

# Efectes aguts d'un protocol d'immersió en aigua freda sobre el control postural, la dorsiflexió del turmell i la força màxima del peu en adults sans i actius

Josep Oriol Voz-Suñer<sup>1</sup>, José Vicente Beltrán-Garrido<sup>2</sup>, Abraham Batalla-Gavaldà<sup>3,4,5</sup>, Andrea Moreno-Sedano<sup>1</sup> i Francesc Corbi-Soler<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Facultat de Lleida, Universitat de Lleida, 25192, Complex de La Caparrella, s/n, Lleida, España.

<sup>2</sup> Physical Exercise and Performance Research Group, Department of Education Sciences, School of Humanities and Communication Sciences, Universidad Cardenal Herrera-CEU, CEU Universities, Calle Grecia 31, 12006 Castellón de la Plana, Spain.

<sup>3</sup> University School of Health and Sport (EUSES), Universitat Rovira i Virgili, Carrer Sebastià Juan Arbó, 43870, Amposta, Spain.

<sup>4</sup> Department of Education and Specific Didactics, Faculty of Humanities and Social Sciences, Universitat Jaume I, Av. Vicent Sos Baynat, 12006, Castellón de la Plana, Spain.

<sup>5</sup> Grup de Recerca en Ciències de l'Esport INEFC Barcelona, 2021 SGR 01191, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), Universitat de Barcelona.

<sup>6</sup> Department of Clinical Sciences. Faculty of Medicine and Health Sciences. University of Barcelona. 08907, Hospitalet de Llobregat. Spain.

## INTRODUCCIÓ

Les primeres investigacions formals experimentals documentades que investiguin quantitativament els efectes del refredament tissular per immersió en aigua freda sobre el rendiment físic daten dels anys setanta (1). Des d'aleshores, la recerca s'ha centrat principalment en altres àrees com la recuperació muscular (2), pal·liar la hipèrtermia en la pràctica esportiva (3), els riscos cardíacs (4), la hipertrofia muscular (5) o el metabolisme de la grassa marró (6).

En canvi, l'evidència dels efectes aguts a temperatures inferiors a 10 °C sobre el rendiment físic continua sent limitada, especialment en variables com la força en diferents contextos d'aplicació, o d'altres variables de la que no hi ha cap estudi establert com és la dorsiflexió activa de turmell en càrrega, tot i ser rellevant en la prevenció de lesions com la del lligament creuat anterior (7) o la tendinopatia patel·lar (8).

Així doncs, l'objectiu d'aquesta investigació és analitzar els efectes aguts d'un protocol d'immersió en aigua freda sobre el control postural, la dorsiflexió de turmell i la força màxima voluntària de flexió dels dits del peu, en un grup d'adults sans i actius.

## MÈTODES:

Mostra formada per 38 adults sans i físicament actius (23 homes, 15 dones). Disseny experimental pre-post (figura 2). Es van realitzar tres proves sobre la cama dreta (figura 1): control postural (protocol francès, 51,2 s) amb plataforma Fusyo; dorsiflexió (Lunge test, 3r) amb l'instrument Leg Motion; i força (dinamometria de peu, 3r) amb dinamòmetre Takei TKK3365B.

La immersió es va dur a terme en ambdues extremitats inferiors fins a la zona compresa entre el còndil medial i el mal·lèol medial de la tibia, amb aigua a 5.5-6.0 °C (controlada amb termòmetre Digi-Thermo WT-2).

S'avaluà la normalitat (Shapiro-Wilk, Q-Q plots, histogrames) i es transformaren logarítmicament les dades no normals. La fiabilitat intra-condició es determinà mitjançant ICC (2-vies, acord absolut, IC 95 %). Es compararen condicions amb ANOVA de mesures repetides i post-hoc de Bonferroni. Es calculà la mida de l'efecte (Cohen's d). El nivell de significació es fixà en  $\alpha = 0,05$ . Anàlisi realitzat amb JASP (v0.19) i dades expressades com a mitjana  $\pm$  SD.

