

Vai correr? Estudo exploratório da resposta cinemática e fisiológica do treino num percurso novo, usual ou em pista

Autores

Juliana Exel¹; Nuno Mateus¹; Bruno Gonçalves¹; Catarina Abrantes²; Jaime Sampaio¹

juexels@gmail.com

Resumo

O presente estudo teve como objetivo identificar a resposta da velocidade e da frequência cardíaca à realização um treino de corrida num percurso novo, habitual ou monótono. Doze corredores amadores experientes realizaram três corridas de 45 min utilizando um percurso habitual de treino (USUAL), um percurso novo (NOVO) e uma pista de atletismo (PISTA). Os dados foram recolhidos através de sistemas de posicionamento global (GPS) com cardiofrequencímetro acoplado. Foram calculados os valores absolutos e a entropia amostral (SampEn) da velocidade instantânea e da frequência cardíaca nos três cenários a comparar. O desempenho cognitivo foi testado através do teste Backward Digit Span. A SampEn da velocidade (média absoluta \pm desvio padrão de 10.6 ± 1.1 km/h; 10.1 ± 1.3 km/h e 11.3 ± 1.1 km/h para USUAL, NOVO e PISTA, respetivamente) e frequência cardíaca (151 ± 11 ; 152 ± 11 e 158 ± 12 bpm para USUAL, NOVO e PISTA, respetivamente) foi maior na corrida realizada na PISTA, quando comparada o percurso USUAL e NOVO, indicando baixa previsibilidade por ser monótona e pouco utilizada em treinos. Após a corrida em percurso NOVO, os atletas apresentaram probabilidade de aumento no desempenho cognitivo quando comparado à corrida em percurso USUAL, relacionado a um aumento no controlo da atenção. Estes resultados trazem conhecimento novo e aplicável no que diz respeito a aspetos temporais e estruturantes relacionados à repetibilidade e previsibilidade e podem ajudar a melhorar o processo de preparação desportiva na melhoria do rendimento e na prevenção de lesões.

Palavras-chave: entropia; desempenho; corrida

¹ CIDESD CreativeLab Research Community

² CIDESD Geron Research Community

Introdução

A tendência para a repetição e estabilização de decisões e comportamentos em situações gerais da vida é muito habitual¹. Por exemplo, no primeiro dia de aulas, os alunos escolhem um assento na sala e tendem a mantê-lo por todo o ano escolar e, por vezes, até ao longo dos anos. No desporto, também se verificam muitos destes fenómenos. Por exemplo na corrida, que é uma das atividades mais populares para melhorar a aptidão cardiovascular, a escolha de um percurso outdoor para treinar tende a manter-se ao longo dos treinos, provavelmente promovendo uma estabilização de decisões e respostas a vários níveis, facto que pode levar a consequências negativas, na adaptação motora e cognitiva ao exercício.

As abordagens ecológicas ao exercício demonstram que os atletas regulam a intensidade da prática ao atualizar as suas capacidades disponíveis de modificação do ritmo das passadas em função do ambiente externo de treino na corrida². Nesta perspetiva, a informação sobre a tarefa provavelmente não estará armazenada no cérebro, mas será disponibilizada pelo meio ambiente ao longo do tempo de treino³. Uma das interações entre cognição e ação é a variabilidade, e embora relevante, não esclarece totalmente a regulação da ação e determinantes do desempenho⁴. De facto, a variabilidade é intrínseca a todos os sistemas biológicos e pode ser observada durante o processo de aprendizagem, desempenho e nas adaptações a tratamentos. A variação inerente às atividades diárias é a chave na estimulação da função cerebral, por manter suas propriedades plásticas em funcionamento nos adultos⁴ e gerar impactos positivos nas funções corporais. Tradicionalmente, é considerada prejudicial, no entanto, recentemente tem-se apontado para os seus aspetos benéficos e adaptativos quando associada à saúde⁵. A literatura estimula a introdução de exigências motoras mais desafiantes para aumentar a adaptabilidade a padrões motores complexos e melhorar o desempenho em ambientes diversos⁶. Contudo, ainda não é claro como estes elementos estão relacionados aos ambientes da prática. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo identificar a resposta da velocidade e da frequência cardíaca à realização um treino de corrida num percurso novo, habitual ou monótono. O protocolo de investigação utilizou percursos de treino com diferentes níveis de familiarização e estímulo sensoriomotor para compreender como a variabilidade está associada à função motora e cognitiva. Como hipótese, espera-se que percursos mais utilizados pelos corredores (USUAL) promovam maior

regularidade quando comparadas a percursos novos (NOVO) ou com estímulo repetitivo (PISTA).

