

# Protocolos de campo e de laboratório – semelhanças e diferenças em ciclismo

## Autores

António Silveira<sup>1</sup>; Luís Rama<sup>1,2</sup>

[silveira4@gmail.com](mailto:silveira4@gmail.com); [luisrama@fcdef.uc.pt](mailto:luisrama@fcdef.uc.pt)

## Resumo

**Objetivo:** o objetivo do estudo é o de comparar a resposta fisiológica e biomecânica num protocolo de campo com um protocolo de laboratório, avaliando a influência no rendimento em ciclismo.

**Metodologia:** A amostra do nosso estudo é constituída por 16 atletas masculinos praticantes de ciclismo ( $70.2 \pm 5.4$  kg de massa corporal,  $172.7 \pm 4.0$  cm de estatura,  $9.8 \pm 3.5$  % de massa gorda,  $52.3 \pm 3.9$  mL/kg/min de  $VO_{2max}$ ). Foram aplicados dois protocolos de 20 minutos realizados a intensidade máxima: a) protocolo de campo realizado em asfalto, com recurso à bicicleta de estrada e b) protocolo de laboratório realizado em rolos, utilizando-se a mesma bicicleta. Foram monitorizadas as variáveis mecânicas e fisiológicas do desempenho (potência mecânica externa, cadência, frequência cardíaca e lactatemia).

**Resultados:** os protocolos de campo e de laboratório revelaram diferenças nas variáveis frequência cardíaca máxima ( $p=0.019$ ), potência máxima ( $p=0.000$ ), cadência ( $p=0.003$ ) e lactatemia final ( $p=0.010$ ).

**Conclusões:** os resultados obtidos indicam a existência de várias diferenças de índole fisiológica e mecânica entre protocolos de campo e protocolos de laboratório, em ciclismo, embora se mantenha estável a componente central do esforço (frequência cardíaca média). Quando comparado com o protocolo realizado em rolos, o protocolo de campo realizado em estrada, produz uma maior potência mecânica externa. Para o treino específico da cadência de pedalada elevada, o treino em rolos pode otimizar esta adaptação neuromuscular.

**Palavras-chave:** Avaliação e controlo do treino, ciclismo, potência, frequência cardíaca.

---

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física – Universidade de Coimbra

<sup>2</sup> Centro de Investigação do Desporto e da Actividade Física (CIDAF)

## Introdução

O ciclismo é uma modalidade de ar livre, no entanto, perante situações climatéricas adversas, é comum os ciclistas recorrerem ao treino de interior com recurso a rolos. No treino do ciclismo desportivo um elevado número de treinadores realizam tarefas de avaliação, prescrição e controlo do treino recorrendo a protocolos em rolos em espaços cobertos e ventilados. No entanto algumas questões merecem aprofundamento: será que a informação recolhida nos protocolos realizados em rolos são comparáveis ao desempenho em situação real? Poderá essa informação ser confiável na avaliação, prescrição e controlo do treino em ciclismo?

Estudos realizados que compararam protocolos de campo com outros de laboratório encontraram diferenças nas variáveis potência, cadência de pedalada e frequência cardíaca (Bouillod et al., 2014; Mieras et al., 2014). Abel & Grappe (2014) realizaram um estudo com ciclistas amadores, aplicando protocolos de 20 minutos e variando as condições envolventes (vento de frente, de costas, sem vento). Concluíram que a variação da potência está relacionada com a variação das condições envolventes (vento) e com aspetos psicoemocionais (motivação, experiência, etc.).

A escassez de literatura científica disponível em investigações neste tópico fundamenta a realização deste estudo.

O presente estudo tem por objetivo comparar a resposta fisiológica e biomecânica a dois protocolos contínuos de 20 minutos a intensidade máxima, um de campo em asfalto e outro de laboratório, em rolos, em ciclismo, através do impacto induzido nas variáveis potência mecânica externa, cinemática/frequência (cadência) de pedalada e fisiológicas - frequência cardíaca e lactatemia,

## Metodologia

### Amostra

A amostra foi constituída por 16 atletas masculinos adultos ( $34.81 \pm 5.76$  anos de idade decimal), praticantes de ciclismo ( $70.2 \pm 5.4$  kg de massa corporal,  $172.7 \pm 4.0$  cm de estatura e  $9.8 \pm 3.5$  % de massa gorda). Apresentam uma potência máxima aeróbia de  $4.65 \pm 0.36$  W/kg e um consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ) de  $52.3 \pm 3.9$  mL/kg/min.

