engels HJ, Wirth JC, Celik S, Dorsey JL (1999). Influence of caffeine on metabolic and cardiovascular functions during sustained light intensity cycling and at rest. *Int J Sports Nutr* 9: 361-70.
  28. Engels HJ & Haymes EM (1992). Caffeine ingestion on metabolic responses to prolonged walking in sedentary males. *Int J Sports Nutr* 2: 386-96.
  29. Essig DA, Costill DL, Van Handel PJ (1980). Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. *Int J Sports Med* 1: 86-90.
  30. Falk B, Burstein R, Ashkenazi I, Spilberg O, Alter J, Zylber-Katz E, Rubinstein A, Bashan N, Shapiro Y (1989). The effect of caffeine ingestion on physical performance after prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 59: 168-73.
  31. Ferdholm BB (1985). On the mechanism of action of theophylline and caffeine. *Acta Med Scand* 217: 149-153.
  32. Ferrauti A, Weber K, Struder HK (1997). Metabolic and ergogenic effects of carbohydrate and caffeine. *J Sports Med Phys Fitness* 37: 258-66.
  33. Fillmore CM, Bartoli L, Bach R, Park Y (1999). Nutrition and dietary supplements. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 10: 673-703.
  34. Fisher SM, McMurray RG, Berry M, Mar MH, Forsythe WA (1986). Influence of caffeine on exercise performance in habitual caffeine users. *In J Sports Med* 7: 276-80.
  35. Flinn S, Gregory J, Mcnaughton LR, Tristram S, Davies P (1990). Caffeine ingestion prior to incremental cycling to exhaustion in recreational cyclists. *Int J Sports Med* 11: 188-93.
  36. Gaesser GA. & Rich RG (1985). Influence of caffeine on blood lactate response during incremental exercise. *Int J Sports Med* 6: 207-11.
  37. George AJ (2000). Central nervous system stimulants. *Baillieres Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 14: 79-88.
  38. Goabduff T, Dreano Y, Guilois B, Menez JF, Berthou F (1996). Induction of liver and kidney CYP 1A1/1A2 by caffeine in rat. *Biochem Pharmacol* 52: 1915-9.
  39. Graham TE (2001). Caffeine, coffee and ephedrine: impact on exercise performance and metabolism. *Can J Appl Physiol* 26 (suppl): 103S-19S.
  40. Graham TE (2001). Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Med* 31: 785-807.
  41. Graham TE, Helge JW, Maclean DA, Kiens B, Richter EA (2000). Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise. *J Physiol* 15: 837-47.
  42. Graham TE, Hibbert E, Sathasivam P (1998). Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol* 85: 883-9.
  43. Graham TE, Rush JW, Van Soeren MH (1994). Caffeine and exercise: metabolism and performance. *Can J Appl Physiol* 19: 111-38.
  44. Graham TE & Spriet LL (1991). Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 71: 2292-8.
  45. Graham TE & Spriet LL (1995). Metabolic, catecholamine and exercise performance responses to varying doses of caffeine. *J Appl Physiol* 78: 867-74.
  46. Greer F, Friars D, Graham TE (2000). Comparison of caffeine and theophylline ingestion: exercise metabolism and endurance. *J Appl Physiol* 89: 1837-44.
  47. Hunter AM, St Clair Gibson A, Collins M, Lambert M, Noakes TD (2002). Caffeine ingestion does not alter performance during a 100-km cycling time-trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 12: 438-52.
  48. Ivy JL, Costill DL, Fink WJ, Lower RW (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 11: 6-11.
  49. Jacobson BH & Kulling FA (1989). Health and ergogenic effects of caffeine. *Br J Sports Med* 23: 34-40.
  50. Jeukendrup AE & Jentjens R (2000). Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise. *Sports Med* 29: 407-426.
  51. Jeukendrup AE & Martin J (2001). Improving cycling performance: how should we spend our time and money. *Sports Med* 31: 559-69.
  52. Juhn MS (2002). Ergogenic aids in aerobic activity. *Curr Sports Med Rep* 1: 233-8.
  53. Juhn MS (2003). Popular sports supplements and ergogenic aids. *Sports Med* 33: 921-39.
  54. Kalow W & Tang B (1993). The use of caffeine for enzymatic assays: A critical appraisal. *Clin Pharmacol Ther* 53: 503-14.
  55. Kaminsky LA, Martin CA, Whaley MH (1998). Caffeine consumption habits do not influence the exercise blood pressure response following caffeine ingestion. *J Sports Med Phys Fitness* 38: 53-8.
  56. Kovacs EM, Stegen JHCH, Brouns F (1998). Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol* 85: 709-15.
  57. Laurent D, Schneider KE, Prusaczyk WK, Franklin C, Vogel SM, Krssak M, Petersen KF, Goforth HW, Shulman GI (2000). Effects of caffeine on muscle glycogen utilization and the neuroendocrine axis during exercise. *J Clin Endocrinol Metab* 85: 2167-69.
  58. MacIntoshi BR & Wright BM (1995). Caffeine ingestion and performance of a 1.500 meter swim. *Can J Appl Physiol*

- 20: 168-77.
59. McNaughton LR (1986). The influence of caffeine ingestion on incremental treadmill running. *Br J Sports Med* 20: 109-12.
  60. Maughan RJ (1999). Nutritional ergogenic aids and exercise performance. *Nutr Res Rev* 12: 255-280.
  61. Maughan R (2002). The athlete's diet: nutritional goals and dietary strategies. *Proc Nutr Soc* 61: 87-96.
  62. Motl RW, O'Connor PJ, Dishman RK (2003). Effect of caffeine on perceptions of leg muscle pain during moderate intensity cycling exercise. *J Pain* 4: 316-21.
  63. Paluska SA (2003). Caffeine and exercise. *Curr Sports Med Rep* 2: 213-9.
  64. Pasman WJ, Van Baak MA, Jeukendrup AE, De Haan A (1995). The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med* 16: 225-30.
  65. Paula Filho U, Rodrigues LOC (1985). Estudo do efeito da cafeína em diferentes níveis de exercício. *Braz J Sci Sports* 6: 139-46.
  66. Pipe A & Ayotte C (2002). Nutritional supplements and doping. *Clin J Sport Med* 2002 12: 245-9.
  67. Powers SK, Byrd RJ, Tulley R, Callender T (1983). Effects of caffeine ingestion on metabolism and performance during graded exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 50: 301-7.
  68. Rachima-Maoz C, Peleg E, Rosenthal T (1998). The effects of caffeine on ambulatory blood pressure in hypertensive patients. *Am J Hypertens* 11: 1426-32.
  69. Rehrer NJ (2001). Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med* 31: 701-15.
  70. Rodrigues LO, Russo AK, Silva AC, Picarot IC, Silva FR, Zogaib PS, Soares DD (1990). Effects of caffeine on the rate of perceived exertion. *Braz J Med Biol Res* 23: 965-8.
  71. Rogers CC (1985). Caffeine. *Sports Med* 13: 38-40.
  72. Roy B, Tarnopolsky M, Macdougall JD, Hicks A (1994). Caffeine and neuromuscular fatigue in endurance athletes. *Can J Appl Physiol* 19: S41.
  73. Ryu S, Choi SK, Joung SS, Suh H, Cha YS, Lee S, Lim K (2001). Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *J Nutr Sci Vitaminol* 47: 139-46.
  74. Sasaki H, Maeda J, Usui S, Ishiko T (1987). Effect of caffeine ingestion on performance of prolonged strenuous running. *Int J Sports Med* 8: 261-5.
  75. Sasaki H, Takaoka I, Ishiko I (1987). Effect of sucrose or caffeine ingestion on running performance and biochemical responses to of endurance running. *Int J Sports Med* 8: 203-7.
  76. Sinclair CJD & Geiger JD (2000). Caffeine use in sport: a pharmacological review. *J Sports Med Phys Fitness* 40: 71-9.
  77. Spriet LL (1995). Caffeine and performance. *Int J Sports Nutr* 5: 84-99.
  78. Spriet LL & Gibala MJ (2004). Nutritional strategies to influence adaptations to training. *Sports Sci* 22: 127-41.
  79. Spriet LL, Maclean DA, Dyck DJ, Hultman E, Cederblad G, Graham TE (1992). Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *Am J Physiol* 262: E891-8.
  80. Stephenson PE (1977). Physiologic and psychotropic effects of caffeine on man. *J Am Diet Assoc* 71: 240-7.
  81. Tarnopolsky MA (1994). Caffeine and endurance performance. *Sports Med* 18: 109-25.
  82. Tarnopolsky MA, Atkinson SA, Macdougall JD, Sale DG, Sutton JR (1989). Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users. *Med Sci Sports Exerc* 21: 418-24.
  83. Trice I & Haymes EM (1995). Effects of caffeine ingestion on exercise induced changes during high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sports Nutr* 5: 37-44.
  84. Van Baak MA & Saris WHM (2000). The effect of caffeine on endurance performance after nonselective  $\beta$ -adrenergic blockade. *Med Sci Sports Exerc* 32: 499-503.
  85. Van Nieuwenhoven MA, Brummer RJM, Brouns F (2000). Gastrointestinal function during exercise: comparison of water, sport drink, and sports drink with caffeine. *J Appl Physiol* 89: 1079-85.
  86. Van Soeren MH & Graham TE (1998). Effects on metabolism, exercise endurance and catecholamine responses after withdrawal. *J Appl Physiol* 85: 1493-501.
  87. Van Soeren MH, Sathasivam P, Spriet LL, Graham TE (1993). Caffeine metabolism and epinephrine responses during exercise in users and non-users. *J Appl Physiol* 75: 805-12.
  88. Vanakoski J, Kosunen V, Meririnne E, Seppala T (1998). Creatine and caffeine in anaerobic and aerobic exercise: effects on physical performance and pharmacokinetic considerations. *Int J Clin Pharmacol Ther* 36: 258-62.
  89. Wang Y, Lau CE (1998). Caffeine has similar pharmacokinetics and behavioral effects via the i.p. and p.o. routes of administration. *Pharmacol Biochem Behav* 60: 271-78.
  90. Wemple RD, Lamb DR, Bronstein AC (1994). Caffeine ingested in a fluid replacement beverage during prolonged exercise does not cause diuresis. *Med Sci Sports Exerc* 26 (suppl): S204.
  91. Wemple RD, Lamb DR, Mckeever KH (1997). Caffeine vs caffeine-free sports drinks: effects on urine production at rest and during prolonged exercise. *Int J Sports Med* 18: 40-6.
  92. Yamada Y, Nakazato Y, Ohga A (1989). The mode of action of caffeine on catecholamine release from perfused adrenal glands of cat. *Br J Pharmacol* 98: 351-6.
  93. World Anti Doping Agency (WADA) (2004). Capturado em 30 mar. *On line*. Disponível via Internet <http://www.wada-ama.org/en/t1.asp>.

# Efeitos da ingestão dos aminoácidos de cadeia ramificada na fadiga central

Paulo Armada-da-Silva  
Francisco Alves

Universidade Técnica de Lisboa  
Faculdade de Motricidade Humana  
Portugal

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.102>

## RESUMO

A descoberta de alterações na actividade e concentração intracéfálica de alguns neurotransmissores, nomeadamente a serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT), durante e após o exercício intenso de longa duração, colocou a questão da relação entre o conhecido efeito depressor destes compostos e o controlo metabólico em esforço de dominante aeróbia. A perturbação do funcionamento dos sistemas monoaminérgicos encefálicos induzida pelo exercício pode estar na base do impedimento à continuação da activação central do sistema neuromuscular em situações próximas do limite, tão habituais no atleta de fundo quando em competição. Ora, sabe-se que a taxa de síntese da 5-HT é sensível à concentração plasmática do triptofano (TRP) livre, dos aminoácidos de cadeia ramificada (AACR) e dos ácidos gordos, o que permitirá a manipulação da função serotoninérgica indirectamente através da suplementação de AACR e de hidratos de carbono. A exploração da intervenção dietética ganhou importância devido à probabilidade da suplementação em AACR induzir uma redução da taxa de passagem dos precursores da 5-HT pela barreira hemato-encefálica. É nosso objectivo neste trabalho discutir a eficácia da intervenção dietética sobre os mecanismos subjacentes ao fenómeno da fadiga central a partir da apreciação do quadro actual de conhecimentos sobre estes complexos mecanismos de regulação metabólica e neuro-humoral.

*Palavras-chave:* fadiga central, aminoácidos de cadeia ramificada, serotonina.

## ABSTRACT

*The role of branched chain amino acids supplementation on central fatigue.*

*Evidence of changes in the concentration of certain neurotransmitters in the brain during and after long distance high-intensity exercise, especially serotonin (5-hydroxytryptamine, 5-HT), raised the question of the relationship between the well known depressor effect of these compounds and the metabolic and neuro-hormonal regulation present in the acute response to this type of physical exertion. Functional disturbance of the brain monoaminergic systems induced may be the reason for the inability to maintain central activation of muscle in near the limit situations as happens so often to long distance athletes in competition. Since it is well known that the rate of synthesis of 5-HT is sensitive to the plasma content in free tryptophan (TRP), branched-chain amino acids (BCAA) and free fatty acids, it has been postulated that an increase in free fatty acids during and after endurance exercise mediates an increment of free TRP which, in combination with a decline of circulating BCAA, facilitates the entry of TRP into the brain, there by increasing cerebral serotonergic tone. This way, supplementation with BCAAs and/or carbohydrates during exercise becomes an interesting procedure to explore, since it may reduce the rate of penetration of 5-HT precursors through the blood-brain barrier. The aim of this review is to discuss the efficacy of nutritional strategies on the mechanisms underlying central fatigue from present knowledge on the complex metabolic and neurohumoral regulation mechanisms.*

*Key Words:* central fatigue, branched-chain amino acids, serotonin.

## INTRODUÇÃO

O termo fadiga designa a redução da capacidade do músculo em produzir força e desenvolver potência. Para além das alterações objectivas, a fadiga muscular ocorre também associada a manifestações subjectivas, como o aumento da percepção de esforço dissociado de variações da intensidade de exercício. A fadiga durante o exercício físico é um fenómeno complexo cujas causas parecem depender do tipo de esforço, existindo algum consenso actualmente na distinção entre esforços curtos e intensos, por um lado, e esforços prolongados, por outro. Em esforços curtos e de intensidade máxima ou supra-máxima, o decréscimo da produção de trabalho muscular está grandemente associado a factores intramusculares, tais como redução do pH muscular, aumento da concentração do fosfato inorgânico no interior da fibra muscular, ou falha na libertação sarcoplásmica de  $\text{Ca}^{2+}$  [43]. No caso dos esforços prolongados, porém, as alterações contrácteis do músculo esquelético parecem não ser acentuadas [42, 44, 56], o que sugere que outros factores, designadamente factores metabólicos tais como a redução acentuada de substratos para o metabolismo energético ou a ocorrência de hipoglicémia, poderão estar na origem do surgimento da fadiga muscular [15, 34]. Na década de sessenta do passado século, o uso da biópsia muscular para estudo do metabolismo muscular durante o exercício veio confirmar o papel essencial desempenhado pelo glicogénio muscular na capacidade de realização de exercício [15, 16, 51]. Num estudo muito influente, Bergström et al. [15] demonstraram com clareza o aumento da capacidade de realização de exercício de intensidade moderada em virtude de uma dieta rica em hidratos de carbono, quando comparada a uma dieta mais rica em gorduras, efeito que foi explicado pelo aumento da quantidade de glicogénio em reserva no músculo esquelético. Os resultados obtidos neste estudo, e que vieram a ser comprovados por investigações posteriores, colocaram a depleção do glicogénio muscular como a mais provável causa de fadiga em esforços longos (> 2 h) e de intensidade moderada (60-80%  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) [34]. A diminuição da taxa de degradação e utilização do glicogénio muscular passou também a servir de explicação para o efeito positivo na resistência à fadiga da ingestão de hidratos

de carbono antes e durante o exercício [33], assim como para a acção ergogénica de algumas substâncias, em particular a cafeína [32]. Contudo, a relação entre fadiga em esforços de longa duração e a utilização das reservas de glicogénio muscular não é inequívoca [42]. Mais recentemente foi proposta uma explicação alternativa, que enfatiza o papel do sistema nervoso central (SNC) como causa de fadiga em esforços de longa duração. De acordo com a designada hipótese da fadiga central de Newsholme e colaboradores [70, 71], a fadiga é o resultado do aumento da libertação cerebral de serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT), que tem como causa factores metabólicos que levam ao aumento da incorporação cerebral do seu precursor, o aminoácido essencial triptofano (TRP). De acordo com esta hipótese, a actividade serotoninérgica cerebral é afectada pela duração do exercício, daí resultando dificuldade em manter a activação das áreas motoras cerebrais e a excitação muscular, às quais se associa também, directa ou indirectamente, o aumento da percepção subjectiva do esforço. Várias abordagens experimentais têm sido seguidas na tentativa de demonstrar o papel da 5-HT na génese da fadiga durante exercício prolongado. Em humanos, uma boa parte da investigação tem recorrido à ingestão de aminoácidos de cadeia ramificada (AACR, leucina, valina, isoleucina), na tentativa de compensar as modificações metabólicas originadas pelo exercício e causadoras do aumento da quantidade de 5-HT cerebral e, deste modo, comprovar a associação entre 5-HT e fadiga [80, 81]. No âmbito desportivo, esta hipótese sugere que a ingestão de AACR antes e durante o exercício poderá beneficiar o desempenho competitivo em provas longas. Interessa assim conhecer qual o fundamento científico para a pressuposta eficácia desta estratégia ergogénica nutritiva e lícita. Esta curta revisão tem com objectivo sintetizar os principais resultados obtidos na investigação do papel desempenhado pelas vias serotoninérgicas na indução da fadiga em esforços prolongados que tem vindo a ser realizada nos últimos anos. Feita esta síntese, procurar-se-á avaliar qual a legitimidade, de um ponto de vista da evidência científica, no aconselhar a ingestão de AACR previamente ao exercício como forma de melhorar o desempenho desportivo.

## AUMENTO DA SEROTONINA CEREBRAL COMO CAUSA DE FADIGA

Nos últimos anos, o interesse sobre o papel desempenhado pelas vias monoaminérgicas, em particular as vias da 5-HT, na génese da fadiga em exercícios prolongados, tem vindo a crescer. A 5-HT, um dos principais neurotransmissores do sistema nervoso central, é fundamental para o normal funcionamento cerebral, participando na regulação de um conjunto vasto de funções biológicas através de uma acção de equilíbrio da neurotransmissão e da neuromodulação (ver Azmitia [7], e Struder e Weicker [80, 81]). O papel regulador da 5-HT sobre a generalidade das funções cerebrais, sobretudo no que respeita à regulação do ciclo sono-vigília, à modulação da dor e à regulação da actividade motora [53], torna plausível um papel directo nos factores centrais de fadiga [70, 71].

A taxa de síntese de 5-HT é regulada pela actividade da enzima triptofano hidroxilase que, ao contrário das enzimas de síntese das outras monoaminas, não se encontra em saturação, de modo que a taxa de síntese da 5-HT varia de acordo com a concentração plasmática de TRP [93]. O teor do TRP cerebral depende da taxa com que este aminoácido atravessa o endotélio dos vasos cerebrais por intermédio do sistema de transporte dos aminoácidos neutros, sendo assim variável de acordo com a concentração da fracção livre do TRP (TRP livre) e da concentração plasmática dos aminoácidos que partilham o mesmo sistema de transporte de membrana [57]. A proporção do TRP livre face ao TRP plasmático total (TRP total) depende, por seu lado, da concentração plasmática de ácidos gordos. Os ácidos gordos no plasma unem-se em parte à albumina, deslocando o TRP, fazendo aumentar a quantidade de TRP livre [35, 40]. Durante o exercício, a razão TRP livre/TRP total eleva-se em virtude do aumento progressivo da quantidade de ácidos gordos não esterificados em circulação. Os valores observados por Blomstrand et al. [17] em fundistas após corrida uma maratona traçaram, a este respeito, um quadro claro das alterações destes parâmetros: a concentração de ácidos gordos quadruplicou, a quantidade de TRP livre cresceu duas vezes e meia e a proporção do TRP livre face ao TRP total aumentou de 16% para 50%. Entre os aminoácidos que partilham o transportador de membrana com o TRP incluem-se os AACR.