Métodos

A amostra foi constituída por 12 corredores de média e longa distância (42 ± 7.1 anos, 174.3 ± 8 cm, e 73.1 ± 10.1 kg), envolvidos em competição amadora e treino organizado, que incluía treino de força e específico de corrida outdoor, de 2 a 4 vezes semanais.

Os corredores foram solicitados a completar três corridas de 45 min cada, durante os seus dias normais de treino, em percurso USUAL, NOVO e PISTA. O percurso USUAL foi definido como o mais realizado nos treinos, enquanto que o NOVO deveria ser escolhido ou planeado como um percurso nunca realizado em período anterior às avaliações. O protocolo do estudo estava conforme as recomendações da Declaração de Helsinki e foi aprovado seguindo as *guidelines* definidas pelo comitê de ética institucional local.

A variável mecânica recolhida durante cada corrida foi a velocidade instantânea (Vel), enquanto que a fisiológica foi a frequência cardíaca (FC). Foram usados dispositivos GPS e um cardiófrequencímetro, sincronizados, a 5 Hz (SPI-PRO, GPSports, Canberra, ACT, Australia and Polar Team Sports System, Polar Electro Oy, Finland). A avaliação cognitiva antes e após as corridas foi realizada através do Backward Digit Span, que mede a memória a curto prazo em adultos ⁷, adaptado em aplicação de telemóvel. O teste consiste no aparecimento no ecrã de uma sequência de números, seguido de um novo ecrã com campo em branco e teclado para digitar a sequência de números na ordem contrária. O teste compõe de diferentes níveis em que é acrescido um número a sequência, e inclui duas tentativas por nível. O teste é interrompido quando duas tentativas do mesmo nível fracassam. Os resultados incluem o nível atingido, número de respostas corretas, erradas e o tempo médio por resposta.

As análises dos dados foram realizadas para janelas de 20 min retiradas do meio da série de cada percurso. A Vel foi suavizada usando a função quadrática de LOESS ⁸, com parâmetro de suavização de 0.001 ⁹. Um polinômio de 3ª ordem foi aplicado nas séries da FC para eliminar tendências. A presença de características não-lineares nos

dados foi confirmada através da estimativa das diferenças entre a entropia amostral (SampEn) das séries originais e substitutas e análise do mais alto expoente de Lyapunov, aplicando o algoritmo IAAFT (Iterative Amplitude Adjusted Fourier Transform) na FC e o PPS (pseudoperiodic surrogates) na velocidade ¹⁰.

O tratamento estatístico foi realizado com recurso às inferências baseadas na magnitude dos efeitos. Para testar os possíveis efeitos dos protocolos de corrida na entropia da Vel e FC, os dados foram analisados com cálculo específico para *post-only crossover*, enquanto que o teste cognitivo foi analisado para *pre-post crossover trial* ¹¹. Os efeitos foram estimados dos dados absolutos e a incerteza dos resultados com 90% de intervalo de confiança. O desempenho final foi avaliado com abordagem prática pela inferência com base na magnitude, e as probabilidades foram reportadas usando: 25–75%, possível; 75–95%, provável; 95–99%, muito provável; >99%, provavelmente. Diferenças estandardizadas das médias (*Cohen*), com 90% de intervalos de confiança foram processadas a partir dos valores: 0-0.2, trivial; 0.21-0.6, pequeno; 0.61-1.2, moderado, 1.21-2.0, grande; > 2.0, muito grande ¹².

Resultados

A SampEn para FC e Vel em todos os cenários estão descritos na tabela 1. As respostas em PISTA apresentaram maiores valores (efeito moderado), mostrando ser o cenário com maior imprevisibilidade em comparação com os restantes (efeito de pequeno a muito grande). A tabela 2 descreve os resultados para o teste cognitivo nos 3 cenários de corrida. Os atletas apresentaram um provável decréscimo nos níveis atingidos no teste (85% de probabilidade) após treinarem em percursos usuais do que quando correram em percursos novos. Apesar de não consistente, existe 66% de probabilidade de diminuição das tentativas corretas após treinos em PISTA, como uma probabilidade de entre 69 e 73% de um aumento no número de falhas após corridas em PISTA e no percurso NOVO. Os resultados estão resumidos na infografia da figura 1.

