

ENTROPIA E CONTROLO POSTURAL EM PILOTOS AVIADORES MILITARES PORTUGUESES ANTES E DEPOIS DE 12 SEMANAS DE YOGA

Sara Santos^{1,2,3}, José A. Parraça^{1,2}, Carolina A Cabo^{1,2,4,5}, Filipe Melo^{1,2} e Orlando Fernandes^{1,6}

¹ *Comprehensive Health Research Centre, Universidade de Évora.*

² *Departamento de Desporto e Saúde, Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano, Universidade de Évora.*

³ *Escola Superior De Saúde, Universidade Do Algarve, ESS-UALG.*

⁴ *Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Educação.*

⁵ *Sport Physical activity and health research & Innovation CenTer, SPRINT.*

⁶ *Laboratório de Comportamento Motor, Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa.*

sagsantos@ualg.pt

PALAVRAS-CHAVE: Biomecânica, Aviação Militar, Controlo Postural, Métodos não Lineares, Yoga

1 INTRODUÇÃO

Os pilotos militares precisam de um sistema vestibular altamente eficiente para manter o equilíbrio e reagir rapidamente em situações de stress. Os pilotos de combate estão particularmente suscetíveis à desorientação espacial devido às exigências específicas das suas aeronaves e funções [1,2]. Ao identificar fatores de risco, novas possibilidades de treino e preparação podem ser exploradas [3-6]. Este estudo investigou o impacto de um programa de Ashtanga Vinyasa Yoga Supta, com sessões de 60 minutos, três vezes por semana, durante 12 semanas, com posturas (ásanas) em sequências dinâmicas para promover o equilíbrio, a força e a flexibilidade, técnicas de respiração (pranayama) e períodos de concentração/meditação guiada [7], na variável não linear Entropia Aproximada (ApEn), tipicamente usada para quantificar a previsibilidade ou regularidade de um sinal, como os dados de séries temporais do Centro de Pressão (CoP), durante tarefas de equilíbrio. Valores mais baixos de ApEn geralmente refletem padrões de controlo mais previsíveis ou estáveis, enquanto valores mais altos sugerem respostas mais variáveis e adaptáveis aos desafios de equilíbrio [8-10]. Atualmente, não existe um programa de exercício padronizado especificamente desenvolvido para o treino de pilotos de aviadores portugueses; em vez disso, os pilotos são incentivados a seguir as suas próprias rotinas de exercício para passar nos exames físicos iniciais. Com os resultados deste estudo pretendemos apoiar o desenvolvimento ou aperfeiçoamento de um programa formal de exercícios para pilotos, o que, por sua vez, poderia melhorar as futuras políticas de saúde militar.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os participantes (n=18, pilotos militares em Mestrado Ciências Militares Aeronáuticas, Especialidade de Piloto Aviador), divididos em grupo controlo (n=8) e grupo intervenção (n=10), realizaram um protocolo de emergência de voo num simulador. Os deslocamentos do centro de pressão (CoP) foram registados antes e após as manobras de voo, assim como antes e depois de 12 semanas. Durante os testes, os participantes ficaram em pé numa plataforma de força (BIOSIGNALSPLUX, PLUX wireless biosignals S.A., Lisboa, Portugal) durante 60 segundos, com os braços ao lado do corpo. Este procedimento foi repetido duas vezes: uma com os olhos abertos e outra com os olhos fechados. A plataforma foi colocada a 1,5 metros de uma parede, e os participantes ficaram de frente para ela. As séries temporais obtidas foram analisadas usando a entropia aproximada, um método não linear, para compreender o comportamento do CoP.

3 RESULTADOS

O grupo de yoga apresentou uma diminuição significativa na entropia aproximada em condições de olhos fechados no plano de movimento mediolateral ($p = 0.002$ com Wilcoxon rank test (Wilcoxon W), tamanho do efeito = 1.328 com Rank Biserial Correlation (RBC), sendo os dados não paramétricos analisados no Jamovi, versão 2.3.16) (Tabela 1).

Tabela 1 – Entropia aproximada comparando as medidas de entropia aproximada antes do simulador (pré vs pós 12 semanas) e as medidas depois do simulador (pré vs pós 12 semanas).

Teste de olhos abertos	Estatística	p	Tamanho do efeito	Teste de olhos fechados	Estatística	p	Tamanho do efeito
Yoga antes simulador	33.0	0.625	0.200	Yoga antes simulador	0.566	0.585	0.179
Yoga depois simulador	43.0	0.131	0.564	Yoga depois simulador	4.201	0.002	1.328

Controlo antes simulador	15.0	0.742	-0.167	Controlo antes simulador	-1.711	0.131	-0.605
Controlo depois simulador	25.0	0.383	0.389	Controlo depois simulador	-0.868	0.414	-0.307

As relações de entropia aproximada entre avaliações iniciais pré e pós simulador, bem como avaliações finais pré e pós simulador para o grupo de yoga no plano medio lateral, com olhos abertos e olhos fechados (onde obtivemos resultados significativos) estão detalhadas na Figura 1.