Assim, a razão TRP/AACR é outro potencial determinante da acumulação cerebral de TRP e, consequentemente, da síntese de 5-HT. Durante o exercício prolongado, o teor plasmático dos AACR tende a diminuir pelo aumento da taxa de entrada no músculo esquelético, criando-se, assim, condições de ocorrência da subida do valor do quociente TRP/AACR e do aumento da taxa de transporte do TRP através da barreira hemato-encefálica [2]. Dado que factores metabólicos sistémicos, como as concentrações plasmáticas de TRP, de outros aminoácidos e de ácidos gordos, alteram a síntese da 5-HT, é possível modificar a actividade serotoninérgica cerebral pela ingestão de precursores da 5-HT, designadamente do TRP, ou de outros aminoácidos, particularmente os AACR [18, 20, 22, 25, 83]. Diversos estudos mostram que variações do aporte alimentar de TRP [5, 38], ou do teor plasmático deste aminoácido [30], afectam a actividade serotoninérgica cerebral. No caso do exercício prolongado, porém, os dados são escassos. van Hall e colaboradores [83] verificaram que a ingestão de TRP em quantidade suficiente para aumentar entre 7 a 20 vezes a sua concentração cerebral não afectou a capacidade de exercício durante um teste em cicloergómetro, a uma intensidade de 70-75% do pico de potência e numa amostra constituída por indivíduos treinados. Estudos em animais, porém, indicam que a concentração plasmática de TRP pode condicionar o desempenho físico. Num estudo realizado em cavalos, verificou-se redução significativa na resistência dos animais ao esforço após ingestão de TRP, mesmo quando associada à ingestão de glucose [41]. Por outro lado, um estudo realizado em ratos albuminémicos, os quais apresentam uma elevação do teor de TRP livre, parece validar a hipótese da fadiga central [91, 92]. Nestes animais, a inibição do transportador do TRP aumentou substancialmente a resistência à fadiga, efeito que esteve associado à diminuição da penetração do TRP e do 5-hidroxitriptofano (5-HTP) nas terminações serotoninérgicas do corpo estriado [92]. No homem existem algumas evidências indirectas indicadoras de existência de relação entre as alterações metabólicas referidas e o aumento da fadigabilidade que se ajustam ao modelo da fadiga central. Por exemplo, valores aumentados de concentração plasmática de TRP e da razão TRP/AACR são

usuais em pacientes com o síndrome de fadiga crónica [26], assim como em estados pós-operatórios [91], o que sugere o envolvimento da 5-HT nos sintomas de fadiga que acompanham estas situações. A acção do TRP sobre a síntese e libertação de 5-HT parece depender do estado metabólico, com aumento do seu efeito após jejum prolongado [30], provavelmente devido à maior actividade lipolítica e/ou à acção das catecolaminas no transporte do TRP para o interior do sistema nervoso central [29]. Através de microdialise, Meeusen et al. [66] verificaram um aumento da libertação de 5-HT na região do hipocampo (terminais serotoninérgicos) em ratos em privação alimentar e após a ingestão de TRP. Para além deste efeito na libertação basal de 5-HT, o aporte alimentar de TRP potenciou ainda a libertação daquele neurotransmissor durante o exercício [66]. Algumas das contradições encontradas entre estudos, no que respeita ao efeito da ingestão do TRP na actividade das vias da 5-HT cerebrais e na fadiga ao exercício, poderão ser devidas ao uso de diferentes protocolos experimentais, com variação no número de horas de jejum ou no controlo da dieta nos dias anteriores aos ensaios experimentais. Acrescenta-se a este conjunto de limitações experimentais o facto da interpretação dos resultados obtidos com a ingestão de TRP dever ter em consideração a inexistência de relação directa entre a taxa de síntese de 5-HT e a taxa da sua libertação sináptica, dada a presença de autoreceptores serotoninérgicos no soma neuronal [14]. Por outro lado, há alguma indicação da possibilidade de alteração pelo exercício do controlo exercido pelo TRP sobre a síntese de 5-HT [28], possivelmente por inibição da actividade da triptofano hidroxilase [30], pelo que a relação entre o teor de TRP plasmático e a taxa de síntese de 5-HT, existente em repouso, pode não ser válida no caso do exercício. É possível, também, que a activação da enzima monoamina oxidase acompanhe o aumento da síntese de 5-HT estimulada pela maior concentração intra-neuronal de TRP, daí resultando aumento da taxa de degradação da 5-HT [63]. Em resumo, não é possível concluir sobre qual o papel da 5-HT na fadiga ao exercício com base em estudos de ingestão de TRP, dado a incerteza quanto ao efeito da maior quantidade de TRP cerebral na libertação de 5-HT durante o exercício.

Outro dos métodos para investigar o papel desempenhado pela 5-HT na fadiga durante exercício físico de longa duração consiste na utilização de fármacos com acção na actividade da 5-HT. Os resultados deste tipo de investigação são igualmente inconclusivos mas, pelo menos em modelos animais, sugerem que o aumento da quantidade cerebral de 5-HT induz fadiga [4, 8-10]. Em roedores, a fadiga deu-se de modo mais rápido após a administração de quipazina dimaleato, um agonista genérico da 5-HT, e de m-clorofenil-piperazina, um agonista dos receptores 5-HT<sub>1C</sub>, tendo o efeito negativo da quipazina dimaleato sido abolido por inibição dos receptores serotoninérgicos 5-HT<sub>1C</sub> e 5-HT<sub>2</sub> [9]. Neste estudo foi ainda observada uma redução durante o exercício das concentrações cerebrais de dopamina e do seu catabolito, o ácido 3,4-dihidroxifenilacético, sugerindo que a relação entre 5-HT e fadiga possa ser devida à interacção dos dois neurotransmissores. Ao contrário do verificado para os receptores 5-HT<sub>1C</sub> e 5-HT<sub>2</sub>, a activação dos receptores 5-HT<sub>1A</sub> pelo agonista 8-OHDPAT [8-hidroxi-2-(di-n-propilamina)tetralina] não produziu alteração no comportamento motor dos ratos, ou no nível de fadiga durante corrida em passadeira rolante [52]. Porém, estudos mais recentes indicam que a estimulação farmacológica dos receptores 5-HT<sub>1A</sub> afecta a resistência do rato à fadiga, mas com efeitos contrários de acordo com a dose utilizada [4]. A administração de 8-OHDPAT em doses baixas (0.1 mg/kg) parece aumentar a capacidade de corrida em tapete rolante no rato, enquanto doses mais elevadas do fármaco (0.2-0.8 mg/kg) produzem efeito contrário [4]. No homem, a administração de diferentes tipos de fármacos com acção nas vias da 5-HT tem produzido efeitos ambivalentes sobre o desempenho físico. Num estudo envolvendo exercício em cicloergómetro (~80 % VO<sub>2máx</sub>) até ao ponto de exaustão, a administração de um agonista parcial dos receptores 5-HT<sub>1A</sub>, a buspirona, reduziu em cerca de dois terços o tempo de exercício e elevou a percepção subjectiva de esforço ao longo do ensaio [64]. Contudo, a buspirona é um antagonista parcial dos receptores D<sub>2</sub> dopaminérgicos, de onde o seu efeito negativo sobre a capacidade de exercício poderá ser explicado pela acção sobre a neurotransmissão dopaminérgica. Noutros estudos foram utilizadas a paroxetina [79,

90] e a fluoxetina [68], inibidores da recaptação da serotonina. Studer et al. [79] e Wilson et al. [90], em dois estudos separados, verificaram um aumento da fadiga durante exercício prolongado, devido à administração de paroxetina (20 mg). Meeusen et al. [68], porém, não observaram diferenças nas prestações de um contra-relógio (duração média de 90 min), em virtude da administração de fluoxetina. Este grupo já anteriormente reportara que administração de um inibidor da 5-HT (ritanserina) não tinha afectado a capacidade de realização em cicloergómetro de exercício de intensidade moderada (65% do pico de potência) [67].

É possível que diferenças no nível de treino dos sujeitos que compõem as amostras possa, pelo menos em parte, explicar as conclusões diferentes encontradas a que chegaram os estudos anteriores. O treino pode ter como efeito reduzir a sensibilidade das vias da 5-HT e, assim, atenuar o efeito negativo sobre a capacidade de exercício do aumento da síntese e libertação de 5-HT. Esta assumpção é apoiada por resultados experimentais, os quais revelam que indivíduos treinados apresentam menor libertação de prolactina em resposta à buspirona, observação compatível com a diminuição do número ou da actividade dos receptores 5-HT<sub>1A</sub> pós-sinápticos [54, 89]. A hipótese do treino reduzir a sensibilidade serotoninérgica é, porém, contrariada por um outro estudo, no qual não se observaram diferenças entre indivíduos treinados e sedentários na resposta endócrina consequente à administração de d-fenfluramina, fármaco que aumenta libertação de 5-HT e inibe a sua recaptação neuronal [76]. Evidências experimentais mais recentes parecem também indicar que o treino físico é incapaz de produzir adaptações na actividade serotoninérgica cerebral [39]. Neste último estudo, verificou-se que um período de treino de 9 semanas (3 x 30 min a 70% do VO<sub>2máx</sub> em ciclo-ergómetro, por semana) não produziu alteração na magnitude da resposta da prolactina a um teste de provocação com buspirona, apesar de ganhos substanciais na potência aeróbia máxima, em virtude do programa de treino aplicado [39]. A análise dos resultados individuais mostra, contudo, que em cerca de um quarto dos sujeitos da amostra foi evidente a atenuação da resposta endócrina após o treino [39], o que sugere que as adaptações nas

vias da 5-HT dependem grandemente de variações inter-individuais. Permanece, ainda, o problema da selectividade parcial da buspirona, que impossibilita saber se as alterações da resposta hormonal são devidas à diminuição da sensibilidade das vias da 5-HT ou ao aumento da actividade dopaminérgica [24]. Simultaneamente, continua a dúvida muito comum neste tipo de indagações: existindo uma menor sensibilidade dos receptores pós-sinápticos da 5-HT em atletas, será isso o produto do treino a que foram sujeitos ao longo de vários anos ou, antes, tratar-se-á de um fenómeno de selecção prévia proveniente da associação desta característica com o sucesso competitivo e a capacidade específica para o desempenho aeróbio.

Embora parte da investigação nesta área indique haver redução da tolerância ao exercício por indução farmacológica da actividade serotoninérgica cerebral, isto não implica, necessariamente, que em condições fisiológicas a fadiga seja originada pelo aumento da 5-HT. Nos estudos farmacológicos há a considerar a selectividade do fármaco, bem como os efeitos secundários. Por outro lado, há que atender que o resultado da acção do fármaco pode não ser compatível com as alterações fisiológicas. É difícil saber, em particular no homem, qual a concordância entre o aumento da quantidade de 5-HT cerebral resultante do exercício prolongado e aquele que é o resultado da acção dos fármacos.

#### **EFEITOS FÍSICOS E PSICOLÓGICOS DA INGESTÃO DE AMINOÁCIDOS DE CADEIA RAMIFICADA**

Durante o exercício há aumento da entrada de AACR para o músculo, que é acompanhado de ligeira diminuição do teor destes aminoácidos no plasma sanguíneo. Valores medidos antes e após concluída uma maratona, revelam um decréscimo de ~20% da concentração plasmática de AACR (de 470 µmol/l para 380 µmol/l), enquanto que após 90 minutos de exercícios militares essa variação foi de 540 para 410 µmol/l [17], correspondendo a uma diminuição da concentração plasmática de 20 a 25%. Certos estudos laboratoriais mostram, igualmente, haver ligeira descida do teor plasmático dos AACR ao longo do exercício [78, 83]. Numa prova em cicloergómetro até à exaustão, realizada a uma intensidade de 70-75% da potência máxima, a concentração sanguínea

dos AACR baixou de 442 para 380  $\mu\text{mol/l}$  [83], enquanto Struder et al. [78] observaram uma descida de 25% da quantidade plasmática de AACR em tenistas após quatro horas de actividade. Contudo, nem sempre é observada a descida da concentração plasmática de AACR em resultado do exercício. Numa prova de corrida, com uma duração de 60 minutos a 75% do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , os teores plasmáticos de AACR não sofreram alteração, mesmo tendo os sujeitos iniciado a prova em jejum e com acentuada depleção do glicogénio muscular [94], sugerindo que esforços de intensidade moderada a elevada mas de duração não superior a uma hora, não alteram a concentração plasmática destes aminoácidos. No entanto, nem sempre existe diminuição do teor de AACR em circulação, em esforços com duração superior a uma hora [49, 59]. Uma análise a 25 aminoácidos mostrou que a concentração plasmática de leucina não sofreu alteração após a realização de um ultra-triatlo, embora tenha havido diminuição da concentração sanguínea em 18 dos 25 aminoácidos doseados [59]. Graham et al. [49] verificaram, igualmente, que a concentração plasmática de AACR se manteve estável durante as três horas de realização de um exercício de extensão do joelho a 60% da potência máxima, tanto em indivíduos treinados como em sujeitos sedentários, embora neste caso haja a considerar a reduzida massa muscular envolvida no exercício. Embora a descida da concentração plasmática de AACR associada ao exercício seja relativamente baixa, ou mesmo inexistente, particularmente em atletas de nível elevado de preparação, por redução da taxa de oxidação de leucina [65], ela associa-se ao aumento da concentração do TRP livre, decorrente da subida do teor de ácidos gordos livres em circulação [27, 94], resultando na descida do quociente TRP/AACR [17, 74, 77, 82, 94]. É possível, assim, que a ingestão de AACR, ao contrariar a subida do quociente TRP/AACR, previna ou retarde a fadiga central. Até à data, no entanto, os resultados da investigação não provam de forma categórica o efeito benéfico no rendimento físico da ingestão de AACR no período que antecede o exercício. O efeito da ingestão de AACR no desempenho mental e físico foi avaliado em provas de corrida de 30 km e 42.2 km (maratona) por Blomstrand et al.

[18]. Neste estudo, a ingestão de AACR elevou a sua concentração plasmática para valores superiores aos observados antes de iniciado o exercício e, em resultado, verificou-se melhoria no desempenho cognitivo após os 30 km de corrida. No que toca à prestação na prova de maratona, porém, não houve efeito significativo da ingestão de AACR, exceptuando num subgrupo de atletas, nos quais a ingestão de AACR melhorou os tempos de corrida. Em face destes resultados, os autores concluíram que a ingestão de AACR tem acção positiva no desempenho motor e cognitivo. Mais recentemente, Blomstrand et al. [22] verificaram que a ingestão de AACR melhorou a percepção subjectiva do esforço sem alterar, no entanto, o desempenho motor. As conclusões de Blomstrand e colaboradores de que a ingestão de AACR contraria a fadiga central, com base nos resultados citados acima [1], tem motivado fortes críticas, dado que o estudo apresenta importantes falhas metodológicas, tais como ausência de controlo sobre os alimentos e líquidos ingeridos durante a prova pelos sujeitos da amostra e inexistência de um critério claro que tenha presidido à selecção do subgrupo da amostra no qual foi observado um efeito positivo da ingestão de AACR, levantando a suspeita de que se possa tratar de um resultado espúrio. Diversos estudos mostram a inexistência de relação entre a concentração plasmática de AACR e a razão TRP livre/AACR e a percepção subjectiva de esforço [78] ou a fadiga durante exercício prolongado [62, 73, 74, 83]. van Hall et al. [83] avaliaram em atletas o efeito da ingestão de TRP (3.9 g) e de AACR (7.8 g e 23.4 g) na capacidade de exercício. Os resultados indicam que nenhum dos produtos ingeridos alterou a resistência à fadiga, quando o seu efeito foi comparado ao da ingestão de glucose. Estes resultados são semelhantes aos de um outro estudo, onde foram avaliados os efeitos da ingestão de glucose e de glucose mais AACR no desempenho de um contra-relógio de 100 km em cicloergómetro [62], e onde se verificou que os tempos gastos para completar os 100 km do contra-relógio foram semelhantes em todos os ensaios experimentais, independentemente da menor glicemia verificada na sessão placebo. Neste caso a ingestão de AACR traduziu-se na descida do valor do quociente TRP/AACR, mas sem que

isso tenha tido efeito no resultado do contra-relógio. O facto da ingestão de glucose não ter, neste último estudo, melhorado o desempenho do contra-relógio, contrasta com aquilo que é aceite como acção da ingestão de glucose na prestação física em esforços de duração acima de 1 hora [33, 34]. Na verdade, num estudo com um protocolo de exercício também de contra-relógio de 100 km em ciclo-ergómetro, a ingestão de glucose durante o exercício melhorou o desempenho [6]. A análise dos resultados individuais parece mostrar, no entanto, que o benefício da ingestão de glúcidos foi particularmente notório nos atletas com piores prestações [6].

É possível que o efeito da ingestão de AACR seja mais pronunciado quando o exercício é realizado em condições ambientais mais difíceis, particularmente em temperaturas ambientes elevadas. Mittleman et al. [69] verificaram que a ingestão de AACR melhorou o tempo até à exaustão em cerca de 14%, num exercício em cicloergómetro a uma intensidade de 40%  $VO_{2máx}$ , realizado sob uma temperatura ambiente de  $\sim 34^{\circ}C$ , tendo este efeito sido observado em ambos os sexos. O interesse nestes resultados, porém, é condicionado pela baixa intensidade do exercício e pela baixa condição física dos sujeitos constituintes da amostra. Num estudo recente, a taxa de transferência de TRP entre a corrente sanguínea e o cérebro foi medida durante exercício no calor [72], tendo sido verificado não existir relação entre o aumento da percepção subjectiva de esforço e o balanço cerebral do TRP.

Outra proposta é que a ingestão de AACR é particularmente benéfica em exercício intervalado [77]. Esta hipótese foi testada, tendo-se chegado à conclusão que a ingestão de bebidas com glucose, numa concentração de 6% e 18%, aumentou a resistência à fadiga, mas que a adição de AACR (7 g às soluções referidas) não trouxe efeitos adicionais [36], o que está de acordo com os resultados de outros estudos [21, 25].

Em resumo, os trabalhos laboratoriais, onde existe maior controlo sobre as variáveis em estudo, parecem demonstrar que a ingestão de AACR não tem efeito sobre a resistência à fadiga, contrariando as observações iniciais de Blomstrand et al. [19, 21]. Atendendo aos resultados dos estudos apresentados, a adição de AACR a soluções glucídicas não

resulta num maior benefício, particularmente em atletas com nível elevado de treino. Por outro lado, a suplementação sistemática em aminoácidos pode trazer consequências que não são totalmente conhecidas. Por exemplo, Colombani et al. [31] registaram uma descida no teor plasmático total de aminoácidos durante uma corrida de maratona após um período de catorze dias de suplementação em aspartato de arginina. Perante estes resultados e depois de terem observado que o período de suplementação não trouxe nenhum benefício aparente nos parâmetros metabólicos durante a corrida, os autores concluíram haver motivo para uma reavaliação crítica quanto à prática de suplementação em aminoácidos como forma de melhorar o desempenho físico. Alguns dos potenciais efeitos da ingestão de AACR sobre o metabolismo muscular, serão seguidamente abordados.