Considerando o seu desempenho aeróbio, a amostra situa-se num nível competitivo regional superior equivalente ao nível intermédio proposto por Decroix e colaboradores (2016).

Todos os atletas foram informados por escrito dos objetivos do estudo e respetivos riscos inerentes ao mesmo, tendo assinado o respetivo termo de consentimento. O estudo foi previamente aprovado pela comissão de ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (CE/FCDEF-UC/00132014) seguindo todas as recomendações da declaração de Helsínquia e da convenção de Oviedo sobre experimentos com humanos.

## **Desenho do estudo**

A participação no estudo envolveu três (3) sessões de avaliação realizadas num intervalo não superior a 10 dias. Na primeira deslocação ao local de avaliação procedeu-se à caracterização biográfica, cineantropométrica e avaliação bioenergética dos atletas, através da realização de um protocolo incremental contínuo com monitorização da resposta ventilatória, para determinação do  $VO_{2max}$  e limiares ventilatórios submáximos.

Nas duas sessões de avaliação seguintes, os atletas realizaram com ordem aleatória dois protocolos de 20 minutos a intensidade máxima, com bicicleta de estrada, em piso de asfalto (protocolo de campo) e em rolos (protocolo de laboratório). Para garantir a recuperação dos atletas e uniformizar o padrão de vida no intervalo de tempo entre protocolos, os atletas cumpriram as seguintes orientações: as 36 horas que antecedem a realização de qualquer um dos protocolos foram de recuperação; não alterar os hábitos do quotidiano nomeadamente o regime nutricional e de sono, absterem-se de consumir álcool nas 36 horas anteriores e café no dia da realização do protocolo. Os protocolos realizaram-se no mesmo período do dia.

## **Procedimentos**

### **Caraterização cineantropométrica**

Foi realizada na primeira visita ao laboratório, em calções de ciclismo e descalços: estatura (estadiómetro portátil Seca®), massa corporal (balança digital portátil Seca®, modelo 770) e composição corporal e bioimpedância (balança digital portátil Tanita® BC-601).

## Protocolo incremental, contínuo

Este protocolo teve por objetivo determinar os valores de  $VO_2\max$ , o primeiro limiar ventilatório (Lv1) e o ponto de compensação respiratória (PCR) determinando o valor de  $VO_2$  e os equivalentes de frequência cardíaca, potência mecânica externa e lactatemia.

O protocolo foi realizado em laboratório, com bicicleta de estrada e em rolos (Tacx® Flow com 9 patamares de intensidade), controlando a temperatura, cadência e potência mecânica externa (PowerTap®), frequência cardíaca (Polar® S 810), ventilação respiração a respiração (K4b2 da Cosmed®) e lactatemia (LactatePro®). A leitura direta e o registo dos dados para análise posterior foi feito através de um ciclocomputador (Garmin Edge® 500).

O protocolo foi considerado realizado com sucesso quando, simultaneamente, se verificaram três dos quatro critérios seguintes: lactatemia maior ou igual a 8 mmol/L; QR maior ou igual a 1.12; estabilização do  $VO_2$  no patamar ou um aumento menor ou igual a 1.5 mL/kg/min apesar do incremento da potência; frequência cardíaca maior ou igual a 95% da frequência cardíaca máxima (Dekerle et al., 2003; Howley & Bassett Jr, 1995; Midgley et al., 2007).

Os limiares ventilatórios submáximos (Lv1 e PCR) foram determinados através dos equivalentes respiratórios do oxigénio consumido ( $V_E/VO_2$ ) e dióxido de carbono expelido ( $V_E/VCO_2$ ). O primeiro limiar ventilatório foi assumido como a menor carga de trabalho coincidente com o aumento sistemático de  $V_E/VO_2$  sem um aumento concomitante de  $V_E/VCO_2$ . O segundo limiar ventilatório (PCR) foi considerado como a menor carga de trabalho com aumentos concomitantes de  $V_E/VO_2$  e  $V_E/VCO_2$  (Dekerle et al., 2003).