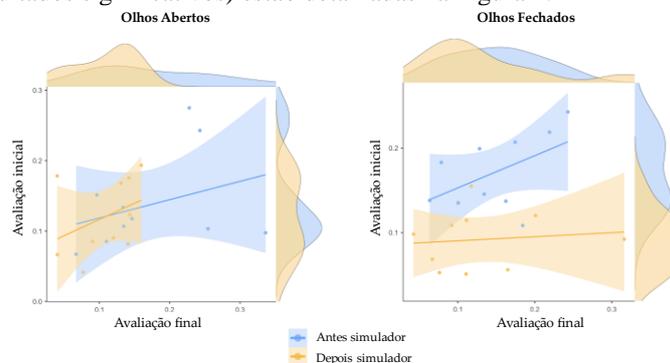


Figura 1 – Correlação de dados para o grupo de yoga.

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Valores mais baixos de entropia indicam um controlo postural menos complexo e mais regular, ou seja, mais previsível [11]. Enquanto o grupo de yoga apresentou uma diminuição significativa na entropia em condições de olhos fechados no plano de movimento medio lateral, confirmando a melhora no controlo para uma manutenção do equilíbrio mais consistente, com controlo postural mais previsível e estável [12], o grupo de controlo, sem alterações significativas, manteve padrões de controlo postural menos adaptativo, sem a capacidade de simplificação dos padrões de movimento observada no grupo de yoga, com controlo postural potencialmente mais complexo, mas menos ajustado. Uma limitação deste estudo é o reduzido tamanho da amostra e a especificidade do grupo de pilotos. Concluímos que em condições sensorialmente pobres o treino de yoga melhora o controlo postural pelo aumento da estabilidade, enfatizando melhoria da significância do uso de pistas internas de sistema vestibular para controlo motor em pilotos da força aérea portuguesa. Estudos futuros podem avaliar a prática de Ashtanga-Vinyasa Yoga na estabilidade postural noutras populações ou em contextos distintos de alta demanda sensorial e/ou alta performance.

AGRADECIMENTOS Financiamento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do projeto UIDP/04923/2020.

REFERÊNCIAS

- [1] Y. Yang, F. Pu, X. Lv, S. Li, J. Li, D. Li, M. Li, and Y. Fan, "Comparison of postural responses to galvanic vestibular stimulation between pilots and the general populace," *Biomed Research International*, vol. 2015, pp. 1–6, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/567690>.
- [2] A. R. Allred, A. F. Lippert, and S. J. Wood, "Galvanic Vestibular Stimulation Advancements for Spatial Disorientation Training," *Aerospace Medicine and Human Performance*, vol. 95, no. 7, pp. 390–398, 2024. <https://doi.org/10.3357/AMHP.6362.2024>.
- [3] K. Martin, J. Périard, B. Rattray, and D. B. Pyne, "Physiological Factors Which Influence Cognitive Performance in Military Personnel," *Human Factors*, vol. 62, no. 1, pp. 93–123, 2020. <https://doi.org/10.1177/0018720819841757>.
- [4] L. A. Temme, R. Nagy, and I. Persson, "The U.S. Army Aeromedical Research Laboratory Virtual Reality Vection System," *Military Medicine*, vol. 189, Supplement 3, pp. 751–758, 2024. <https://doi.org/10.1093/milmed/usae256>.
- [5] S. E. Chayrez, A. Acevedo, J. Blake, C. Parrott, T. Gerking, D. Guthmann, M. Jilek, J. Dorcheus, Z. Zeigler, C. Copeland, H. Gill, A. Smietana, C. Price-Moore, B. Nores, and R. M. Scott, "Performance Optimization and Injury Mitigation for Air Force Student Fighter Pilots," *Military Medicine*, vol. 189, Supplement 3, pp. 465–470, 2024. <https://doi.org/10.1093/milmed/usae153>.
- [6] C. Fernández-Morales, L. Espejo-Antúnez, M. L. Á. Cardero-Durán, D. Falla, J. M. Moreno-Vázquez, and M. Albornoz-Cabello, "Psychophysiological responses to a multimodal physiotherapy program in fighter pilots with flight-related neck pain: A pilot trial," *PloS One*, vol. 19, no. 7, e0306708, 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306708>.
- [7] S. Santos, F. Melo, O. Fernandes, and J. A. Parraca, "The effect of Ashtanga-Vinyasa Yoga method on air force pilots' operational performance," *Frontiers in Public Health*, 2024. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1334880>.
- [8] N. Pinsault and N. Vuillerme, "Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance," *Medical Engineering & Physics*, vol. 31, no. 2, pp. 276–286, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2008.08.003>.
- [9] K. Hébert-Losier and L. Murray, "Reliability of centre of pressure, plantar pressure, and plantar-flexion isometric strength measures: A systematic review," *Gait & Posture*, vol. 75, pp. 46–62, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.027>.
- [10] M. Alfaras, W. Primett, M. Umair, C. Windlin, P. Karpashevich, N. Chalabianloo, D. Bowie, C. Sas, P. Sanches, K. Höök, C. Ersoy, and H. Gamboa, "Biosensing and Actuation-Platforms Coupling Body Input-Output Modalities for Affective Technologies," *Sensors*, vol. 20, no. 21, p. 5968, 2020. <https://doi.org/10.3390/s20215968>.
- [11] J. M. Yentes and P. C. Raffalt, "Entropy analysis in gait research: Methodological considerations and recommendations," *Annals of Biomedical Engineering*, vol. 49, pp. 979–990, 2021.
- [12] J. Michalska, R. Zajac, K. Szydło, D. Gerasimuk, K. J. Słomka, and G. Juras, "Biathletes present repeating patterns of postural control to maintain their balance while shooting," *PloS One*, vol. 17, no. 5, e0267105, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267105>.