#### **METABOLISMO MUSCULAR DOS AACR DURANTE O EXERCÍCIO**

Os AACR integram várias reacções metabólicas musculares, que em grande parte envolvem transferências do grupo amina entre a alanina, o glutamato e a glutamina e cuja velocidade aumenta em resposta à contracção muscular [3, 55]. Durante o exercício aeróbio, com intensidade entre os 40 e 70% do  $VO_{2máx}$ , as concentrações intramusculares de glutamato e de alanina sofrem alterações importantes [48]. A concentração intramuscular do glutamato diminui em cerca de 50% nos primeiros 10 minutos da actividade muscular e mantém-se reduzida até à conclusão do exercício [88]. Este decréscimo rápido e acentuado da quantidade de glutamato existente no interior do músculo é devido, provavelmente, ao maior fluxo nas reacções que envolvem intermediários do ciclo de Krebs, e que aumentam a concentração destes últimos, num processo dito de anaplerose e que marca os momentos iniciais da contracção muscular [45].

Um das funções dos AACR é servirem de fonte para síntese de glutamato. A transferência do grupo amina dos AACR para o 2-oxoglutarato origina glutamato. Este, por sua vez, pode ser utilizado em duas reacções diferentes: 1) em reacção com o piruvato, sintetiza alanina e repõe o 2-oxoglutarato; 2) ao receber um grupo amina, forma glutamina [86,

87]. Nesta segunda reacção, o glutamato faz o tamponamento da amónia, sendo esta a principal via de extracção da amónia do interior do músculo durante o exercício [86]. Assim, o glutamato desempenha um papel *pivot* nas reacções com aminoácidos. Serve para atenuar o acréscimo da quantidade intramuscular de amónia, e a sua combinação com o piruvato expande a *pool* dos intermediários do ciclo de Krebs [85]. É possível que esta última função do glutamato seja prioritária para suportar uma elevada taxa de síntese oxidativa de ATP, podendo ser a principal função dos aminoácidos durante o exercício [88]. As reacções mencionadas em cima explicam as variações nas concentrações sanguíneas e intramusculares dos aminoácidos envolvidos. Ao longo do exercício dá-se o efluxo muscular de glutamina e de alanina, em proporção com a intensidade e duração do exercício [50]. Simultaneamente, a taxa de entrada no músculo de glutamato e dos AACR aumenta. Assim, os AACR servem de fonte de glutamato, bem como de substrato energético [88]. Durante o exercício, o catabolismo proteico e a transaminação dos AACR parecem ser as principais fontes para o aumento do glutamato intramuscular, em particular nos indivíduos bem treinados [49].

A transaminação dos AACR resulta na formação dos derivados oxo-ácidos dos AACR, os quais podem ser posteriormente oxidados no músculo através da reacção irreversível catalizada pela enzima desidrogenase dos oxo-ácidos de cadeia ramificada. O exercício aumenta a actividade deste complexo enzimático [55], efeito que é potenciado por um maior aporte alimentar de proteínas e pela redução da quantidade do glicogénio muscular [84]. Esta activação enzimática resulta numa taxa acrescida de oxidação dos oxo-ácidos de cadeia ramificada, assim como numa taxa acrescida de transaminação dos AACR e formação de glutamato, já que estas duas reacções funcionam conjugadas.

#### EVENTUAIS RISCOS DA INGESTÃO DE AACR

Tem sido avançada a hipótese de que a maior taxa de oxidação dos AACR pode contribuir para a fadiga muscular durante o exercício prolongado, por aquela implicar diminuição da concentração de componentes do ciclo de Krebs e poder desencadear falência da síntese oxidativa de ATP [75, 86]. Nos primeiros 5

minutos do exercício dá-se a expansão da *pool* de intermediários do ciclo de Krebs, com a reacção catalizada pela enzima alanina aminotransferase (piruvato + glutamato  $\leftrightarrow$  2-oxoglutarato + alanina) a ser a principal razão desse aumento [75]. O 2-oxoglutarato serve de substrato na transaminação e oxidação dos AACR e se a esta utilização do 2-oxoglutarato acrescentar-se menor formação de piruvato, por decréscimo da taxa de glicólise associada à redução da quantidade de glicogénio muscular, poderá surgir uma redução crítica da taxa de síntese de ATP [84, 86]. Esta hipótese é sustentada, em grande parte, por dados obtidos em indivíduos portadores da doença de McArdle [86], caracterizada por ausência da enzima miofosforilase e incapacidade de utilização do glicogénio muscular no metabolismo energético. Nestes sujeitos, a ingestão de AACR (10 g de leucina, isoleucina e valina) 30 minutos antes de iniciado o exercício aumentou a concentração plasmática de amónia, a frequência cardíaca e a percepção subjectiva de esforço, tendo ainda acelerado a ocorrência de fadiga [86]. Uma maior produção de amónia durante exercício e em resultado da ingestão de amónia, foi igualmente observada em sujeitos sem patologia muscular [58, 60, 61, 83].

A amónia é potencialmente tóxica, actuando no músculo ou no sistema nervoso central, onde pode bloquear a neurotransmissão ou reduzir a síntese de neurotransmissores [12]. No entanto, e como vimos em pontos anteriores, não existe indicação de ocorrência de alterações tóxicas secundárias à ingestão de AACR. Contudo, não existem dados exaustivos sobre o efeito dos AACR em condições muito particulares, como são os casos do exercício em altitude ou com temperatura ambiente elevada.

O outro mecanismo de fadiga associada à ingestão de AACR é, como já foi salientado, a possível redução na concentração de compostos do ciclo de Krebs, que nos sujeitos com doença de McArdle seria agravada pela taxa reduzida de glicólise e de formação de piruvato. Situação semelhante poderá ocorrer em qualquer indivíduo com o aumento da duração do exercício e com o esgotamento das reservas de glicogénio muscular. Contudo, os resultados experimentais não confirmam que exista relação estreita entre a quantidade de glicogénio muscular e a concentração dos intermediários do ciclo de Krebs [11, 47].

Por outro lado, não é clara a importância da concentração dos intermediários do ciclo de Krebs e a taxa de síntese oxidativa de ATP. Contrariamente à hipótese, as observações experimentais indicam que uma menor quantidade de glicogénio muscular potencia o fenómeno de anaplerose observado nos instantes iniciais do exercício [11, 47]. Uma relação estreita entre a concentração dos intermediários do ciclo de Krebs e o fluxo de reacções na via oxidativa parece também não existir, uma vez que ao longo de hora e meia de exercício houve decréscimo progressivo na concentração dos intermediários do ciclo de Krebs, mas sem alteração do consumo muscular de O<sub>2</sub> [46]. Estas evidências experimentais, conjuntamente com a reduzida capacidade muscular de oxidação dos AACR, tornam pouco provável em sujeitos saudáveis a hipótese de fadiga muscular originada pela ingestão de AACR.

## CONCLUSÃO

Durante o exercício prolongado poderá haver acréscimo na síntese cerebral de serotonina devido ao aumento da fracção livre do TRP em circulação no plasma sanguíneo, associado a uma diminuição eventual na concentração plasmática dos AACR. A ingestão de AACR poderá corrigir as alterações metabólicas que aumentam a entrada de TRP para o cérebro, daí poder ser útil na prevenção da fadiga central. Uma grande parte dos estudos realizados, porém, refuta que os AACR possuam uma acção ergogénica. Por outro lado, a ingestão de AACR aumenta a produção de amónia, o que tem efeitos potenciais negativos.

Em resumo, parece não haver justificação para introduzir a ingestão de AACR, antes e durante o exercício, como estratégia para melhorar o desempenho. Contudo, a ingestão de aminoácidos, em particular de AACR, pode trazer benefícios de outra natureza, tais como a redução do catabolismo proteico durante o esforço, como é sugerido por De Palo et al. [37] ou durante a recuperação [23] ou, ainda, o abrandamento do efeito de imunossupressão associado a estados de fadiga pós-esforço elevada [13], que não foram abordados neste artigo.

## CORRESPONDÊNCIA

**Paulo A.S. Armada da Silva**

Faculdade de Motricidade Humana

Universidade Técnica de Lisboa

Estrada da Costa da Costa

Cruz-Quebrada, Portugal

*parmada@fmh.utl.pt*

## BIBLIOGRAFIA

1. Abbate F, De Ruiter C J, Offringa C, Sargeant A J, De Haan A (2002). In situ rat fast skeletal muscle is more efficient at submaximal than at maximal activation levels. *J Appl Physiol* 92: 2089-96.
2. Acworth I, Nicholass J, Morgan B, Newsholme E A (1986). Effect of sustained exercise on concentrations of plasma aromatic and branched-chain amino acids and brain amines. *Biochem Biophys Res Commun* 137: 149-53.
3. Afring R P, Block K P, Buse M G (1986). Leucine and isoleucine activate skeletal muscle branched-chain alpha-keto acid dehydrogenase in vivo. *Am J Physiol* 250: E599-604.
4. Ahlenius S, Kaur P, Salmi P (1997). Biphasic effects of 8-OH-DPAT on endurance of treadmill performance in the male rat. *Eur Neuropsychopharmacol* 7: 89-94.
5. Anderson I M, Parry-Billings M, Newsholme E A, Fairburn C G, Cowen P J (1990). Dieting reduces plasma tryptophan and alters brain 5-HT function in women. *Psychol Med* 20: 785-91.
6. Angus D J, Hargreaves M, Dancy J, Febbraio M A (2000). Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance. *J Appl Physiol* 88: 113-9.
7. Azmitia E C, Gannon P J (1986). The primate serotonergic system: a review of human and animal studies and a report on Macaca fascicularis. *Adv Neurol* 43: 407-68.
8. Bailey S P, Davis J M, Ahlborn E N (1992). Effect of increased brain serotonergic activity on endurance performance in the rat. *Acta Physiol Scand* 145: 75-6.
9. Bailey S P, Davis J M, Ahlborn E N (1993). Serotonergic agonists and antagonists affect endurance performance in the rat [see comments]. *Int J Sports Med* 14: 330-3.
10. Bailey S P, Davis J M, Ahlborn E N (1993). Neuroendocrine and substrate responses to altered brain 5-HT activity during prolonged exercise to fatigue. *J Appl Physiol* 74: 3006-12.
11. Baldwin J, Snow R J, Gibala M J, Garnham A, Howarth K, Febbraio M A (2003). Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. *J Appl Physiol* 94: 2181-7.
12. Banister E W, Cameron B J (1990). Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *Int J Sports Med* 11 Suppl 2: S129-42.
13. Bassit R A, Sawada L A, Bacurau R F, Navarro F, Martins E, Jr., Santos R V, Caperuto E C, Rogeri P, Costa Rosa L F (2002). Branched-chain amino acid supplementation and the immune response of long-distance athletes. *Nutrition* 18: 376-9.
14. Becquet D, Faudon M, Hery F (1990). The role of serotonin release and autoreceptors in the dorsalis raphe nucleus in the control of serotonin release in the cat caudate nucleus. *Neuroscience* 39: 639-47.
15. Bergstrom J, Hermansen L, Hultman E, Saltin B (1967). Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand* 71: 140-50.
16. Bergstrom J, Hultman E (1967). Synthesis of muscle glycogen in man after glucose and fructose infusion. *Acta Med Scand* 182: 93-107.
17. Blomstrand E, Celsing F, Newsholme E A (1988). Changes in plasma concentrations of aromatic and branched-chain amino acids during sustained exercise in man and their possible role in fatigue. *Acta Physiol Scand* 133: 115-21.
18. Blomstrand E, Hassmen P, Ekblom B, Newsholme E A (1991). Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise- effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. *Eur J Appl Physiol* 63: 83-8.
19. Blomstrand E, Hassmen P, Newsholme E A (1991). Effect of branched-chain amino acid supplementation on mental performance. *Acta Physiol Scand* 143: 225-6.
20. Blomstrand E, Newsholme E A (1992). Effect of branched-chain amino acid supplementation on the exercise-induced change in aromatic amino acid concentration in human muscle. *Acta Physiol Scand* 146: 293-8.
21. Blomstrand E, Andersson S, Hassmen P, Ekblom B, Newsholme E A (1995). Effect of branched-chain amino acid and carbohydrate supplementation on the exercise-induced change in plasma and muscle concentration of amino acids in human subjects. *Acta Physiol Scand* 153: 87-96.
22. Blomstrand E, Hassmen P, Ek S, Ekblom B, Newsholme E A (1997). Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on perceived exertion during exercise. *Acta Physiol Scand* 159: 41-9.
23. Blomstrand E, Saltin B (2001). BCAA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 281: E365-74.
24. Bridge M W, Marvin G, Thompson C E, Sharma A, Jones D A, Kendall M J (2001). Quantifying the 5-HT<sub>1A</sub> agonist action of buspirone in man. *Psychopharmacology (Berl)* 158: 224-9.
25. Calders P, Matthys D, Derave W, Pannier J L (1999). Effect of branched-chain amino acids (BCAA), glucose, and glucose plus BCAA on endurance performance in rats. *Med Sci Sports Exerc* 31: 583-7.
26. Castell L M, Yamamoto T, Phoenix J, Newsholme E A (1999). The role of tryptophan in fatigue in different conditions of stress. *Adv Exp Med Biol* 467: 697-704.
27. Chaouloff F, Kennett G A, Serrurier B, Merino D, Curzon G (1986). Amino acid analysis demonstrates that increased plasma free tryptophan causes the increase of brain tryptophan during exercise in the rat. *J Neurochem* 46: 1647-50.
28. Chaouloff F, Laude D, Elghozi J L (1989). Physical exercise: evidence for differential consequences of tryptophan on 5-HT synthesis and metabolism in central serotonergic cell bodies and terminals. *J Neural Transm* 78: 121-30.
29. Chaouloff F (1993). Physiopharmacological interactions between stress hormones and central serotonergic systems. *Brain Res Brain Res Rev* 18: 1-32.
30. Chaouloff F (1997). Effects of acute physical exercise on central serotonergic systems. *Med Sci Sports Exerc* 29: 58-62.
31. Colombani P C, Bitzi R, Frey-Rindova P, Frey W, Arnold M, Langhans W, Wenk C (1999). Chronic arginine aspartate supplementation in runners reduces total plasma amino acid level at rest and during a marathon run. *Eur J Nutr* 38: 263-70.
32. Costill D L, Dalsky G P, Fink W J (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med Sci Sports* 10: 155-8.
33. Coyle E F, Hagberg J M, Hurley B F, Martin W H, Ehsani A A, Holloszy J O (1983). Carbohydrate feeding during pro-

- longed strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol* 55: 230-5.
34. Coyle E F, Coggan A R (1984). Effectiveness of carbohydrate feeding in delaying fatigue during prolonged exercise. *Sports Med* 1: 446-58.
  35. Cunningham V J, Hay L, Stoner H B (1975). The binding of L-tryptophan to serum albumins in the presence of non-esterified fatty acids. *Biochem J* 146: 653-8.
  36. Davis J M, Welsh R S, De Volve K L, Alderson N A (1999). Effects of branched-chain amino acids and carbohydrate on fatigue during intermittent, high-intensity running. *Int J Sports Med* 20: 309-14.
  37. De Palo E F, Gatti R, Cappellin E, Schiraldi C, De Palo C B, Spinella P (2001). Plasma lactate, GH and GH-binding protein levels in exercise following BCAA supplementation in athletes. *Amino Acids* 20: 1-11.
  38. Delgado P L, Charney D S, Price L H, Aghajanian G K, Landis H, Heninger G R (1990). Serotonin function and the mechanism of antidepressant action. Reversal of antidepressant-induced remission by rapid depletion of plasma tryptophan [see comments]. *Arch Gen Psychiatry* 47: 411-8.
  39. Dwyer D, Flynn J (2002). Short term aerobic exercise training in young males does not alter sensitivity to a central serotonin agonist. *Exp Physiol* 87: 83-9.
  40. Emori T, Sugiyama K, Nagase S (1983). Tryptophan metabolism in analbuminemic rats. *J Biochem (Tokyo)* 94: 623-32.
  41. Farris J W, Hinchcliff K W, McKeever K H, Lamb D R, Thompson D L (1998). Effect of tryptophan and of glucose on exercise capacity of horses. *J Appl Physiol* 85: 807-16.
  42. Fitts R H, Courtright J B, Kim D H, Witzmann F A (1982). Muscle fatigue with prolonged exercise: contractile and biochemical alterations. *Am J Physiol* 242: C65-73.
  43. Fitts R H (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev* 74: 49-94.
  44. Ftaiti F, Grelot L, Coudreuse J M, Nicol C (2001). Combined effect of heat stress, dehydration and exercise on neuromuscular function in humans. *Eur J Appl Physiol* 84: 87-94.
  45. Gibala M, MacLean D, Graham T, Saltin B (1997). Anaplerotic processes in human skeletal muscle during brief dynamic exercise. *J Physiol (Lond)* 502: 703-713.
  46. Gibala M J, Gonzalez-Alonso J, Saltin B (2002). Dissociation between muscle tricarboxylic acid cycle pool size and aerobic energy provision during prolonged exercise in humans. *J Physiol* 545: 705-13.
  47. Gibala M J, Peirce N, Constantin-Teodosiu D, Greenhaff P L (2002). Exercise with low muscle glycogen augments TCA cycle anaplerosis but impairs oxidative energy provision in humans. *J Physiol* 540: 1079-86.
  48. Graham T E, MacLean D A (1992). Ammonia and amino acid metabolism in human skeletal muscle during exercise. *Can J Physiol Pharmacol* 70: 132-41.
  49. Graham T E, Turcotte L P, Kiens B, Richter E A (1995). Training and muscle ammonia and amino acid metabolism in humans during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 78: 725-35.
  50. Graham T E, MacLean D A (1998). Ammonia and amino acid metabolism in skeletal muscle: human, rodent and canine models. *Med Sci Sports Exerc* 30: 34-46.
  51. Hermansen L, Hultman E, Saltin B (1967). Muscle glycogen during prolonged severe exercise. *Acta Physiol Scand* 71: 129-39.
  52. Hillegaart V, Wadenberg M L, Ahlenius S (1989). Effects of 8-OH-DPAT on motor activity in the rat. *Pharmacol Biochem Behav* 32: 797-800.
  53. Jacobs B L, Azmitia E C (1992). Structure and function of the brain serotonin system. *Physiol Rev* 72: 165-229.
  54. Jakeman P M, Hawthorne J E, Maxwell S R, Kendall M J, Holder G (1994). Evidence for downregulation of hypothalamic 5-hydroxytryptamine receptor function in endurance-trained athletes. *Exp Physiol* 79: 461-4.
  55. Kasperek G J (1989). Regulation of branched-chain 2-oxo acid dehydrogenase activity during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 256: E186-190.
  56. Kay D, Marino F E, Cannon J, St Clair Gibson A, Lambert M I, Noakes T D (2001). Evidence for neuromuscular fatigue during high-intensity cycling in warm, humid conditions. *Eur J Appl Physiol* 84: 115-21.
  57. Knowles R G, Pogoson C I (1984). Characteristics of tryptophan accumulation by isolated rat forebrain synaptosomes. *J Neurochem* 42: 663-9.
  58. Kreider R B, Miriel V, Bertun E (1993). Amino acid supplementation and exercise performance. Analysis of the proposed ergogenic value. *Sports Med* 16: 190-209.
  59. Lehmann M, Huonker M, Dimeo F, Heinz N, Gastmann U, Treis N, Steinacker J M, Keul J, Kajewski R, Haussinger D (1995). Serum amino acid concentrations in nine athletes before and after the 1993 Colmar ultra triathlon. *Int J Sports Med* 16: 155-9.
  60. MacLean D A, Graham T E (1993). Branched-chain amino acid supplementation augments plasma ammonia responses during exercise in humans. *J Appl Physiol* 74: 2711-7.
  61. MacLean D A, Graham T E, Saltin B (1996). Stimulation of muscle ammonia production during exercise following branched-chain amino acid supplementation in humans. *J Physiol* 493: 909-22.
  62. Madsen K, MacLean D A, Kiens B, Christensen D (1996). Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100 km. *J Appl Physiol* 81: 2644-50.
  63. Marsden C A, Conti J, Strobe E, Curzon G, Adams R N (1979). Monitoring 5-hydroxytryptamine release in the brain of the freely moving unanaesthetized rat using in vivo voltammetry. *Brain Res* 171: 85-99.
  64. Marvin G, Sharma A, Aston W, Field C, Kendall M J, Jones D A (1997). The effects of buspirone on perceived exertion and time to fatigue in man. *Exp Physiol* 82: 1057-60.
  65. McKenzie S, Phillips S M, Carter S L, Lowther S, Gibala M J, Tarnopolsky M A (2000). Endurance exercise training attenuates leucine oxidation and BCOAD activation during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 278: E580-7.
  66. Meeusen R, Thorre K, Chaouloff F, Sarre S, De Meirleir K, Ebinger G, Michotte Y (1996). Effects of tryptophan and/or acute running on extracellular 5-HT and 5-HIAA levels in the hippocampus of food-deprived rats. *Brain Res* 740: 245-52.
  67. Meeusen R, Roeykens J, Magnus L, Keizer H, De Meirleir K (1997). Endurance performance in humans: the effect of a dopamine precursor or a specific serotonin (5-HT<sub>2A/2C</sub>) antagonist. *Int J Sports Med* 18: 571-7.
  68. Meeusen R, Piacentini M F, Van Den Eynde S, Magnus L, De Meirleir K (2001). Exercise performance is not influenced by