O potenciómetro e o analisador de gases foram calibrados de acordo com as instruções dos fabricantes.

Em todas as sessões de avaliação foi padronizado o aquecimento de 15 minutos com carga inferior a 100 W e frequência cardíaca inferior a 120 bpm, após o qual teve início a realização do protocolo incremental, com uma carga inicial de 125-130W. Foram cumpridos patamares de 2 minutos, com um incremento da carga de 25W por patamar. Os atletas tiveram liberdade de escolha de desmultiplicações da bicicleta, cadência e patamares de intensidade do rolo.

## **Protocolo contínuo, retangular**

Este protocolo foi realizado em duas condições: a) em percurso plano de asfalto e b) em rolos, ambas com recurso às bicicletas de estrada dos atletas. A duração do protocolo foi de 20 minutos à intensidade máxima. O protocolo de laboratório foi realizado em espaço coberto, utilizando-se rolos (Tacx® Flow com 9 patamares de intensidade). Foram controladas as variáveis frequência cardíaca (Polar® S 810), temperatura, cadência e potência mecânica externa (PowerTap®) e lactatemia (LactatePro®). A roda traseira da bicicleta de estrada foi equipada com um pneu marca Massi®, modelo Volcano, com uma pressão de 7 bars. Procedeu-se à leitura e registo dos dados através de um ciclocomputador (Garmin Edge® 500).

Antes de cada teste protocolar os atletas realizaram um aquecimento idêntico ao usado no protocolo incremental. Após o aquecimento decorreu um período de recuperação mínimo de 10 minutos após o qual foi recolhida uma microamostra de sangue capilar para determinação do valor inicial do lactato. 1' e 3' após cada protocolo, procedeu-se à recolha de amostra de sangue capilar para determinação da lactatemia final.

## **Análise estatística**

Foi feita a análise estatística descritiva sendo os resultados expressos através dos valores média e desvio-padrão. A normalidade da distribuição foi confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk, tendo sido confirmada na generalidade das variáveis. Depois de identificados foram subtraídos os casos outlier. A análise comparativa foi feita através do Teste T para amostras emparelhadas ou o equivalente não paramétrico Wilcoxon sempre que a normalidade não foi confirmada. A análise da correlação foi realizada com recurso ao Person ou ao Spearman-Rho, quando justificado. O tamanho do efeito das diferenças médias e a interpretação do coeficiente de correlação foi calculado de acordo com Cohen (1988, 1992), sendo considerada trivial:  $< 0.2$ ; pequena:  $0.2 - 0.5$ ; média:  $>0.5 - 0.8$ ; elevada  $>0.8 - 1.3$ ; e muito elevada:  $>1.3$  (Rosenthal, 1996). Em todas as análises estatísticas realizadas foi exigido um grau de significância de  $p \leq 0.05$  em todos os testes estatísticos. A análise estatística realizou-se com recurso ao software SPSS versão 21.

## Resultados

Os resultados obtidos nos protocolos estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Estatística descritiva do protocolo contínuo, incremental. Valores da média e desvio-padrão (Dp)

	<b>VO<sub>2max</sub></b>	<b>1º limiar ventilatório</b>	<b>2º limiar ventilatório (PCR)</b>
	Média ± Dp	Média ± Dp	Média ± Dp
Potência mecânica externa média (W)	324,9 ± 20,16	178 ± 20,41	259,3 ± 25
Potência mecânica externa média relativa (W/kg)	4,65 ± 0,36	2,55 ± 0,37	3,72 ± 0,46
Frequência cardíaca média (bpm)	172 ± 9	133 ± 12	156 ± 12
VO <sub>2max</sub> (mL/min)	3658,6 ± 213,3	2345,9 ± 193,6	3119,6 ± 172,4
VO <sub>2max</sub> relativo (mL/kg/min)	52,3 ± 3,9	33,6 ± 3,9	44,7 ± 4,2
QR	1,16 ± 0,07	0,94 ± 0,03	1,03 ± 0,05

Tabela 2 - Estatística descritiva do protocolo contínuo, retangular. Valores da média e desvio-padrão (Dp)