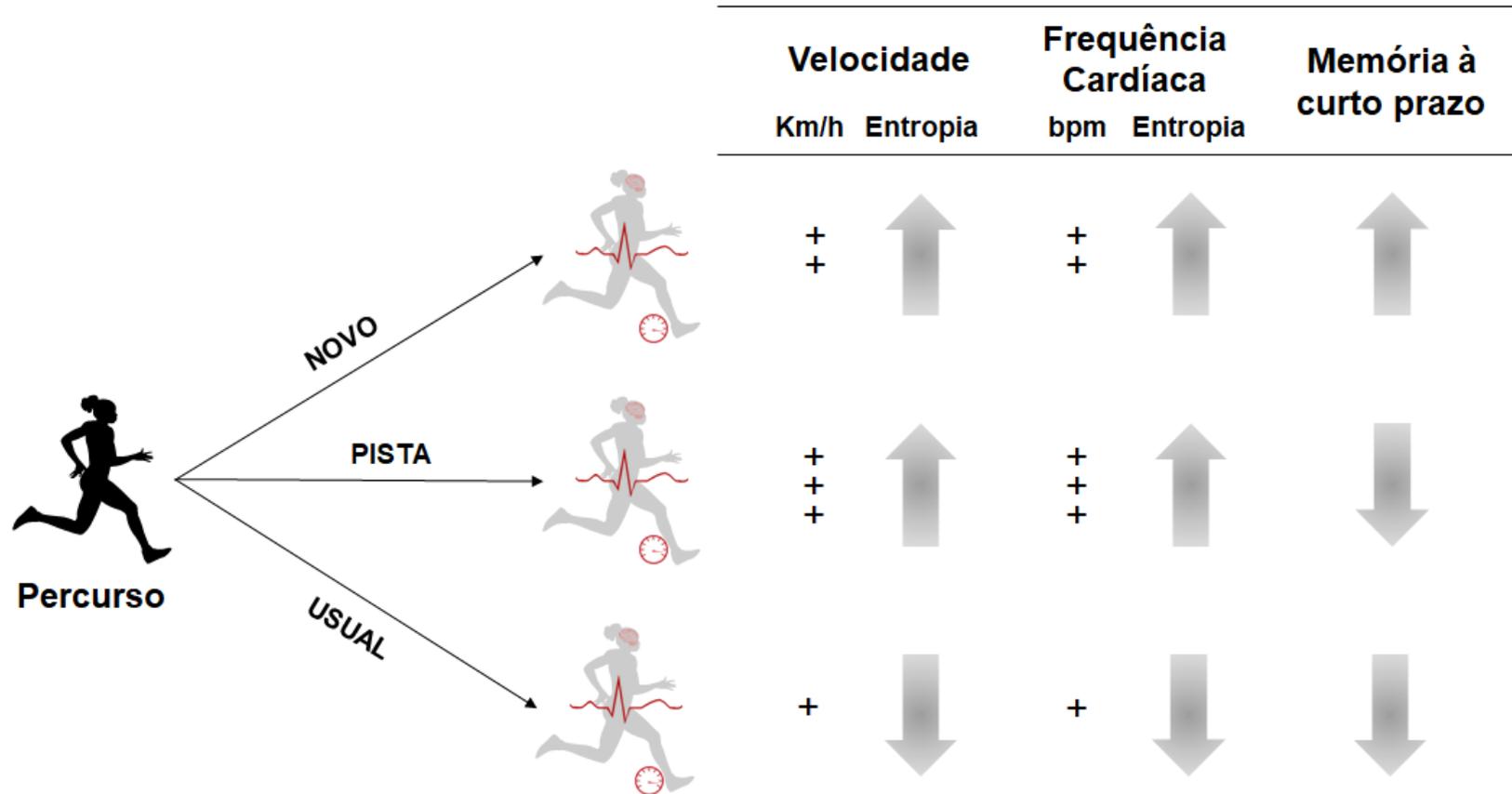


Figura 1. Dinâmica da entropia dos fatores mecânicos e fisiológicos associados a corrida em percursos com diferentes graus de familiaridade e estímulo sensoriomotor (NOVO, USUAL e PISTA). Os sinais (+) representam a os valores médios da velocidade e frequência cardíaca encontrados para cada situação.