- a 5-HT reuptake inhibitor. *Int J Sports Med* 22: 329-36.
69. Mittleman K D, Ricci M R, Bailey S P (1998). Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Med Sci Sports Exerc* 30: 83-91.
  70. Newsholme E A, Acworth I N, Blomstrand E (1987). Amino acids, brain neurotransmitters and a functional link between muscle and brain that is important in sustained exercise. In G. Benzi (Ed.) *Advances in Myochemistry*. London: John Libbey Eurotext Ltd, 127-133.
  71. Newsholme E A, Blomstrand E, Ekblom B (1992). Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *Br Med Bull* 48: 477-95.
  72. Nybo L, Nielsen B, Blomstrand E, Moller K, Secher N (2003). Neurohumoral responses during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* 95: 1125-31.
  73. Pitsiladis Y P, Maughan R J (1999). The effects of exercise and diet manipulation on the capacity to perform prolonged exercise in the heat and in the cold in trained humans. *J Physiol* 517: 919-30.
  74. Pitsiladis Y P, Strachan A T, Davidson I, Maughan R J (2002). Hyperprolactinaemia during prolonged exercise in the heat: evidence for a centrally mediated component of fatigue in trained cyclists. *Exp Physiol* 87: 215-26.
  75. Sahlin K, Katz A, Broberg S (1990). Tricarboxylic acid cycle intermediates in human muscle during prolonged exercise. *Am J Physiol* 259: C834-41.
  76. Strachan A T, Maughan R J (1999). The hormonal response to a d-fenfluramine challenge in trained and sedentary men. *Med Sci Sports Exerc* 31: 547-53.
  77. Struder H K, Hollmann W, Duperly J, Weber K (1995). Amino acid metabolism in tennis and its possible influence on the neuroendocrine system. *Br J Sports Med* 29: 28-30.
  78. Struder H K, Hollmann W, Platen P, Duperly J, Fischer H G, Weber K (1996). Alterations in plasma free tryptophan and large neutral amino acids do not affect perceived exertion and prolactin during 90 min of treadmill exercise. *Int J Sports Med* 17: 73-9.
  79. Struder H K, Hollmann W, Platen P, Donike M, Gotzmann A, Weber K (1998). Influence of paroxetine, branched-chain amino acids and tyrosine on neuroendocrine system responses and fatigue in humans. *Horm Metab Res* 30: 188-194.
  80. Struder H K, Weicker H (2001). Physiology and pathophysiology of the serotonergic system and its implications on mental and physical performance. Part II. *Int J Sports Med* 22: 482-97.
  81. Struder H K, Weicker H (2001). Physiology and pathophysiology of the serotonergic system and its implications on mental and physical performance. Part I. *Int J Sports Med* 22: 467-81.
  82. Tanaka H, West K A, Duncan G E, Bassett D R, Jr. (1997). Changes in plasma tryptophan/branched chain amino acid ratio in responses to training volume variation. *Int J Sports Med* 18: 270-5.
  83. van Hall G, Raaymakers J S, Saris W H, Wagenmakers A J (1995). Ingestion of branched-chain amino acids and tryptophan during sustained exercise in man: failure to affect performance. *J Physiol (Lond)* 486: 789-94.
  84. van Hall G, MacLean D A, Saltin B, Wagenmakers A J (1996). Mechanisms of activation of muscle branched-chain alpha-keto acid dehydrogenase during exercise in man. *J Physiol* 494: 899-905.
  85. Van Hall G, Saltin B, Wagenmakers A J (1999). Muscle protein degradation and amino acid metabolism during prolonged knee-extensor exercise in humans. *Clin Sci (Colch)* 97: 557-67.
  86. Wagenmakers A J, Coakley J H, Edwards R H (1990). Metabolism of branched-chain amino acids and ammonia during exercise: clues from McArdle's disease. *Int J Sports Med* 11 Suppl 2: S101-13.
  87. Wagenmakers A J (1992). Amino acid metabolism, muscular fatigue and muscle wasting. Speculations on adaptations at high altitude. *Int J Sports Med* 13 Suppl 1: S110-3.
  88. Wagenmakers A J (1998). Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise: role in human physiology and metabolism. *Exerc Sport Sci Rev* 26: 287-314.
  89. Weicker H, Struder H K (2001). Influence of exercise on serotonergic neuromodulation in the brain. *Amino Acids* 20: 35-47.
  90. Wilson W M, Maughan R J (1992). Evidence for a possible role of 5-hydroxytryptamine in the genesis of fatigue in man: administration of paroxetine, a 5-HT re-uptake inhibitor, reduces the capacity to perform prolonged exercise. *Exp Physiol* 77: 921-4.
  91. Yamamoto T, Castell L M, Botella J, Powell H, Hall G M, Young A, Newsholme E A (1997). Changes in the albumin binding of tryptophan during postoperative recovery: a possible link with central fatigue? [published erratum appears in *Brain Res Bull* 1997;44(6):735]. *Brain Res Bull* 43: 43-6.
  92. Yamamoto T, Newsholme E A (2000). Diminished central fatigue by inhibition of the L-system transporter for the uptake of tryptophan. *Brain Res Bull* 52: 35-8.
  93. Young S N, Gauthier S (1981). Tryptophan availability and the control of 5-hydroxytryptamine and tryptamine synthesis in human CNS. *Adv Exp Med Biol* 133: 221-30.
  94. Zanker C L, Swaine I L, Castell L M, Newsholme E A (1997). Responses of plasma glutamine, free tryptophan and branched-chain amino acids to prolonged exercise after a regime designed to reduce muscle glycogen. *Eur J Appl Physiol* 75: 543-8.

# Potencial efeito preventivo e terapêutico da actividade física no síndrome do canal cárpico

Vasco Neves<sup>1</sup>  
José Duarte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola Secundária Condes de Resende, Canelas, Portugal  
<sup>2</sup>Universidade do Porto, Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Portugal

<https://doi.org/10.5628/rpcd.05.01.114>

## RESUMO

O síndrome do canal cárpico (SCC) é a doença de sobrecarga relacionada com a actividade laboral que surge mais frequentemente, tendo a sua incidência aumentado exponencialmente nos últimos vinte anos (28). Os seus sintomas, atingindo pessoas com variadas ocupações e profissões, são extremamente limitativos para o indivíduo afectado, influenciando negativamente a sua vida profissional e pessoal (117). Por outro lado, o tratamento deste distúrbio musculoesquelético é, frequentemente, moroso, oneroso e incompatível com as obrigações profissionais (27). Assim, a prevenção do SCC ocupa um lugar de destaque no combate a esta doença, podendo evitar todos os inconvenientes a ela associados. O objectivo deste trabalho consiste em efectuar uma revisão bibliográfica acerca do SCC e obter dados que permitam esclarecer o papel da actividade física (AF) na sua prevenção primária e secundária. Desse modo, foram revistos os principais factores de risco para o aparecimento e desenvolvimento do SCC (destacando-se, entre outros, o elevado índice de massa corporal – IMC –, a idade acima dos 30 anos, as actividades manuais repetitivas e a diabetes mellitus – DM) e as principais intervenções preventivas, primárias e secundárias, sugeridas pela literatura. Verificou-se que as principais medidas preventivas são baseadas na minimização ou na anulação dos factores de risco da doença e que a AF foi pouco investigada enquanto potencial estratégia preventiva do SCC. Os estudos efectuados com o intuito de esclarecer a relação entre a AF e a prevenção do SCC são muito reduzidos e foram, maioritariamente, desenvolvidos recorrendo a amostras pouco numerosas. Contudo, numa revisão bibliográfica mais ampla, parece encontrar-se motivos que justifiquem, pelo menos, uma investigação mais aprofundada das potencialidades da actividade física na prevenção do SCC.

*Palavras-chave:* síndrome do canal cárpico, actividade física, factores de risco, prevenção.

## ABSTRACT

**Potential effect of physical activity on therapy and prevention of carpal tunnel syndrome.**

*The carpal tunnel syndrome (CTS) is the most frequent work-related overuse disease, having its incidence increased exponentially in the last twenty years (28). The illness symptoms, reaching people with varied occupations and professions, are extremely limitative with a negative influence in professional and personal life (117). On the other hand, this musculoskeletal disorder treatment is, frequently, slow, onerous and incompatible with professional obligations (27). Thus, CTS prevention seems to be a priority measure to fight this disease and the associated inconveniences. The main aim of this work consists in accomplish a bibliographical revision concerning CTS and obtain data that allow clarification about the role of physical activity (PA) in its primary and secondary prevention. In this way, the main risk factors for the appearance and development of CTS have been reviewed (being distinguished, among others, the high body mass index - BMI -, the age above 30 years, the repetitive hand activities and the diabetes mellitus - DM) as well as the main preventive interventions, suggested by literature. It was verified that i) the main prevention measures are based on the minimization of the illness risk factors and ii) the PA was little investigated as a preventive potential strategy for the manifestation of CTS. In fact, studies that intended to clarify the relation between PA and the prevention of CTS are very few and have been, in most cases, developed with insufficient samples. However, according to the bibliography, it seems justified a more deepened experimental investigation about the potential effects of PA on CTS prevention.*

**Key Words:** carpal tunnel syndrome, physical activity, risk factors, prevention.

## INTRODUÇÃO

Alguns problemas médicos estão intimamente relacionados com a ocupação profissional das pessoas. Nesse conjunto de problemas, as lesões crónicas causadas por sobrecargas continuadas nos tecidos musculo-esqueléticos têm grande relevo (7, 27, 82, 102, 109). Não são raras as actividades profissionais que obrigam a movimentos repetitivos e de elevada actividade muscular efectuados em posturas anti-anatómicas que se prolongam no tempo. Estas situações acabam por sobrecarregar as estruturas musculo-esqueléticas (7, 19, 42, 51, 60, 69, 73) envolvidas no movimento, sujeitando o indivíduo a lesões de carácter crónico, inflamatório e de restabelecimento difícil. A lesão de sobrecarga é uma inflamação não infecciosa (98), causada por um uso excessivo ou inabitual (62) que ultrapassa o limite das possibilidades de adaptação-reparação das estruturas anatómicas (71), resultando em danos permanentes nas estruturas musculo-esqueléticas devido a tensões excessivas agudas ou crónicas (por repetição) nos tendões, nas bainhas sinoviais dos tendões, nos ligamentos ou nos músculos (98).

Qualquer que seja a actividade profissional relacionada com o aparecimento deste tipo de lesão, o indivíduo atingido padecerá de sintomas que o inibirão de desenvolver a sua actividade profissional com o rendimento habitual. Para além do decréscimo de rendimento, o próprio bem-estar da pessoa afectada poderá ser seriamente comprometido (7, 22, 27, 109). A estas consequências, acrescenta-se o facto de o indivíduo ser obrigado a interromper ou a reduzir a sua actividade e a iniciar um tratamento médico para procurar restabelecer a eficácia habitual anterior à lesão na realização da sua actividade ocupacional e para repor os seus níveis de conforto e de bem-estar. Esse tratamento é, muitas vezes, moroso, oneroso e incompatível com as exigências profissionais (7, 27, 32, 62, 97). Desse modo, há todo o interesse em prevenir o aparecimento dos distúrbios musculo-esqueléticos relacionados com a actividade profissional, de forma a evitar as consequências anteriormente referidas.

A região corporal mais afectada pelas lesões de sobrecarga em diferentes ocupações e profissões é o membro superior (22, 27, 82, 109). A incidência de lesões nesse segmento corporal, associadas a movi-

mentos repetitivos, aumentou rapidamente nos derradeiros 20 anos (19, 22, 27). Assim, é com naturalidade que nos últimos anos tem havido um interesse acrescido na prevenção, no diagnóstico e no tratamento da dor no membro superior (MS), causada por fenómenos de sobrecarga dessa estrutura anatómica (37, 102).

As zonas do MS mais afectadas por lesões de sobrecarga são a mão e o pulso (7). De acordo com numerosos estudos efectuados dentro das várias tecnopatias relacionadas com o trabalho, o síndrome do canal cárpico (SCC) é a que surge com maior frequência (32, 44, 87, 94, 123). De facto, o SCC atinge indivíduos com variadas ocupações e profissões que têm em comum a execução de movimentos repetitivos da mão e do pulso para a consecução das tarefas laborais. Assim, por exemplo, profissões tão diferentes como operários não especializados (69), técnicos administrativos que utilizam constantemente o teclado ou o rato do computador (101), especialistas em linguagem gestual (87), músicos instrumentistas (62) ou desportistas de alto rendimento (71, 97), podem ser alvo desta doença.

O indivíduo atingido pelo SCC será vitimado por uma constelação de sintomas (e.g. diminuição da força muscular, perda de agilidade – diminuição da velocidade nos movimentos –, diminuição da precisão dos movimentos, dor local ou difusa na mão, edema, entorpecimento, atrofia muscular e diferentes fenómenos vasomotores) que, tal como em qualquer lesão de sobrecarga, o prejudicará de forma significativa na sua vida profissional e privada (62, 82). Além das consequências directas causadas pela patologia adjacente à doença, o facto da base do tratamento de qualquer lesão de sobrecarga ser o repouso (27, 71, 97) implica que o paciente tenha que reduzir drasticamente o número de horas de trabalho por dia ou mesmo interromper totalmente as suas actividades, o que poderá ser extremamente prejudicial em algumas profissões ou ocupações onde os resultados finais dependem das horas de prática ou de treino (como por exemplo, em atletas de alto rendimento que têm um calendário desportivo a cumprir ou em músicos instrumentistas, que têm concertos, recitais ou audições agendadas). Desta forma, em qualquer profissão onde o indivíduo esteja dependente da qualidade dos movimentos

executados pelo seu corpo – mais concretamente, pelos seus MS –, é vital a prevenção para impedir o aparecimento do incapacitante SCC. Assim, este trabalho procura explorar a origem e as formas de prevenção desta frequente lesão de sobrecarga.

Deste modo, o objectivo deste trabalho consiste em efectuar uma revisão bibliográfica acerca do SCC, analisando a sua etiologia, fisiopatologia e os diferentes factores de risco, e verificar se a AF é, de facto, um agente importante para a sua prevenção primária e secundária. Este objectivo é sustentado pela ideia de que a AF, devidamente controlada e adaptada à situação em questão, é uma forma segura de prevenir o aparecimento de lesões no aparelho locomotor (5, 71, 97, 112).

#### ETIOLOGIA E FISIOPATOLOGIA

Nos últimos anos, face ao aumento das lesões de sobrecarga relacionadas com o trabalho (7, 27, 109) e à inflação dos custos inerentes à proliferação desse tipo de lesões (27), tem havido um interesse acrescido na prevenção, no diagnóstico precoce e no tratamento de doenças causadas por fenómenos de sobrecarga (102). Assim, vários autores têm-se debruçado sobre a sua etiologia e fisiopatologia, de forma a possibilitar uma prevenção mais sólida e um tratamento mais eficaz.

De todas as lesões de sobrecarga, o SCC é considerado, por vários autores, a tecnopatia relacionada com o trabalho que surge mais frequentemente (32, 44, 87, 94, 103, 123). O canal cárpico localiza-se na região anterior do pulso e consiste numa goteira (goteira do carpo) que é fechada anteriormente pelo ligamento anular do carpo (64). Esse canal é delimitado, exteriormente, pelos tubérculos do escafoide do trapézio e, interiormente, pelo osso pisiforme e pela apófise unciforme (do osso unciforme), servindo de passagem para o nervo mediano, para os tendões flexores dos dedos e para o tendão do grande palmar (43). Através desta descrição é possível compreender que o canal cárpico é uma estrutura pouco elástica por onde passam tecidos moles. Esses tecidos movimentam-se com a mudança de posição do pulso e da mão, estando sujeitos a forças de atrito (11, 22, 98).

Deste modo, é compreensível que o estreitamento do canal cárpico e/ou o aumento do volume dos

tecidos moles que o ocupam (11, 80, 104), promovam uma subida dos valores de pressão no seu interior. Esse aumento de pressão é apontado por numerosos autores como um elemento importante para a patogénese do SCC (7, 11, 49, 50, 89, 92, 107, 117). Os valores de pressão mais elevados sujeitam o nervo mediano a superiores forças de fricção e de compressão (7, 35, 117), podendo originar o SCC que, segundo Werner e Andary (117), é uma constelação de sintomas associados à compressão deste nervo no pulso.

Os movimentos do pulso parecem ter uma elevada repercussão no aumento da pressão interna do canal cárpico (PCC). Assim, as posições de flexão extrema, particularmente se somadas a movimentos não neutrais do antebraço – quando este se encontra em pronação ou supinação –, contribuem para aumentar a PCC (20, 50). Werner e Armstrong (118) compartilham a opinião de que as posições do pulso influenciam de forma dramática a pressão hidrostática do canal cárpico, porém afirmam que os movimentos de extensão têm um contributo muito mais importante para o seu aumento do que os movimentos de flexão.

Para além das posições a que o pulso está sujeito, a repetição do movimento é outro factor condicionante da PCC (117, 118). A actividade repetitiva da mão pode causar o progressivo espessamento das bainhas sinoviais dos tendões que partilham o canal cárpico com o nervo mediano, aumentando o volume de tecidos moles e inflacionando a pressão mecânica no interior do canal cárpico (117).

Tendo em consideração que as posturas extremas do pulso e a repetição dos movimentos efectuados por essa articulação influenciam a PCC, facilmente se pode compreender porque é que profissões tão variadas como operários não especializados (69), técnicos administrativos que utilizam constantemente o teclado ou o rato do computador (101), especialistas em linguagem gestual (87) ou músicos instrumentistas (62), são alvos preferenciais do SCC. De facto, todas estas profissões têm em comum a necessidade do indivíduo recorrer a movimentos repetitivos do pulso, sendo frequentemente utilizadas posições extremas de flexão e de extensão da mão que promovem um aumento da PCC, estimulando a patogénese do SCC.