Variáveis	Laboratório (rolos)		Campo (estrada)	
	Média ± Dp		Média ± Dp	p
Hora início	16:00:56 ± 03:39:51		16:46:41 ± 01:08:17	---
Temperatura (°C)	24.25 ± 1.48		31.19 ± 2.61	0.000*
Lactato inicial (mmol/L)	3.28 ± 1.88		3.63 ± 1.43	0.742
Frequência cardíaca média (bpm)	171 ± 8		170 ± 8	0.461
Frequência cardíaca max (bpm)	183 ± 8		178 ± 8	0.019*
Potência média (W)	269.38 ± 33.05		279.88 ± 36.25	0.339
Potência média relativa (W/kg)	3.85 ± 0.49		3.99 ± 0.42	0.386
Potência máxima (W)	497.75 ± 143.06		794.38 ± 145.99	0.000*
Cadência (freq. de pedalada) (rpm)	97.13 ± 9.16		86.00 ± 7.51	0.003*
Lactato final (mmol/L)	10.88 ± 3.70		16.09 ± 5.57	0.010*

\*p < 0.05

Apesar dos protocolos terem sido realizados no mesmo período horário a temperatura média das duas condições foi diferente mostrando um valor médio mais elevado quando realizado em estrada.

A análise comparativa entre protocolos revela a existência de diferenças nas variáveis frequência cardíaca e potência mecânica externa máximas, cadência de pedalada e lactatemia final. Na frequência cardíaca máxima obtiveram-se valores superiores no protocolo realizado em rolos ( $t=-2.62$ ;  $p=0.019$ ). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios da frequência cardíaca máxima mostra-se média ( $ES=0.53$ ). Na potência mecânica externa máxima obtiveram-se valores superiores no protocolo de campo, em estrada ( $t=5.90$ ;  $p=0.000$ ). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios da potência mecânica externa máxima mostra-se muito elevada ( $ES=-1.45$ ). Na cadência obtiveram-se valores superiores no protocolo de laboratório, em rolos ( $t=-3.61$ ;  $p=0.003$ ). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios da cadência mostra-se elevada ( $ES=0.95$ ). Na lactatemia final obtiveram-se diferenças média/elevada ( $ES=-0.80$ ), com valores superiores no protocolo de campo, em estrada ( $t=2.93$ ;  $p=0.010$ ).

Não foram encontradas associações com significado nos diferentes protocolos, revelando que os resultados do protocolo em rolos não se refletem nos observados no protocolo em estrada. Indica ainda que os diferentes contextos onde se realizam os protocolos também são interpretados diferentemente pelos atletas.

Utilizando os valores obtidos no protocolo incremental os resultados mostram-nos que os atletas nos dois protocolos de 20' trabalharam a uma frequência cardíaca média de  $171 \pm 8$  bpm no protocolo em rolos e de  $170 \pm 8$  bpm no protocolo em estrada, o que nos indica que realizaram o protocolo a uma intensidade (componente central do esforço) semelhante à obtida no patamar do  $VO_{2max}$  ( $172 \pm 9$  bpm). Relativamente à potência mecânica externa relativa, verifica-se que em ambos os protocolos os valores se situam substancialmente acima do 2º limiar ventilatório ( $3.85 \pm 0.49$  e  $3.99 \pm 0.42$  W/kg para um 2º limiar ventilatório de  $3.72 \pm 0.46$  W/kg), embora ainda longe dos obtidos no  $VO_{2max}$  ( $4.65 \pm 0.36$  W/kg). Concluiu-se que os atletas realizaram estes protocolos a 83% e a 86% da potência mecânica externa relativa no  $VO_{2max}$ , respetivamente, em rolos e em estrada.

## Discussão

Estes resultados indiciam a existência de diferentes cargas de trabalho fisiológicas e motoras entre protocolos de campo e de laboratório, em ciclismo, o que corrobora as ideias defendidas por Bertucci et al. (2012) e Bouillod et al. (2014). Com efeito, verificaram-se diferenças significativas em metade das variáveis analisadas, o que deixa evidente que o protocolo em rolos não reproduz o mesmo protocolo realizado em estrada.