Tabela 1. Análise descritiva e inferencial da entropia amostral (SampEn) da velocidade e frequência cardíaca (FC) nas diferentes rotas de corrida.

Variáveis	Percurso USUAL (média±DP)		Percurso NOVO (média±DP)		Percurso em PISTA de 400 m (média±DP)		Resultados das comparações como: Diferença nas médias (dados em bruto; ±90%LC) % probabilidades (diminuir/trivial/aumentar) Inferências práticas Magnitude do efeito (Cohen; ±90%LC)		
	Valor absoluto	Entropia (a.u.)	Valor absoluto	Entropia (a.u.)	Valor absoluto	Entropia (a.u.)	USUAL vs NOVO	USUAL vs PISTA	NOVO vs PISTA
Velocidade	10.1±1.3 km/h	0.224±0.185	10.6±1.1 km/h	0.164±0.111	11.3±1.1 km/h	0.810±0.442	-0.060; ±0.116 52/43/5 possível -ivo -0.19; ±0.38	0.547; ±0.216 0/0/100 provável +ivo 1.78; ±0.70	0.661; ±0.295 0/0/100 provável +ivo 2.15; ±0.96
Frequência Cardíaca	151±11 bpm	0.009±0.009	152±11 bpm	0.004±0.002	158±12 bpm	0.022±0.027	-0.005; ±0.005 74/26/0 possível -ivo -0.28; ±0.26	0.016; ±0.017 4/7/89 provável +ivo 0.86; ±0.93	0.018; ±0.016 2/5/93 provável +ivo 1.00; ±0.91

Tabela 2. Análise descritiva e inferencial do desempenho no teste cognitivo antes e após a realização das diferentes rotas de corrida.

Variáveis do teste cognitivo	Percurso USUAL (média±DP)			Percurso NOVO (média±DP)			Percurso em PISTA de 400 m (média±DP)			Resultados das comparações como: Diferença nas médias (dados em bruto; ±90%LC) % probabilidades (diminuir/trivial/aumentar) Inferências práticas Magnitude do efeito (Cohen; ±90%LC)		
	Pré	Pós	Δ	Pré	Pós	Δ	Pré	Pós	Δ	USUAL vs NOVO	USUAL vs PISTA	NOVO vs PISTA
Nível (n)	5.4±0.7	6.1±1.1	0.8±0.9	6.4±1.7	6.5±1.2	0.1±1.1	6.3±1.1	6.4±2.2	0.3±2.1	-0.6; ±0.6 85/14/1 provavelmente -ivo -0.44; ±0.41	-0.5; ±1.6 62/16/22 pouco claro -0.43; ±1.46	0.2; ±1.7 32/24/45 pouco claro 0.11; ±1.15
Correctas (n)	7.6±1.2	9.0±1.9	1.4±1.6	8.8±2.7	9.6±2.5	0.9±2	9.7±1.9	9.6±2.8	0.4±2.2	-0.5; ±1.8 54/29/18 pouco claro -0.23; ±0.8	-0.9; ±2.5 66/16/17 pouco claro -0.49; ±1.29	-0.4; ±1.7 49/33/18 pouco claro -0.18; ±0.72
Erradas (n)	3.1±0.8	3.3±0.7	0.1±0.8	3.0±1.2	4.1±3.6	1.1±4.1	3.1±0.9	3.9±1.2	0.7±2.1	1.0; ±2.9 23/8/69 pouco claro 0.95; ±2.79	0.6; ±1.3 14/13/73 pouco claro 0.67; ±1.42	-0.4; ±3.7 54/8/38 pouco claro -0.38; ±3.42
Tempo médio (s)	4.8±1.3	7.1±4.5	2.3±4.4	6.3±3.7	5.2±1.0	-1.2±4.5	5.0±1.3	5.5±1.6	0.4±1.1	-3.5; ±3.9 90/5/4 provavelmente -ivo -1.18; ±1.32	-1.9; ±2.8 86/5/9 pouco claro -1.45; ±2.1	1.6; ±3.3 12/16/72 pouco claro 0.53; ±1.09

Discussão

Este estudo teve como objetivo identificar a resposta da velocidade e da frequência cardíaca à realização um treino de corrida num percurso novo, habitual ou monótono. Foi hipótese que os percursos usuais apresentariam maior regularidade nos sinais biológicos quando comparadas os novos, facto que foi confirmado pelos resultados.