Outro factor que parece influenciar a PCC é a flexão dos dedos (para refs. ver 31). Segundo Werner et al. (119) essa pressão é mínima quando a mão está relaxada, com os dedos flectidos a 30 graus.

O aumento da PCC, para além de estar directamente relacionado com o aparecimento do SCC (7, 49, 50, 89, 107, 117), pode resultar em danos isquémicos nos tendões e no nervo mediano que passam pelo canal (7). Assim, o aumento da PCC acaba por promover o aparecimento de outro factor de risco para o desenvolvimento do SCC: a isquemia aguda ou crónica do nervo mediano (28, 116). Desta forma, o nervo mediano poderá ser danificado, simultaneamente, por um aumento da PCC e/ou pelos efeitos da isquemia (116).

#### FACTORES DE RISCO

Na literatura está descrita uma abundância de factores de risco para o SCC, porém não existem informações precisas acerca do nível de exposição em que qualquer um desses factores começa a ter um efeito significativo para o aparecimento ou evolução da doença (28). Por outro lado, tendo sido utilizados vários métodos para descobrir e identificar esses factores de risco (para refs. ver 8, 28, 61, 66) existe alguma dificuldade em classificá-los, uma vez que alguns dados são contraditórios, o que constringe o estudo da relação factor de risco/SCC (7, 8, 28, 116). Apesar de na literatura existirem diferentes formas de classificação dos factores de risco, neste trabalho eles serão agrupados em quatro grupos fundamentais: factores ocupacionais, factores biológicos, factores psicológicos e factores clínicos (onde serão incluídos os antecedentes médicos).

#### Factores ocupacionais

Apesar de alguns autores questionarem o facto do SCC estar relacionado com a profissão exercida (40, 76), há fortes evidências que suportam uma relação directa entre o aparecimento dessa doença e os factores ocupacionais (3, 65, 95). Assim, embora existam poucos estudos epidemiológicos acerca dos factores ocupacionais que contribuem para o desenvolvimento desse síndrome de sobrecarga (27), foi identificada uma forte correlação entre a actividade manual e o SCC (2, 3, 25, 55, 78, 93). Desse modo, a repetitividade da tarefa, a utilização

de posturas anti-anatómicas e a realização de tarefas pesadas que exijam uma força de preensão elevada, parecem ser factores ocupacionais unanimemente aceites como sendo de risco, no desempenho de tarefas manuais, para o desenvolvimento da doença (28, 55, 82, 91). A estes factores, alguns autores acrescentam ainda a compressão mecânica localizada, a vibração a que a mão e o pulso estão sujeitos (normalmente transmitida pela ferramenta utilizada no desempenho das tarefas profissionais) e as reduzidas temperaturas ambientais existentes no local de trabalho (28, 82, 111).

Apesar de qualquer um dos factores enunciados ser definido como de risco para o aparecimento do SCC, na realidade é, fundamentalmente, o efeito somatório e combinado de todos eles que condiciona o desenvolvimento da doença (41, 82). Corroborando esta opinião, Nelson et al. (77) afirmam que quando dois factores de risco estão simultaneamente presentes, há um efeito de sinergia que provoca mais danos do que a simples soma dos dois. Relativamente a esta interacção de factores, Macfarlane (66) salienta o facto de haver evidências que apontam para a existência de uma relação forte entre o trabalho altamente repetitivo, com elevadas solicitações ao nível da força de preensão e efectuado em posições anti-anatómicas, e o aparecimento do distúrbio musculoesquelético em questão. Para demonstrar a importância que a conjugação dos diferentes factores de risco parece ter no desenvolvimento da lesão de sobrecarga analisada, é importante destacar a opinião de Downs (27), que considera não existirem evidências suficientes que permitam acreditar que o simples aparecimento de um dos factores de risco (enunciados anteriormente) aumente as possibilidades de desenvolvimento de lesões de sobrecarga tais como o SCC, acrescentando que esses factores ainda não foram estabelecidos como acontecimentos causais de condições patológicas específicas.

#### Factores biológicos

Segundo diversos autores, os factores biológicos que estão relacionados com uma maior probabilidade do indivíduo desenvolver o SCC são o sexo feminino, um elevado Índice de Massa Corporal (IMC) e a idade acima dos 30 anos (11, 28, 56, 66, 75, 78, 99, 105, 111, 119).

Relativamente ao sexo do indivíduo, é incontestável a existência de uma maior predisposição do sexo feminino para o desenvolvimento desta doença, sendo numerosos os estudos que consideram o sexo do indivíduo como um factor de risco independente e determinante para o aparecimento do SCC (8, 11, 66, 119). Além disso, um estudo efectuado por Becker et al. (8) concluiu que esse factor de risco parece ser o único factor pessoal correlacionado, de forma positiva, com a severidade da doença; ou seja, os doentes do sexo feminino apresentam uma tendência superior para desenvolverem casos mais severos de SCC.

Uma das justificações possíveis para o facto das mulheres serem mais frequentemente vitimadas pelo SCC está relacionada com as suas características antropométricas, significativamente diferentes das dos homens (28). Assim, essas diferenças, tais como as circunferências do pulso ou o tamanho do osso radial, podem ser a causa de diferentes índices de flexibilidade nos dois sexos (70), que permitem a adopção de posturas mais extremas (frequentemente anti-anatómicas) por parte das mulheres, o que, ao elevar a PCC, se constitui como um factor de risco para o desenvolvimento do SCC (28).

Nos estudos efectuados por Werner et al. (119) e Stallings et al. (99), um elevado IMC ( $IMC > 30$ ) também revelou ser um factor de risco independente e estatisticamente significativo quando analisado separadamente. Segundo Becker et al. (8), a relação entre a obesidade e o SCC pode ser explicada pela acumulação de tecido gordo dentro do canal cárpico, situação que aumenta a pressão hidrostática nesse canal e exerce um efeito compressivo sobre o nervo mediano.

Embora a idade seja considerada um factor de risco importante, não foi possível encontrar, entre os diversos estudos, um valor de referência consensual que correspondesse a uma faixa etária de risco acrescido para o aparecimento e desenvolvimento do SCC. Contudo, a maioria dos autores concorda com o facto de que o aumento das probabilidades de desenvolver o SCC aumenta depois de se atingirem os 30 anos de idade (54, 99, 111, 119).

Para além destes três factores biológicos de risco, a literatura apresenta outros que, sem serem tão valorizados como os que foram referidos, parecem estar

relacionados com o surgimento ou a gravidade do distúrbio musculoesquelético em questão. Dentro desses factores é importante destacar a raça branca, a hipermobilidade articular pré-existente, a entrada na menopausa e a baixa aptidão física (28, 53, 66, 78), aos quais Lange (58) acrescenta a variabilidade anatómica do músculo *palmaris profundus*.

### Factores psicológicos

Contrastando com os factores ocupacionais, a influência dos factores psicológicos no aparecimento e desenvolvimento do SCC tem recebido uma atenção reduzida (66). Contudo, esses factores parecem ser importantes quer na progressão dos sintomas da doença, quer no próprio surgimento da mesma (12, 27, 44, 66, 109). O stress percebido, a reduzida satisfação no trabalho, a pressão causada pela obrigação de cumprir tarefas num limitado espaço de tempo, a falta de apoio social e um trabalho monótono parecem ser alguns factores associados ao desenvolvimento de sintomas musculoesqueléticos associados às lesões musculoesqueléticas de sobrecarga (12, 44). Um estudo de grande escala efectuado em França (59) permitiu concluir que os indivíduos com reduzido bem-estar psicológico, que tinham um diminuto controlo sob o seu trabalho e que eram constantemente pressionados pelo dever de cumprir prazos, estavam mais predispostos a desenvolverem esse tipo de sintomas. Além deste estudo, outros foram efectuados concluindo que os factores psicológicos são importantes no aparecimento e na definição da severidade do SCC (66).

### Factores clínicos

São vários os antecedentes médicos que podem influenciar e fomentar o aparecimento do SCC (28). Dentro desses antecedentes, alguns dos mais citados são os distúrbios prévios musculoesqueléticos, as cirurgias ginecológicas, as varizes, os antecedentes de fracturas de pulso, os tratamentos de emagrecimento e um elevado número de doenças sistémicas, tais como os diabetes *mellitus* (DM), a artrite reumatóide e o hipotireoidismo (21, 52, 53, 81, 119). Porém, dentro destes factores clínicos, aquele que foi mais estudado e, simultaneamente, o que parece estar mais relacionado com o desenvolvimento do SCC é a DM (8, 80). De facto, alguns dos estudos

mais recentes que investigaram a relação entre a DM e esta doença revelaram que esse factor de risco está relacionado de forma estatisticamente significativa com o aparecimento do SCC (8, 80). Contudo, tal como afirmam Becker et al. (8), a DM está frequentemente associada com a obesidade, o que poderá causar alguma interferência nas conclusões registadas. Tendo em conta que, por um lado, não foi encontrado nenhum estudo que analisasse profundamente essa fonte de erro e que, por outro lado, alguns estudos efectuados não conseguiram provar a relação entre a DM e o desenvolvimento do SCC (26), deve-se manter em aberto, tal como afirmam Becker et al. (8), a possibilidade da DM não ser um real factor de risco, estando apenas associada ao SCC devido à sua íntima ligação com um outro forte factor de risco: a obesidade.

Apesar de, tal como já referido, ainda existir alguma confusão entre estas variáveis (factores de risco), bem como acerca dos efeitos das diferentes associações – fundamentais no desenvolvimento do SCC – que podem ocorrer entre cada uma delas (8), os factores de risco mais consistentes com os estudos efectuados são o género feminino, a obesidade, um elevado índice de massa corporal (IMC), a idade acima dos 30 anos, as actividades motoras repetitivas e a DM (53, 54, 78, 99, 105, 111, 119). Contudo, é importante salientar que estes dados, provavelmente, reflectem a tendência que a literatura especializada tem revelado em debruçar-se particularmente sobre os factores ocupacionais e biológicos, havendo ainda reduzidos estudos acerca dos outros factores apresentados, o que se pode traduzir numa subvalorização dos mesmos (66).

### MANIFESTAÇÕES CLÍNICAS

Quando uma doença de sobrecarga das estruturas musculoesqueléticas se instala, o seu tratamento torna-se a única forma de restabelecer a eficácia habitual na realização da actividade ocupacional e de repor os níveis de conforto e de bem-estar anteriores à sua consolidação. Esses tratamentos, para além de serem, muitas vezes, incompatíveis com as exigências profissionais (7, 27, 32, 62, 97), segundo Weber (114) são, na sua maioria, ineficazes e demonstram falta de bases científicas – apesar dos pacientes com lesões de sobrecarga terem ao seu alcance uma ele-

vada variedade de tratamentos (desde a fisioterapia até à medicina alternativa), nenhum deles é baseado em evidências científicas sólidas. Desse modo, há todo o interesse em prevenir o aparecimento dos distúrbios musculoesqueléticos relacionados com a actividade profissional, de forma a evitar as consequências anteriormente referidas.

Embora as profissões e ocupações que parecem promover o aparecimento do SCC sejam variadas, os sintomas que afectam as vítimas dessa doença são semelhantes, prejudicando, de forma directa, as suas vidas profissionais e privadas (7, 22, 27, 109). Os sintomas mais frequentemente detectados e descritos pela literatura são a redução da capacidade de produzir intensidades elevadas de força de preensão (devido à diminuição da capacidade dos músculos tenares – inervados pelo nervo mediano – em produzir força), dor e parestesia nas mãos, diminuição da precisão nas habilidades que requerem a capacidade de preensão, diminuição da sensibilidade nas zonas de distribuição do nervo mediano (polegar, indicador, médio e bordo lateral externo do anular) e do pulso (9, 38, 45, 48, 116, 117). Apesar de, classicamente, se considerar que a maioria dos sintomas descritos se localizam na distribuição do nervo mediano (8, 11, 116), estudos sistemáticos sugerem que podem também atingir o antebraço, o cotovelo, o braço, o ombro e o pescoço (para refs. ver 8, 100). Facilmente se pode compreender a influência negativa que todos estes sintomas podem ter na vida de um indivíduo atingido pelo SCC. Desse modo, quando esses sintomas começam a surgir, torna-se imperativo o tratamento desta doença. Infelizmente, tal como na maioria das doenças provocadas por sobrecargas musculoesqueléticas, esses tratamentos são, frequentemente, morosos, dispendiosos e de difícil articulação com as exigências profissionais (7, 109, 117) – o facto da base do tratamento de qualquer lesão de sobrecarga ser o repouso (27, 71, 97) implica que o paciente tenha que reduzir drasticamente o número de horas de trabalho por dia ou mesmo interromper totalmente as suas actividades, o que poderá ser extremamente prejudicial em algumas profissões ou ocupações. Além disso, depois dos sintomas da doença se começarem a manifestar e dependendo da severidade dos mesmos, a intervenção cirúrgica poderá ser a única opção efectiva para

os anular (7, 27), trazendo com ela os normais problemas associados a uma intervenção clínica desse tipo (a necessidade de interromper as actividades laborais, os custos relacionados com a operação, a recuperação pós-operatória, etc.). Por último, pode ainda ser acrescentado que, segundo um estudo efectuado nos Estados Unidos, 36% dos pacientes a quem foi diagnosticado o SCC necessitam de tratamento médico durante toda a vida (113).

## PREVENÇÃO

Por todos os motivos referidos anteriormente, a prevenção parece assumir uma importância capital no combate de uma doença em que os seus sintomas e os próprios tratamentos que os medeiam e controlam se apresentam como prejudiciais e limitantes para o normal desenvolvimento das tarefas profissionais e pessoais. Assim, de seguida, serão apresentadas as medidas preventivas de maior relevo para evitar o aparecimento e o desenvolvimento do SCC.

### Prevenção primária

Tendo em conta que os factores de risco do SCC estão bem definidos, a prevenção primária poderá ser a estratégia de intervenção mais eficaz na tentativa de reduzir as possibilidades de desenvolvimento desta doença (60, 110). Deste modo, tal como na prevenção do aparecimento da grande maioria das lesões de sobrecarga, após analisar alguma da literatura existente acerca do SCC, verifica-se que as medidas preventivas centram-se, fundamentalmente, na tentativa de anular ou, pelo menos, de minimizar os efeitos nefastos dos principais factores de risco para o aparecimento e desenvolvimento desta doença de sobrecarga (para refs. ver 27, 33, 83, 86, 96, 106, 109, 123). Apesar desses factores de risco poderem ser agrupados em quatro grupos fundamentais (factores ocupacionais, pessoais, psicológicos e clínicos), as estratégias de prevenção definidas e estudadas pela literatura têm recaído, principalmente, sobre os factores ocupacionais (27).

Assim, a maioria das medidas preventivas existentes está relacionada com a correcção postural no desempenho das tarefas profissionais, procurando evitar que os indivíduos que exercem profissões consideradas de risco para o desenvolvimento do SCC utilizem posturas anti-anatómicas no cumprimento das suas

tarefas laborais (60, 109). Desse modo, grande parte das intervenções preventivas baseia-se no encorajamento dos sujeitos a manterem o pulso em posições neutras (61) e em reduzir os movimentos de flexão-extensão e de desvio cubital-radial da mão (123). O progresso da Ergonomia tem sido crucial nessas intervenções, possibilitando a construção de utensílios de trabalho que visam limitar a execução de movimentos anti-anatómicos e o desenvolvimento de intensidades elevadas de força (na manipulação desses utensílios) aos seus utilizadores (para refs. ver 63, 82, 86, 96, 106). Embora ainda exista alguma controvérsia relativamente aos efeitos das medidas ergonómicas na prevenção do SCC – que, actualmente, são cada vez mais utilizadas –, é indiscutível que a maioria dessas intervenções têm efeitos significativos no aumento do conforto no ambiente de trabalho, melhorando as condições de trabalho a que os profissionais estão sujeitos (109).

Por outro lado, o aperfeiçoamento de instrumentos e utensílios mais ergonómicos tem sido efectuado em simultâneo com o aumento de recomendações posturais, que emergem de vários estudos e investigações efectuadas com base nos movimentos e posições adoptadas por indivíduos com diferentes profissões (para refs. ver 22, 60, 62, 63, 69, 87, 117, 123). O maior problema que surge associado às recomendações posturais consiste na impossibilidade de as generalizar, uma vez que são específicas de cada profissão e de cada movimento. Assim sendo, apesar de, por exemplo, tanto um músico instrumentista, como um operário fabril ou um técnico administrativo (que utiliza constantemente o teclado ou o rato do computador), poderem vir a desenvolver o SCC (devido aos vários factores de risco a que estão sujeitos no cumprimento das suas tarefas profissionais), as recomendações posturais específicas que visam prevenir o aparecimento dessa doença são significativamente diferentes para cada caso (para refs. ver 28, 62, 69). Este facto implica que seja necessário efectuar estudos particulares para cada uma das profissões/ocupações consideradas de risco para o desenvolvimento deste distúrbio musculoesquelético. Contudo, apesar das recomendações posturais específicas variarem de movimento para movimento, há determinadas medidas genéricas de prevenção primária que podem ser aplicadas à generalidade dos

casos. Uma dessas medidas consiste na utilização de um pulso elástico por parte dos indivíduos envolvidos em ocupações/profissões de risco para o desenvolvimento do SCC (27, 84, 109). Szabo e King (109) afirmam que o teor preventivo da utilização de pulsos elásticos se centra na manutenção do pulso numa posição neutra, uma vez que a extensão e a flexão dessa articulação – que promovem o aumento da PCC, podendo inibir a função do nervo mediano – são significativamente limitadas; ou seja, na opinião destes autores, esta medida preventiva baseia-se, também ela, na limitação da utilização de posições anti-anatómicas que favorecem o aumento da PCC. Contudo, outros estudos obtiveram resultados contraditórios relativamente à utilização desta mesma medida preventiva, verificando-se que, nalgumas situações, a utilização de pulsos elásticos pode contribuir para a elevação da PCC (para refs. ver 84). Assim, apesar desta estratégia ser actualmente usada na prevenção do aparecimento do SCC (109), a literatura apresenta resultados contraditórios quanto ao seu uso, que remetem para a necessidade de ser desenvolvido um maior número de investigações visando o esclarecimento dos efeitos da utilização do pulso elástico na prevenção deste distúrbio musculoesquelético.

Além desta medida preventiva, Lincoln et al. (61) referem que a educação acerca dos distúrbios musculoesqueléticos relacionados com a profissão poderá desempenhar um papel importante na prevenção do SCC. Contudo, segundo estes mesmos autores, ainda não se conseguiu provar que, de forma isolada, um programa educacional tenha sido associado a qualquer tipo de efeito benéfico – o que pode ser explicado pelo facto dos estudos efectuados na tentativa de verificar o êxito dessa medida preventiva terem utilizado amostras muito reduzidas.

Para terminar a referência às estratégias de prevenção primária do SCC, é importante salientar que, segundo Szabo (108), para promover medidas preventivas racionais em trabalhadores com elevados riscos de desenvolverem esta doença musculoesquelética, tem que ser adquirida informação válida e científica acerca da associação entre a exposição a factores de risco e a neuropatia do nervo mediano. Assim, apesar dos dados confirmarem que a relação entre a profissão e o desenvolvimento do

SCC é elevada (22), ainda há um défice significativo relativamente ao conhecimento relacionado com a causalidade desta relação, sendo fundamental o desenvolvimento de estudos com o objectivo de clarificar a relação entre a ergonomia da profissão/ocupação e as lesões relacionadas com a mesma (28). Neste sentido, Barr e Barbe (7) afirmam ser importante procurar definir quais os requisitos de determinada profissão/ocupação ao nível da força e da repetição, verificando se esses requisitos ultrapassam o *safe limit* teórico apontado para o desenvolvimento da lesão. Apesar de terem sido efectuadas várias tentativas de averiguar e clarificar a relação exposição-resposta entre os factores de risco e o SCC, continuam a existir grandes dificuldades na medição directa das forças a que o indivíduo está sujeito, impedindo que haja um conhecimento suficiente acerca da exposição máxima aceitável perante os factores de risco (22).