Os nossos resultados corroboram os estudos realizados por Grappe (2012). O autor defende que não existe um limiar de potência mecânica externa (no sentido de se considerar um intervalo de trabalho a determinada intensidade que se possa manter no tempo). Existe sim um tempo máximo de trabalho para cada valor de potência mecânica externa. Para este autor, a potência mecânica externa produzida não se manifesta de forma linear mas sim por patamares: o primeiro patamar onde se verifica uma grande diferença de valores situa-se entre 1 segundo e 5 minutos, situando-se o segundo patamar entre os 5 e 60 minutos. Recordamos que os patamares do nosso protocolo para determinação do consumo máximo de oxigénio foram de 2 minutos, enquanto os protocolos retangulares ( campo e rolos) tiveram uma duração de 20 minutos. Aceita-se assim o trabalho num patamar de potência mecânica externa mais baixo no protocolo de campo, justificado pela sua maior duração.

No entanto, sublinhe-se que não se verificam diferenças entre os dois protocolos nas variáveis mais importantes a referenciar na avaliação, prescrição e controlo do treino: frequência cardíaca e potência mecânica externa médias. Divergimos, relativamente à potência, dos resultados de Leplat (2009). Considerando que o treino de alto rendimento desportivo obriga a elevadas exigências de pormenor a todos os níveis de trabalho somos de opinião que, relativamente à potência mecânica externa média obtida, esta diferença de cerca de 10 W pode levantar reservas relativamente à sua utilização em avaliações, prescrição e controlo de treino em trabalho realizado com atletas de alto nível.

Este trabalho corrobora o estudo apresentado por Bouillod et al. (2014), onde obtiveram valores mais elevados de potência mecânica externa num protocolo contínuo realizado em plano quando comparado com um protocolo realizado em cicloergómetro. Nas variáveis cadência e frequência cardíaca obtiveram valores

superiores no protocolo em cicloergómetro, à semelhança do observado no nosso estudo. Corroboramos ainda o estudo de Bertucci et al. (2012), onde se observaram valores de frequência de pedalada mais elevados em protocolos em rolos quando comparados com protocolos de campo. Também o nosso estudo se enquadra nos resultados apresentados por Leplat (2010), com uma média de potência mecânica externa inferior produzida no protocolo de rolos e uma média mais elevada de cadência de pedalada observada no mesmo protocolo.

No protocolo em rolos, as cadências de pedalada utilizadas pelos atletas são significativamente superiores às utilizadas no protocolo em estrada. Diversos estudos apontam valores médios de frequência de pedalada em estrada que oscilam entre 90 e 100 rpm para ciclistas profissionais, em percurso plano (Lucia et al., 2001; Lucia et al., 2004; Santalla et al., 2012; Leplat, 2014; Gordillo, 2017). Pelo observado, o nosso valor médio em estrada situa-se abaixo destes valores de referência.

Mieras et al. (2014) apresentam um estudo onde compararam diversos parâmetros num protocolo realizado em laboratório com um outro realizado em estrada. Verificaram diferenças significativas na potência mecânica externa média produzida e frequência cardíaca média, com os protocolos de estrada a terem os valores mais elevados. Neste caso, embora os resultados de potência coincidam com os nossos, sucede o contrário em relação à frequência cardíaca, onde o nosso estudo apresenta valores superiores no protocolo realizado em rolos.

Importa sublinhar a inversão dos valores médios da frequência cardíaca e potência mecânica externa: a primeira é superior no protocolo em rolos enquanto que a potência é superior no protocolo em estrada. Assim, no protocolo em estrada os atletas produzem maior potência mecânica externa a frequências cardíacas mais baixas, o que sugere uma maior rentabilização do esforço.

O valor superior da frequência cardíaca no protocolo em rolos acreditamos que se deva essencialmente à menor capacidade de arrefecimento corporal devido à inexistência de deslocamento do atleta. Ou seja, embora a temperatura ambiente fosse menor no protocolo de rolos, provavelmente a temperatura corporal interna seria maior neste mesmo protocolo, originando o aumento da frequência cardíaca (Arngrímsson et al., 2003). No entanto, levantamos a hipótese da cadência de pedalada também poder influenciar esta situação.

Os resultados mostram-nos que, embora em ambos os protocolos os atletas consigam manter a sua frequência cardíaca elevada (semelhante à do seu  $VO_{2max}$ ), o mesmo não sucede com a potência mecânica externa produzida, que mostrou valores inferiores.

### **Conclusões/Aplicações práticas**

Os resultados obtidos revelam a existência de um impacto fisiológico e mecânico diferente induzido pelos protocolos de campo e de laboratório.