A monitorização da variabilidade da FC é marcador do desempenho de resistência da corrida ¹³ e, conseqüentemente, na capacidade cardiorrespiratória dos atletas ¹⁴. Além disso, a saúde está diretamente relacionada ao grau de variabilidade nas suas funções sistemáticas, especialmente pela suscetibilidade aos aspetos benéficos e adaptativos promovidos, através da hipótese da perda da complexidade ¹⁵. Identifica-se uma fragilidade da função biológica quando, ao longo do tempo, ocorre perda na variabilidade dos atributos fundamentais que refletem o envelhecimento, levando a emergência de uma lesão ou doença. Assim, os contextos de prática deveriam evitar a redução das interações nas complexas redes de funções fisiológicas e, conseqüentemente, a diminuição das flutuações que caracterizam a previsibilidade ¹⁶, como foi encontrado no percurso USUAL. Um percurso outdoor não conhecida solicita a gestão de incertezas enquanto o atleta necessita de considerar as mudanças na superfície de corrida ¹⁷, incluindo timing na ativação muscular ¹⁸ e padrões cinemáticos para adaptar o comprimento e frequência de passada a tarefa ¹⁹.

Os resultados sugerem, entretanto, que a regularidade da FC e Vel é a mais baixa para o percurso em PISTA do que em percurso USUAL e NOVO. Este resultado pode estar relacionado ao aspeto monótono de realizar um treino contínuo por tempo prolongado em PISTA, fazendo deste um ambiente evitado por corredores para treino, portanto, também pouco habitual. A monotonia está relacionada com o grau de previsibilidade e afeta habituação a uma tarefa, como o caso do uso de um terreno plano, circular e repetitivo por período prolongado de tempo ²⁰. Embora fosse esperada maior regularidade nesta condição, o modelo de interface tarefa-capacidade sugere que o controle da Vel numa tarefa prolongada sofre influência de subcarga cognitiva, como uma estratégia de aumentar os níveis de atenção ²¹. Portanto, estes resultados mostram que a eficiência da adaptabilidade ao treinamento está associada com o grau de estímulos e familiaridade do ambiente de prática, corroborando com evidências anteriores ²². Os percursos de treino devem também variar com o tempo para promover o aumento destas flutuações, melhorando a capacidade adaptativa dos

efeitos do treino ²³. A corrida em percurso NOVO exigiu dos corredores maiores entropias da Vel, e, conseqüentemente, maiores flutuações na FC.

A cognição é essencial para integrar e interpretar a informação sensoriomotora. Verificamos que a memória a curto prazo melhora após a corrida em percurso NOVO. A memória a curto prazo é especializada no armazenamento temporário da informação e também está relacionada a mecanismos de controle atencional na reativação de traços de memória, inibindo informações irrelevantes ⁷. Parece haver tendência de deterioração no desempenho geral e no número de sequências corretas do teste cognitivo aplicado após a corrida em PISTA, quando comparada com percurso USUAL e NOVO. A repetição de estímulos parece gerar subcarga cognitiva ²⁴ em função das baixas demandas que um percurso monótono ou familiar apresenta. Ocorre, então, um estado de hipovigilância, devido a falta de desejo de continuar realizando a tarefa, que afeta negativamente o estado de alerta e atenção ²⁵. Embora corredores amadores aumentem a variação da Vel para superar a tarefa monótona, não superaram a subcarga cognitiva. O tamanho da amostra pode ter limitado resultados mais conclusivos, no entanto, existem muitas dificuldades no recrutamento de corredores amadores envolvidos em competições e com sistematização de treino. Este perfil se aplica ao modelo que integra efeitos do envelhecimento, exercício e saúde em atletas master para que, sem os fatores obscuros consequentes da inatividade física, possam descrever o processo de envelhecimento ²⁶.

O presente estudo permitiu descrever como corredores amadores regulam respostas fisiológicas e mecânicas durante a prática em terrenos com diferentes níveis de familiaridade e estímulos sensoriomotores. Os resultados deste estudo contribuem de forma importante e aplicável no âmbito prático do processo de treino a longo prazo, sobre questões temporais de estruturação dos programas de treino com relação a regulação das tarefas.