Assim, a solução para que as medidas preventivas primárias, baseadas no controlo dos factores de risco ocupacionais, tenham uma maior eficácia parece residir no desenvolvimento de um número muito maior de estudos e investigações rigorosas, que permitam avaliar quantitativamente cada um desses factores de risco (60).

#### Prevenção secundária

O diagnóstico precoce do SCC tem sido identificado por vários autores como sendo a chave para o controlo (impedindo o agravamento a longo prazo) e tratamento da doença (84, 102). Segundo Mani e Gerr (68), a detecção precoce da dor tem um papel central nesse processo, sendo considerada importante para controlar os sintomas e para oferecer uma maior oportunidade de minimizar futuros riscos para os pacientes.

Assim sendo, apesar da prevenção secundária do SCC ser uma área que, até ao momento, foi pouco estudada, havendo poucos dados disponíveis para orientar essa intervenção (109), o diagnóstico precoce da doença inflaciona as possibilidades dessa prevenção ser bem sucedida.

Apesar de haver um reduzido número de estudos que exploraram a prevenção secundária deste distúrbio musculoesquelético (109), segundo Pantukosit et al. (82), ela pode ser efectuada através de uma

grande variedade de intervenções. Algumas dessas intervenções fundamentam-se no tratamento das condições médicas subliminares ao aparecimento do SCC (27, 82). Assim, encorajar o paciente a deixar de fumar, diminuir a ingestão de álcool e praticar técnicas de gestão e controlo de *stress* são algumas sugestões referidas por Downs (27).

Pantukosit et al. (82) defendem que, para além do tratamento das condições médicas subliminares, a análise da actividade causadora dos distúrbios é fundamental para que possam ser efectuadas adaptações nessa actividade, na tentativa de evitar o reaparecimento da lesão. Assim, segundo estes autores, torna-se fundamental que a recuperação da doença seja acompanhada de um programa educativo. Nesse programa deverão ser explicadas algumas regras para evitar a reincidência do SCC, tais como a necessidade de se efectuarem pausas frequentes durante a realização da actividade causadora da lesão (o que pode permitir a recuperação em alguns tecidos de danos causados por traumas repetitivos), a explicação ao paciente acerca do impacto de uma lesão de sobrecarga e a necessidade de utilizar posições de trabalho mais ergonómicas e ferramentas mais leves (82, 109) e aderentes (63). Contudo, Lincoln et al. (61) referem que estas medidas educacionais não revelam qualquer tipo de efeito positivo quando aplicadas isoladamente.

Assim, pode-se verificar que grande parte das medidas de prevenção secundária se baseia na detecção e correcção dos factores que contribuíram para o aparecimento da doença. Desse modo, seja através de medidas educativas ou do tratamento das condições médicas subliminares, estas intervenções têm o objectivo de evitar o reaparecimento do SCC após a sua cura. Porém, é notória a falta de estudos relacionados com a prevenção secundária do SCC – onde sejam avaliados os efeitos das medidas que integram esse tipo de prevenção – (109), o que se traduz num reduzido número de dados acerca da mesma e na prevalência de opiniões contraditórias (para refs. ver 27, 61, 82).

#### **ACTIVIDADE FÍSICA E SÍNDROME DO CANAL CÁRPICO**

Apesar de alguns autores considerarem que a actividade física (AF) pode ter um papel importante na prevenção do SCC (27, 62, 82, 87, 88), há poucos estudos disponíveis que permitam averiguar a sua

influência na prevenção primária e secundária desta doença musculo-esquelética (109).

Relativamente à prevenção primária, alguns autores referem que a manutenção de uma boa forma aeróbia tem um papel preventivo fundamental para evitar o aparecimento de problemas musculo-esqueléticos como o SCC (27, 62, 87). A esta opinião, Scheuerle et al. (87) acrescentam que a realização de uma mobilização articular específica, antes do desenvolvimento da tarefa manual em questão, pode evitar o aparecimento dos sintomas dolorosos característicos do SCC. Contudo, em nenhum dos casos referidos as intervenções apresentadas foram acompanhadas por resultados de estudos que comprovassem a eficácia das mesmas (para refs. ver 27, 62, 87). Por outro lado, não são apresentadas prescrições claras acerca da forma como essas medidas devem ser implementadas; ou seja, a AF é apenas referida de forma generalizada, não sendo propostas estratégias concretas para estabelecer a sua prática (para refs. ver 27, 62, 87, 109). Assim, o papel da AF na prevenção primária do SCC ainda não foi bem estabelecido.

Quanto à prevenção secundária, Downs (27) refere que a participação em exercícios aeróbios pode ajudar a reduzir os sintomas incapacitantes originados pela doença. Também Szabo e King (109) afirmam que, depois de detectada uma lesão musculo-esquelética, é frequentemente prescrito pelo médico um programa de reabilitação que inclui exercícios de flexibilidade e de musculação. Porém, um estudo desenvolvido por Williams et al. (120) parece contrariar a opinião destes últimos autores. Nesse trabalho, que tinha como objectivo testar o impacto de um programa de exercícios de força e de flexibilidade, na tentativa de reduzir os sintomas de trabalhadores afectados pelo SCC, os resultados obtidos não permitiram comprovar os efeitos benéficos da aplicação desse programa. Este facto, inevitavelmente, levanta dúvidas acerca da viabilidade da utilização da AF como forma de prevenção secundária deste distúrbio musculo-esquelético (apesar da AF abranger um conjunto de medidas muito mais vasto que não se restringe a exercícios de força e de flexibilidade). Assim, tanto na prevenção primária como na prevenção secundária, verifica-se uma importante falta de estudos acerca dos efeitos da AF no SCC (109), o

que impossibilita uma compreensão mais profunda acerca desta temática. Além disso, numa meta-análise acerca das principais intervenções preventivas para evitar o SCC, Lincoln et al. (61) verificaram que grande parte dos estudos que se debruçaram sobre os efeitos preventivos da AF no aparecimento desta doença foram baseados em amostras muito reduzidas, o que pode ter influenciado os resultados dos mesmos. As consequências conjugadas destes dois factores permitem justificar a existência de opiniões divergentes na comunidade científica acerca do papel da AF neste processo. Deste modo, tendo em conta que a literatura especializada sobre o SCC apresenta dados insuficientes e contraditórios acerca deste assunto, para procurar saber se a AF poderá ser uma medida utilizada na prevenção do SCC é necessário recorrer a literatura científica de diferentes áreas. Apesar de ser inquestionável que a prática regular de AF é benéfica para a saúde em termos gerais (5), no âmbito deste trabalho interessa verificar se ela tem potencialidades para prevenir o aparecimento do SCC. Se, tal como já foi referido, grande parte das intervenções preventivas que visam evitar o aparecimento desta doença se concentram na redução ou na anulação dos factores de risco da mesma, é importante procurar conhecer a relação entre a AF e esses mesmos factores. Depois de conhecer a influência que a AF pode ter nos factores de risco do SCC, será mais fácil procurar compreender se ela poderá ser utilizada como medida de intervenção preventiva para evitar essa lesão de sobrecarga. Para isso, será analisada a influência da AF nos quatro grupos de factores de risco directamente implicados no SCC. Contudo, é importante referir que apenas serão apresentados argumentos que visam demonstrar a influência preventiva da AF, não sendo apresentadas prescrições da mesma.

#### **Actividade física e factores de risco ocupacionais do SCC**

São conhecidos os efeitos positivos do exercício físico, de características aeróbias, na melhoria dos índices de resistência muscular e no aumento da tolerância à fadiga (30). O treino aeróbio induz um conjunto de adaptações que aumentam a capacidade de produzir energia pelas fontes aeróbias (30, 122). Essas adaptações positivas ao treino aeróbio podem verificar-se quer nos praticantes de desportos aeróbios, quer nos indivíduos sedentários, ao fim de

algumas semanas de treino (5, 30). Assim, conhecendo a relação entre a actividade física e a aptidão física (para refs. ver 13, 67), facilmente se compreende que os indivíduos com fracos índices de aptidão física tenham tendência em fatigar-se mais precocemente. Segundo Branco e Pereira (17), essa tendência é mais acentuada na execução de tarefas repetitivas, o que na consecução de actividades laborais leva frequentemente à adopção de posturas incorrectas. Tendo em consideração que a utilização de posições anti-anatómicas é um dos factores de risco determinantes para o aparecimento e desenvolvimento do SCC (28, 82, 91) e que, por isso, algumas das medidas preventivas primárias mais implementadas consistem na tentativa de evitar a utilização de posturas anti-anatómicas (para refs. ver 60, 109), a AF pode constituir-se como uma estratégia de prevenção primária dessa doença. Essa capacidade de promover uma intervenção preventiva pode ser justificada pelo facto do desenvolvimento dos níveis de aptidão física poder ser efectuado através da prática regular de AF, desencorajando a utilização de posturas anti-anatómicas no trabalho. Assim, a AF pode desempenhar um papel importante na melhoria da resistência geral ao trabalho muscular, reduzindo o aparecimento da fadiga (para refs. ver 30, 122), o que, simultaneamente, parece reduzir as possibilidades de se utilizarem posturas anti-anatómicas na realização das tarefas laborais (17).

A repetição e a intensidade da força subjacentes à realização das tarefas laborais constituem-se como outros dois factores de risco ocupacionais preponderantes para o desenvolvimento do SCC (28, 66, 82). Se, por um lado, os efeitos desses factores dependem do facto das suas intensidades ultrapassarem (ou não) o *safe limit* teórico apontado para o desenvolvimento da lesão (7), por outro lado, a AF pode contribuir para o aumento da capacidade do organismo tolerar esforços e estender os seus limites fisiológicos (30, 72). Assim, é coerente especular que a AF pode permitir uma maior tolerância a esses factores de risco, ampliando os valores máximos da exposição aceitável – *safe limit* – de cada indivíduo. Considerando que o SCC atinge indivíduos que, normalmente, têm ocupações em que é necessária a realização de um elevado número de tarefas manuais onde a articulação do pulso é fortemente solicitada (32, 44, 87, 123), é importante referir alguns efeitos

particulares da exercitação específica dos MS. Tendo em conta que uma mesma carga desenvolvida pelos MS origina uma maior subida de pressão arterial (PA) e da frequência cardíaca (FQ) do que se efectuada pelos membros inferiores (29), a utilização exclusiva dos MS na consecução das tarefas laborais (particularmente nas tarefas em que é necessária a aplicação de elevadas intensidades de força) origina maiores exigências cardíacas e maior subida tensional do que se a mesma carga fosse repartida por um maior número de segmentos corporais. Desse modo, segundo Mitchell e Raven (72), indivíduos dependentes da utilização exaustiva dos MS devem insistir no treino (com características aeróbias) desses segmentos corporais, no sentido de serem promovidas adaptações crónicas na FQ e PA, que lhes permitam uma maior tolerância à fadiga causada por essa solicitação localizada e específica – advindo daí as vantagens anteriormente referidas.

Desse modo, se a AF geral aparenta exercer um poder preventivo no SCC, a exercitação específica dos MS parece, pela sua maior especialização face às tarefas ocupacionais em questão, potenciar essa capacidade preventiva.

Assim, relativamente aos factores de risco ocupacionais, existem motivos para se encarar a AF como uma possível base para a prevenção primária do SCC: a sua relação com a postura adoptada nas actividades laborais e a possibilidade de aumentar a tolerância do organismo aos efeitos da repetitividade do movimento e da intensidade da força subjacente a determinada tarefa profissional, justificam essa possibilidade. Por outro lado, tal como é sugerido no “mundo do desporto” (para refs. ver 46, 71, 85), o desenvolvimento de uma exercitação mais específica e direccionada para a tarefa ocupacional em questão parece potenciar esses efeitos preventivos, fortalecendo, de forma mais eficaz, as estruturas especificamente solicitadas e aumentando – ainda mais – a resistência ao aparecimento de possíveis doenças musculo-esqueléticas (tais como o SCC), face à exposição de factores de risco. A tudo isto pode ser acrescentado o facto da AF poder promover um aumento da condição física (30) que, por sua vez, diminui a predisposição para a ocorrência de lesões musculo-esqueléticas em geral (47) – tipo de lesões onde se pode incluir o SCC.

#### **Actividade física e factores de risco biológicos do SCC**

Um elevado IMC ( $IMC > 30$ ) parece ser um factor de risco determinante para o aparecimento e desenvolvimento do SCC (11, 54, 66, 78, 99, 105, 111, 119). Este facto pode ser justificado tanto pela relação directa que apresenta com o aumento da PCC (8), como pelas consequências psíquicas que a obesidade frequentemente acarreta (para refs. ver 4) e que, muitas vezes, se enquadram nos factores de risco psicológicos para o desenvolvimento da doença. Tendo em conta que a maioria dos estudos epidemiológicos demonstram que o aumento de peso ao longo da vida está mais relacionado com a diminuição dos hábitos de exercício, do que com o aumento da ingestão calórica (5), facilmente se compreende que a AF pode ser utilizada na prevenção e terapêutica da obesidade ligeira ou moderada (4). Ao promover o dispêndio energético durante a sua realização (5), a AF tem um contributo importante na redução ou manutenção do IMC no indivíduo. De facto, toda a AF comporta um custo calórico, sendo possível nas actividades desportivas estereotipadas (como, por exemplo, a marcha, a natação, o remo, a corrida, etc.) prever com rigor esse consumo calórico por métodos indirectos (para refs. ver 4, 122). Assim, a AF poderá estar directamente relacionada com a perda de peso e, desse modo, representa uma medida preventiva ao aparecimento de um IMC elevado, contribuindo para a minimização e controlo de um dos factores de risco biológicos mais importantes para o aparecimento do SCC.

Para além disso, é importante salientar que a AF tem também efeitos significativos na potenciação dos resultados positivos das dietas alimentares, contribuindo para a manutenção do bem-estar psíquico do paciente (que é, muitas vezes, posto em causa) durante a realização da dieta e para uma maior adesão ao programa alimentar sugerido. Desse modo, para além da própria AF poder desempenhar um papel directo na redução do peso corporal, tem também efeitos benéficos, indirectos, na influência das dietas alimentares, tornando-as mais eficazes (79). É também importante salientar que a realização regular de AF poderá estar relacionada com a diminuição de peso corporal através da perda preferencial de massa gorda (4) e não, tal como acontece sempre que o organismo entra em balanço energético negati-

vo (tal como, por exemplo, no seguimento de uma dieta alimentar com a finalidade de perder peso corporal), associado à perda conjunta de massa magra e de massa gorda (5); ou seja, a AF regular permite uma redução do IMC à custa, fundamentalmente, da redução da massa gorda. Assim, apesar das variações de peso à custa, unicamente, da massa gorda serem aparentemente impossíveis (34), a acção trófica da AF sobre os músculos exercitados contrapõe-se à perda de massa muscular causada pelo balanço energético negativo necessário para que haja uma diminuição da massa corporal (5). Assim, a AF poderá permitir solucionar este factor de risco para o SCC – o elevado IMC – sem penalizar os valores máximos da exposição aceitável do indivíduo a factores de risco, tais como a força e a repetição – uma vez que a perda de massa magra está normalmente associada a uma maior fragilidade da condição física e, por isso, à diminuição da capacidade de adaptação aos estímulos diários e a um aparecimento mais precoce da fadiga (para refs. ver 14).

Por último, é pertinente referir que, quando o principal objectivo da realização de AF é a perda de peso, devem-se escolher exercícios que originam consumos de oxigénio mais elevados – exercícios de longa duração, elevada intensidade e que solicitem a maior quantidade de massa muscular possível (18). Porém, tendo em conta que a maioria dos indivíduos com IMC elevado apresentam uma condição física reduzida, a intensidade da sua exercitação física deverá ser reduzida, impedindo também o abandono por desmotivação (4, 18). Assim, os exercícios a escolher deverão ser prolongados, pouco exigentes no que respeita à intensidade, e mobilizar amplas massas musculares – por exemplo, a marcha, a corrida, o ciclismo, a dança, etc. (4, 18, 122).

#### **Actividade física e factores de risco psicológicos do SCC**

Os efeitos benéficos da AF não devem ser vistos exclusivamente do ponto de vista somático (57). Esses efeitos contemplam também aspectos psicológicos importantes que, por sua vez, medeiam algumas reacções somáticas (74). Os benefícios psicológicos que advêm da realização de AF parecem evidentes, sendo referidos frequentemente por vários autores (para refs. ver 10, 90, 115, 121). Apesar das relações exactas entre a AF e os benefi-

cios psicológicos não estarem totalmente compreendidas, devido à elevada complexidade de tal relação (24), segundo Berger e McInman (10) pode-se concluir que a AF realizada de forma habitual pode estar associada à promoção de bem-estar psicológico. Esse bem-estar está relacionado, geralmente, ao grau de satisfação do indivíduo com a sua vida (24). Um estudo desenvolvido no Reino Unido (1) sugere que as pessoas que praticam exercício físico têm uma maior percepção de auto-satisfação. Contudo, essa investigação deixa em aberto a possibilidade desta relação poder ser lida em sentido contrário, ou seja, as pessoas que se percebem a si próprias como tendo boa saúde são mais atraídas para o exercício físico. Além da influência que o exercício físico parece ter no bem-estar psicológico, Cruz et al. (24) resumem alguns benefícios potenciais da AF na vida geral, sendo importante realçar aqueles que se podem relacionar, de alguma forma, com o SCC. Assim, a AF aumenta o auto-controlo e a eficiência no trabalho; por outro lado, diminui o sentimento de ira/irritação e ansiedade, a depressão e os erros no trabalho. Tal como foi descrito atrás, vários estudos apontam para o facto do reduzido bem-estar psicológico, da reduzida satisfação no trabalho, do reduzido auto-controlo, da ansiedade/pressão, do *stress* e de um trabalho monótono, parecerem estar associados ao maior risco de desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas de sobrecarga (12, 44, 59). Assim, face aos efeitos psicológicos da AF (as suas virtudes na minimização ou anulação destes factores são bem visíveis) torna-se fácil compreender as suas potencialidades na intervenção preventiva primária e secundária do SCC.

#### **Actividade física e factores de risco clínicos do SCC**

Tal como referido, a DM é o factor de risco clínico mais estudado e que parece estar mais associado ao desenvolvimento do SCC (8, 28). Já antes da descoberta da insulina (no início do século XX), a AF era considerada como benéfica para os doentes com esta perturbação metabólica (79). Actualmente, os benefícios da AF na prevenção e controlo da DM estão comprovados (36). Assim, Barata e Lisboa (6) resumem os efeitos positivos da AF nos diabéticos referindo que esta facilita a redução do peso, promove uma maior sensibilidade periférica aos efeitos da

insulina, melhora o perfil lipídico e reduz a hipertensão arterial coexistente.

Apesar do papel da AF ser fundamental nos pacientes com DM, existem regras padronizadas para a sua prescrição que devem, acima de tudo, ser individualizadas em função da gravidade da doença e das complicações existentes (6). Contudo, de uma forma geral, as actividades quantificáveis e reproduzíveis (estereotipadas) parecem ser as mais aconselhadas, uma vez que permitem uma prescrição mais rigorosa das cargas (39). Por outro lado, Pérez e Cros (83) acrescentam que as actividades ideais parecem ser as que utilizam maior massa muscular, com características aeróbias, e que se podem manter por um período prolongado no tempo, tais como, por exemplo, a marcha, a natação, a dança ou o ciclismo.