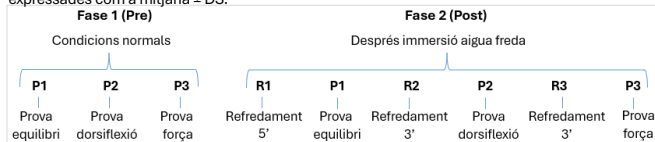


Figura 2. Resum protocol experimental.

## RESULTATS

La fiabilitat intra-condició en les proves de ROM i força fou excel·lent en ambdues condicions (ICC > 0,94). Els resultats principals mostren canvis significatius en la prova d'equilibri (LFS, length XY i ML length) d'efecte petit; en la prova de dorsiflexió en el ROM d'efecte petit; i en la prova de força d'efecte moderat (taula 1).

Taula 1. Resum resultats obtinguts.

| Variables                                           | CG (mean $\pm$ SD)   | IG (mean $\pm$ SD)   | MD (95% CI)           | ES (95% CI)         | Descriptor |
|-----------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|------------|
| Surface area (mm <sup>2</sup> )                     | 103.75 $\pm$ 54.70   | 120.76 $\pm$ 62.24   | -17.01 (-34.74, 0.71) | -0.29 (-0.60, 0.02) | Small      |
| LFS                                                 | 2.56 $\pm$ 0.51      | 2.34 $\pm$ 0.42      | 0.22 (0.08, 0.36)     | 0.47 (0.15, 0.78)   | Small*     |
| Length XY (mm)                                      | 1133.27 $\pm$ 248.01 | 1061.65 $\pm$ 228.80 | 71.62 (2.59, 140.66)  | 0.30 (0.00, 0.60)   | Small*     |
| ML length (mm)                                      | 861.16 $\pm$ 228.67  | 789.30 $\pm$ 178.02  | 71.86 (21.29, 122.43) | 0.35 (0.09, 0.61)   | Small*     |
| AP length (mm)                                      | 643.00 $\pm$ 156.85  | 597.60 $\pm$ 118.88  | 45.41 (-1.54, 92.35)  | 0.33 (-0.02, 0.67)  | Small      |
| FFT AM (V <sup>2</sup> ·Hz <sup>-1</sup> ) 0 to 0.5 | 3.73 $\pm$ 1.55      | 3.90 $\pm$ 2.22      | -0.17 (-1.05, 0.71)   | -0.09 (-0.55, 0.37) | Trivial    |
| FFT AM (V <sup>2</sup> ·Hz <sup>-1</sup> ) > 2      | 0.57 $\pm$ 0.29      | 0.51 $\pm$ 0.27      | 0.06 (-0.02, 0.15)    | 0.22 (-0.09, 0.52)  | Small      |
| FFT AP (V <sup>2</sup> ·Hz <sup>-1</sup> ) 0 to 0.5 | 5.00 $\pm$ 2.96      | 4.71 $\pm$ 2.39      | 0.28 (-1.02, 1.58)    | 0.10 (-0.38, 0.59)  | Trivial    |
| FFT AP (V <sup>2</sup> ·Hz <sup>-1</sup> ) 0.5 to 2 | 1.75 $\pm$ 0.77      | 1.99 $\pm$ 0.89      | -0.24 (-0.62, 0.13)   | -0.29 (-0.75, 0.17) | Small      |
| FFT AP (V <sup>2</sup> ·Hz <sup>-1</sup> ) > 2      | 0.33 $\pm$ 0.18      | 0.28 $\pm$ 0.17      | 0.05 (-0.01, 0.11)    | 0.28 (-0.09, 0.64)  | Small      |
| ROM (°)                                             | 11.94 $\pm$ 3.08     | 11.15 $\pm$ 3.17     | 0.79 (0.53, 1.05)     | 0.25 (0.15, 0.36)   | Small*     |
| Strength (kg)                                       | 20.02 $\pm$ 7.41     | 15.55 $\pm$ 6.57     | 4.48 (3.28, 5.67)     | 0.64 (0.41, 0.87)   | Moderate*  |