Por outro lado, sublinha-se o facto de não se verificar associação entre as variáveis, mostrando que os atletas reagem de modo diferente aos distintos contextos que envolvem os protocolos de campo e de laboratório.

Os resultados deste estudo produzem conhecimento consequente para o planeamento e programação dos contextos de treino em ciclismo:

- . em treinos com objetivo centrado no trabalho na adaptação neuromotora visando a adaptação a frequências de pedalada elevadas, o treino em rolos parece responder melhor a essa exigência;

- . quando se procura a adaptação do organismo à tolerância de elevadas concentrações de lactato o treino em estrada parece responder melhor a esse objetivo;

- . em treinos cujo objetivo vise o desenvolvimento da potência mecânica externa o treino em estrada parece adequar-se melhor a essa finalidade;

- . com a finalidade de estimular a adaptação cardíaca central (frequência cardíaca) parece indiferente trabalhar em qualquer dos contextos (rolos ou em estrada).

## Referências bibliográficas

- Abel, A. & Grappe, F. (2014). Power output and affective load change during time trial according to environmental conditions. *World Congress of Cycling Science. University of Kent*
- Arngrímsson, S.; Stewart, D.; Borrani, F.; Skinner, K. & Cureton, K. (2003). Relation of heart rate to percent  $VO_2$  peak during submaximal exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 94: 1162 - 1168
- Bertucci, W.; Betik, A.; Duc, S. & Grappe, F. (2012). Gross efficiency and cycling economy are higher in the field as compared with on an axiom stationary ergometer. *Journal of Applied Biomechanics*, 28 (6), 636 - 644
- Bouillod, A.; Soenen, F. & Ouvrard, T. (2014). Influence du terrain lors d'un effort réalisé à puissance maximale aérobie en cyclisme. *Diplôme de Master Spécialité: EMIS, U.P.F.R. Sports Besançon - Université de Franche-Comté, France*
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2<sup>a</sup> ed.). NJ: Lawrence Earlbaum Associates
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112 (1), 155.
- Decroix, L.; Pauw, K.; Foster, C. & Meeusen, R. (2016). Guidelines to classify female subject groups in sport-science research. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, 204-213
- Dekerle, J; Baron, B; Dupont, L; Vanvelcenaher, J. & Pelayo, P. (2003). Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur. Journal Appl. Physiol*, 89, 281-288
- Gordillo, Y. (2017). Análisis de datos de potencia durante la Vuelta a España. Acedido em julho 29, 2017, em <http://www.ciclismoyrendimiento.com/analisis-de-datos-durante-la-vuelta-a-espana/>
- Grappe, F. (2012). *Puissance et performance en cyclisme*. Bruxelles: Éditions De Boeck Université
- Howley, E. & Bassett Jr, D. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27 (9), 1992-1301

- Leplat, Q. (2009). Dossier VTT, entrainement different. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/lire/magazine-entrainement-3/dossier-vtt-entrainement-different-28.html>
- Leplat, Q. (2010). Étude à la loupe: la puissance sur route vs la puissance sur home traîner. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/lire/mini-mag-performance-6/news-letter-n-7-39.html>
- Leplat, Q. (2014). La bonne frequence de pedlage?. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/la-bonne-frequence-de-pedlage/>
- Lucia, A.; Hoyos, J. & Chicharro, J. (2001). Preferred pedalling cadence in professional cycling. *Medicine & Science Sports & Exercise*, 33 (8), 1361-1366
- Lucia, A.; San Juan, A.; Montilla, M.; Canete, S.; Santalla, A. & Earnest, C. (2004). In professional road cyclists, low pedaling cadences are less efficient. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (6), 1048-1054
- Midgley, A, McNaughton, L. & Carroll, S. (2007). Physiological determinants of time to exhaustion during intermittent treadmill running at  $vVO_{2max}$ . *International Journal of Sports Medicine*, 28 (04), 273-280
- Mieras, M.; Hesch, M. & Slivka, D. (2014). Physiological and psychological responses to outdoor vs laboratory cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (8), 2324 – 2329
- Rosenthal, J.A. (1996). Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of Social Service Research*, 21(4): 37-59
- Santalla, A.; Earnest, C.; Marroyo, J. & Lucia, A. (2012). The tour de France: an updated physiological review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 200-209