Para além da AF poder contribuir para a redução de um factor de risco clínico determinante como a DM, ela também pode estimular o aumento da massa óssea, promovendo uma maior resistência mecânica do osso (15). De facto, a AF tem um papel que poderá ser decisivo na estimulação dos osteoblastos – particularmente após os 35 anos, idade média em que a actividade osteoclástica começa a ser responsável pela rarefacção do tecido ósseo (para refs. ver 16, 23).

Desse modo, enquanto que a imobilização ou a ausência de carga provocam o aumento da eliminação urinária do cálcio e a redução óssea acelerada, a acção muscular subjacente à AF promove forças mecânicas sobre o osso que permitem, por estimulação osteoblástica, manter ou aumentar a sua massa (15).

Naturalmente, esse aumento da massa óssea corresponde a um incremento da resistência mecânica do tecido ósseo mais estimulado, reduzindo o risco de fracturas (23). Sabendo que a fractura do pulso é apontada como um antecedente de risco para o aparecimento do SCC (53) –, é coerente supor que a prática regular de AF (desde que as cargas dessa actividade estimulem essa articulação) pode desempenhar um papel importante na redução das possibilidades de surgimento desse factor de risco.

Perante a influência positiva que a AF aparenta ter na prevenção e no tratamento de alguns dos factores de risco mais significativos para o aparecimento e desenvolvimento do SCC, parece ser lógica a sua integração nas medidas preventivas primárias e secundárias. Porém, como a acção preventiva global

da AF é mais eficaz do que a sua componente curativa (5), no caso da sua intervenção específica sobre os factores de risco do SCC, a sua acção parece também mais benéfica e viável quando utilizada como medida de prevenção primária.

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Perante a compreensão da etiologia e dos principais sintomas do SCC, há todo o interesse em concentrar esforços na prevenção deste distúrbio musculoesquelético. Desse modo, vários autores têm-se dedicado a investigar os factores de risco do SCC e possíveis estratégias de prevenção. Todavia, têm surgido vários problemas que obstaculizam a criação e o desenvolvimento de medidas preventivas primárias e secundárias. Um desses problemas prende-se com a quantificação das cargas físicas que promovem o aparecimento do SCC; ou seja, factores de risco determinantes como a intensidade e a duração da força exercida, a repetição do movimento subjacente à realização de uma tarefa e a postura anti-anatómica utilizada ainda não foram rigorosamente quantificados. Não se conseguiu delimitar (de forma clara e rigorosa) o *safe limit* a partir do qual esses factores passam a sujeitar os tecidos a cargas que ultrapassam os seus limites fisiológicos, constituindo-se como uma potencial causa para o desenvolvimento do SCC.

Além desta dificuldade, outra adversidade que tem retardado os progressos na prevenção do SCC está relacionada com os vários métodos utilizados para definir os factores de risco desta doença. Essa multiplicidade metodológica tem contribuído para a proliferação de algumas contradições relativamente a esses factores e, simultaneamente, para alguma confusão na classificação e interpretação dos mesmos. Obviamente que estes problemas têm constrangido e limitado o estudo e a compreensão da relação exposição-resposta, ou seja, da relação factores de risco-SCC. O estabelecimento incompleto dessa relação reflecte-se ao nível do desenvolvimento das estratégias preventivas da doença. Apesar disso, os factores de risco aparentemente mais significativos estão bem definidos pela literatura. Contudo, é importante referir que essa definição acompanha a tendência da literatura em se concentrar, preferencialmente, sobre os factores de risco ocupacionais, deixando frequen-

temente os restantes factores para segundo plano. O conhecimento dos principais factores de risco tem facilitado o desenvolvimento de algumas estratégias de prevenção, que se baseiam eminentemente na minimização e na tentativa de anulação desses mesmos factores. Apesar da AF parecer ter um papel importante na prevenção de grande parte dos factores de risco determinantes, tendo sido apresentados exemplos da sua possível influência positiva, a literatura especializada não a tem encarado como uma medida preventiva potencialmente eficaz. Se, por um lado, os estudos que visam analisar a AF como medida preventiva são extremamente reduzidos, por outro lado, a sua grande maioria apresenta amostras muito limitadas, não permitindo obter dados rigorosos acerca da influência da mesma na prevenção do SCC. Assim, apesar de vários autores referirem a AF como medida preventiva primária, verificam-se algumas divergências nas estratégias referidas para a sua implementação – reflexo da falta de investigações desenvolvidas relativamente a esse assunto.

A AF parece revestir-se de um elevado potencial preventivo (primário e secundário), permitindo controlar e minimizar (ou mesmo anular) alguns dos principais factores de risco – por exemplo, a DM, um elevado IMC, os efeitos nefastos da utilização de posturas anti-anatómicas, de movimentos repetitivos e o reduzido bem-estar psicológico.

Para finalizar é importante referir que, apesar da AF ainda não ter motivado a realização de um número suficiente de estudos que permitam conhecer as suas potencialidades como uma medida preventiva determinante do SCC, parecem existir justificações para que sejam desenvolvidas investigações mais rigorosas acerca dos seus efeitos na prevenção primária e secundária do SCC. Porém, mesmo com um insuficiente número de estudos realizados, é possível inferir que, face às suas comprovadas capacidades de prevenir e de tratar alguns dos factores de risco mais directamente associados com o SCC, a AF, mesmo que de forma indirecta, pode reduzir o risco de aparecimento e de desenvolvimento do SCC.

#### **CORRESPONDÊNCIA**

**José Alberto Duarte**

Laboratório de Bioquímica  
e Morfologia Experimental  
Faculdade de Ciências do Desporto  
e de Educação Física  
Universidade do Porto  
Rua Dr. Plácido Costa, 91  
4200 - 450 Porto, Portugal  
*jarduarte@fcdef.up.pt*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allied Dumbar National Fitness Survey (1992). *Main Findings*. London: Sport Council and Health Education Authority.
2. Armstrong TJ, Buckle P, Fine LJ, Hagberg M, Jonsson B, Kilbom A, Kuorinka IAA, Silverstein BA, Sjøgaard G, Viikari-Juntura ERA (1993). A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health*. 19, 73-84.
3. Armstrong TJ, Chaffin DB (1979). Carpal tunnel syndrome and selected personal attributes. *J Occup Med*. 21, 481-486.
4. Atkinson RL, Walberg-Rankin J (1993). Physical activity, fitness and severe obesity. In C Bouchard, R Shephard, T Stephens (Eds). *Physical Activity, Fitness, and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 69.
5. Barata T (1997). Benefícios da actividade física regular. In T Barata (Ed). *Actividade Física e Medicina Moderna*. Odivelas: Europress, 132-152.
6. Barata T, Lisboa PE (1997). Diabetes e actividade física. In T Barata (Ed). *Actividade Física e Medicina Moderna*. Odivelas: Europress, 287-297.
7. Barr AE, Barbe MF (2002). Pathophysiological tissue changes associated with repetitive movement: a review of the evidence. *Phys Ther*. 82, 173-187.
8. Becker J, Nora DB, Gomes I, Stringari FF, Seitensus R, Panosso JS, Ehlers JAC (2002). An evaluation of gender, obesity, age and diabetes mellitus as risk factors for carpal tunnel syndrome. *Clin Neurophysiol*. 113, 1429-1434.
9. Bekkelund S, Pierre-Jerome C, Torbergesen T, Ingebrigtsen T (2001). Impact of occupational variables in carpal tunnel syndrome. *Acta Neurol Scand*. 103, 193-197.
10. Berger BG, McInman A (1993). Exercise and the quality of life. In RN Singer, M Murphey, LK Tennant (Eds) *Handbook of Research on Sport Psychology*. New York: Macmillan, 729-760.
11. Billi A, Catalucci A, Barile A, Masciocchi C (1998). Joint impingement syndrome: clinical features. *Eur J Radiol*. 27, 39-41.
12. Bongers PM, de Winter CR, Kompier MA, Hildbrandt VH (1993). Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. *Scand J Work Environ Health*. 19, 297-312.
13. Borms J (1991). Exercício físico, aptidão física e o novo paradigma de saúde. In J Bento, A Marques (Eds). *Actas das Jornadas Científicas: Desporto. Saúde. Bem-Estar*. Porto: FCDEF-UP, 111-118.
14. Bouchard C, Shephard R (1993): Physical activity, fitness, and health: the model and key concepts. In C Bouchard, R Shephard, T Stephens (Eds). *Physical Activity, Fitness, and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 11-24.
15. Branco J (1997). Massa óssea e actividade física. In T Barata (Ed). *Actividade Física e Medicina Moderna*. Odivelas: Europress, 298-303.
16. Branco JC, Matos ACA, Silva JC (1998): Metabolismo fosfo-cálcio. *Geriatrics*. 1, 30-39.
17. Branco J, Pereira G (1997). Lombalgias e actividade física. In T Barata (Ed). *Actividade Física e Medicina Moderna*. Odivelas: Europress, 304-309.
18. Bray GA (1990). Exercise and obesity. In Bouchard C, Shephard R, Stephens T, Sutton JR, McPherson BD (Eds). *Exercise, Fitness and Health – a Consensus of Current Knowledge*. Champaign: Human Kinetics, 499-510.
19. Brouwer B, Mazzoni C, Pearce W (2001). Tracking ability in subjects symptomatic of cumulative trauma disorder: does it relate to disability? *Ergonomics* 44, 443-456.
20. Buckle PW (1997). Work factors and upper limb disorders. *BMJ*. 315, 1360-1363.
21. Cakir M, Samancit N, Balcit N, Balci MK (2003). Musculoskeletal manifestations in patients of thyroid disease. *Clin Endocrinology* 59, 162-167.
22. Ciriello VM, Snook SH, Webster BS, Dempsey P (2001). Psychophysical study of six hand movements. *Ergonomics* 44, 922-936.
23. Constantini NW, Warren MP (1994). Special problems of the female athlete. *Clin Rheumatol*. 8, 199-219.
24. Cruz J, Machado P, Mota M (1996). Efeito e benefícios psicológicos do exercício e da actividade física. In Cruz J (Ed). *Manual de Psicologia do Desporto*. Braga: Sistemas Humanos e Organizacionais, 91-116.
25. Cullum DE, Molloy CJ (1994). Occupation and the carpal tunnel syndrome. *Med J Aust*. 161, 552-554.
26. De Krom MC, Knipschild PG, Kester AD, Thijs CT, Boekkooi PF, Spaans F (1990). Risk factors for carpal tunnel syndrome. *J Clin Epidem*. 132, 1102-1110.
27. Downs DG (1997). Nonspecific work-related upper extremity disorders. *Am Fam Physician*. 55, 1296-1302.
28. Fagarasanu M, Kumar S (2002). Carpal tunnel syndrome due to keyboarding and mouse tasks: a review. *Int J Industr Erg*. (In press).
29. Fagard RH, Tipton CM (1993). Physical activity, fitness and hypertension. In Bouchard C, Shephard R, Stephens T (Eds). *Physical Activity, Fitness, and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 41.
30. Faulkner JA, Green HJ, White TP (1993). Physical activity and skeletal muscle. In Bouchard C, Shephard R, Stephens T (Eds). *Physical Activity, Fitness, and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 55-56.
31. Feuerstein M, Armstrong T, Hickey P, Lincoln A (1997). Computer keyboard force and upper extremity symptoms. *J Occup Environ Med*. 39, 1144-1153.
32. Feuerstein M, Miller VL, Burrell ML, Berger L (1998). Occupational upper extremity disorders in the federal workforce: prevalence, health care expenditures, and patterns of work disability. *J Occup Environ Med*. 40, 546-555.
33. Forsman M, Hansson GA, Medbo L, Asterland P, Engstrom T (2002). A method for evaluation of manual work using synchronised video recordings and physiological measurements. *Appl Ergonomics* 33, 533-540.
34. Garrow JS, Webster J (1985): Quetelet's index (W/H<sup>2</sup>) as a measure of fatness. *Int J Obesity* 9, 147-153.
35. Gerritsen A, Uitdehaag B, Geldere D, Scholten R, Vet H, Bouter L (2001). Systematic review of randomized clinical trials of surgical treatment for carpal tunnel syndrome. *BJS*. 88, 1285-1295.
36. Giacca A (1993). Physical activity, fitness and type 1 diabetes. In Bouchard C, Shephard R, Stephens T (Eds). *Physical Activity, Fitness, and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 65-66.
37. Goldstein B, Goetz L, Young J (1998). Treatment of repetitive motion disorders. In Shankar K (Ed). *Exercise Prescription*. Philadelphia: Haley & Belfus, 363-401.
38. Gottlieb S (2001). US employer agrees to stop genetic testing. *BMJ*. 322, 449.

39. Gudat U, Berger M, Lefèvre PJ (1993). Physical activity, fitness and non-insulin-dependent (type II) diabetes in physical activity. In Bouchard C, Shephard R, Stephens T (Eds). *Physical Activity, Fitness, and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 66-67.
40. Hadler M (1997). Carpal tunnel syndrome, diagnostic conundrum. *J Rheumatol.* 24, 417-419.
41. Hagberg M (1997). ABC of work-related disorders. Neck and harm disorders. *BMJ.* 313, 419-422.
42. Hales TR, Bernard BP (1996). Epidemiology of work-related musculoskeletal disorders. *Orthop Clin North Am.* 27, 679-709.
43. Hébert L, Camirand D (1996). Anatomie appliquée du poignet et de la main. In *Le Corps et ses Mouvements*. Canada: Édition Saint-Martin, 77-115.
44. Himmelstein JS, Feuerstein M, Stanek EJ (1995). Work-related upper-extremity disorders and work disability: clinical and psychosocial presentation. *J Occup Environ Med.* 37, 1278-1286.
45. Hirasawa Y, Ogura T (2000). Carpal tunnel syndrome in patients on long term haemodialysis. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg.* 34, 373-381.
46. Horta L (1995). *Prevenção de Lesões no Desporto*. In Horta L (Ed). Lisboa: Editorial Caminho, 281-378.
47. Horta L (1997). As lesões musculoesqueléticas. In Barata T (Ed). *Actividade Física e Medicina Moderna*. Odivelas: Europress, 324-345.
48. Jeng O, Radwin NG, Rodriguez AA (1994). Functional psychomotor deficits associated with carpal tunnel syndrome. *Ergonomics* 37, 1065-1069.
49. Keir PJ, Bach JM, Rempel DM (1998). Effects of finger posture on carpal tunnel pressure during wrist motion. *J Hand Surg.* 23, 1004-1009.
50. Keir PJ, Wells RP (1999). Changes in geometry of the finger flexor tendons in the carpal tunnel with wrist posture and tendon load: an MRI study on normal wrists. *Clin Biom.* 14, 635-645.
51. Keyserling MW, Stetson DS, Silverstein BA, Brouwer ML (1993). A checklist for evaluating ergonomic risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders. *Ergonomics* 36, 807-831.
52. Klein I, Ojamaa K (2000). Thyroid (neuro)myopathy. *Lancet* 356, 654.
53. Kouyoumdjian JA, Morita MPA, Rocha PRF, Miranda RC, Gouveia GM (2000). Body mass index and the carpal tunnel syndrome. *Arch Neuro.* 58, 252-256.
54. Kouyoumdjian JA, Zanetta DM, Morita MPA (2002). Evaluation of age, body mass index, and wrist index as risk factors for carpal tunnel syndrome severity. *Muscle Nerve* 25, 93-97.
55. Kumar R, Gaerlan MS, Burgess T (2000). Carpal tunnel syndrome in the presence of wrist flexion and absence of repetitive movements. *J Back Musc Rehabil.* 14, 127-131.
56. Lam N, Thurston A (1998). Association of obesity, gender, age and occupation with carpal tunnel syndrome. *Aust N Z J Surg.* 68, 190-193.
57. Landers DM, Petruzzello SJ (1993). Physical activity, fitness and anxiety. In Bouchard C, Shephard R, Stephens T (Ed). *Physical Activity, Fitness and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 80-81.
58. Lange H (1999). Carpal tunnel syndrome caused by the palmaris profundus muscle. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg.* 33, 251-252.
59. Leclerc A, Franchi P, Cristofari MF, Delemotte B, Teysier-Cotte C, Touranchet A (1998). Carpal tunnel syndrome and work organisation in repetitive work: a cross sectional study in France. *J Occup Environ Med.* 55, 180-187.
60. Lin ML, Radwin RG (1997). A single metric for quantifying biomechanical stress in repetitive motions and exertions. *Ergonomics* 40, 543-558.
61. Lincoln AE, Vernick JS, Ogaitis S, Smith GS, Mitchell CS, Agnew J (2000). Interventions for the primary prevention of work-related carpal tunnel syndrome. *Am J Prev Med.* 18, 37-50.
62. Liu S, Hayden GF (2002). Maladies in musicians. *South Med J.* 95, 727-734.
63. Lowe B, Freivalds A (1999). Effect of carpal tunnel syndrome on grip force coordination on hand tools. *Ergonomics* 42, 550-564.
64. Luttgens K, Hamilton N (1997). The upper extremity: elbow, forearm, wrist, and hand. In *Kinesiology – Scientific Basis of Human Motion*. Dubuque: Brown & Benchmark Publishers, 150-172.
65. Macfarlane GJ, Hunt IM, Silman AJ (2001). Role of mechanical and psychosocial factors in the onset of forearm pain: prospective population based study. *BMJ* 321, 676-679.
66. Macfarlane GJ (2001). Identification and prevention of work-related carpal tunnel syndrome. *Lancet* 357, 1146.
67. Maia J, Lopes V, Morais F (2001). *Actividade física e aptidão física associada à saúde: um estudo de epidemiologia genética em gémeos e suas famílias realizado no Arquipélago dos Açores*. Porto: FCDEF-UR, Direcção Geral de Educação Física e Desporto da Região Autónoma dos Açores, 21-40.
68. Mani L, Gerr F (2000). Work-related upper extremity musculoskeletal disorders. *J Occup Environ Med.* 27, 845-864.
69. Marklin RW, Monroe JF (1998). Quantitative analysis of wrist motion in bone-trimming jobs in the meat packing industry. *Ergonomics* 41, 227-237.
70. Marshall MM, Mozrall R, Shealy JE (1999). The effects of complex wrist and forearm posture on wrist range of motion. *Human Factors* 41, 205-213.
71. Massada, L (2000): *Lesões Típicas do Desportista*. Lisboa: Editorial Caminho, 37-122.
72. Mitchell JH, Raven PB (1993). Cardiovascular adaptation to physical activity. In Bouchard C, Shephard R, Stephens T (Eds). *Physical Activity, Fitness, and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 41-42.
73. Moore JS, Garg A (1994). Upper extremity disorders in a pork processing plant: relationships between job risk factors and morbidity. *Am Ind Hyg Assoc J.* 55, 703-715.
74. Morgan WP (1993). Physical activity, fitness and depression. In Bouchard C, Shephard R, Stephens T (Eds). *Physical Activity, Fitness, and Health – Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics, 80.
75. Nathan PA, Keniston RC, Myers LD, Meadows KD (1992). Longitudinal study of median nerve sensory conduction in industry relationship to age, gender, hand dominance, occupational hand use, and clinical diagnosis. *J Hand Surg.* 17, 850-857.
76. Nathan PA, Keniston RC, Myers LD, Meadows KD, Lockwood RS (1999). Natural history of median nerve conduction in industry: relationship to symptoms and carpal tunnel syndrome in 558 hands over 11 years. *Muscle Nerve* 21, 711-721.