Les dades es presenten com a mitjana  $\pm$  desviació estàndard (mean  $\pm$  SD). Surface area: àrea de superfície, Length XY: longitud total desplaçament, ROM: rang de moviment, Strength: força, CG: grup control, IG: grup intervenció, MD: diferència mitjana, CI: interval de confiança, ES: mida de l'efecte, LFS: ràtio longitud per superfície, ML length: longitud mediolateral, AP length: longitud anteroposterior, FFT: transformada ràpida de Fourier, ROM: rang de moviment. \*:  $p < 0,05$ , diferències estadísticament significatives entre condicions.

## DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Pel que respecte al control postural, tot i que la reducció de la ràtio longitud per superfície i longitud total de desplaçament del centre de pressions fou significatiu (mida de l'efecte petita), l'àrea de superfície de desplaçament del centre de pressions no es va modificar. Aquests canvis registrats no evidencien un impacte negatiu en el rendiment i s'alineen a la literatura prèvia, descrivint efectes limitats del fred sobre el control postural per la ràpida capacitat d'adaptació del cos (9).

La reducció significativa del rang de moviment (mida de l'efecte petit) ens expressa un pitjor rendiment en la dorsiflexió, així com la reducció significativa (mida de l'efecte moderat) de la variable força l'associem a una disminució de la força màxima. Ambdós resultats són coherents amb l'evidència disponible.

En definitiva, les conclusions d'aquest estudi són que la immersió local en aigua freda a 5.5-6.0 °C té efecte sobre el control postural i disminueix la dorsiflexió de turmell activa en càrrega i la força màxima voluntària de flexió de dits. Es recomana considerar aquests resultats en diferents contextos d'aplicació com pot ser en l'àmbit clínic i esportiu, així com es posa en manifest la necessitat de generar major investigació, especialment a temperatures inferiors a 10 °C.

## REFERÈNCIES

- Bergh U, Ekblom B. Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. Acta Physiol Scand. 1979 Sep 8;107(1):33-7.
- Choo HC, Lee M, Yeo V, Poon W, Ihsan M. The effect of cold water immersion on the recovery of physical performance revisited: A systematic review with meta-analysis. J Sports Sci. 2022 Dec 2;40(23):2608-38.
- Bradley LJ, Miller KC, Wiese BW, Novak JR. Precooling's Effect on American Football Skills. J Strength Cond Res. 2019 Oct;33(10):2616-21.
- Barwood MJ, Eglin C, Hills SP, Johnston N, Massey H, McMorris T, et al. Habituation of the cold shock response: A systematic review and meta-analysis. J Therm Biol. 2024 Jan;119:103775.
- Fyfe JJ, Broatch JR, Trewin AJ, Hanson ED, Argus CK, Garnham AP, et al. Cold water immersion attenuates anabolic signaling and skeletal muscle fiber hypertrophy, but not strength gain, following whole-body resistance training. J Appl Physiol. 2019 Nov 1;127(5):1403-18.
- Scott MC, Fuller S. The Effects of Intermittent Cold Exposure on Adipose Tissue. Int J Mol Sci. 2023 Dec 19;25(1):46.
- Fong CM, Blackburn JT, Norcross MF, McGrath M, Padua DA. Ankle-Dorsiflexion Range of Motion and Landing Biomechanics. J Athl Train. 2011 Jan 1;46(1):5-10.
- Backman LJ, Danielson P. Low Range of Ankle Dorsiflexion Predisposes for Patellar Tendinopathy in Junior Elite Basketball Players. Am J Sports Med. 2011 Dec 14;39(12):2626-33.
- Stål F, Fransson PA, Magnusson M, Karlberg M. Effects of hypothermic anesthesia of the feet on vibration-induced body sway and adaptation. J Vestib Res. 2003;13(1):39-52.

## AGRAIMENTS

Agrair al Xavier Mena Hoekendijk pel seu suport tècnic i, al INEFC de Lleida per la facilitació de les instal·lacions.