Referências

- (1) Betsch T. *The stability of preferences - a social-cognition view*. *Front Psychol* 2011;**2**:290.
- (2) Konings MJ, FJ Hettinga. *The Impact of Different Competitive Environments on Pacing and Performance*. *Int J Sports Physiol Perform* 2017;**0**(0):1-21.
- (3) Gibson JJ. *The Ecological Approach to Visual Perception: Classic Edition*. Taylor & Francis; 2014.
- (4) Woollett K, EA Maguire. *Acquiring "the Knowledge" of London's layout drives structural brain changes*. *Curr Biol* 2011;**21**(24):2109-14.
- (5) van Emmerik RE, EE van Wegen. *On the functional aspects of variability in postural control*. *Exerc Sport Sci Rev* 2002;**30**(4):177-83.
- (6) Button C, K Davids, W Schöllhorn. *Coordination Profiling of Movement Systems*. 2006.
- (7) St Clair-Thompson HL. *Backwards digit recall: A measure of short-term memory or working memory?* *European Journal of Cognitive Psychology* 2010;**22**(2):286-96.
- (8) Cleveland WS. *Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots*. *Journal of the American Statistical Association* 1979;**74**(368):829-36.
- (9) Winter DA. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Wiley; 2009.
- (10) Stergiou N. *Nonlinear analysis for human movement variability*. Boca Raton: Taylor & Francis; 2016.
- (11) Hopkins WG. *Spreadsheets for Analysis of Controlled Trials, Crossovers and Time Series*. *Sportscience* 2017;**21**:1-4.
- (12) Hopkins WG, SW Marshall, AM Batterham, J Hanin. *Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science*. *Med Sci Sport Exer* 2009;**41**(1):3-12.
- (13) Da Silva DF, SM Verri, FY Nakamura, FA Machado. *Longitudinal changes in cardiac autonomic function and aerobic fitness indices in endurance runners: a case study with a high-level team*. *Eur J Sport Sci* 2014;**14**(5):443-51.
- (14) Nakamura FY, AA Flatt, LA Pereira, R Ramirez-Campillo, I Loturco, MR Esco. *Ultra-Short-Term Heart Rate Variability is Sensitive to Training Effects in Team Sports Players*. *Journal of sports science & medicine* 2015;**14**(3):602-5.
- (15) Lipsitz LA. *Dynamics of stability: The physiologic basis of functional health and frailty*. *J Gerontol a-Biol* 2002;**57**(3):B115-B25.
- (16) Exel J, C Abrantes, B Gonçalves, N Mateus, J Sampaio. *Different familiarity with running routes changes the complexity of kinematic and physiological responses: a pilot study on recreational middle-distance runners*. In: Torrents C, P Passos, F Cos, eds. *Complex Systems in Sport, International Congress: Linking Theory and Practice*. Barcelona: Frontiers Media SA; 2017:104-6.
- (17) Larsen RJ, WH Jackson, D Schmitt. *Mechanisms for regulating step length while running towards and over an obstacle*. *Human movement science* 2016;**49**:186-95.
- (18) Oliveira AS, L Gizzi, S Ketabi, D Farina, UG Kersting. *Modular Control of Treadmill vs Overground Running*. *PloS one* 2016;**11**(4):e0153307.

- (19) Sinclair J, J Richards, PJ Taylor, CJ Edmundson, D Brooks, SJ Hobbs. *Three-dimensional kinematic comparison of treadmill and overground running*. Sports Biomech 2013;**12**(3):272-82.
- (20) Thiffault P, J Bergeron. *Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study*. Accident Analysis & Prevention 2003;**35**(3):381-91.
- (21) Fuller R. *Towards a general theory of driver behaviour*. Accident Anal Prev 2005;**37**(3):461-72.
- (22) Moras G, B Fernandez-Valdes, J Vazquez-Guerrero, J Tous-Fajardo, J Exel, J Sampaio. *Entropy measures detect increased movement variability in resistance training when elite rugby players use the ball*. J Sci Med Sport 2018.
- (23) Busa MA, REA van Emmerik. *Multiscale entropy: A tool for understanding the complexity of postural control*. J Sport Health Sci 2016;**5**(1):44-51.
- (24) Larue GS. *Predicting effects of monotony on driver's vigilance*. 2010.
- (25) Sussman D, M Copen. *Fatigue and alertness in the United States railroad industry part I: The nature of the problem*. 2000.
- (26) Lazarus NR, SD Harridge. *Inherent ageing in humans: the case for studying master athletes*. Scand J Med Sci Sports 2007;**17**(5):461-3.