77. Nelson JE, Treaster DE, Marras WS (2000). Finger motion, wrist motion and tendon travel as a function of keyboard angles. *Clin Biom.* 15, 489-498.
78. Nordstrom DL, Vierkant RA, DeStefano F, Layde PM (1997). Risk factors for carpal tunnel syndrome in a general population. *J Occup Environ Med.* 54, 734-740.
79. Nunes, L (1999). *A Prescrição da Actividade Física*. Lisboa: Editorial Caminho, 31-46, 183-206.
80. Ozkul Y, Sabuncu T, Yazgan P, Nazligul Y (2001). Local insulin injection improves median nerve regeneration in NIDDM patients with carpal tunnel syndrome. *Eur J Neurol.* 8, 329-334.
81. Palumbo CF, Szabo RM, Olmsted SL (2000). The effects of hypothyroidism and thyroid replacement on the development of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg.* 25, 734-739.
82. Pantukosit S, Petchkrua W, Stiens S (2001). Intersection syndrome in Buriram hospital – a 4-yr prospective study. *Am J Phys Med Rehabil.* 80, 656-661.
83. Pérez AP, Cros MR (1996). Ejercicio físico en diversos transtornos metabólicos: diabetes, dislipemia y obesidad. In Grima JR (Ed). *Prescription de Ejercicio Físico para la Salud*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
84. Rempel DM, Harrison RJ, Barnhart S (1992). Work-related cumulative trauma disorders of the upper extremity. *JAMA* 267, 838-842.
85. Ribeiro B (1992). *O Treino do Músculo*. In Horta L (Ed). Lisboa: Editorial Caminho, 79-83.
86. Ro J, Jacobs K (1997). Wrist postures in video display terminal operators (VDT) using different keyboards. *Work* 9, 255-266.
87. Scheuerle J, Guilford AM, Habal MB (2000). Work-related cumulative trauma disorders and interpreters for the deaf. *Appl Occup Environ Hyg.* 15, 429-434.
88. Sequeira W (1999). Yoga in treatment of carpal tunnel syndrome. *Lancet* 353, 689-690.
89. Seradge H, Jia YC, Owens W (1995). In vivo measurement of carpal tunnel pressure in the functioning hand. *J Hand Surg.* 20, 855-859.
90. Seraganian P (1993). Current status and future directions in the field of exercise psychology. In Seraganian P (Ed). *Exercise Psychology – the influence of physical exercise on psychological processes*. New York: John Wiley, 39-121.
91. Serina E, Tal R, Rempel D (1999). Wrist and forearm postures and motions during typing. *Ergonomics* 42, 938-951.
92. Sharma SD, Smith EM, Hazleman BL, Jenner JR (1997). Thermographic changes in keyboard operators with chronic forearm pain. *BMJ* 314, 118.
93. Silverstein BA, Fine LJ (1991). Cumulative trauma disorders of the upper extremity. *J Occup Med.* 33, 642-644.
94. Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ (1987). Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *Am J Industr Med.* 11, 343-358.
95. Silverstein BA, Welp E, Nelson N, Kalat J (1995). Claims incidence of work related disorders of the upper extremities: Washington State, 1987 through 1995. *Am J Pub Health* 88, 1827-1833.
96. Smith MJ, Karsh BT, Conway FT (1998). Effects of a split keyboard design and wrist rest on performance, posture and comfort. *Human Factors* 40, 324-336.
97. Sperry P (1994). Overuse injury in sport. *BMJ* 308, 1430-1432.
98. Stabler A, Heuck A, Reiser M (1997). Imaging of the hand: degeneration, impingement and overuse. *Eur J Radiol.* 25, 118-128.
99. Stallings SP, Kasdan ML, Soergel TM, Corwin HM (1997). A case-control study of obesity as a risk factor for carpal tunnel syndrome in a population of 600 patients presenting for independent medical examination. *J Hand Surg.* 22, 211-215.
100. Stevens JC, Smith BE, Weaver AL, Bosch EP, Deen HG, Wilkens JA (1999). Symptoms of 100 patients with electromyographically verified carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 22, 1448-1456.
101. Stevens JC, Witt JC, Smith BE, Weaver AL (2001). The frequency of carpal tunnel syndrome in computer users at a medical facility. *Neuro.* 56, 1568-1570.
102. Stiens SA, Haselkorn JK, Peters JD (1996). Rehabilitation intervention for patients with upper extremity dysfunction: challenges of outcome evaluation. *Am J Industr Med.* 29, 590-601.
103. Stumpp D, Sparks P (1997). Screening and medical surveillance for cumulative trauma disorders. In Erdil M, Dickerson OB (Eds). *Cumulative Trauma Disorders: Prevention, Evaluation, and Treatment*. New York: Van Nostrand Reinhold.
104. Sugimoto H, Mijaji O, Oshaea T (1994). Carpal tunnel syndrome: evaluation of median nerve circulation with dynamic contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* 190, 459-466.
105. Sungpet A, Suphachatwong C, Kawinwonggowit V (1999). The relationship between body mass index and the number of sides of carpal tunnel syndrome. *J Med Assoc Thai.* 82, 182-185.
106. Swanson NG, Galinsky TL, Cole LL, Pan CS, Sauter SL (1997). The impact of keyboard design on comfort and productivity in a text entry task. *Appl Ergonomics* 28, 9-16.
107. Szabo RM (1989). Stress carpal tunnel pressures in patients with carpal tunnel syndrome and normal patients. *J Hand Surg.* 14, 624-627.
108. Szabo RM (1998). Carpal tunnel syndrome as a repetitive motion disorder. *Clin Orthop Research* 351, 78-89.
109. Szabo RM, King KJ (2000). Repetitive stress injury: diagnosis or self-fulfilling prophecy? *J Bone Joint Surg.* 82, 1314-1322.
110. Tanaka S, McGlothlin JD (1993). A conceptual model for prevention of work-related carpal tunnel syndrome (CTS). *Int J Industr Ergon.* 11, 87-107.
111. Tanaka S, Wild DK, Cameron LL, Freund E (1997). Association of occupational and nonoccupational risk factors with the prevalence of self-reported carpal tunnel syndrome in a national survey of the working population. *Am J Industr Med.* 32, 550-556.
112. Tyson A (1995). Prevention and rehabilitation of shoulder impingement. *Strength and Conditioning.* 17, 31-33.
113. US Department of Labor (1999). *CTD News*. <http://ctdnews.com/bls.html>.
114. Weber W (2000). Dutch health council calls for more RSI research. *Lancet* 356, 1994.
115. Weinberg RS, Gould D (1995). *Foundations of Sport and Exercise Psychology*. Champaign: Human Kinetics, 299-316, 91-114.
116. Weinstein SM, Herring SA (1992). Nerve problems and compartment syndromes in the hand, wrist, and forearm. *Clin Sports Med.* 11, 161-188.

117. Werner RA, Andary M (2002). Carpal tunnel syndrome: pathophysiology and clinical neurophysiology. *Clin Neurophysiol.* 113, 1373-1381.
118. Werner RA, Armstrong TJ (1997). Carpal tunnel syndrome: ergonomic risk factors and intra carpal pressure, carpal tunnel syndrome. *Phys Med and Rehabil.* 8, 555-569.
119. Werner RA, Armstrong TJ, Aylard MK (1997). Intracarpal canal pressure: the role of finger, hand, wrist and forearm position. *Clin Biom.* 12, 44-51.
120. Williams TL, Smith LA, Herrick RT (1989). *Exercise as a prophylactic device against carpal tunnel syndrome.* Santa Monica: Human Factor Society.
121. Willis JD, Champbell LF (1992). *Exercise Psychology.* Champaign: Human Kinetics, 39-78.
122. Wilmore JH, Costill DL (1994). *Physiology of Sport and Exercise.* Champaign: Human Kinetics, 15-17, 490-511.
123. Wu S-P, Hsieh C-S (2002). Ergonomics study on the handle length and lift angle for the culinary spatula. *Appl Ergonomics.* 33, 493-501.



## NORMAS DE PUBLICAÇÃO

### Tipos de publicação

#### *Investigação original*

A RPCD publica artigos originais relativos a todas as áreas das ciências do desporto.

#### *Revisões da investigação*

A RPCD publica artigos de síntese da literatura que contribuam para a generalização do conhecimento em ciências do desporto. Artigos de meta-análise e revisões críticas de literatura são dois possíveis modelos de publicação. Porém, este tipo de publicação só estará aberto a especialistas convidados pela RPCD.

#### *Comentários*

Comentários sobre artigos originais e sobre revisões da investigação são, não só publicáveis, como são francamente encorajados pelo corpo editorial.

#### *Estudos de caso*

A RPCD publica estudos de caso que sejam considerados relevantes para as ciências do desporto. O controlo rigoroso da metodologia é aqui um parâmetro determinante.

#### *Ensaio*

A RPCD convidará especialistas a escreverem ensaios, ou seja, reflexões profundas sobre determinados temas, sínteses de múltiplas abordagens próprias, onde à argumentação científica, filosófica ou de outra natureza se adiciona uma forte componente literária.

#### *Revisões de publicações*

A RPCD tem uma secção onde são apresentadas revisões de obras ou artigos publicados e que sejam considerados relevantes para as ciências do desporto.

### Regras gerais de publicação

Os artigos submetidos à RPCD deverão conter dados originais, teóricos ou experimentais, na área das ciências do desporto. A parte substancial do artigo não deverá ter sido publicada em mais nenhum local. Se parte do artigo foi já apresentada publicamente deverá ser feita referência a esse facto na secção de Agradecimentos. Os artigos submetidos à RPCD serão, numa primeira fase, avaliados pelos editores-chefe e terão como critérios iniciais de aceitação: normas de publicação, relação do tópico tratado com as ciências do desporto e mérito científico. Depois desta análise, o artigo, se for considerado previamente aceite, será avaliado por 2 “referees” independentes e sob a forma de análise “duplamente cega”. A aceitação de um e a rejeição de outro obrigará a uma 3ª consulta.

### Preparação dos manuscritos

#### *Aspectos gerais*

Cada artigo deverá ser acompanhado por uma carta de rosto que deverá conter:

- Título do artigo e nomes dos autores;
- Declaração de que o artigo nunca foi previamente publicado;

#### *Formato*

- Os manuscritos deverão ser escritos em papel A4 com 3 cm de margem, letra 12 e com duplo espaço e não exceder 20 páginas;
- As páginas deverão ser numeradas sequencialmente, sendo a página de título a nº1;
- É obrigatória a entrega de 4 cópias;
- Uma das cópias deverá ser original onde deverá incluir as ilustrações também originais;

#### *Dimensões e estilo*

- Os artigos deverão ser o mais sucintos possível; A especulação deverá ser apenas utilizada quando os dados o permitem e a literatura não confirma;
- Os artigos serão rejeitados quando escritos em português ou inglês de fraca qualidade linguística;
- As abreviaturas deverão ser as referidas internacionalmente;

#### *Página de título*

A página de título deverá conter a seguinte informação:

- Especificação do tipo de trabalho (cf. Tipos de publicação);
- Título conciso mas suficientemente informativo;
- Nomes dos autores, com a primeira e a inicial média (não incluir graus académicos)

- “Running head” concisa não excedendo os 45 caracteres;
- Nome e local da instituição onde o trabalho foi realizado;
- Nome e morada do autor para onde toda a correspondência deverá ser enviada;

#### *Página de resumo*

- Resumo deverá ser informativo e não deverá referir-se ao texto do artigo;
- Se o artigo for em português o resumo deverá ser feito em português e em inglês;
- Deve incluir os resultados mais importantes que suportem as conclusões do trabalho; Deverão ser incluídas 3 a 6 palavras-chave;
- Não deverão ser utilizadas abreviaturas;
- O resumo não deverá exceder as 200 palavras;

#### *Introdução*

- Deverá ser suficientemente compreensível, explicitando claramente o objectivo do trabalho e relevando a importância do estudo face ao estado actual do conhecimento;
- A revisão da literatura não deverá ser exhaustiva;

#### *Material e métodos*

- Nesta secção deverá ser incluída toda a informação que permite aos leitores realizarem um trabalho com a mesma metodologia sem contactarem os autores;
- Os métodos deverão ser ajustados ao objectivo do estudo; deverão ser replicáveis e com elevado grau de fidelidade;
- Quando utilizados humanos deverá ser indicado que os procedimentos utilizados respeitam as nor-

- mas internacionais de experimentação com humanos (Declaração de Helsínquia de 1975);
- Quando utilizados animais deverão ser utilizados todos os princípios éticos de experimentação animal e, se possível, deverão ser submetidos a uma comissão de ética;
- Todas as drogas e químicos utilizados deverão ser designados pelos nomes genéricos, princípios activos, dosagem e dosagem;
- A confidencialidade dos sujeitos deverá ser estritamente mantida;
- Os métodos estatísticos utilizados deverão ser cuidadosamente referidos;

#### Resultados

- Os resultados deverão apenas conter os dados que sejam relevantes para a discussão;
- Os resultados só deverão aparecer uma vez no texto: ou em quadro ou em figura;
- O texto só deverá servir para relevar os dados mais relevantes e nunca duplicar informação;
- A relevância dos resultados deverá ser suficientemente expressa;
- Unidades, quantidades e fórmulas deverão ser utilizados pelo Sistema Internacional (SI units).
- Todas as medidas deverão ser referidas em unidades métricas;

#### Discussão

- Os dados novos e os aspectos mais importantes do estudo deverão ser relevados de forma clara e concisa;
- Não deverão ser repetidos os resultados já apresentados;

- A relevância dos dados deverá ser referida e a comparação com outros estudos deverá ser estimulada;
- As especulações não suportadas pelos métodos estatísticos não deverão ser evitadas;
- Sempre que possível, deverão ser incluídas recomendações;
- A discussão deverá ser completada com um parágrafo final onde são realçadas as principais conclusões do estudo;

#### Agradecimentos

Se o artigo tiver sido parcialmente apresentado publicamente deverá aqui ser referido o facto; Qualquer apoio financeiro deverá ser referido;

#### Referências

- As referências deverão ser citadas no texto por número e compiladas alfabeticamente e ordenadas numericamente;
- Os nomes das revistas deverão ser abreviados conforme normas internacionais (ex: Index Medicus);
- Todos os autores deverão ser nomeados (não utilizar et al.);
- Apenas artigos ou obras em situação de “in press” poderão ser citados. Dados não publicados deverão ser utilizados só em casos excepcionais sendo assinados como “dados não publicados”;
- Utilização de um número elevado de resumos ou de artigos não “peer-reviewed” será uma condição de não aceitação;

#### Exemplos de referências

##### ARTIGO DE REVISTA

1 Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RA (1998). Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *Int J Sports Med* 18: 113-117

##### LIVRO COMPLETO

Hudlicka O, Tyler KR (1996). *Angiogenesis. The growth of the vascular system*. London: Academic Press Inc. Ltd.

##### CAPÍTULO DE UM LIVRO

Balon TW (1999). Integrative biology of nitric oxide and exercise. In: Holloszy JO (ed.). *Exercise and Sport Science Reviews* vol. 27. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 219-254

##### FIGURAS

Figuras e ilustrações deverão ser utilizadas quando auxiliam na melhor compreensão do texto; As figuras deverão ser numeradas em numeração árabe na sequência em que aparecem no texto; Cada figura deverá ser impressa numa folha separada com uma legenda curta e concisa; Cada folha deverá ter na parte posterior a identificação do autor, título do artigo. Estas informações deverão ser escritas a lápis e de forma suave; As figuras e ilustrações deverão ser submetidas com excelente qualidade gráfico, a preto e branco e com a qualidade necessária para serem reproduzidas ou reduzidas nas suas dimensões; As fotos de equipamento ou sujeitos deverão ser evitadas;

#### QUADROS

Os quadros deverão ser utilizados para apresentar os principais resultados da investigação. Deverão ser acompanhados de um título curto; Os quadros deverão ser apresentados com as mesmas regras das referidas para as legendas e figuras; Uma nota de rodapé do quadro deverá ser utilizada para explicar as abreviaturas utilizadas no quadro.

#### Endereço para envio de artigos

**Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**  
Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto  
Rua Dr. Plácido Costa, 91  
4200.450 Porto  
Portugal



## ARTIGOS DE INVESTIGAÇÃO

[ORIGINAL PAPERS]

Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional

Use of invasive and non-invasive protocol tests on aerobic and anaerobic performances prediction in Brazilian swimmers

Marcelo Papoti, Alessandro M. Zagatto, Olga C. Mendes, Cláudio A. Gobatto

Impulsão dinâmica da transposição da barreira. Alterações na capacidade de produção mecânica do complexo músculo-tendinoso provocadas pela instalação da fadiga

Dynamic take-off hurdles clearance. Changes on the mechanical power output variables produced by the muscle-skeletal system on the take-off phase of hurdles clearance, induced by a specially designed fatigue protocol

Maria João Valamatos, Maria José Valamatos, Pedro Mil-Homens, António Veloso

Personalidade de atletas brasileiros de alto-rendimento: comparações entre os sexos masculino e feminino e correlação com nível de performance e tempo de treinamento

Personality of Brazilian high-level athletes: comparison between men and women and correlation with performance level and training years

Maurício B. Filho, Luiz S. Ribeiro, Félix G. García

Specific strength training of the flick in Field Hockey through over-weighted balls

Treino específico da força do "flick" no Hóquei em Campo com utilização de bolas de peso superior ao regulamentar

FJ Vizcaya Pérez, M Fernández del Olmo, R Martín Acero

Estudo descritivo do inventário do treino técnico-desportivo do tenista: resultados parciais segundo o 'ranking'

A descriptive study of the "Technical Training Questionnaire for Tennis Players": partial results according to ranking

Marcos A.A. Balbinotti, Carlos A.A. Balbinotti, António T. Marques, Adroaldo C.A. Gaya

Frequência, precisão e localização temporal de conhecimento de resultados e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora de controle da força manual

Frequency, precision and temporal localization of knowledge of results and the adaptive process in the acquisition of a manual force control skill

Go Tani, Cássio M. Meira Jr., Fábio R.F. Gomes

Actividade física e práticas de lazer em adolescentes

Physical and Leisure Activities in Adolescents

Carlos Esculcas, Jorge Mota

Influência do meio (urbano e rural) no padrão de aptidão física de rapazes de Viana do Castelo, Portugal

Environmental (urban-rural) influences on physical fitness pattern of 7 to 10 year-old boys in Viana do Castelo, Portugal

Luís P. Rodrigues, Pedro Bezerra, Linda Saraiva

## ARTIGOS DE REVISÃO

[REVIEWS]

Efeito ergogênico da cafeína na performance em exercícios de média e longa duração

Ergogenic effect of caffeine on performance in middle- and long- term exercise

Leandro Altimari, Juliana de Melo, Michele Trindade, Julio Tirapegui, Edilson Cyrino

Efeitos da ingestão dos aminoácidos de cadeia ramificada na fadiga central

The role of branched chain amino acids supplementation on central fatigue

Paulo Armada-da-Silva, Francisco Alves

Potencial efeito preventivo e terapêutico da actividade física no síndrome do canal cárpico

Potential effect of physical activity on therapy and prevention of carpal tunnel syndrome

Vasco Neves, José Duarte



**fcdef up**

Universidade do Porto  
Faculdade de Ciências do  
Desporto e de Educação Física

Publicação quadrimestral  
Vol. 5, Nº 1, Janeiro-Abril 2005  
ISSN 1645-0523, Dep. Legal 161033/01

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DO ENSINO SUPERIOR

A RPCD tem o apoio da FCT  
Programa Operacional  
Ciência, Tecnologia, Inovação  
do Quadro Comunitário  
de Apoio III.